

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



**FEUP**

# **Sistemas de Informação para Espaços Naturais usando Geo-referenciação e Identificação Física**

**Tiago Lira Pereira**

Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Orientador: Cristina Ribeiro (Professora Auxiliar)

Co-orientador: João Correia Lopes (Professor Auxiliar)

30 de Julho de 2010



# **Sistemas de Informação para Espaços Naturais usando Geo-referenciação e Identificação Física**

**Tiago Lira Pereira**

Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação

Aprovado em provas públicas pelo júri:

Presidente: António Fernando Vasconcelos Cunha Castro Coelho (Professor Auxiliar)

Vogal: Maria Benedita Campos Neves Malheiro (Professora Adjunta)

Vogal: Maria Cristina de Carvalho Alves Ribeiro (Professora Auxiliar)

---

19 de Julho de 2010



# Resumo

A informação na área da biodiversidade é suportada em classificações taxonómicas estabelecidas e a sua gestão é actualmente baseada em sistemas informáticos. Os repositórios mais extensos são bases de dados de grandes dimensões que reúnem informação científica e técnica sobre espécies e os seus exemplares. Para além destes usos centrados na investigação, a Informática de Biodiversidade pode ser muito útil no apoio à gestão de sítios naturais.

Este trabalho propõe a criação de uma solução inovadora para a gestão de informação de um espaço botânico. Neste contexto foi avaliada a utilidade de ferramentas de geo-referenciação e de identificação física de objectos, integrando-as numa base de dados espacial.

As tecnologias de identificação física permitem um registo rigoroso dos exemplares de um sítio natural, associando a cada um uma ligação à sua informação no sistema. Esta identificação pode assumir diversas formas, desde etiquetas electrónicas a códigos de barras. O método de identificação escolhido foi o *QR code*, uma norma de códigos de barras a duas dimensões. Este é um método apropriado tanto para utilizadores casuais como para profissionais, permitindo-lhes aceder e actualizar informação relevante através de dispositivos móveis, podendo ser utilizado ao ar livre de forma simples.

A geo-referenciação é natural em sistemas de informação de biodiversidade, uma vez que permite tirar partido do conhecimento da localização dos exemplares no espaço físico. Neste trabalho adoptou-se a base de dados espacial *PostGIS* para representação da informação. A utilização da API da aplicação de visualização geográfica *Google Maps* facilita a introdução de dados geo-referenciados e o seu uso na interrogação e na apresentação.

Este trabalho mostra que a integração de funcionalidades de geo-referenciação e de identificação física de objectos, combinadas com tecnologias correntes de bases de dados e de visualização, permite criar sistemas eficazes para gerir a colecção de exemplares de um sítio natural e interagir com os seus funcionários, com os visitantes e com a comunidade científica.

O sistema de informação desenvolvido inclui uma base de dados espacial e uma aplicação *Web* que disponibiliza informação sobre os exemplares botânicos recorrendo às funcionalidades referidas. Estas ferramentas são apoiadas por aplicações de visualização de informação geográfica e conteúdos para dispositivos móveis, fornecendo serviços a diversos tipos de utilizadores.

A colecção de dados recolhida num sítio natural tem potencial para exploração científica, e neste sentido decidiu-se utilizar a norma de biodiversidade Darwin Core para facilitar a partilha de informação entre organizações. No sistema desenvolvido é possível exportar conjuntos de dados neste formato normalizado, para análise externa ou integração com outras iniciativas.

Para apoiar o desenvolvimento da aplicação e como avaliação preliminar das suas funcionalidades, foi usado o caso dos jardins da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, onde está em curso uma acção de valorização paisagística.

O conjunto de ferramentas utilizadas deu origem a funcionalidades úteis e capazes de criar novos serviços nos espaços considerados. O resultado do projecto é um sistema flexível que se espera poder vir a aplicar a outros espaços naturais.



# Abstract

Biodiversity information is supported by established classifications and its management is currently based on information systems. The largest repositories are extensive databases that gather scientific and technical information on species and their specimens. Besides these applications in research, Biodiversity Informatics can also be very useful in supporting the management of natural sites.

The main goal of this work is to create an innovative solution for information management in a natural site. For that purpose the utility of georeferencing and physical object identification tools was evaluated, and integrated with a spatial database.

Physical identification technologies allow for more efficient control of a natural site's specimens, by associating each one of them with a connection to its information in the system. This identification can assume many forms, from electronic tags to barcodes. The QR code, a two-dimensional barcode standard, was selected as the identification method for this project. It is suited for both casual and professional users, allowing them to access and update relevant information using mobile devices, and it's easily usable in outside areas.

The use of georeferencing comes naturally to biodiversity information systems, as it allows them to benefit from knowledge on each specimen's physical location. In this work the *PostGIS* spatial database was adopted to represent this information. The storage of spatial data, and its use in querying and presentation, were supported by the use of the *Google Maps API*.

This work proves that integrating georeferencing and physical identification features, combined with recent database and data visualization technologies, allow the creation of efficient systems to manage a natural site's specimen collection, and to interact with its workers, visitors, and even the scientific community.

The information system created in this project features a spatial database and a web application, in order to provide information on botanical specimens using the above-mentioned tools. These are supported by dynamic maps and mobile Internet contents, providing services to various user types.

A natural site's data collection has potential for research, and for this reason the work supports the use of the Darwin Core biodiversity standard to ease the sharing of scientific information between organizations. The developed information system allows the exportation of datasets in this format, to use in external analysis or integrate in other initiatives.

To support the application's development and as a preliminary evaluation of its features, the system was applied to the gardens of Faculty of Engineering of University of Porto, which are in the process of expanding their specimen collection.

The set of tools used in this work created useful features that deliver new services for these spaces. The project resulted in the creation of a flexible information system that is expected to be applicable to other natural sites.



# Agradecimentos

Começo por agradecer aos professores Cristina Ribeiro e João Correia Lopes por todo o apoio que me deram. A boa disposição com que me recebiam todas as semanas vai trazer-me boas recordações da Faculdade por muitos anos. Pela primeira vez gostei realmente de trabalhar em Informática e em grande parte devo-o a eles.

Agradeço à Zita pela perspectiva literária e ao Gerardo e ao Flávio que me emprestaram telefones para testar o projecto; e à minha irmã Diana por ter sido a primeira a dizer que as minhas experiências com telemóveis e códigos de barras eram "fixes".

Finalmente, obrigado a todos os amigos e familiares que aturaram as minhas ausências, breves momentos de insanidade e divagações mentais durante as últimas semanas deste trabalho.

Tiago Lira Pereira



# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	A tese . . . . .	2
1.1.1	Conceitos-chave . . . . .	2
1.2	Objectivos . . . . .	3
1.3	Estrutura da Dissertação . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Sistemas de informação em Biodiversidade</b>	<b>5</b>
2.1	Bases de dados e normas em biodiversidade . . . . .	5
2.1.1	GBIF . . . . .	6
2.2	Identificação de objectos físicos . . . . .	7
2.2.1	RFID . . . . .	7
2.2.2	Códigos de barras 2D . . . . .	7
2.2.3	Utilizações possíveis . . . . .	8
2.3	Geo-referenciação de exemplares . . . . .	9
2.3.1	Ocean Biogeographic Information System (OBIS) . . . . .	9
2.3.2	Calflora . . . . .	9
2.3.3	NLBIF (Netherlands Biodiversity Information Facility) . . . . .	10
2.4	Serviços para o utilizador em sistemas de biodiversidade . . . . .	11
2.4.1	Monticello Explorer . . . . .	12
2.4.2	Arnold Arboretum . . . . .	12
2.5	Conclusões . . . . .	12
<b>3</b>	<b>Um sistema de informação para espaços naturais</b>	<b>15</b>
3.1	O projecto . . . . .	15
3.2	Sistema de objectos localizados e identificados . . . . .	16
3.2.1	Identificação física de exemplares . . . . .	16
3.2.2	Geo-referenciação . . . . .	17
3.3	Informação de biodiversidade . . . . .	17
3.4	Descrição das funcionalidades . . . . .	17
3.4.1	Visualização de informação sobre exemplares . . . . .	18
3.4.2	Edição de informação sobre exemplares . . . . .	19
3.4.3	Visita virtual . . . . .	20
3.4.4	Identificação física e serviços móveis . . . . .	22
3.4.5	Serviços de pesquisa . . . . .	23
3.4.6	Gestão de utilizadores e funções de administração . . . . .	24

## CONTEÚDO

<b>4</b>	<b>Arquitectura do sistema</b>	<b>27</b>
4.1	Estrutura do sistema . . . . .	27
4.2	Portabilidade . . . . .	28
4.3	Modelo de dados para um espaço natural . . . . .	28
4.4	Tecnologias utilizadas . . . . .	30
4.4.1	PostgreSQL . . . . .	30
4.4.2	PostGIS . . . . .	31
4.4.3	PHP . . . . .	31
4.4.4	Zend Framework . . . . .	31
4.4.5	QR code . . . . .	32
4.4.6	Google Maps API . . . . .	32
4.4.7	Darwin Core . . . . .	33
<b>5</b>	<b>Desenvolvimento da aplicação Web</b>	<b>35</b>
5.1	Utilização da Zend Framework . . . . .	35
5.2	Implementação da base de dados . . . . .	36
5.3	Visualização de informação geográfica . . . . .	37
5.4	Utilização móvel do sistema . . . . .	37
5.5	Disponibilidade das funcionalidades por dispositivo . . . . .	38
<b>6</b>	<b>Obtenção de dados</b>	<b>41</b>
6.1	Taxonomia . . . . .	41
6.2	Descrição de espécies . . . . .	42
6.3	Dados de exemplares . . . . .	43
<b>7</b>	<b>Exploração das tecnologias</b>	<b>45</b>
7.1	Identificação física . . . . .	45
7.2	Geo-referenciação de exemplares . . . . .	47
7.3	Darwin Core . . . . .	48
7.4	Avaliação de resultados . . . . .	48
<b>8</b>	<b>Conclusões e trabalho futuro</b>	<b>51</b>
8.1	Conclusões . . . . .	51
8.2	Trabalho futuro . . . . .	52
	<b>Referências</b>	<b>57</b>
<b>A</b>	<b>Casos de utilização do sistema</b>	<b>61</b>
A.1	Observações . . . . .	61
A.2	Descrição dos casos de uso . . . . .	62
<b>B</b>	<b>Exportação em Darwin Core</b>	<b>67</b>
B.1	Exemplo de exemplar do sistema exportado em formato Darwin Core . . . . .	67
<b>C</b>	<b>Exemplos de QR code</b>	<b>69</b>
<b>D</b>	<b>Consultas espaciais utilizando PostGIS</b>	<b>71</b>

# Lista de Figuras

1.1	Logótipo da iniciativa Ano Internacional da Biodiversidade . . . . .	1
1.2	Mapa de conceitos do projecto . . . . .	2
2.1	Esquema da infra-estrutura do sistema GBIF [GBIb] . . . . .	6
2.2	Exemplo de <i>QR code</i> com a informação "Parque FEUP" [Kay] . . . . .	8
2.3	Mapa obtido no sistema OBIS [OBI] . . . . .	10
2.4	Mapa interactivo do sistema Calflora [Cal] . . . . .	10
2.5	Pesquisa geográfica do sistema NLBIF [NLB] . . . . .	11
2.6	Visita virtual do Monticello Explorer [Fou] . . . . .	12
2.7	Visita virtual do parque Arnold Arboretum [Col09] . . . . .	13
3.1	Actores considerados nos casos de utilização . . . . .	18
3.2	Casos de uso das páginas de informação . . . . .	18
3.3	Página de um exemplar . . . . .	19
3.4	Casos de uso de gestão de exemplares . . . . .	20
3.5	Formulário de inserção de exemplares . . . . .	20
3.6	Geo-referenciação de um exemplar no mapa . . . . .	21
3.7	Casos de uso da visita virtual . . . . .	21
3.8	Mapa interactivo de visita virtual . . . . .	22
3.9	Visualização de percursos de visita . . . . .	22
3.10	Casos de uso em dispositivos móveis . . . . .	23
3.11	Casos de uso das opções de pesquisa . . . . .	23
3.12	Pesquisa de exemplares por atributos da espécie . . . . .	24
3.13	Desenho de um polígono na pesquisa geográfica . . . . .	24
3.14	Casos de uso para funcionalidades de gestão . . . . .	25
3.15	Edição de uma conta de utilizador . . . . .	25
4.1	Diagrama de pacotes da aplicação . . . . .	28
4.2	Modelo de dados do projecto . . . . .	29
5.1	Árvore de ficheiros parcial da aplicação desenvolvida . . . . .	36
5.2	Página do sistema utilizando a folha de estilos para dispositivos móveis . . . . .	37
5.3	Formulário de gestão de exemplares em dispositivo móvel . . . . .	39
6.1	Classificação taxonómica para a comum Oliveira . . . . .	41
6.2	Descrição, fotografia e informação de espécie do primeiro exemplar do sistema . . . . .	43
7.1	Leitura de um <i>QR code</i> com um telefone móvel . . . . .	46
8.1	Mapa de perspectivas futuras . . . . .	52

## LISTA DE FIGURAS

A.1	Diagrama de casos de utilização . . . . .	62
A.2	Diagrama de casos de utilização . . . . .	65
C.1	Exemplo de <i>QR code</i> , relativo a um conjunto da espécie <i>Citrus sinensis</i> . . . . .	69
C.2	Exemplo de <i>QR code</i> , relativo a um exemplar da espécie <i>Camellia japonica</i> . . . . .	69

# Abreviaturas e Símbolos

GBIF	Global Biodiversity Information Facility
GIS	Geographic Information System
SIG	Sistema de informação geográfica
QR code	Quick Response Code
RFID	Radio-frequency Identification
TDWG	Biodiversity Information Standards
DwC	Darwin Core
NLBIF	Netherlands Biodiversity Information Facility
OBIS	Ocean Biogeographic Information System
GPS	Global Positioning System
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
IERS	International Earth Rotation and Reference Systems
OCG	Open Geospatial Consortium, Inc.
PHP	PHP: Hypertext Preprocessor (acrónimo recursivo)
HTML	HyperText Markup Language
MVC	Model-View-Controller
UML	Unified Modeling Language
API	Application Programming Interface
XML	Extensible Markup Language
RDF	Resource Description Framework
CSV	Comma-Separated Values
CSS	Cascading Style Sheets
ILPIN	Illinois Plant Information Network
SQL	Structured Query Language
SRID	Spatial Reference System Identifier

## ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

# Capítulo 1

## Introdução

"Humans are part of nature's rich diversity and have the power to protect or destroy it." [otCoBD10]

A actividade humana está continuamente a provocar a extinção de espécies naturais, pondo em perigo a biodiversidade do nosso planeta.

No sentido de alertar o mundo para este problema, o ano de 2010 foi declarado pela Assembleia das Nações Unidas como Ano Internacional da Biodiversidade. Esta medida pretende sensibilizar as populações e os governos a nível mundial para proteger a diversidade natural das ameaças actuais [otCoBD10].

Existem inúmeros espaços naturais de pequenas e médias dimensões cuja contribuição neste contexto se mantém em grande parte fechada entre as suas paredes. A informação disponibilizada aos visitantes sobre as suas colecções é reduzida, já que é dispendioso desenvolver e actualizar os recursos de divulgação, e frequentemente não registam ou partilham os seus dados com outras organizações, perdendo-se a possibilidade de contribuir significativamente para o conhecimento científico.

Este projecto propõe-se aumentar as ferramentas destes espaços para divulgação e contribuição científica e pretende exercer uma influência positiva no interesse da população por espaços naturais que demasiadas vezes passam despercebidos.



Figura 1.1: Logótipo da iniciativa Ano Internacional da Biodiversidade

## 1.1 A tese

Este projecto surge da ideia de renovar o conceito de sistemas de informação de sítios naturais através da aplicação de capacidades tecnológicas actuais.

Parte-se da hipótese de que a integração de funcionalidades de geo-referenciação e de identificação física de objectos pode potenciar a utilidade destes sistemas e criar uma nova abordagem na forma como estes gerem a sua colecção de exemplares e na forma como interagem com os funcionários, visitantes e mesmo com a comunidade científica.

Para validar esta hipótese pretende-se desenvolver um sistema de informação baseado em tecnologia *Web* que permita a gestão de um espaço botânico, recorrendo às ferramentas descritas para fornecer serviços úteis e inovadores.

O sistema será suportado por uma plataforma de informação espacial e aplicações de visualização de dados geográficos; o seu contributo científico para a Biologia será fomentado com capacidades de partilha de informação normalizada. Utilizará também o potencial dos dispositivos móveis actuais para fornecer conteúdos aos utilizadores do espaço.

A aplicação resultante será flexível e facilmente adaptável a qualquer sítio natural de pequenas ou médias dimensões.

### 1.1.1 Conceitos-chave

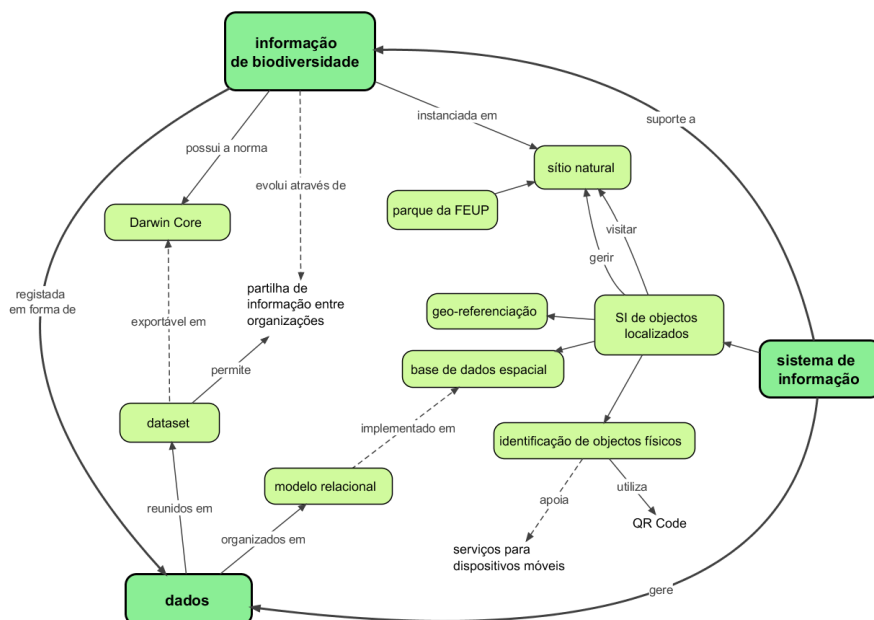


Figura 1.2: Mapa de conceitos do projecto

O mapa de conceitos da Figura 1.2 foi criado para ilustrar de forma mais intuitiva as questões centrais do projecto. A figura mostra que com este trabalho se pretende contribuir para a evolução de três áreas, que correspondem aos conceitos centrais representados.

## Introdução

Um dos conceitos principais é o de *sistema de informação*. A este nível explora-se o desenvolvimento de um sistema capaz de gerir objectos localizados com tecnologias de geo-referenciação e identificação física. A geo-referenciação consiste no registo da localização física dos objectos, e permite manter um conhecimento preciso do seu posicionamento; por outro lado, a identificação física liga cada objecto real à sua representação no sistema. Vai-se mostrar que esta abordagem traz novas possibilidades à gestão de sítios naturais e pode ser futuramente adaptada a outros tipos de sistemas.

A nível de *dados* o objectivo é implementar um modelo de dados eficiente e compatível com a norma de biodiversidade Darwin Core [aut09], de modo a facilitar a criação e partilha de *datasets* com organizações da área da biodiversidade. O modelo de dados, adaptado do já existente, permite gerir toda a informação dos exemplares e sua localização, incluindo informação sobre as espécies correspondentes e sua classificação taxonómica.

O terceiro conceito-chave é a *informação de biodiversidade*, referindo-se não só ao suporte da partilha de *datasets* entre organizações, mas também a dotar os sistemas de sítios naturais com funcionalidades que facilitem a pesquisa e a investigação. Esta simbiose entre a informação de gestão do sítio e a informação científica origina dados sempre actualizados, sendo uma vantagem directa para os investigadores.

A área dos sistemas de informação de sítios naturais apresenta actualmente boas oportunidades de inovação. O estudo aqui realizado pretende explorar essas possibilidades e procurar novas soluções para as questões apresentadas.

## 1.2 Objectivos

Da especificação da tese proposta surge um conjunto definido de objectivos a cumprir. De uma forma simplificada são:

- analisar sistemas existentes na área da biodiversidade para distinguir eventuais necessidades de melhoria;
- investigar as possíveis vantagens provenientes do uso de informação espacial em espaços naturais;
- avaliar a utilidade de métodos de identificação física em colecções botânicas;
- refinar o modelo de dados para sítios naturais existente para o adaptar ao projecto;
- estudar a aplicabilidade de normas de informação de biodiversidade para exportar dados de sítios naturais;
- desenvolver um sistema de informação para espaços naturais de pequenas e médias dimensões que ofereça funcionalidades inovadoras usando as ferramentas referidas;
- aplicar o sistema a um espaço botânico real para avaliar de forma prática as suas capacidades.

### **1.3 Estrutura da Dissertação**

Este documento encontra-se dividido em vários capítulos, para além da presente introdução. O Capítulo 2 relata a análise realizada sobre os sistemas existentes na área em questão, destacando aqueles que, pelas suas qualidades ou falhas, mais influenciaram a direcção deste projecto.

No Capítulo 3, apresenta-se mais detalhadamente o foco do projecto, e descrevem-se as funcionalidades do sistema desenvolvido. De seguida, o Capítulo 4 descreve aprofundadamente a arquitectura da aplicação criada e as tecnologias empregues ao longo do projecto. Alguns detalhes importantes da implementação são descritos no Capítulo 5.

O Capítulo 6 descreve o processo utilizado para obter dados reais que permitiram testar o sistema desenvolvido. As tecnologias centrais do projecto são analisadas no Capítulo 7, a nível da sua implementação e dos resultados obtidos.

Finalmente, o Capítulo 8 tece conclusões sobre o estudo realizado e apresenta possíveis tarefas para desenvolvimento futuro.

## Capítulo 2

# Sistemas de informação em Biodiversidade

A área dos sistemas de informação de biodiversidade está em expansão, tanto a nível de variedade de objectivos como de alcance e complexidade das soluções. O conceito refere-se a todos os sistemas que gerem informação sobre espécimes biológicos, englobando soluções tão diversas como repositórios científicos e sistemas de gestão de espaços naturais. Para garantir a relevância do projecto e a capacidade de inovação que se pretende, é fundamental conhecer bem os sistemas existentes no domínio a explorar e escolher acertadamente as tecnologias mais favoráveis no sentido de atingir os objectivos esperados. Os resultados deste processo de análise e investigação serão assim apresentados no presente documento.

Para salientar os diferentes conceitos importantes do projecto, esta análise será dividida em vários aspectos. Em primeiro lugar segue-se um estudo das bases de dados utilizadas na área da biodiversidade, com especial atenção aos modelos de dados escolhidos e às normas existentes para a informação.

Em termos de identificação de objectos físicos serão analisadas as abordagens possíveis, fundamentando a opção escolhida para este projecto. Sendo outra questão central a geo-referenciação dos espécimes, será feita uma recolha dos vários métodos e tecnologias utilizados para este fim, comparando as vantagens e os problemas de cada um.

Quanto aos serviços a oferecer aos utilizadores, será crucial rever os sistemas existentes, especialmente os relativos a jardins botânicos e outros sítios naturais, registando as funcionalidades oferecidas e as lacunas a preencher, de modo a aproveitar as possibilidades das tecnologias empregues tanto em serviços de gestão do local como em funcionalidades dirigidas aos visitantes.

### 2.1 Bases de dados e normas em biodiversidade

A informação de biodiversidade está frequentemente organizada em bases de dados poderosas e de grande dimensão. A origem destes repositórios remonta a organizações de investigação científica, tratando-se geralmente de informação detalhada e de cariz técnico. Grande parte dos

repositórios disponíveis em linha são bases de dados formadas pela recolha de *datasets* de um grande número de fontes, adaptando a informação a um formato comum.

A importância da taxonomia na área da biodiversidade levou nos últimos anos à criação de normas gerais para assegurar que a informação de biodiversidade é representada de forma consistente, e que os dados podem ser partilhados e reutilizados entre organizações [CRWR05]. Neste contexto destaca-se a norma *Darwin Core* [aut09], desenvolvida pela organização *Biodiversity Information Standards - TDWG* (a sigla provém do antigo nome da organização, *Taxonomic Database Working Group*). Esta norma será descrita em maior detalhe posteriormente na Secção 4.4.7.

Neste âmbito apresenta-se um exemplo de repositório consultável em linha.

### 2.1.1 GBIF

*Global Biodiversity Information Facility (GBIF)* [GBIa] é uma iniciativa internacional que disponibiliza informação de centenas de organizações de todo o mundo. No portal principal, a vasta informação disponível pode ser pesquisada e explorada por espécies, países e *datasets*. A informação provém em parte de colecções de história natural e a restante de registos observacionais. Para além de toda a informação primária, inclui também metadados detalhados sobre todos os *datasets* da colecção, e um catálogo de nomes de espécies [GBIb]. Recebendo informação sobre colecções de exemplares de fontes muito diversas, o sistema aponta a norma Darwin Core como formato preferido para publicação de *datasets* externos.

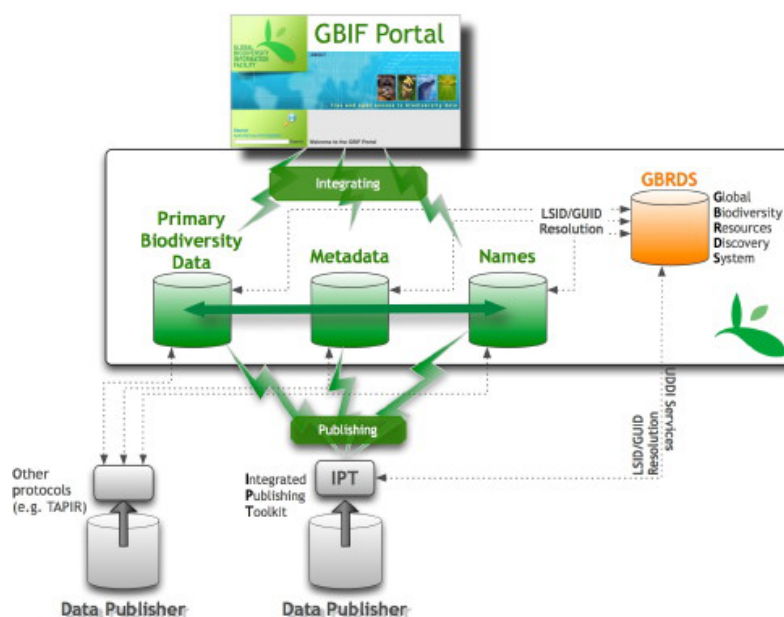


Figura 2.1: Esquema da infra-estrutura do sistema GBIF [GBIb]

## 2.2 Identificação de objectos físicos

A identificação de objectos do mundo real em sistemas informáticos é um tema que tem vindo a ser explorado nos últimos anos devido ao desenvolvimento das tecnologias que permitem a sua implementação. A capacidade de aceder a informação partindo de um objecto físico cria novas possibilidades para qualquer colecção de produtos, espécimes ou equipamentos. Apesar de ser ainda pouco comum em sistemas de informação de biodiversidade, a identificação local de exemplares traz vantagens muito significativas a nível de oferta de serviços para os sistemas relativos a parques botânicos e outros sítios naturais em que a implementação desta tecnologia seja uma possibilidade.

Os métodos mais divulgados para a identificação de objectos são a tecnologia RFID e os códigos de barras 2D.

### 2.2.1 RFID

A tecnologia RFID (*Radio-frequency Identification*) baseia-se em dispositivos de identificação que funcionam através da emissão de ondas rádio [SK03] e são colocados em cada um dos objectos a identificar. As etiquetas RFID contêm geralmente duas partes, um circuito integrado com a informação necessária, e uma antena para a comunicação. Existem em versão activa ou passiva, conforme enviem sinal autonomamente ou necessitem de uma fonte externa para provocar a comunicação.

Actualmente o RFID é já utilizado em enquadramentos muito diversos, como inventários de equipamentos, de livros em bibliotecas, controlo de utilizadores em transportes públicos e auto-estradas, ou controlo de bagagens em aeroportos e de animais de pecuária. Trata-se de uma tecnologia muito versátil que torna mais simples a identificação e localização dos objectos controlados.

Como desvantagem, pode-se destacar que a aplicação desta tecnologia implica ainda um investimento considerável. Os aparelhos leitores de etiquetas são dispendiosos, especialmente os de boa qualidade, e as próprias etiquetas representam uma despesa bastante significativa se o número de elementos a identificar for elevado. Adicionalmente, como a identificação depende de aparelhos leitores específicos, a utilização do serviço está actualmente limitada a um número reduzido de utilizadores e sempre a nível profissional.

### 2.2.2 Códigos de barras 2D

Os códigos de barras são um modo comprovado e muito comum de identificar objectos físicos. Na evolução deste conceito, surgiram os códigos em duas dimensões, que permitem uma quantidade significativamente superior de informação, expandindo as possibilidades de utilização dos mesmos muito para além da identificação de produtos em lojas. Uma particularidade interessante desta tecnologia é a existência de aplicações para dispositivos móveis (incluindo os telemóveis comuns) que são capazes de ler os códigos e revelar a informação respectiva. Esta pode ser um código identificador, uma breve descrição do artigo ou uma ligação directa para um sítio.

Existem diversas abordagens a este problema, com características diversas e vantagens em casos particulares [Kat06]. Alguns, como o *MaxiCode*, são otimizados para poderem ser reconhecidos eficazmente, mesmo em artigos em movimento rápido. Outros, como é o caso do *EZcode*, são otimizados para ocupar um espaço reduzido e incluem a informação de forma indirecta, através de um valor associado a uma base de dados externa [ezc09].

Para identificar objectos num sistema de informação, o ideal seria um código facilmente legível e capaz de armazenar uma boa quantidade de informação. Isto permitiria incluir, além do identificador, uma hiperligação para uma página *Web* com informação sobre o objecto, de modo que qualquer utilizador pudesse ler o código e aceder à informação correspondente no seu telemóvel, sem precisar de instalar *software* específico. Com estas características, destacam-se as normas *Data Matrix* [ALA], *Aztec Code* [IDA10] e *QR code* [Wav10].

Destas alternativas salienta-se o *QR code* pela divulgação do seu uso e disponibilidade de aplicações de leitura e criação de códigos. Criado pela empresa japonesa *Denso Wave* em 1994, este *standard* encontra-se bastante divulgado no seu país de origem, sendo utilizado em diversos ambientes, desde a indústria a manobras publicitárias e conteúdos para o utilizador comum. Suporta correcção de erros e pode permitir armazenar mais de 4000 caracteres de texto. O nome *QR code* provém da abreviatura de "*Quick Response Code*".



Figura 2.2: Exemplo de *QR code* com a informação "Parque FEUP" [Kay]

### 2.2.3 Utilizações possíveis

Ambas as tecnologias, RFID ou códigos de barras a duas dimensões, poderiam ser utilizadas na área pretendida com resultados úteis. Para os gestores de um sítio natural, seria facilitada a manutenção dos espécimes e a actualização do seu estado no sistema, obtendo através dos identificadores individuais acesso imediato à respectiva informação.

No caso dos códigos de barras 2D, a capacidade de ler os identificadores através de qualquer telefone móvel recente permitiria estender estas possibilidades a qualquer visitante do sítio. Para estes visitantes, tal funcionalidade significaria poder aceder a informação detalhada sobre cada elemento do parque, criando um serviço de assistência às visitas locais que seria um conceito realmente inovador neste tipo de sistema.

O custo de implementação da tecnologia de identificação física é significativo no caso do RFID, mas pode justificar-se se for pretendido um controlo mais eficaz dos exemplares para finalidades de gestão, possivelmente para sítios naturais de maiores dimensões. O método de códigos de barras 2D, por outro lado, apresenta custos muito reduzidos, uma vez que não implica a aquisição de equipamento específico.

## 2.3 Geo-referenciação de exemplares

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG ou GIS) são resultado da integração da cartografia na tecnologia de base de dados. O conceito abrange todos os sistemas que guardam, analisam e representam informação espacial.

O primeiro verdadeiro sistema GIS foi criado em 1962, o *Canada Geographic Information System (CGIS)*. Guardava e analisava dados sobre os terrenos rurais do Canadá e o seu criador, Roger Tomlinson, é hoje considerado o “pai” da tecnologia GIS. Desde essa época, a tecnologia foi sendo progressivamente desenvolvida. Nos anos 80 foram já criadas diversas aplicações comerciais de GIS, e nos últimos anos tem-se expandido a visualização de dados geográficos na Internet bem como um número crescente de aplicações GIS *open-source*.

A capacidade de localizar elementos e operar sobre informação espacial é de grande utilidade para diversas áreas, uma das quais a da biodiversidade. Num repositório de botânica esta tecnologia permite situar exemplares, analisar a sua distribuição e destacar características de determinadas áreas geográficas.

Existem tecnologias muito variadas para as funcionalidades GIS e, mais do que registar simples conjuntos de coordenadas, é hoje possível efectuar complexos cálculos sobre locais, distâncias e áreas geográficas e representar todos esses dados com elevada precisão.

Da pesquisa efectuada destacam-se alguns sistemas que fazem um uso interessante das tecnologias de geo-referenciação.

### 2.3.1 Ocean Biogeographic Information System (OBIS)

O sistema de informação OBIS gere informação global sobre exemplares de espécies aquáticas. Efectuada a pesquisa sobre uma espécie, o sistema devolve um mapa mundial onde estão assinaladas as localizações dos exemplares conhecidos. Sendo os dados da organização recolhidos de variadas fontes, os dados de geo-referenciação provêm também de diversos métodos (desde os que possuem coordenadas precisas, aos que são aproximados a partir de descrições textuais), e são representados sob a forma de valores de latitude e longitude [OBI].

### 2.3.2 Calflora

Este sistema dedica-se à recolha de informação sobre espécimes botânicos da Califórnia. Depois de uma pesquisa pode ser visualizado um mapa do referido estado americano, com as localizações de exemplares, divididas entre as reportadas por utilizadores e as recuperadas de literatura

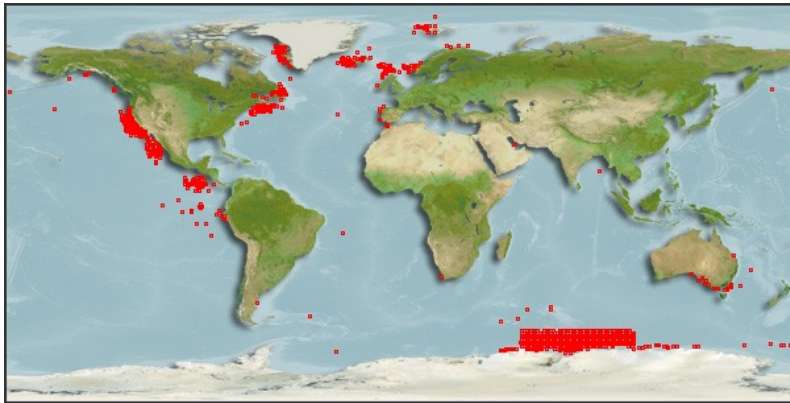


Figura 2.3: Mapa obtido no sistema OBIS [OBI]

da área [Cal]. O mapa permite *zoom* em áreas específicas para ver os resultados com mais detalhe. O clique num dos pontos assinalados permite aceder a uma página de informação sobre o espécime em questão.

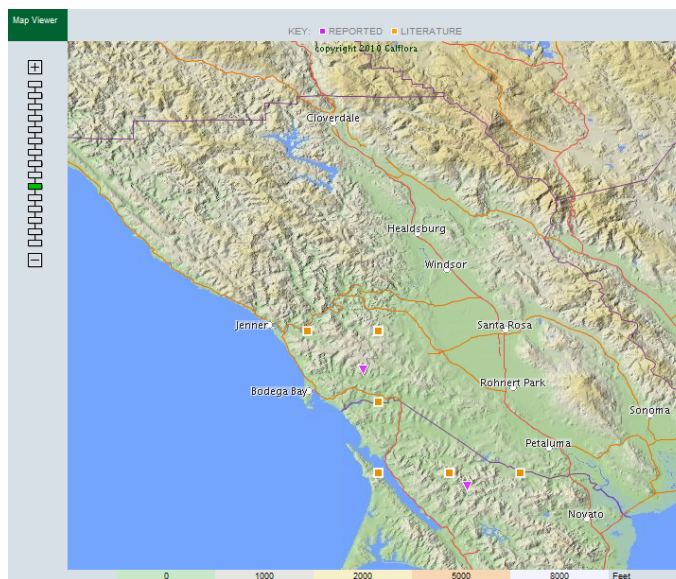


Figura 2.4: Mapa interativo do sistema Calflora [Cal]

### 2.3.3 NLBIF (Netherlands Biodiversity Information Facility)

Este sistema dedicado à representação da biodiversidade holandesa possui uma abordagem diferente à pesquisa geográfica; permite seleccionar no mapa uma área para obter as espécies aí existentes. É possível seleccionar áreas rectangulares ou criar polígonos mais complexos de forma intuitiva. Num sistema dedicado a um sítio natural de menores dimensões, esta funcionalidade poderia ser muito útil para obter informação sobre os exemplares situados numa zona específica do mesmo. Para além desta funcionalidade menos usual, é também possível visualizar no mapa a localização de cada um dos espécimes encontrados [NLB].

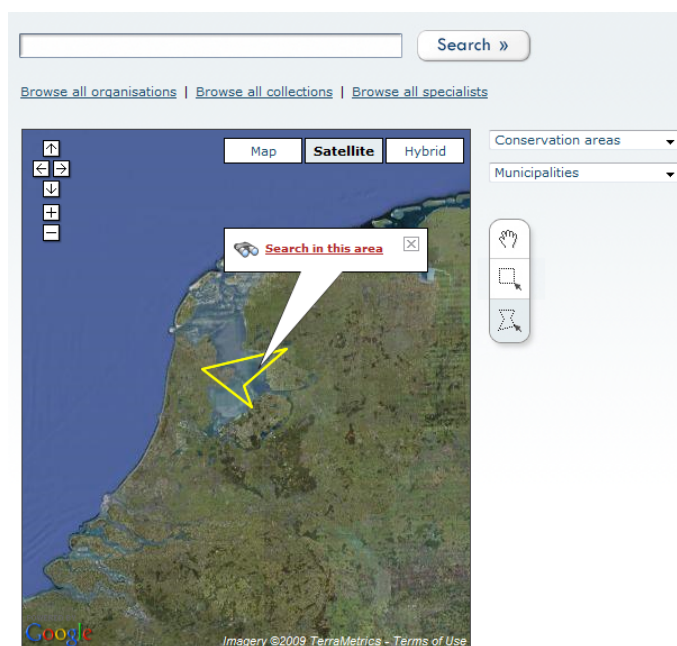


Figura 2.5: Pesquisa geográfica do sistema NLBIF [NLB]

### 2.4 Serviços para o utilizador em sistemas de biodiversidade

Para evidenciar as capacidades do repositório e as vantagens das tecnologias de identificação e geo-referenciação, será necessário um conjunto sólido de serviços de utilização que explorem as possibilidades inerentes ao projecto.

A criação de um sistema de informação com funcionalidades específicas para os utilizadores implica um profundo conhecimento sobre os sistemas já existentes e os serviços disponibilizados. Neste contexto analisaram-se diversos sistemas actuais, tanto na área de informação científica, como de gestão e divulgação de sítios naturais.

Nos sistemas mais centrados na componente científica, destacam-se as capacidades de pesquisa da informação sobre espécies e exemplares. Tipicamente encontram-se bases de dados muito detalhadas com grandes quantidades de informação técnica. A pesquisa faz-se normalmente pelo nome (comum ou científico) da espécie ou da família que a inclui; nalguns casos estão disponíveis outras opções de pesquisa, em geral direccionadas a termos técnicos da área. Em termos de pesquisa geográfica, existem sistemas que permitem ao utilizador escolher um ponto num mapa para pesquisar espécies vizinhas.

Quanto a sistemas de sítios naturais, os serviços são variados e em geral pouco complexos. Para os visitantes as ofertas comuns são uma apresentação do parque e a visita virtual simples, baseada em texto e fotografias. Alguns casos interessantes serão de seguida referidos. Os serviços de gestão não são em geral consultáveis em linha.

Para completar esta análise, segue-se uma descrição de alguns exemplos significativos de sistemas actualmente em utilização.

### 2.4.1 Monticello Explorer

O sítio *Web* da propriedade do presidente americano Thomas Jefferson oferece serviços interessantes a visitantes. Contém um mapa interactivo para explorar o espaço do parque com uma usabilidade muito eficaz. Através das marcas existentes no mapa é possível aceder a páginas de informação sobre cada local e as espécies que aí se encontram [Fou].

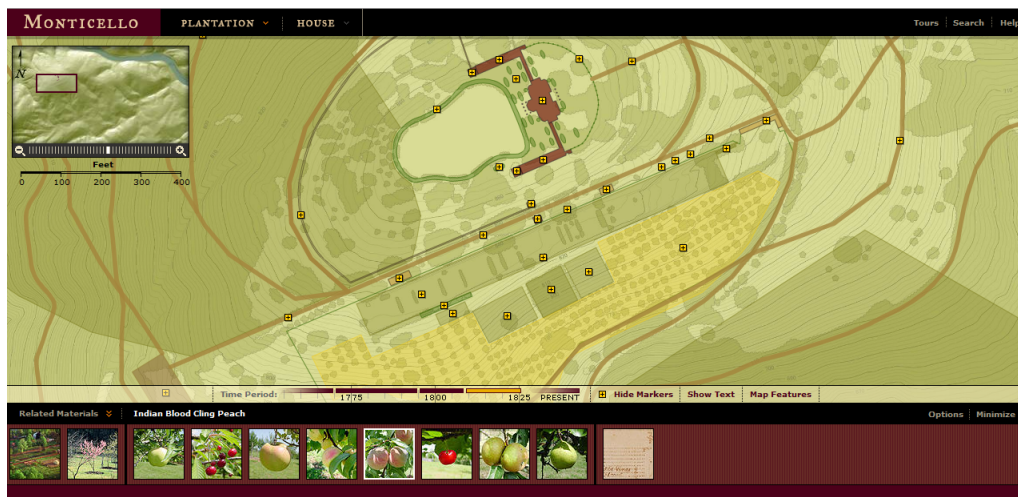


Figura 2.6: Visita virtual do Monticello Explorer [Fou]

### 2.4.2 Arnold Arboretum

O jardim botânico da Universidade de Harvard possui também uma interface interactiva, ainda que mais simples [Col09]. Os visitantes podem aceder a um mapa que mostra as localizações das espécies mais interessantes do parque, organizadas numa lista lateral. É possível visualizar diferentes grupos de elementos, como plantas centenárias e destaques mensais, entre outros.

## 2.5 Conclusões

Os repositórios de biodiversidade actuais comportam bases de dados detalhadas com grande quantidade de informação científica. A partilha de informação entre organizações é notável e tem efeitos positivos para os investigadores e restantes utilizadores da área. A informação disponível a nível de espécies naturais poderá ser de grande utilidade também na criação de novos sistemas. Uma barreira significativa neste processo são as diferenças entre taxonomias e inconsistências entre os modelos de dados. Neste sentido, é do interesse de qualquer repositório adoptar uma abordagem normalizada, como a oferecida pela norma Darwin Core, de forma a facilitar a partilha e cooperação entre as diversas organizações existentes.

Para desenvolver algo de novo neste domínio é importante aplicar tecnologias recentes como meio de criar funcionalidades que se diferenciem da abordagem tradicional. No caso dos parques

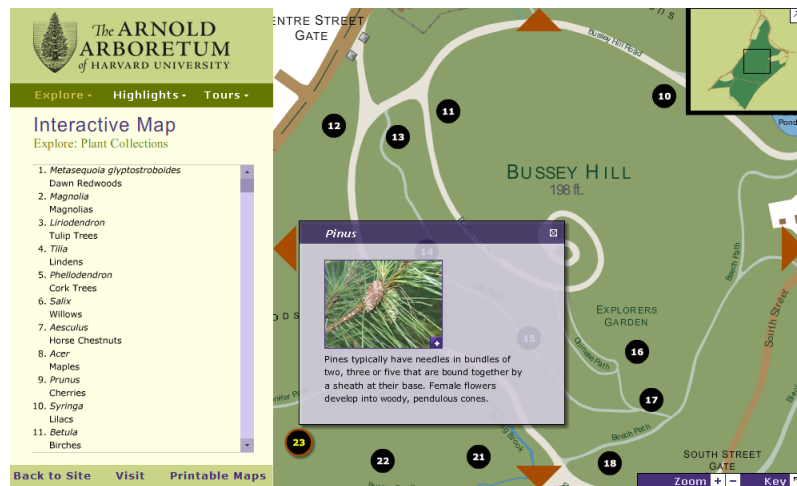


Figura 2.7: Visita virtual do parque Arnold Arboretum [Col09]

botânicos, a identificação de exemplares físicos é uma funcionalidade que pode alterar profundamente o modo de gestão das colecções de espécimes. Entre as tecnologias disponíveis, destacou-se o QR code pelo baixo custo da sua implementação bem como pela capacidade de ler a informação com a generalidade dos dispositivos móveis. As funcionalidades que daqui podem surgir englobam diversos aspectos, desde a capacidade de um gestor ler e alterar directamente as informações de um exemplar, até permitir a um visitante visualizar informação no seu telemóvel sobre as espécies que vê.

A geo-referenciação de exemplares complementa a identificação, permitindo obter a localização dos espécimes através do sistema de informação. A tecnologia é já utilizada em diversas bases de dados científicas e este uso tende a expandir-se devido às vantagens que oferece. Neste contexto, a utilização de uma base de dados espacial permitirá operações complexas sobre o espaço geográfico do sítio natural.

Os serviços oferecidos aos utilizadores nesta área dividem-se geralmente entre as funções complexas de pesquisa, e funcionalidades simples para visitantes dos espaços naturais. Num sistema em que coexista a abordagem científica com a gestão de um espaço natural, será importante focar a usabilidade dos serviços disponíveis. Aproveitando as tecnologias já referidas, será possível criar serviços eficientes para a gestão de um sítio natural e criar uma interface interessante e poderosa para os visitantes tanto a nível de investigação, como de sensibilização do público em geral.



## Capítulo 3

# Um sistema de informação para espaços naturais

A análise do capítulo anterior revelou que existem oportunidades de inovação na área dos sistemas de informação de biodiversidade. Para o caso do sistema de um espaço natural, pretende-se com este projecto procurar novas estratégias para satisfazer as necessidades existentes.

É importante redefinir os métodos de gestão da informação das colecções de exemplares botânicos: a solução deve permitir aos funcionários manter e actualizar a informação de forma simples e rápida e proporcionar serviços relevantes a todos os utilizadores do sítio. Interessa também disponibilizar métodos práticos para a identificação e localização dos exemplares e facilitar a partilha da informação científica do espaço. O objectivo do presente capítulo é apresentar a solução desenvolvida para responder a estas questões.

### 3.1 O projecto

Neste trabalho desenvolveu-se um sistema de informação para a gestão e divulgação de um espaço natural botânico. Com este sistema pretende-se oferecer funcionalidades novas nesta área e simplificar a tarefa de gerir a informação das colecções de exemplares.

As características que distinguem o sistema criado englobam vários aspectos: o primeiro, é a implementação de um modelo de dados que combina a informação interna do parque, a informação disponível para visitantes e a informação de consulta científica de forma coerente. A aplicação *Web* desenvolvida permite gerir estes diferentes aspectos de uma forma uniforme e transparente.

Em segundo lugar aponta-se a utilização de tecnologias actuais, nomeadamente a identificação física e a geo-referenciação, que potenciam as funcionalidades do sistema através de capacidades inovadoras face ao que é comum em sistemas de espaços naturais.

Por fim, destaca-se a aplicação das normas actuais de biodiversidade; o sistema é capaz de exportar os seus dados em formato normalizado, contribuindo assim para a comunidade científica da biologia através da partilha de informação com outras organizações.

O sistema desenvolvido destina-se primariamente a espaços naturais de pequenas e médias dimensões, permitindo-lhes gerir a sua informação de forma eficaz. Oferece funcionalidades avançadas com o mínimo esforço para os funcionários e sem necessitar de equipamento específico.

Como caso de estudo, o sistema foi aplicado aos jardins da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Este espaço possui uma boa diversidade de espécies e recentemente tem estado a expandir a sua colecção de exemplares. A implementação do sistema para este caso permite testar todas as funcionalidades com dados reais e obter uma verificação mais prática da sua eficácia, simultaneamente oferecendo serviços úteis aos responsáveis pela gestão e manutenção do jardim.

## **3.2 Sistema de objectos localizados e identificados**

No típico sistema de informação de um espaço natural, os dados de exemplares existentes são simples registos guardados para posterior consulta. O que se pretende aqui é estabelecer uma ligação mais estreita entre os dados e os próprios exemplares que representam, de modo a que a informação disponível tenha real utilidade e seja sempre facilmente acessível e actualizável. Este aspecto dá especial importância às tecnologias de identificação física e de geo-referenciação empregues no projecto.

### **3.2.1 Identificação física de exemplares**

A utilização de códigos de barras a duas dimensões para a identificação permite ao utilizador aceder à informação do exemplar (e alterá-la) no próprio local, de forma imediata e sem necessidade de qualquer pesquisa. Basta um telefone móvel com ligação à Internet para poder utilizar o serviço.

Para um visitante, esta funcionalidade torna a visita mais rica e expande a informação disponível sobre cada exemplar. É simultaneamente um serviço prático e que provoca curiosidade do público, pelo carácter inovador que apresenta. No caso de um investigador que necessite de informação sobre um exemplar ou espécie que está a ver, o serviço permite-lhe obter de forma imediata a classificação taxonómica completa e restante informação existente, substituindo ou reduzindo a necessidade de uma pesquisa posterior.

Um funcionário do parque pode retirar ainda uma outra vantagem deste serviço: a de alterar e acrescentar informação do exemplar no momento em que está a trabalhar junto do mesmo, acedendo também ao sistema através do código de barras. Desta forma é possível registar a intervenção que se efectuou no exemplar, alterar a respectiva informação e observações, fotografá-lo com um dispositivo móvel e colocar a imagem no sistema ou registar a localização geográfica do mesmo. Num sistema comum, todas estas tarefas teriam de ser realizadas mais tarde num computador, inserindo dados anotados em papel ou na memória sobre diversos exemplares, o que tornaria muito mais difícil manter a informação completa e actualizada.

A instalação deste serviço requer apenas a impressão de códigos gerados facilmente no sistema, e já que não necessita de dispositivos específicos para a sua leitura, pelo que toda esta funcionalidade é conseguida com custos mínimos para a administração do espaço.

### **3.2.2 Geo-referenciação**

As tecnologias de geo-referenciação trazem diversas possibilidades para um sistema desta área. Neste projecto explora-se o tratamento da localização física dos exemplares do parque; tal capacidade permite que, ao consultar o sistema, se encontre facilmente a posição de cada espécime. Esta informação pode ser inserida ou corrigida de forma simples pelos funcionários, incentivando à manutenção contínua dos dados. Assim, ao consultar a informação de um exemplar em particular, o utilizador sabe exactamente onde deve ir para o encontrar. É possível também consultar o mapa com a localização de todos os exemplares, ver sugestões de percurso para visitas ou pesquisar os espécimes situados numa qualquer área do parque.

A utilização destas duas tecnologias cria uma nova interacção entre os exemplares do espaço natural e a sua representação no sistema. Torna-se possível através dos identificadores dos exemplares aceder à sua informação e inversamente, da informação no sistema, obter facilmente a localização real dos exemplares. Pretende-se com esta capacidade permitir uma gestão dos dados mais imediata e eficaz.

### **3.3 Informação de biodiversidade**

Uma questão central deste projecto é a disponibilização de informação sobre os exemplares de um parque. Assim, procurou-se que a aplicação desenvolvida tivesse dados relevantes nas diversas categorias necessárias. Para cada exemplar em particular, além de fotos, descrição e anotações sobre o mesmo, é apresentada informação sobre a espécie a que pertence. Neste contexto inclui-se a classificação taxonómica completa e diversas características da espécie. Enquanto esta informação é útil para consulta, a nível científico interessa que os dados de exemplares possam ser tratados em conjunto e agregados a outros para estudos mais abrangentes. Neste sentido decidiu-se suportar formatos normalizados destes dados.

O suporte nativo da norma internacional Darwin Core [Gro09a] na aplicação permite exportar facilmente conjuntos de dados num formato que pode ser reconhecido integralmente e sem ambiguidades por outras organizações. Com os meios de comunicação de dados que existem actualmente, esta partilha de informação deve ser sempre fomentada e facilitada com o propósito de dar um contributo real para a área científica da biologia.

### **3.4 Descrição das funcionalidades**

As funcionalidades implementadas reflectem o que fora previsto em casos de utilização na fase inicial de especificação dos requisitos. Segue-se uma breve descrição dos principais aspectos da aplicação *Web* desenvolvida. Nos diagramas seguintes apresentam-se os casos de uso referentes a secções individuais da aplicação, separados do seu contexto para facilitar a análise. Alguns casos surgem agregados pela mesma razão. Um diagrama de casos de uso mais completo pode

ser consultado no Anexo A. Apresentam-se também imagens de utilização do sistema, apenas nas funcionalidades mais relevantes.

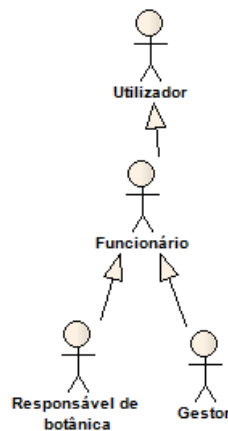


Figura 3.1: Actores considerados nos casos de utilização

Para iniciar a apresentação das funcionalidades, a Figura 3.1 descreve a relação entre os actores considerados nos diagramas que se seguem. O actor *Funcionário* pretende englobar todos os trabalhadores do espaço natural, enquanto que os actores *Gestor* e *Responsável de botânica* referem-se a cargos com acesso a funcionalidades mais restritas no sistema. Representa-se também um *Utilizador* genérico, que engloba qualquer funcionário ou visitante e que pode aceder às funcionalidades que não necessitam de autenticação.

### 3.4.1 Visualização de informação sobre exemplares

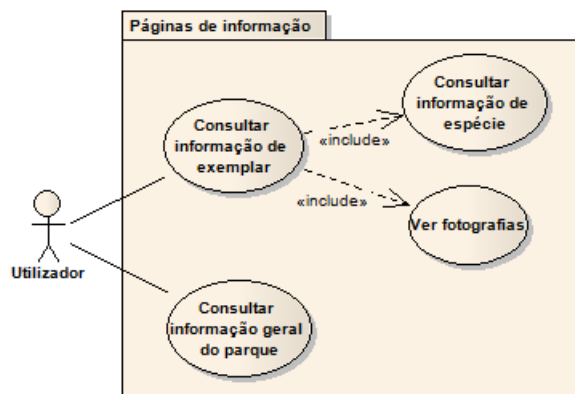


Figura 3.2: Casos de uso das páginas de informação

As páginas de informação podem ser acedidas de diversas formas: pelo mapa virtual (Secção 3.4.3), através de uma pesquisa (Secção 3.4.5) ou em dispositivos móveis através dos QR codes (descrito na Secção 3.4.4). Por conveniência criou-se também uma página que lista todos os exemplares do espaço, separados pelas zonas existentes, para acesso às páginas respectivas. Os casos

de utilização relativos a estas páginas são descritos na Figura 3.2. Cada página mostra a informação disponível sobre um exemplar; como informação específica inclui-se a descrição do mesmo e as anotações dos funcionários. Conforme o exemplar, o sistema apresenta também uma lista de características relevantes da espécie correspondente. Esta informação está já presente na base de dados para alguns milhares de espécies (cortesia de *Illinois Plant Information Network* [IKK99]), podendo ser completada pelos funcionários. Mostram-se também as fotografias disponíveis do exemplar e a classificação taxonómica completa (proveniente de informação recolhida por João Silva [Sil09]). No caso dos jardins da FEUP, podem já ser visualizadas as páginas de diversos exemplares reais do espaço, inseridas ao longo do projecto para testar a aplicação. A Figura 3.3 apresenta uma destas páginas, em que são visíveis os dados referidos para um dos exemplares.

O sistema permite representar também conjuntos de espécimes, por razões práticas, já que em alguns casos não faz sentido identificar os exemplares individuais (como, por exemplo, um canteiro de plantas rasteiras). Estes conjuntos podem ter um número variável de espécies e são simbolizados geograficamente por polígonos em vez de pontos. Nestes casos a página apresenta informação para as várias espécies do conjunto e as opções de funcionários são ligeiramente diferentes.

The screenshot shows a web page for a specimen. On the left is a navigation menu with links: Início, Sobre, Visita virtual, Explorar, Pesquisa, and Contactos. The main content area is divided into sections: 'Espécime:' with fields for 'Identificação: 13', 'Descrição: Camélia junto ao muro (1 de 3)', 'Notas:', and 'Data da última modificação:'. Below this is 'Informação da espécie:' with details like 'Nome científico: Camellia japonica', 'Nome comum: Camélia do Japão', 'Forma: Arbusto', 'Ciclo de vida: Folha persistente', 'Folhas - forma: Elíptica', 'Folhas - margem: Dentada', 'Flores vistosas: Sim', 'Inflorescência: Solitária', 'Cor das flores: Do branco ao vermelho', 'Meses de floração: Mês 3 a 5', 'Tipo de fruto: Cápsula', and 'Origem: Sul do Japão'. To the right is a photograph of a green Camellia plant. Below the photo is a 'Classificação' box listing: 'Camellia japonica', 'Reino: Plantae', 'Filo: Magnoliophyta', 'Classe: Magnolopsida', 'Ordem: Ericales', 'Família: Theaceae', and 'Género: Camellia'.

Figura 3.3: Página de um exemplar

### 3.4.2 Edição de informação sobre exemplares

Para os funcionários do sistema são apresentadas várias opções para editar a informação de exemplares e conjuntos, descritas no diagrama da Figura 3.4. O formulário para a adição de um novo espécime é mostrado como exemplo na Figura 3.5. Existem também opções para alterar e eliminar os registos na página de cada exemplar ou conjunto. Adicionalmente, podem ser carregadas fotografias para associar aos exemplares.

## Um sistema de informação para espaços naturais

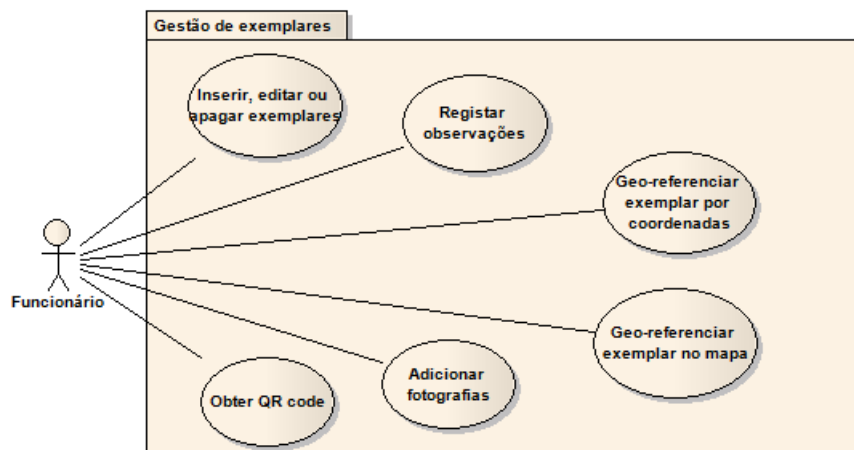


Figura 3.4: Casos de uso de gestão de exemplares

Para efectuar a geo-referenciação de um exemplar existem duas opções. A primeira é um formulário onde se podem inserir as coordenadas geográficas (obtidas por exemplo de um dispositivo GPS). A outra hipótese é a de apontar a localização no mapa interactivo, como demonstrado na Figura 3.6. Para exemplares individuais o utilizador deve indicar um ponto; no caso dos conjuntos, este método implica desenhar um polígono no mapa que descreva a área ocupada.

Como suporte aos serviços de identificação física, existe também uma opção para gerar o código de barras correspondente a cada exemplar. Esta funcionalidade é suportada por serviços externos e o QR *code* personalizado é apresentado de imediato.

A imagem mostra a interface de um formulário web. No topo, há um banner com o logótipo 'Parque FEUP' e uma fotografia de um edifício. À esquerda, um menu de navegação contém: 'Inicio', 'Sobre', 'Visita virtual', 'Explorar', 'Pesquisa', 'Área reservada' e 'Contactos'. O formulário principal, intitulado 'Inserir espécime', contém os seguintes campos: 'Espécie:', 'Descrição:', 'Data de modificação:', 'Código de instituição:', 'Zona:' (com uma lista suspensa aberta mostrando opções como 'Jardim da entrada', 'Jardim Noroeste', 'Jardim central' e 'Canteiros do parque automóvel frontal'), e um botão 'Inserir'.

Figura 3.5: Formulário de inserção de exemplares

### 3.4.3 Visita virtual

O serviço de visita virtual (cujos casos de utilização são descritos na Figura 3.7) apresenta ao utilizador um mapa interactivo (baseado em *Google Maps*) em que os diversos exemplares e

## Um sistema de informação para espaços naturais



Figura 3.6: Geo-referenciação de um exemplar no mapa

conjuntos estão representados por marcadores. Estes marcadores permitem, com um clique, abrir pequenas janelas com a informação básica do exemplar (como exemplificado na Figura 3.8). O duplo clique no marcador permite avançar para a página de informação correspondente. Enquanto os exemplares individuais estão associados a marcadores simples, nos conjuntos o marcador é acompanhado de um polígono que representa a área do mesmo. A navegação no mapa faz-se com os controlos característicos da aplicação *Google Maps*.

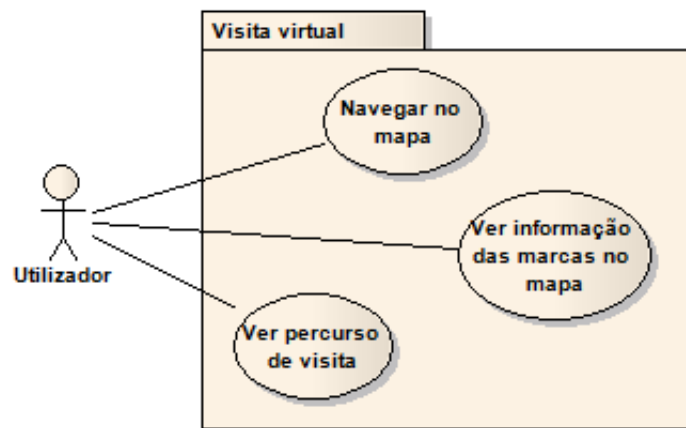


Figura 3.7: Casos de uso da visita virtual

O formulário situado por baixo do mapa permite escolher um percurso de visita pré-definido para visualizar. Ao escolher um deles, o mapa apresenta os pontos da visita seleccionada de forma sequencial, bem como a descrição dos exemplares da lista (Figura 3.9). Estes percursos podem ser definidos pelos funcionários, seleccionando as zonas mais interessantes para os visitantes.

## Um sistema de informação para espaços naturais



Figura 3.8: Mapa interactivo de visita virtual



Figura 3.9: Visualização de percursos de visita

### 3.4.4 Identificação física e serviços móveis

A identificação física é utilizada para aceder aos conteúdos relativos a cada exemplar. Os QR *codes* são colocados no exemplar (ou em lugar próximo) e o utilizador pode depois usar a câmara do seu telemóvel para efectuar o reconhecimento. Quando o dispositivo reconhece o código, pede permissão ao utilizador para abrir a hiperligação encontrada. Depois da confirmação o navegador do dispositivo é aberto na página de informação do exemplar. A Figura 3.10 representa de forma simplificada os casos de utilização para dispositivos móveis.

Os telefones móveis mais recentes incluem já de origem o *software* de reconhecimento dos códigos. Nos restantes modelos, o utilizador pode facilmente fazer a descarga de uma das muitas aplicações gratuitas disponíveis para o efeito e usá-la para o reconhecimento. Como exemplos, sugerem-se as aplicações *I-nigma*<sup>1</sup> e *Bee-Tagg*<sup>2</sup> para este efeito.

A maioria das funcionalidades do sistema são utilizáveis na generalidade dos telefones móveis actuais, o que permite que os funcionários possam efectuar a manutenção dos dados enquanto

<sup>1</sup>Disponível em [www.i-nigma.com](http://www.i-nigma.com).

<sup>2</sup>Disponível em [www.beetag.com](http://www.beetag.com).

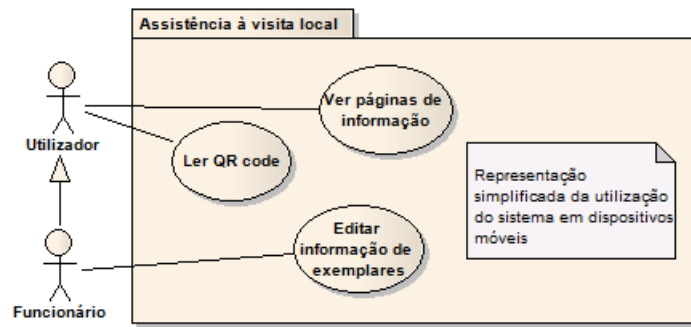


Figura 3.10: Casos de uso em dispositivos móveis

trabalham no parque e que os visitantes possam aceder a diversos serviços úteis também durante a visita. Na Secção (5.5) ao serem apresentados os pormenores da implementação serão listadas as funcionalidades disponíveis para cada tipo de dispositivo.

### 3.4.5 Serviços de pesquisa

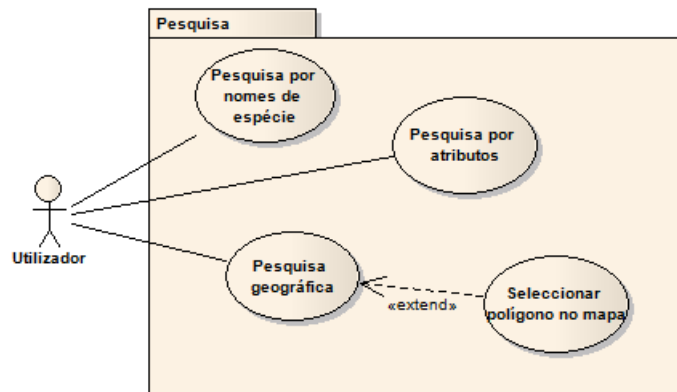


Figura 3.11: Casos de uso das opções de pesquisa

As funções de pesquisa destinam-se primariamente a visitantes e investigadores com interesse na informação do parque; os casos de utilização correspondentes são listados na Figura 3.11. A primeira opção é a de pesquisa por nomes. A expressão inserida pelo utilizador é procurada na descrição do exemplar, no nome comum da espécie e no seu nome científico; numa lista por baixo do formulário são apresentados os resultados.

Para pesquisas mais gerais criou-se a pesquisa por atributos. Neste caso é possível procurar expressões nas várias características das espécies, obtendo-se os exemplares correspondentes. Seleccionaram-se para isso dez atributos diferentes, incluindo a forma e ciclo de vida da planta, a cor das flores e os tipos de folha, fruto e inflorescência. O utilizador pode preencher um ou vários dos campos e recebe os resultados que verificam as várias condições pedidas (Figura 3.12).

## Um sistema de informação para espaços naturais

Início

Sobre

Visita virtual

Explorar

Pesquisa

Área reservada

Contactos

### Pesquisa por características

Forma:

Inflorescência:

Cor das flores:

Flores vistosas?

Folhas:

Tipo de fruto:

Comestível?

Ciclo:

**Pesquisar**

### Resultados

- [Camélia junto ao muro \(1 de 3\)](#) Camellia japonica
- [Camélia junto ao muro \(2 de 3\)](#) Camellia japonica
- [Camélia junto ao muro \(3 de 3\)](#) Camellia japonica

Figura 3.12: Pesquisa de exemplares por atributos da espécie

Uma outra funcionalidade baseada na informação geo-referenciada é a pesquisa geográfica; esta permite ao utilizador seleccionar um polígono no mapa interactivo para obter os exemplares localizados na respectiva área. Esta opção é ilustrada na Figura 3.13.



Figura 3.13: Desenho de um polígono na pesquisa geográfica

### 3.4.6 Gestão de utilizadores e funções de administração

Apesar de não ser um assunto central nas funcionalidades a demonstrar, para criar uma aplicação de demonstração realista e completa incluiu-se um sistema de autenticação e gestão de permissões de utilizadores. O utilizador não autenticado tem acesso a conteúdos de consulta; para aceder a conteúdos restritos para funcionários deve primeiro autenticar-se com uma conta válida.

Para os gestores do espaço existe uma área reservada com a lista dos utilizadores existentes. Nesta zona é possível visualizar a ficha de cada pessoa registada e aceder a diversas opções de

## Um sistema de informação para espaços naturais

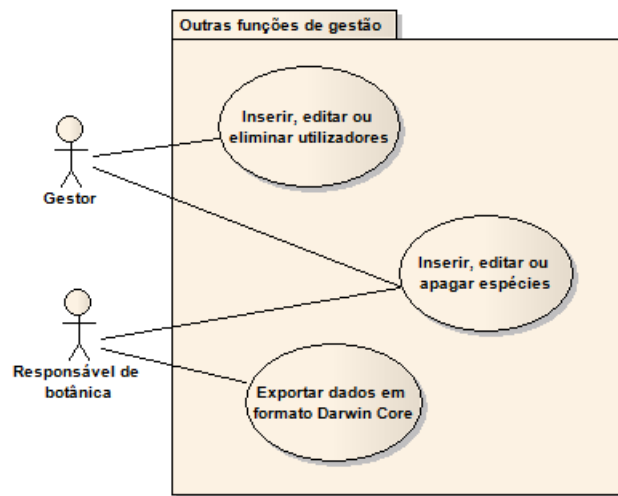


Figura 3.14: Casos de uso para funcionalidades de gestão

gestão, como inserir, alterar e apagar contas de utilizadores (Figura 3.15). Também as opções de editar dados de espécie são restritas aos gestores e responsáveis de botânica. Finalmente, os responsáveis de botânica possuem também a opção de exportar dados de exemplares em formato Darwin Core (ver Secção 7.3). Ao seleccionar esta opção, o sistema efectua a exportação e permite ao utilizador descarregar o ficheiro correspondente. A Figura 3.14 descreve os casos de uso relativos a estas funcionalidades.

Figura 3.15: Edição de uma conta de utilizador

Um sistema de informação para espaços naturais

## Capítulo 4

# Arquitectura do sistema

Para construir um sistema de informação é fundamental planear detalhadamente a sua arquitectura. O estudo desenvolvido para este projecto culminou no desenvolvimento de uma aplicação *Web* leve e baseada em *software* livre, que permite efectuar a gestão de informação relativa ao sítio natural considerado.

Neste capítulo é delineada uma descrição de alto nível da estrutura da aplicação desenvolvida e suas principais características técnicas. Como complemento será feita também uma apresentação de cada uma das tecnologias utilizadas, acompanhada da justificação da sua escolha face às alternativas existentes.

### 4.1 Estrutura do sistema

O sistema desenvolvido consiste numa aplicação *Web* implementada com recurso à linguagem *PHP* (Secção 4.4.3) suportada por uma base de dados espacial *PostgreSQL/PostGIS* (Secções 4.4.1 e 4.4.2). A aplicação foi estruturada seguindo o modelo *Model-View-Controller* (MVC) suportado pela *Zend Framework* (apresentada em 4.4.4) que divide a implementação pelas três camadas essenciais do sistema. Na camada de acesso a dados (*Model*), utilizam-se classes cujas funções realizam somente a tarefa de comunicação com a base de dados. Os *Controllers* representam a camada de lógica de negócio e operam sobre os dados preparando-os para a apresentação ao utilizador. As *Views* formam a camada de interface, ocupando-se apenas da interacção com os utilizadores do sistema. Esta separação clara entre as camadas revelou-se uma vantagem no desenvolvimento, dando origem a uma aplicação bem organizada, na qual as funcionalidades podem ser facilmente alteradas ou acrescentadas.

O diagrama de pacotes da Figura 4.1 representa os constituintes essenciais da aplicação desenvolvida, oferecendo uma visão de alto nível da arquitectura do sistema. No diagrama destaca-se a separação das três camadas do sistema através do modelo MVC, bem como a utilização global de classes da biblioteca *Zend*.

## Arquitectura do sistema

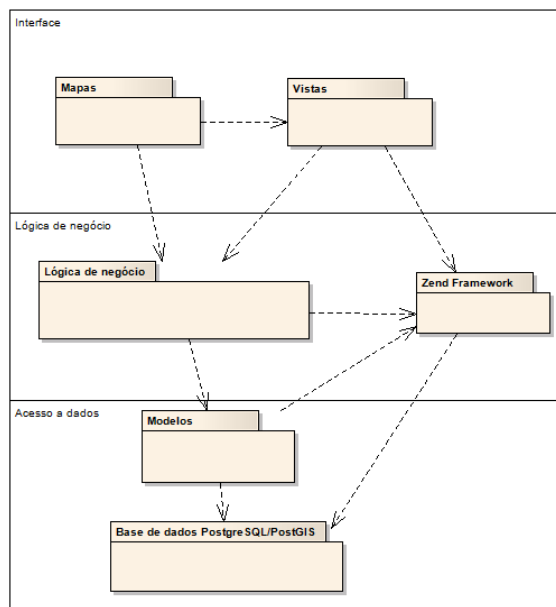


Figura 4.1: Diagrama de pacotes da aplicação

## 4.2 Portabilidade

Um dos focos no planeamento da solução era criar uma aplicação flexível, que pudesse ser facilmente adaptada a qualquer espaço botânico.

A aplicação desenvolvida requer apenas um servidor *Web* configurado para correr PHP e uma base de dados *PostgreSQL/PostGIS*. Cumprindo estes requisitos, são suficientes algumas alterações mínimas (a nível de texto e posicionamento do mapa interactivo) para preparar a aplicação para um novo parque ou jardim. Com a informação de espécies e taxonomia já incluída e o suporte para dispositivos móveis, simplifica-se também para os funcionários a tarefa de inserir a informação dos exemplares do espaço.

Esta flexibilidade permite que qualquer espaço natural possa implementar este sistema de informação, tornando as funcionalidades desenvolvidas acessíveis para todos os sítios que se mostrem interessados.

## 4.3 Modelo de dados para um espaço natural

O modelo de dados para espaços naturais utilizado foi desenvolvido por João Silva no âmbito de um projecto anterior [Sil09]. Para o trabalho actual, procedeu-se a um refinamento do modelo, adaptando-o ligeiramente de acordo com as necessidades deste projecto.

Para uma melhor compreensão da estrutura da aplicação desenvolvida, a Figura 4.2 mostra o diagrama de classes UML correspondente acompanhado de uma descrição dos principais pontos deste modelo.

## Arquitectura do sistema

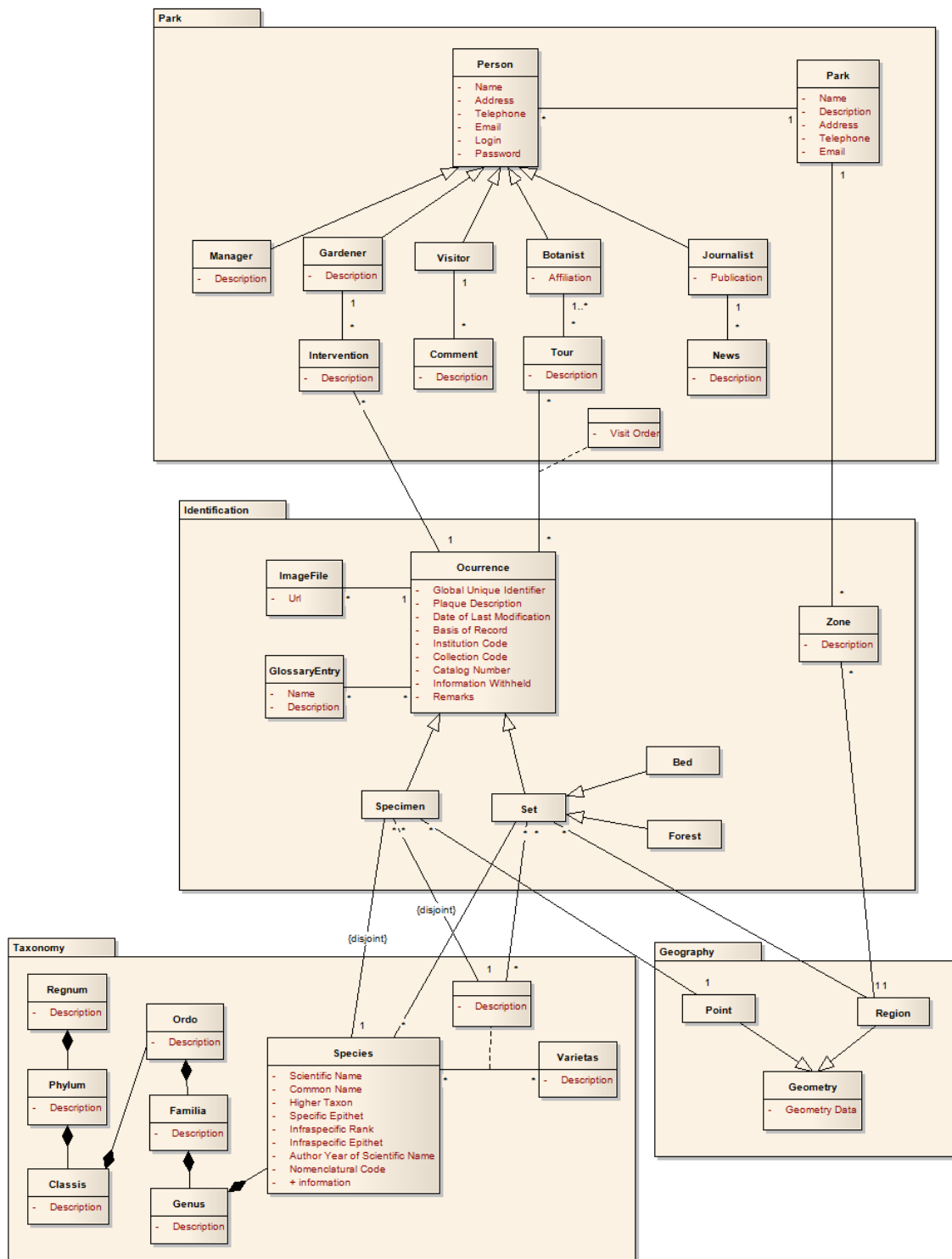


Figura 4.2: Modelo de dados do projecto

### Informação da colecção botânica

O pacote de classes central do modelo é aquele que se refere à identificação dos elementos da colecção botânica. Neste contexto importa explicar o conceito de *Ocorrência*: representa

um elemento da colecção, podendo corresponder a um exemplar individual ou a um conjunto de exemplares. Contém a informação descritiva correspondente e especializa-se em duas classes mais específicas: *Espécime* e *Conjunto*. Estas estão ligadas às classes relevantes de informação taxonómica e geográfica. Neste pacote existe também o conceito de *Zona*, simbolizando uma divisão do parque para efeitos de organização.

### Parque e utilizadores

O pacote relativo ao parque natural inclui alguma informação básica do sítio e toda a informação relativa aos utilizadores do sistema. A classe *Pessoa* generaliza os diversos tipos de utilizadores. O *Gestor* terá acesso a funcionalidades de gestão do parque e da lista de utilizadores. O tipo *Botânico* refere-se a especialistas da área com permissão para criar percursos de visita e alterar a informação de espécies e taxonomia. O tipo *Jardineiro* corresponde aos restantes empregados do parque, que realizam tarefas de jardinagem e manutenção. Para utilizadores não pertencentes à organização mas com interesse em estarem registados no sistema, existem os tipos *Visitante* e *Jornalista*.

### Informação taxonómica e geográfica

As classes referentes aos diversos níveis da árvore taxonómica (*Reino*, *Filo*, *Classe*, *Ordem*, *Família*, *Género* e *Espécie*) pretendem representar a classificação completa dos exemplares. A classe *Espécie* incluída na classificação, contém também diversas características, tanto a nível técnico da área de biologia, como em atributos gerais que a descrevem. O pacote *Geografia* contém os dados espaciais referentes à localização dos exemplares, conjuntos e zonas do espaço natural. Estes representam-se na classe *Geometria*, que se especializa em *Ponto* e *Region* para suportar os diferentes tipos de elementos.

## 4.4 Tecnologias utilizadas

A aplicação desenvolvida utiliza diversas tecnologias e produtos de *software* para os seus vários componentes. Para completar a descrição de arquitectura, segue-se uma apresentação de cada uma das ferramentas utilizadas, descrevendo também as razões que levaram à sua escolha em detrimento das alternativas existentes.

### 4.4.1 PostgreSQL

O *PostgreSQL* é um sistema *open-source* de bases de dados objecto-relacionais [Gro]. Com 15 anos de desenvolvimento, tornou-se uma referência a nível de fiabilidade e integridade dos dados. As bases de dados *PostgreSQL* são compatíveis com os principais sistemas operativos e possuem interfaces para diversas linguagens de programação. A nível de estrutura o *PostgreSQL* segue rigidamente a norma *ANSI-SQL:2008*, e possui um leque muito completo de funcionalidades avançadas com elevada capacidade de personalização.

Para além destas vantagens, o *PostgreSQL* foi escolhido para este projecto devido à sua extensão espacial *PostGIS* [Pos], projecto público que acrescenta ao sistema de base de dados o necessário suporte para informação geográfica.

### 4.4.2 PostGIS

Em termos de bases de dados espaciais existiam várias opções de escolha; das alternativas *open-source*, destacaram-se duas pela sua qualidade: o *PostGIS* (extensão para *PostgreSQL*) e as extensões espaciais do *MySQL* [For10]. Optou-se pela tecnologia *PostGIS* devido às suas capacidades e conveniência para o projecto [Bos10]; de acordo com a pesquisa efectuada é a solução mais eficiente para cálculos complexos.

O *PostGIS* é um projecto *open-source* que acrescenta funcionalidades de geo-referenciação a bases de dados *PostgreSQL*. Inclui suporte para diversos tipos geométricos (como pontos, linhas, polígonos e conjuntos) e centenas de operadores, funções e índices espaciais, permitindo diversas operações e cálculos geográficos. Trata-se de uma solução completa e muito optimizada, empregue actualmente em diversos produtos de *software* livre e comercial [Obe10].

É certificado pelo *Open Geospatial Consortium* (OGC), organização internacional que desenvolve e fomenta o uso de normas para conteúdo e serviços geográficos assim como para o processamento e partilha de informação espacial [OGC10].

### 4.4.3 PHP

PHP (acrónimo para *PHP: Hypertext Preprocessor*) [TL02] é uma das linguagens de programação mais utilizadas para gerar conteúdo dinâmico em desenvolvimento *Web*. O código PHP corre directamente no servidor, gerando ficheiros HTML simples que o cliente recebe [Gro10c].

Sendo uma linguagem de sintaxe simples e plena de funcionalidades avançadas, foi a linguagem seleccionada para a aplicação web a criar no projecto. Como alternativas ponderou-se a utilização de *Java 2 EE* ou *Ruby on Rails*, tendo-se destacado o PHP pela sua simplicidade (de utilização e manutenção) e pela extensa quantidade de bibliotecas e documentação que possui.

### 4.4.4 Zend Framework

No sentido de acelerar as tarefas mais repetitivas do desenvolvimento *Web* e criar uma base firme para a aplicação a desenvolver, decidiu-se testar a viabilidade da utilização de uma *framework* de suporte à tecnologia PHP. Desta forma é possível reservar mais tempo para o desenvolvimento das funcionalidades chave do projecto, reduzindo o trabalho rotineiro ao mínimo necessário.

A grande diversidade de soluções existentes foi surpreendente, mesmo com a restrição de compatibilidade com a linguagem PHP [Lap08]. Através de critérios como a lista de funcionalidades oferecidas, a documentação existente, a opinião de utilizadores e a dimensão deste projecto, reduziu-se o grande leque de opções a uma escolha entre duas frameworks: *Cake PHP* e *Zend*

*Framework*. Ambas se destacaram por serem soluções *open-source* eficazes e amplamente utilizadas, com extensa documentação disponível e comunidades de utilizadores activas e de grandes dimensões [Edw08]. Finalmente optou-se pela *Zend Framework* por se tratar de uma solução mais flexível que não impõe uma estrutura tão rígida como o *Cake PHP* e que permite uma maior liberdade no acesso à base de dados.

A *Zend Framework* é uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento de aplicações *Web*, criada sob uma filosofia *use-at-will*, no sentido em que o utilizador possui a liberdade de escolher só os componentes que quer utilizar da extensa lista disponível. Inclui um modelo MVC completo para otimizar o desenvolvimento, uma longa lista de componentes (desde autenticação de utilizadores a sistema de envio de *email*) para as diversas funcionalidades necessárias e um conjunto de API para os serviços *Web* mais comuns [Tec].

### 4.4.5 QR code

Como se referiu anteriormente, o *QR code* é uma norma de códigos de barras a duas dimensões. A sua criação data de 1994 e foi efectuada pela empresa *Denso Wave* no Japão [Wav10]. O nome é uma abreviatura para *Quick Response Code*. Devido ao fácil reconhecimento e à quantidade de informação que armazena, é muito utilizado no seu país de origem [SS06] e tem começado recentemente a ser empregue no mercado ocidental.

A escolha desta norma para o projecto deve-se a vários factores: primeiro, a grande eficácia e capacidade dos códigos, segundo os estudos analisados [Kat06]; para além disso, o facto de ser uma norma suportada por diversas aplicações, sendo até instalada de origem nos telefones móveis mais recentes. A diversidade de aplicações gratuitas capazes de interpretar os códigos garante uma maior independência do projecto quanto a aplicações externas. Existem ainda *APIs* (*Application Programming Interfaces*) que oferecem o serviço de geração de *QR codes* de modo simples e imediato.

Nos testes efectuados os códigos são geralmente reconhecidos com sucesso, mesmo em telefones móveis de baixa gama. As aplicações de leitura já existentes são bastante estáveis e permitem abrir directamente endereços de páginas *Web* se for esse o conteúdo do código. A eficácia de reconhecimento está evidentemente dependente da qualidade da câmara fotográfica do dispositivo, mas pode-se afirmar que o serviço é já utilizável pela grande maioria do público. Com o desenvolvimento dos serviços de Internet móvel e a redução das respectivas taxas que se tem verificado nos últimos anos, prevê-se que este serviço se torne cada vez mais acessível a todos.

### 4.4.6 Google Maps API

Na abordagem à criação do mapa interactivo do projecto foram consideradas várias hipóteses. Analisando-se a possibilidade de criar de raiz o mapa dinâmico, concluiu-se que não seria possível no tempo disponível criar algo que se aproximasse das capacidades oferecidas pelas soluções existentes. Quando se procuraram aplicações de visualização de informação geográfica para integrar no projecto, surgiram quatro alternativas principais: *Google Maps*, *Bing Maps*, *OpenStreetMaps* e

*Yahoo Maps*. Apesar de serem soluções interessantes, o *OpenStreetMaps* e o *Yahoo Maps* mostraram ser menos completos a nível de funcionalidades e apresentaram uma interacção menos natural nos testes efectuados. Sendo as outras duas hipóteses semelhantes a nível de desempenho e funcionalidades, optou-se por usar *Google Maps* dada a facilidade de uso e extensa documentação apresentada pela sua API.

O *Google Maps* é uma conhecida aplicação de visualização de informação geográfica. Foi lançado em 2005 e desde essa data tem estado em constante evolução, melhorando os serviços e acrescentando novas funcionalidades. Hoje em dia apresenta mapas e imagens de satélite a nível mundial. Pode dizer-se que contribuiu para a democratização da tecnologia GIS, levando a visualização de informação geográfica até ao público geral.

A API *Google Maps* permite incluir um mapa dinâmico em qualquer página *Web* através de *JavaScript* [Gooa]. Esta facilidade de integração foi um dos factores principais que levou à escolha desta solução para o mapa interactivo do projecto.

### 4.4.7 Darwin Core

O standard *Darwin Core* (abreviado como *DwC*) foi desenvolvido pela organização *Biodiversity Information Standards (TDWG)* com o intuito de facilitar o registo e a integração de informação sobre organismos biológicos e a sua ocorrência espaço-temporal [Gro09a]. Foi apresentado pela primeira vez em 1998 e, depois de várias versões, foi finalmente ratificado como norma em 2009. O *Darwin Core* baseia-se na norma *Dublin Core* de catalogação de recursos, funcionando como uma extensão da mesma para a área da biodiversidade.

O desenho da norma *Darwin Core* pretende ser muito pouco restritivo para aumentar a sua funcionalidade e compatibilidade com outros formatos. Informação mais específica ou fora do escopo da norma pode ser suportada através de extensões.

Na sua essência, a norma consiste num vocabulário de termos descritivos de exemplares biológicos, distribuídos por diversas classes [Gro09b]. As mais relevantes para este projecto são três: *Occurrence* (ocorrência), que neste contexto tem um significado mais vago (podendo representar, por exemplo, um espécime ou uma observação de uma espécie em determinado local); *Taxon*, que representa informação taxonómica em geral; e *Location*, para representar os vários elementos caracterizantes de uma localização geográfica. Estas classes serão as utilizadas para exportar a informação de exemplares do sistema para este formato.

Os termos da norma podem ser aplicados em várias tecnologias, como XML (*Extensible Markup Language*), RDF (*Resource Description Framework*) ou simples ficheiros de texto CSV (*Comma-Separated Values*) [TDW09]. Para este projecto optou-se por seguir as definições XML da norma *Darwin Core* na exportação dos dados do sistema.

## Arquitectura do sistema

## Capítulo 5

# Desenvolvimento da aplicação *Web*

O desenvolvimento de *software* com recurso a tecnologias recentes apresenta sempre questões interessantes e por vezes inesperadas. Este capítulo destina-se a clarificar alguns aspectos relevantes da implementação do projecto.

### 5.1 Utilização da Zend Framework

A aplicação *Web* de gestão de espaços naturais foi desenvolvida como suporte para os diversos serviços previstos no projecto. Interessa por isso apresentar uma breve descrição da estratégia seguida na sua implementação. A utilização da *Zend Framework* apresenta diversas vantagens, a nível de escalabilidade da aplicação e facilidade de manutenção no futuro. Foi utilizada não só por permitir acelerar o desenvolvimento (depois da aprendizagem inicial), mas também para fornecer um suporte forte à organização e fiabilidade da aplicação final. Durante o desenvolvimento seguiu-se a estrutura *Model-View-Controller* (MVC) proposta pela *framework*, que divide o código nas camadas de modelos, vistas e controladores. Para ilustrar a estrutura de aplicação criada pela *Zend Framework*, a árvore de ficheiros resultante é apresentada na Figura 5.1. Na imagem destacam-se os ficheiros de configuração da aplicação e respectiva navegação, a pasta *library* que contém as diversas ferramentas fornecidas pela *framework*, e também as divisões *models*, *controllers*, *views*, *layouts* e *forms* para os vários elementos da aplicação.

A utilização de um ficheiro único de configuração para guardar as variáveis gerais da aplicação evita a repetição de informação nos restantes ficheiros e permite alterar facilmente características do sistema com o mínimo de esforço. Também os menus de navegação são organizados num só ficheiro, este em formato XML, permitindo adicionar e reorganizar as funcionalidades facilmente na navegação do *site*.

Em termos de visualização, adoptou-se também a estratégia da *Zend Framework* de separar o *layout* geral do *site* dos conteúdos de cada página, evitando mais uma vez a repetição de código e tornando mais fácil de alterar o aspecto visual da aplicação. Existe assim um ficheiro independente para o *layout* geral e, separadamente, vistas específicas para cada acção do sistema. De cada vez

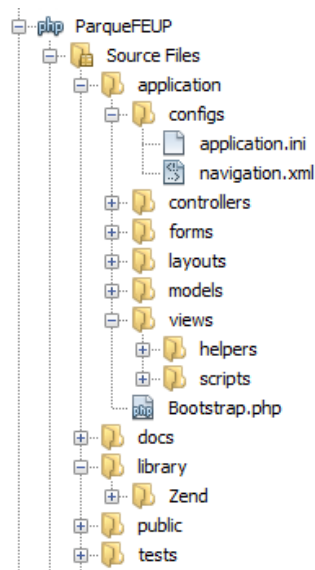


Figura 5.1: Árvore de ficheiros parcial da aplicação desenvolvida

que uma página é consultada, a *framework* combina os dois elementos de forma transparente para o utilizador.

Para algumas funcionalidades mais específicas foi utilizada também a biblioteca de classes da *Zend Framework*. Na autenticação de utilizadores e gestão de sessões recorreu-se à classe *Zend\_Auth*, que simplificou a implementação deste serviço; a classe *Zend\_Acl* foi utilizada para implementar de forma intuitiva e flexível o controlo de acesso de utilizadores aos vários recursos da aplicação. A classe *Zend\_Form* foi empregue para simplificar a implementação dos formulários mais complexos. Adicionalmente, são utilizados outros elementos da biblioteca para necessidades mais pontuais como o carregamento de ficheiros para o sistema.

## 5.2 Implementação da base de dados

A base de dados foi implementada num servidor PostgreSQL 8.3 com as funcionalidades espaciais PostGIS instaladas. Seguiu-se o modelo de dados apresentado previamente (4.3), sendo feita uma selecção das classes a implementar de acordo com a sua relevância para os objectivos do projecto. As escolhas incluem a classe *Pessoa* com os tipos de utilizadores *Gestor*, *Jardineiro*, *Visitante* e *Botânico* bem como as classes relativas ao parque e aos percursos de visita; implementou-se também a classe *Ocorrência* e as suas várias especializações e as classes para zonas e fotografias; quanto à taxonomia e informação geográfica, todas as classes previstas no modelo foram suportadas.

Para a implementação das tabelas *PostGIS* existiam algumas opções. Para seguir a abordagem do modelo de dados e obter uma representação eficaz da colecção de exemplares, optou-se por representar os exemplares individuais sob a forma de pontos e os conjuntos de espécimes como polígonos de complexidade variável. Uma possibilidade, talvez a mais óbvia, seria utilizar uma

coluna geográfica sem restrições para representar todos os elementos espaciais. Porém, uma vez que os pontos e os polígonos seriam tratados de forma diferente na interface, para as consultas mais gerais seria sempre necessário filtrar a tabela consoante o tipo de geometria chamando funções *PostGIS*; esta situação poderia aumentar significativamente o esforço computacional das consultas e criar problemas no caso de se inserir um tipo de geometria errado. Por estas razões optou-se por implementar pontos e polígonos em tabelas diferentes, sendo uma abordagem mais segura e também mais eficaz, apesar de introduzir alguma complexidade adicional a nível de estrutura e consultas.

### 5.3 Visualização de informação geográfica

A informação contida numa base de dados espacial tem utilidade muito reduzida se não puder ser representada visualmente. Para este fim utilizou-se o serviço *Google Maps* (Secção 4.4.6). A API disponibilizada permitiu inserir um mapa interactivo baseado em *JavaScript* em determinadas áreas do sistema. Para visualizar e inserir dados espaciais estes são transferidos entre PHP e *JavaScript* em forma textual (como conjuntos de coordenadas). Os cálculos espaciais necessários (como na pesquisa geográfica) são realizados por completo com funções do *PostGIS* para melhor aproveitar as capacidades da base de dados espacial e, desta forma, melhorar o desempenho da aplicação.

### 5.4 Utilização móvel do sistema

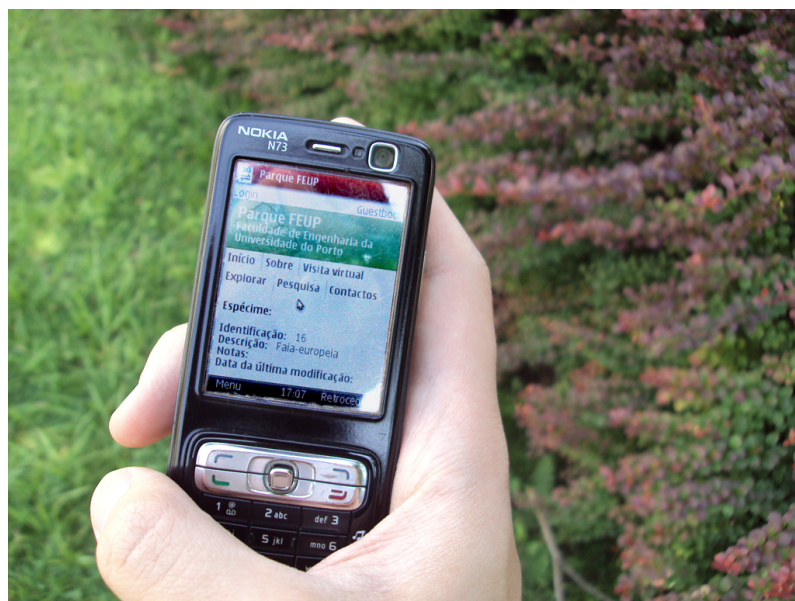


Figura 5.2: Página do sistema utilizando a folha de estilos para dispositivos móveis

Um dos requisitos do sistema era que várias das funcionalidades apresentadas pudessem ser acedidas também através de dispositivos móveis. Tipicamente esta adaptação segue uma de três abordagens possíveis [Har08]:

- criar uma folha de estilos CSS específica para alterar o aspecto das páginas em dispositivos móveis, sem modificar o restante código;
- definir, em código PHP, vistas separadas para alterar o conteúdo a mostrar em cada um dos diferentes tipos de dispositivo;
- desenvolver uma versão móvel da aplicação separadamente da versão principal.

Cada uma das abordagens tem vantagens e desvantagens, sendo que as mais simples de implementar oferecem menor controlo sobre os conteúdos apresentados em cada dispositivo [Meh08] [EV]. Neste caso específico, pretende-se aproveitar as capacidades de processamento e conectividade dos *smartphones* mais recentes, e permitir que acedam na versão móvel às mesmas funcionalidades da versão *desktop*; por esta razão, optou-se por criar uma folha de estilos alternativa que é utilizada quando o sistema detecta que o utilizador está a aceder por um dispositivo móvel. Esta abordagem simplificada permite que os dispositivos móveis recebam as páginas com o aspecto adaptado para os ecrãs de resolução reduzida (ver Figura 5.2) sem necessidade de alterar demasiado a implementação do sistema; se em funcionalidades futuras for necessário bloquear alguns conteúdos em dispositivos específicos, tal configuração poderá ser feita nas vistas em PHP, de forma relativamente simples.

## 5.5 Disponibilidade das funcionalidades por dispositivo

A aplicação *Web* desenvolvida foi desde o início pensada para suportar diversos tipos de dispositivos. Para explorar as potenciais vantagens do *QR code* era necessário poder aceder a parte das funcionalidades através de telefones móveis. Devido à recente evolução destes dispositivos, verifica-se que as capacidades dos mesmos variam muito entre modelos. Torna-se necessário então distinguir também entre os dispositivos móveis mais avançados e aqueles mais antigos ou de gama mais baixa.

Tabela 5.1: Comparação de dispositivos

	<b>Computador</b>	<b>Smartphone actual</b>	<b>Telemóvel de baixa gama</b>
Páginas de informação	Sim	Sim	Sim
Formulários de gestão	Sim	Sim	Menor usabilidade
Carregamento de imagens	Sim	Sim	Sim
Pesquisa textual	Sim	Sim	Menor usabilidade
Pesquisa geográfica	Sim	Sim	Não
Mapa de visita virtual	Sim	Sim	Não

A Tabela 5.1 relaciona os tipos de dispositivos com as funcionalidades oferecidas. As categorias apresentadas são generalizações grosseiras, mas pretendem estimar o comportamento de cada

## Desenvolvimento da aplicação Web

dispositivo nas diferentes secções. Como telefone móvel de baixa gama consideram-se os modelos actualmente mais comuns utilizando um *browser* móvel de boa qualidade (como exemplo, sugere-se o *Opera*<sup>1</sup>); os telefones significativamente mais antigos não são suportados devido a limitações do *hardware*. De forma geral, as páginas de informação funcionam em todos os dispositivos considerados; os formulários mais complexos, embora funcionem, mostram-se mais difíceis de utilizar em dispositivos de gama baixa; e as funcionalidades que utilizam o mapa dinâmico, são apenas suportadas nos dispositivos móveis de maior capacidade.

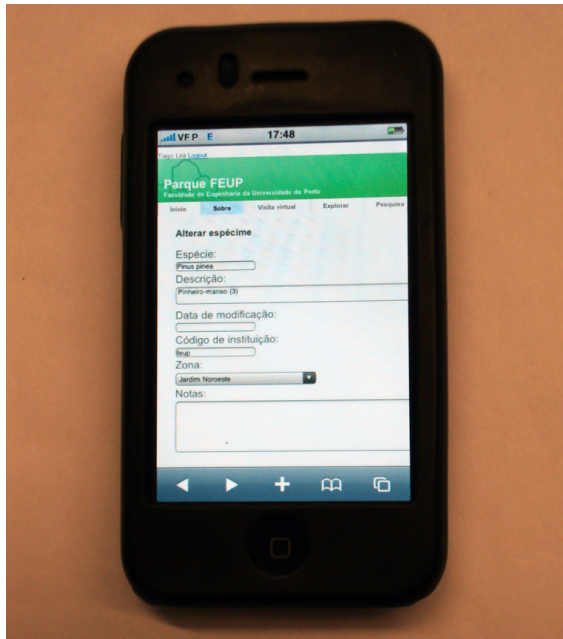


Figura 5.3: Formulário de gestão de exemplares em dispositivo móvel

<sup>1</sup>Disponível em <http://www.opera.com/mobile/>.

## Desenvolvimento da aplicação *Web*

## Capítulo 6

# Obtenção de dados

A utilidade dos serviços de visita e divulgação de informação propostos neste projecto depende em grande parte da existência de informação sobre as espécies botânicas existentes e a respectiva classificação taxonómica bem como da coerência dos dados de exemplares do parque. Para cobrir esta necessidade procurou-se recolher e importar dados reais e relevantes de forma a povoar a referida parte da base de dados.

### 6.1 Taxonomia

O projecto do servidor botânico desenvolvido por João Silva [Sil09] contém uma sólida descrição da árvore taxonómica do reino *Plantae*. Estes dados permitem mostrar a classificação completa dos exemplares inseridos. Por esta razão, os dados de taxonomia foram importados sem alterações da base de dados do projecto referido, preenchendo as tabelas *Reino*, *Filo*, *Classe*, *Ordem*, *Família* e *Género* com o intuito de efectuar a classificação das espécies do parque. Um exemplo desta classificação é apresentado na Figura 6.1.

Classificação
<i>Olea europea</i>
Reino: Plantae
Filo: Magnoliophyta
Classe: Magnoliopsida
Ordem: Lamiales
Família: Oleaceae
Género: Olea

Figura 6.1: Classificação taxonómica para a comum Oliveira

## 6.2 Descrição de espécies

Para além da classificação taxonómica, é também importante providenciar informação descritiva das características das espécies. Neste sentido contactaram-se diversas organizações procurando obter um conjunto de dados com a informação necessária.

A página do sistema *Illinois Plant Information Network* contém informação sobre as características de mais de 3000 plantas [IKK99]. Os dados disponíveis incluem as designações científicas e comuns da espécie, e diversas características de interesse a nível de botânica. Apesar de se dedicar às espécies existentes no referido estado norte-americano, inclui muitas das espécies relevantes para este projecto.

Com permissão dos responsáveis, importou-se a informação disponível na página para a base de dados do projecto. Estando a informação distribuída por mais de 3000 ficheiros de texto de formatação coerente mas variável, criou-se uma pequena aplicação para extrair a informação dos mesmos. Para este fim utilizou-se a linguagem de programação *Java* com o ambiente de desenvolvimento *Eclipse*. Para cada espécie procuraram-se 20 palavras-chave referentes a características diversas como, por exemplo, nomes científicos e comuns, características das folhas e inflorescências e local de origem. Ao longo da execução é criado um ficheiro de texto com o código SQL apropriado para inserir a informação na base de dados.

### Excerto de um ficheiro de informação sobre espécies

GEOGRAPHIC INFORMATION:

ORIGIN: Native

POPULATION DYNAMICS:

FEDERAL STATUS: Not listed

BIOLOGIC:

HABIT: Grasslike

LIFE CYCLE: Perennial

FLOWERING PERIOD:

MONTH BEGINNING- 6 MONTH END- 10

TROPHIC STATUS: Autotrophic

CO2 FIXATION: C3

ENVIRONMENTAL RELATIONSHIPS: No data entered

Para exemplificar o trabalho efectuado a este nível, inclui-se este pequeno excerto de um dos ficheiros recolhidos. O programa realizado procurava a palavra ou expressão identificadora para cada uma das 20 características consideradas, verificando depois se o atributo continha texto válido. O conteúdo de cada ficheiro era variável e, por essa razão, apenas os atributos encontrados para cada espécie foram incluídos no código SQL gerado.

## Obtenção de dados

Por este processo obtiveram-se informações para mais de três milhares de espécies. Este conjunto de dados permite testar o sistema de forma realista ao proporcionar informação fiável sobre parte das espécies necessárias. As restantes espécies do espaço natural podem ser adicionadas individualmente quando necessário. A informação obtida encontra-se na língua inglesa.

Posteriormente pretende-se continuar a desenvolver os dados de espécies no sentido de encontrar informação para as espécies em falta e também para traduzir a informação obtida para a língua portuguesa; sendo estes dados destinados a visitantes, interessa que estejam disponíveis no idioma local para melhor servir os utilizadores finais.

### 6.3 Dados de exemplares

Para testar os serviços foram recolhidos dados de diversos exemplares e conjuntos existentes no espaço da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Foi necessário para cada um dos exemplares identificar a espécie a que pertence para o inserir no sistema. Para as espécies que não se encontravam no conjunto de dados da *Illinois Plant Information Network* a informação relevante foi obtida por pesquisa em diversos recursos bibliográficos [FC03, USD]. Recolheram-se também imagens fotográficas de vários exemplares para apresentar no sistema.

#### Espécime:

Identificação: 1  
Descrição: Cavalho do jardim da frente  
Notas:  
Data da última modificação: 2010-05-13

#### Informação da espécie:

Nome científico: *Quercus coccinea*  
Nome comum: Cavalho escarlata

Forma: Árvore  
Ciclo de vida: Folha caduca  
Reprodução: Sexuada

Raízes: Primárias  
Folhas - tipo: Simples  
Folhas - forma: Ovada  
Folhas - margem: Lobada  
Inflorescência: Amento  
Meses de floração: Mês 4 a 5  
Tipo de fruto: Noz

Origem: América do Norte

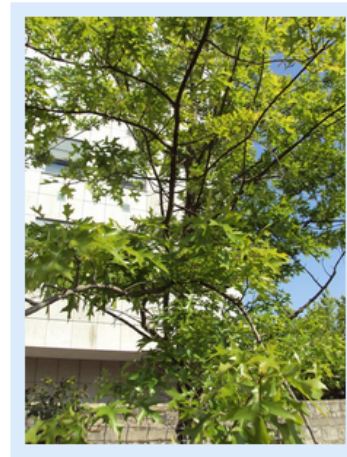


Figura 6.2: Descrição, fotografia e informação de espécie do primeiro exemplar do sistema

Para a localização geográfica foi utilizado um dispositivo receptor de GPS (*Global Positioning System*), que forneceu as coordenadas dos espécimes, posteriormente inseridas no sistema através

## Obtenção de dados

de um formulário que invoca funções do software *PostGIS*. Analisando os resultados desta recolha, verificou-se que as coordenadas obtidas apresentavam um nível de precisão muito variável, observando-se excepcionalmente, em certas zonas do espaço, erros de mais de 10 m. Para os casos em que o erro era perceptível, os dados foram corrigidos no sistema através do formulário de geo-referenciação no mapa interativo.

Como trabalho futuro (ver Secção 8.2) mantém-se o teste de diferentes dispositivos para aumentar a precisão dos dados geo-referenciados.

A Figura 6.2 exemplifica a informação recolhida para um dos exemplares dos jardins da FEUP. No topo mostram-se alguns dados específicos do espécime, incluindo a descrição do mesmo; do lado direito é possível ver uma fotografia deste exemplar específico. A informação que se segue corresponde aos dados de espécies obtidos pelo processo descrito em 6.2. Para algumas espécies, como é o caso desta, a informação foi traduzida para a língua portuguesa. As restantes possuem informação em inglês.

Este esforço de recolha de informação permitiu testar o sistema de forma mais prática, demonstrando o seu funcionamento no jardim da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto com dados de exemplares reais. Adicionalmente, assegurou-se a existência de uma base sólida de informação de taxonomia e descrição de espécies aplicável a qualquer espaço botânico.

## Capítulo 7

# Exploração das tecnologias

Os objectivos deste projecto dependem da aplicação de um conjunto de tecnologias no contexto dos sistemas de informação de espaços naturais. O presente capítulo detalha a forma como estes aspectos foram implementados, dando origem às principais funcionalidades do sistema. Apresentam-se no final algumas observações sobre os resultados obtidos e uma breve avaliação das vantagens criadas para a área de estudo.

### 7.1 Identificação física

Para a implementação dos serviços de identificação baseados em QR *codes* pensou-se inicialmente na possibilidade de implementar aplicações próprias de reconhecimento e geração dos códigos. Depois de uma pesquisa mais aprofundada essa revelou-se uma tarefa demasiado complexa e em grande medida inútil, uma vez que existem no mercado diversas aplicações gratuitas que realizam a mesma função.

Os códigos criados para o projecto contêm hiperligações para páginas da aplicação *Web* desenvolvida. Quando identifica o QR *code* de um exemplar, a aplicação de reconhecimento redirecciona o utilizador para a página específica desse espécime, estando o identificador do mesmo incluído na hiperligação.

O facto de codificar apenas a hiperligação facilita o reconhecimento. O número de linhas e colunas do QR *code* é proporcional à quantidade de informação que contém. Assim, uma mensagem maior requer maior resolução de imagem da câmara do dispositivo utilizado. Enquanto em *smartphones* de gama elevada este efeito pode ser negligenciável, os testes realizados mostraram que em telefones móveis de baixa gama este é um factor chave na eficácia do reconhecimento. Interessa, assim, minimizar o número de caracteres a incluir.

Outros testes realizados incidiram sobre o tamanho de impressão dos códigos. O tamanho teve pouca influência na taxa de reconhecimento, mas influencia a distância a guardar entre a câmara e o código; optou-se assim por um tamanho de 6,5 cm, para não obrigar os utilizadores a aproximarem-se demasiado. Foram também testados os diferentes níveis de correcção de erro que tornam o código mais resistente a perdas de informação. O aumento do nível de correcção



Figura 7.1: Leitura de um *QR code* com um telefone móvel

de erro requer um aumento da dimensão da grelha do código [Wav] e, por esta razão, os níveis superiores resultaram numa menor taxa de reconhecimento. Optou-se, assim, pelo nível mínimo de correcção de erro, que permite reconhecer o código com perdas de informação até 7%. Por fim, fizeram-se alguns testes no espaço, colocando *QR codes* plastificados em alguns exemplares. Surpreendentemente a taxa de sucesso no reconhecimento baixou em alturas de luz solar muito forte, mas, apesar disso, foi sempre possível reconhecer a informação dos códigos. Todos estes testes foram realizados com um dispositivo cuja câmara tem uma qualidade relativamente baixa para assegurar que os códigos são reconhecíveis pela generalidade dos telefones móveis. Posteriormente, testaram-se outros dispositivos com qualidade de imagem superior e verificou-se que os códigos eram reconhecidos quase imediatamente.

Ao longo do período de desenvolvimento testaram-se várias aplicações móveis para realizar este reconhecimento. As duas aplicações que mais se destacaram pela sua qualidade e simplicidade de uso foram *Bee-Tagg* e *I-nigma*. No entanto, o utilizador é livre de optar por qualquer outro leitor de *QR codes* [Bar], uma vez que a interpretação de um código retornará sempre o mesmo resultado.

No Anexo C apresentam-se alguns *QR codes* de exemplares do parque com o intuito de exemplificar o uso desta tecnologia.

A geração de *QR codes* foi implementada com recurso ao serviço *Google Charts API* [Goob]. Um funcionário autenticado terá acesso a esta funcionalidade na página de cada espécime, podendo obter imediatamente o código que o identifica. Desta forma automatiza-se quase completamente a geração de códigos identificadores para o espaço natural em questão, bastando ao funcionário seleccionar o código e imprimi-lo da forma mais conveniente.

## 7.2 Geo-referenciação de exemplares

A gestão de informação espacial na aplicação desenvolvida consiste na interacção entre os dados geográficos, armazenados em tabelas *PostGIS*, e a área de visualização baseada na integração de serviços *Google Maps*.

Como foi referido na Secção 3.4.2, foram implementadas duas formas de geo-referenciar os espécimes no sistema. O formulário textual permite inserir coordenadas provenientes de dados prévios ou da recolha com dispositivos GPS. A geo-referenciação no mapa foi pensada para uma utilização mais prática, em que não estão registadas as coordenadas precisas do exemplar. O utilizador pode, neste caso, seleccionar a localização do mesmo de forma visual; trata-se de uma alternativa mais simples, mas também mais sujeita ao erro humano. Para trabalho futuro fica a opção de inserir a informação directamente de dispositivos móveis com capacidades GPS (descrita na Secção 8.2).

Quando não faz sentido registar cada espécime individualmente, pode armazenar-se um conjunto de exemplares como ocorrência. Para representar os dois tipos de entidades utilizaram-se diferentes tipos de dados *PostGIS*. Para espécimes individuais optou-se por utilizar um ponto como representação; para conjuntos de exemplares optou-se pela representação de polígono a fim de permitir uma melhor representação da área ocupada. No acto de geo-referenciar um exemplar ou conjunto, as coordenadas são inseridas na base de dados através de funções *PostGIS* para criar o elemento (ponto ou polígono) correspondente. Utiliza-se para guardar os dados o *SRID* (*Spatial Reference System Identifier*) 4326, que corresponde ao sistema referencial geodésico de latitude e longitude comum, centrado no centro de massa da Terra e usando como meridiano de referência um meridiano situado a 100 m a leste do Meridiano de Greenwich, utilizado nos sistemas de navegação GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) [BSSL10].

A visualização desta informação consiste, neste momento, em transformar os dados *PostGIS* novamente em conjuntos de coordenadas que são passadas para o *script Google Maps* do mapa interactivo. Este apresenta-os ao utilizador como marcadores e polígonos, associados às respectivas informações de exemplar. A operação de pesquisa geográfica é um pouco mais complexa, permitindo ao utilizador desenhar no mapa um polígono que o formulário interpreta como uma sequência de coordenadas. A consulta *PostGIS* compara o polígono formado por estas coordenadas com a informação de exemplares existente. São retornados os exemplares cujo ponto se situe no interior da área pesquisada bem como os conjuntos em que se verifique a existência de intersecção entre o polígono do conjunto e o da pesquisa. Como exemplo, o código-fonte desta consulta espacial é apresentado no Anexo D.

A implementação realizada permite aos funcionários de um espaço natural manter a informação sobre a localização geográfica dos exemplares actualizada. Para o caso de estudo dos jardins da FEUP, foram geo-referenciados vários exemplares que permitem utilizar o mapa interactivo e testar a visualização de percursos de visita. A solução é escalável e a aplicação a um maior número de exemplares aumentará também a utilidade do serviço, tornando mais valiosa a capacidade de consultar a localização dos exemplares e pesquisar espacialmente no mapa.

A informação espacial torna possíveis diversos tipos de funcionalidades para um espaço natural, existindo ainda muito para explorar. Outras possibilidades, como registar o local de recolha dos exemplares ou a origem geográfica das espécies, são descritas como trabalho futuro.

### 7.3 Darwin Core

A norma Darwin Core foi incluída neste projecto com o intuito de permitir a exportação da informação do parque num formato normalizado facilmente interpretável por outras organizações. Esta funcionalidade foi implementada com recurso à classe *XMLWriter* da linguagem PHP. Quando o utilizador exporta os dados de um exemplar, o sistema devolve-lhe um ficheiro XML com a informação pedida.

A norma permite utilizar especificações algo variáveis quanto à forma de utilização dos termos. Uma destas formas, representada no *Simple Darwin Core XML schema* [Gro10b], consiste numa estrutura de lista simples de termos para guardar toda a informação. Apesar de inicialmente se pretender usar esta especificação, optou-se posteriormente por um formato alternativo baseado no *Generic Darwin Core XML schema* que permite a utilização de alguns termos como classes (no sentido de agruparem outros termos) para melhor estruturar a informação [Gro10a]. Desta forma, um registo *DarwinRecordSet* contém um nó para cada classe incluída; cada classe apresenta como sub-elemento os termos relevantes e, quando necessário, identificadores para referenciar as outras classes.

A informação exportada inclui a identificação do exemplar, a especificação da sua localização geográfica, o nome de espécie e classificação taxonómica. No Anexo B encontra-se um exemplo de informação do jardim da FEUP exportada neste formato.

### 7.4 Avaliação de resultados

As ferramentas descritas neste capítulo permitiram implementar funcionalidades muito distintas daquilo que é típico no sistema de informação de um espaço natural. Com este sistema, um funcionário pode acabar de intervir num exemplar e, através do identificador do mesmo, utilizar o seu telefone móvel para actualizar os dados do exemplar no sistema e carregar uma nova fotografia do mesmo tirada poucos momentos antes. Um visitante pode descobrir um exemplar no mapa de visita virtual e dirigir-se ao local assinalado para o ver. A informação do sistema encontra-se ligada ao espaço que representa através destes serviços e pode ser mantida de forma simples e acessível.

A identificação física de exemplares revela-se um serviço eficaz e útil quando associado ao uso da aplicação em dispositivos móveis. A geração e impressão dos códigos são operações simples e não requerem investimento em equipamento específico. Os testes efectuados em modelos comuns de telemóvel levam à convicção de que o serviço é já utilizável para a maioria dos potenciais visitantes. Seria ainda útil a realização de uma avaliação com número maior de utilizadores e o levantamento das suas opiniões sobre esta funcionalidade. No entanto, prevê-se que a corrente

democratização da Internet móvel torne o público cada vez mais receptivo a este tipo de serviços [Ken10].

A geo-referenciação dos exemplares de um espaço permite criar funcionalidades interessantes e oferece novas possibilidades na análise dos dados do parque. A aplicação desenvolvida mostra que a informação espacial tem utilidade para a gestão e visita de um parque natural; tanto funcionários como visitantes podem retirar vantagens da disponibilidade da informação geográfica sobre o posicionamento dos exemplares. Esta utilidade aparenta também aumentar com as dimensões do espaço em questão: quanto maiores forem a quantidade de exemplares e as distâncias entre eles, mais valiosa é a existência de informação precisa sobre a sua localização.

O suporte da norma Darwin Core possui uma utilidade mais voltada para utilizadores especializados. Através da exportação neste formato, os dados dos exemplares do parque podem ser analisados facilmente por outras organizações, possivelmente juntando-os a outros conjuntos de dados de forma a contribuir para estudos mais abrangentes. O interesse dos dados dependerá do seu conteúdo, do tipo de observações registadas pelos funcionários do espaço, das espécies em questão e mesmo da evolução futura do suporte global da norma. Independentemente destes factores alheios às particularidades do sistema, a ferramenta criada permite a partilha simples da informação num formato facilmente interpretável e suportado por grandes organizações a nível mundial [GBIb].

O sucesso de um novo sistema está sempre dependente da reacção dos seus utilizadores; por esta razão será importante a realização de uma avaliação mais concreta junto do potencial público do sistema. Esta fase de avaliação mais prolongada das funcionalidades está prevista como trabalho futuro (ver Secção 8.2).

## Exploração das tecnologias

## Capítulo 8

# Conclusões e trabalho futuro

Neste capítulo apresentam-se as principais conclusões obtidas no estudo realizado, com o intuito de responder às questões que no início foram propostas. Para terminar, serão apresentadas diversas ideias para expandir futuramente o trabalho desenvolvido.

### 8.1 Conclusões

Os sistemas de informação de biodiversidade estão a começar a evoluir na direcção da informação espacial. Também a norma Darwin Core está a tornar-se mais usada com a crescente partilha de informação científica entre organizações. Os sistemas de espaços naturais dão agora os primeiros passos na utilização de novas tecnologias e existem ainda muitas oportunidades para inovar.

O trabalho desenvolvido prova que as ferramentas estudadas criam novas possibilidades para os espaços naturais. A identificação física dos exemplares permite fornecer conteúdo relevante aos visitantes e torna mais eficaz a gestão de informação para os funcionários. A geo-referenciação permitiu armazenar informação precisa sobre a localização dos exemplares, que pode ser facilmente visualizada para conveniência dos utilizadores. O suporte à norma *Darwin Core* facilita a partilha de conjuntos de dados do sítio com a comunidade científica.

Ao longo deste projecto criou-se um sistema de informação que apresenta uma nova abordagem à gestão de espaços naturais. O apoio à manutenção da informação de exemplares e os serviços distintos de visita, potenciados por tecnologias recentes e acompanhados de suporte à exportação de dados, formam no seu conjunto uma solução diferenciada.

O trabalho foi aplicado ao jardim da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para testar as suas funcionalidades numa situação real e acompanhar o projecto de valorização paisagística em curso neste espaço.

O sistema desenvolvido é flexível e está preparado para ser implementado noutros parques ou jardins botânicos. Espera-se que o resultado do projecto venha a ter um impacto real nos sistemas de informação de espaços naturais.

## 8.2 Trabalho futuro

A complexidade do tema deste projecto, demonstrada pela variedade de abordagens possíveis aos sistemas de informação de sítios naturais, cria também diversas hipóteses de continuar o trabalho futuramente, expandindo-o para funções diferentes e áreas relacionadas. Em continuação da análise de conceitos chave feita no início, o esquema seguinte pretende mostrar algumas possibilidades de expansão para cada uma das áreas centrais do projecto.

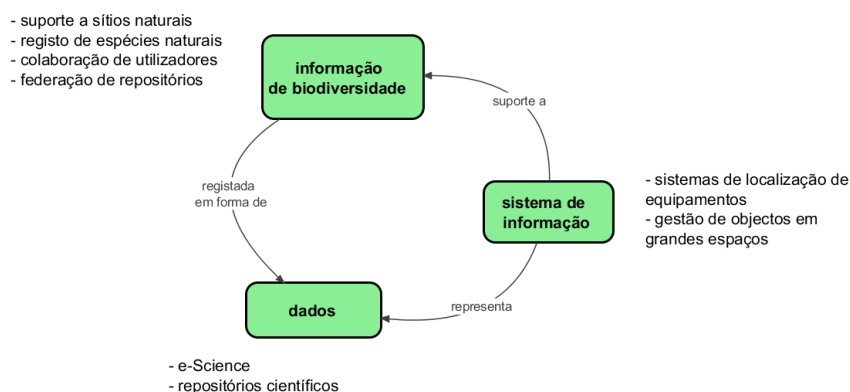


Figura 8.1: Mapa de perspectivas futuras

O diagrama da Figura 8.1 representa algumas sugestões generalizadas de como o trabalho realizado poderia ser direccionado para situações diferentes com necessidades semelhantes nos três conceitos centrais do projecto. O sistema de informação desenvolvido, com as suas capacidades de gestão de objectos identificados e geo-referenciados, poderia ser adaptado para outras áreas onde tais funcionalidades sejam úteis como em sistemas de localização de equipamentos e de gestão de objectos em espaços de grandes dimensões. O trabalho realizado a nível de refinamento do modelo de dados e exportação de *datasets* poderia ser útil em projectos de e-Science ou de repositórios científicos. Também em relação à informação de biodiversidade, o estudo desenvolvido poderá servir de apoio, por exemplo, a aplicações de registo de espécies ou a sistemas de colaboração entre utilizadores nesta área científica.

Para além destas possibilidades mais gerais, a própria aplicação criada possui ainda muito espaço para melhoramentos e novas funcionalidades; neste sentido, descrevem-se algumas ideias concretas para evoluir o sistema desenvolvido.

### Ligação com servidor de informação de biodiversidade

No ano anterior foi desenvolvido por João Silva na FEUP o projecto de um servidor que funciona como um repositório de informação botânica com poderosas capacidades de interrogação espacial [Sil09]. A aplicação presentemente desenvolvida, sendo instalada em diversos espaços naturais, poderia também servir o propósito de cliente para o referido servidor. Desta forma, a

informação de cada sítio natural seria periodicamente enviada para o servidor, de forma automática e através de formatos normalizados. O servidor tornar-se-ia num repositório central com um extenso volume de informação, com especial utilidade para fins de investigação científica.

### **Expansão na área da biodiversidade**

Como caso de estudo o projecto debruça-se sobre o exemplo de um jardim. Dentro do âmbito da biodiversidade, a aplicação poderia, com ligeiras adaptações, estender-se ao reino animal (por exemplo no sistema de um jardim zoológico). Neste caso, a representação espacial de cada espécime seria um polígono descritivo do espaço para este reservado. Os códigos identificadores seriam colocados na periferia deste espaço. Como alternativa, outros meios de identificação poderiam ser considerados. Um exemplo seria a colocação de etiquetas RFID nos espécimes, hipótese que teria de ser estudada para garantir que não perturbaria a actividade normal do animal. Não sendo este o foco do presente projecto, trata-se no entanto de uma interessante possibilidade de expansão do mesmo, especialmente se surgir interesse da parte destes espaços.

### **Geo-referenciação imediata para dispositivos móveis com GPS**

Muitos *smartphones* actuais vêm equipados de origem com tecnologia GPS. Seria interessante que os funcionários pudessem utilizar esta capacidade para inserir automaticamente a informação do exemplar através das coordenadas GPS dos dispositivos. A funcionalidade estaria dependente das capacidades de cada dispositivo e a implementação teria de ser adaptada conforme o sistema operativo e especificações técnicas do mesmo. Apesar desta ligeira dificuldade, é uma funcionalidade que se prevê relativamente fácil de implementar e com especial utilidade prática na gestão da colecção botânica.

### **Assistente de visita por GPS**

A crescente inclusão de capacidades GPS em *smartphones* permite pensar noutros serviços apoiados nesta tecnologia. Para além do serviço de assistência à visita por QR *codes*, poderia existir também um assistente baseado na localização GPS do utilizador. Seria interessante mostrar ao utilizador a sua posição no mapa e destacar os elementos próximos (exemplares e zonas) que poderia ter interesse em visitar, fornecendo a informação respectiva.

### **Avaliação das funcionalidades baseada em utilizadores**

Como trabalho futuro prevê-se também a realização de uma avaliação mais detalhada do sistema com utilizadores, especialmente com pessoas ligadas à área da Biologia e Botânica, para verificar se as funcionalidades desenvolvidas cobrem as suas necessidades e identificar potenciais aspectos a melhorar. Interessaria também apresentar os serviços de visita virtual e de assistência à visita local a visitantes de um espaço natural, de modo a avaliar a sua adesão aos serviços e as possíveis dificuldades de utilização.

### **Importação de conjuntos de dados em formato Darwin Core**

Para além da exportação de dados implementada, seria útil também a capacidade de importar conjuntos de dados no formato normalizado Darwin Core. A funcionalidade poderia ser empregue para importar dados de exemplares registados externamente ou para preparar a implementação do sistema num novo espaço. O desenvolvimento seria simples devido a alguma similaridade com a funcionalidade de exportação já existente.

### **Interface áudio para o assistente de visita local**

Os conteúdos para Internet móvel destinam-se principalmente a consultas rápidas e com condições de leitura reduzidas. Este contexto cria uma especial utilidade para conteúdos áudio. Para melhorar o assistente de visita local, as páginas de informação poderiam conter ficheiros áudio com a descrição dos exemplares e das espécies correspondentes. Desta forma, ao aceder ao conteúdo no seu dispositivo móvel, o visitante poderia optar por ler a informação detalhada ou por ouvir uma breve descrição em formato auditivo.

### **Visualização da informação geográfica em aplicações próprias**

Existem diversas aplicações GIS especializadas em visualização e análise de informação espacial que aceitam bases de dados *PostGIS* como fonte de dados. Exemplos destas aplicações são *GRASS GIS*, *uDig*, *ArcGIS*, *Quantum GIS* e *MapServer*. Seria interessante realizar um estudo das diferentes soluções existentes para este efeito e avaliar a sua utilidade na visualização e tratamento da informação geográfica do sistema desenvolvido.

### **Mapa mundial para origem dos exemplares**

Aproveitando as capacidades do sistema para processamento e visualização de informação espacial, poderia ser guardada informação mais precisa sobre o local de origem das espécies presentes no espaço. Esta informação poderia então ser visualizada no mapa interactivo em escala mundial, oferecendo uma visão global da origem das espécies consideradas. Dependendo do interesse e dos dados existentes, esta funcionalidade poderia ainda mostrar outro tipo de informações, como os locais de recolha dos exemplares do parque.

### **Melhoramentos vários na aplicação**

Ao longo do desenvolvimento foram notadas diversas possibilidades de inserir melhorias e pequenas funcionalidades no projecto; devido à sua baixa prioridade e às limitações temporais existentes, algumas não foram contempladas na implementação realizada.

Inicialmente foi prevista a possibilidade de oferecer uma selecção de destaques do espaço para jornalistas e permitir a colocação no *site* de histórias e artigos por estes publicados. O intuito seria fomentar a atenção da imprensa sobre o parque e fornecer aos visitantes algum material

## Conclusões e trabalho futuro

interessante de leitura. Apesar de não ter sido implementada, é uma funcionalidade tecnicamente simples que poderá ter interesse para trabalho futuro.

Também a funcionalidade de visualização de percursos de visita poderia ser mais desenvolvida. Seria interessante que o visitante pudesse escolher os seus próprios percursos, destacando os pontos que quisesse visitar, e que o sistema escolhesse automaticamente o melhor caminho para percorrer os pontos escolhidos.

Outra melhoria útil seria a indexação de texto para o serviço de pesquisa. Apesar de não ter sido necessário nos dados com que o sistema foi testado, fará sentido quando existirem campos de texto de grandes dimensões (em descrições e anotações de exemplares ou descrições de espécies). A *Zend Framework* inclui também um motor de busca de texto, *Zend\_Search\_Lucene*, que poderá ser utilizado para implementar esta funcionalidade.

Algum trabalho poderia ser realizado também no aperfeiçoamento da versão móvel da aplicação. As capacidades dos dispositivos móveis actuais são muito variáveis e seria sensato que algumas funcionalidades adaptassem o seu comportamento conforme o modelo de dispositivo utilizado. Por exemplo, faria sentido bloquear o uso do mapa interactivo em modelos de gama mais baixa (já que a funcionalidade não apresenta uma usabilidade suficiente nestes) e fornecer uma versão somente em texto das páginas de informação para os modelos mais antigos com suporte reduzido das linguagens CSS e HTML [W3C08]. A selecção das alternativas poderia ser feita com recurso a variáveis simples como a resolução de ecrã do dispositivo utilizado.

## Conclusões e trabalho futuro

# Referências

- [ALA] ALA. Data standards: Atlas of living australia. Disponível em <http://www.ala.org.au/tools/data-standards.html>, acessado a última vez em 28 de Julho de 2010.
- [aut09] Vários autores. Darwin core, November 2009. Disponível em [http://en.wikipedia.org/wiki/Darwin\\_Core](http://en.wikipedia.org/wiki/Darwin_Core).
- [Bar] Mobile Barcodes. QR-Code readers. Disponível em <http://www.mobile-barcodes.com/qr-code-software/>, acessado a última vez em 28 de Julho de 2010.
- [Bos10] BostonGIS. Cross compare SQL server 2008 spatial, PostgreSQL/-PostGIS 1.3-1.4, MySQL 5-6, February 2010. Disponível em [http://www.bostongis.com/PrinterFriendly.aspx?content\\_name=sqlserver2008\\_postgis\\_mysql\\_compare](http://www.bostongis.com/PrinterFriendly.aspx?content_name=sqlserver2008_postgis_mysql_compare).
- [BSSL10] H. Butler, C. Schmidt, D. Springmeyer e J. Livni. WGS 84: EPSG projection - spatial reference, May 2010. Disponível em <http://spatialreference.org/ref/epsg/4326/>.
- [Cal] Calflora. Calflora: Search for plant observations. Disponível em <http://www.calflora.org/cgi-bin/occform.cgi?>, acessado a última vez em 29 de Julho de 2010.
- [Col09] Harvard College. Arnold arboretum - visitors, September 2009. Disponível em <http://arboretum.harvard.edu/visitors/visitors.html>.
- [CRWR05] V. Chavan, N. Rane, A. Watve e M. Ruggiero. Resolving taxonomic discrepancies: role of electronic catalogues of known organisms. *Biodiversity Informatics*, 2:70–78, 2005.
- [Edw08] B. Edwards. Framework comparison - CakePHP vs. zend framework (ZF) vs. CodeIgniter - fluid project wiki, December 2008. Disponível em [http://wiki.fluidproject.org/display/fluid/Framework+Comparison+-++CakePHP+vs.+Zend+Framework+\(ZF\)+vs.+CodeIgniter](http://wiki.fluidproject.org/display/fluid/Framework+Comparison+-++CakePHP+vs.+Zend+Framework+(ZF)+vs.+CodeIgniter).
- [EV] J. Ekris e R. Vugt. Optimizing a website for mobile devices - modern nomads. Disponível em <http://modernnomads.info/wiki/index.php?page=Optimizing%20a%20website%20for%20mobile%20devices>, acessado a última vez em 29 de Julho de 2010.
- [ezc09] EZcode symbology, May 2009. Disponível em <http://www.scanbuy.com/web/solutions/ezcode-symbology>.

## REFERÊNCIAS

- [FC03] M. F. Fernandes e L. M. Carvalho. *Portugal Botânico de A a Z - Plantas Portuguesas e Exóticas*. Lidel, 3ª edição edition, October 2003.
- [For10] MySQL Forge. GIS functions, January 2010. Disponível em [http://forge.mysql.com/wiki/GIS\\_Functions](http://forge.mysql.com/wiki/GIS_Functions).
- [Fou] Thomas Jefferson Foundation. Monticello explorer. Disponível em <http://explorer.monticello.org/>, acessido a última vez em 29 de Julho de 2010.
- [GBIa] GBIF. About this website - GBIF portal. Disponível em <http://data.gbif.org/tutorial/introduction>, acessido a última vez em 29 de Julho de 2010.
- [GBIb] GBIF. Gbif: Infrastructure. Disponível em <http://www.gbif.org/informatics/infrastructure/>, acessido a última vez em 29 de Julho de 2010.
- [Gooa] Google. The google maps javascript API. Disponível em <http://code.google.com/apis/maps/documentation/javascript/>, acessido a última vez em 29 de Julho de 2010.
- [Goob] Google. QR codes - google chart tools. Disponível em [http://code.google.com/apis/chart/docs/gallery/qr\\_codes.html](http://code.google.com/apis/chart/docs/gallery/qr_codes.html), acessido a última vez em 29 de Julho de 2010.
- [Gro] PostgreSQL Global Development Group. About PostgreSQL. Disponível em <http://www.postgresql.org/about/>, acessido a última vez em 29 de Julho de 2010.
- [Gro09a] Darwin Core Task Group. Darwin core, September 2009. Disponível em <http://rs.tdwg.org/dwc/index.htm>.
- [Gro09b] Darwin Core Task Group. Darwin core terms: A quick reference guide, December 2009. Disponível em <http://rs.tdwg.org/dwc/terms/index.htm>.
- [Gro10a] Darwin Core Task Group. DC general XML schema, January 2010. Disponível em [http://rs.tdwg.org/dwc/xsd/tdwg\\_dwcterms.xsd](http://rs.tdwg.org/dwc/xsd/tdwg_dwcterms.xsd).
- [Gro10b] Darwin Core Task Group. DC simple XML schema, January 2010. Disponível em [http://rs.tdwg.org/dwc/xsd/tdwg\\_dwc\\_simple.xsd](http://rs.tdwg.org/dwc/xsd/tdwg_dwc_simple.xsd).
- [Gro10c] PHP Documentation Group. PHP manual, June 2010. Disponível em <http://www.php.net/manual/en/>.
- [Har08] S. Harris. Mobilising a website, part 2: Strategies, July 2008. Disponível em <http://pointbeing.net/weblog/2008/07/mobilising-a-website-part-2-strategies.html>.
- [IDA10] IDAutomation. Aztec barcode symbol tutorial, July 2010. Disponível em <http://www.idautomation.com/barcode/aztec.html>.
- [IKK99] L. Iverson, D. Ketzner e J. Karnes. Illinois plant information network, 1999. Disponível em <http://www.fs.fed.us/ne/delaware/ilpin/ilpin.html>.

## REFERÊNCIAS

- [Kat06] K. T. Tan H. Kato. 2D barcodes for mobile phones, June 2006. Disponível em <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1656706&isnumber=34698&tag=1>.
- [Kay] Kaywa. QR-Code generator. Disponível em <http://qrcode.kaywa.com/>, acessado a última vez em 29 de Julho de 2010.
- [Ken10] J. Kendrick. The (R)evolution of mobile, April 2010. Disponível em <http://jkontherun.com/2010/04/01/the-revolution-of-mobile/>.
- [Lap08] S. Lapsha. Zend framework vs. CakePHP, symfony, seagull, WACT, prado, TRAX, eZ and CodeIgniter, February 2008. Disponível em <http://sevalapsha.wordpress.com/2007/11/13/zend-framework-vs-cakephp-symfony-seagull-wact-prado-trax-ez-and-codeigniter/>, acessado a última vez em 29 de Julho de 2010.
- [Meh08] N. Mehta. Mobile web development. pages 20–28. Packt Publishing, February 2008.
- [NLB] NLBIF. NLBIF biodiversity portal. Disponível em <http://www.nlbif.nl/>, acessado a última vez em 29 de Julho de 2010.
- [Obe10] L. Hsu R. Obe. *PostGIS in Action*. Manning Publications Co., MEAP edition edition, 2010.
- [OBI] OBIS. Ocean biogeographic information system - about the data. Disponível em <http://www.iobis.org/tech/>, acessado a última vez em 29 de Julho de 2010.
- [OGC10] Inc Open Geospatial Consortium. About OGC, June 2010. Disponível em <http://www.opengeospatial.org/ogc>.
- [otCoBD10] Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Introduction to the international year of biodiversity, March 2010. Disponível em <http://www.cbd.int/2010/about/>.
- [Pos] PostGIS. PostGIS : Documentation. Disponível em <http://postgis.refractor.net/documentation/>, acessado a última vez em 29 de Julho de 2010.
- [Sil09] J. Silva. *Sharing Botanical Information using Geospatial Databases*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, July 2009.
- [SK03] H. Smith e B. Konsynski. Developments in practice x: radio frequency identification (RFID)—an internet for physical objects. *Communications of the AIS*, 12(19):301–310, 2003.
- [SS06] H. Susono e T. Shimomura. Using mobile phones and QR codes for formative class assessment. *Proceeding of Current Developments*, page 1006–1009, 2006.
- [TDW09] TDWG. Darwin core XML guide, December 2009. Disponível em <http://rs.tdwg.org/dwc/terms/guides/xml/index.htm>.
- [Tec] Zend Technologies. About zend framework. Disponível em <http://framework.zend.com/about/overview>, acessado a última vez em 29 de Julho de 2010.

## REFERÊNCIAS

- [TL02] K. Tatroe e R. Lerdorf. Programming PHP. pages 1–16. O’Reilly, March 2002.
- [USD] USDA. Welcome to the PLANTS database. Disponível em <http://plants.usda.gov/index.html>, acessado a última vez em 29 de Julho de 2010.
- [W3C08] W3C. Mobile web best practices 1.0, July 2008. Disponível em <http://www.w3.org/TR/mobile-bp/>.
- [Wav] Denso Wave. QR code introduction - symbol version - error correction. Disponível em <http://www.denso-wave.com/qrcode/qrgene2-e.html>, acessado a última vez em 29 de Julho de 2010.
- [Wav10] Denso Wave. QRcode.com, 2010. Disponível em <http://www.denso-wave.com/qrcode/index-e.html>, acessado a última vez em 29 de Julho de 2010.

## **Anexo A**

# **Casos de utilização do sistema**

Este anexo apresenta em maior detalhe os casos de utilização do sistema desenvolvido. A informação foi recolhida em fase inicial, no período de especificação de requisitos. Os casos apresentados correspondem às funcionalidades que foram implementadas no sistema ao longo do projecto.

### **A.1 Observações**

Para melhor compreensão dos casos de utilização, segue-se uma descrição dos actores representados nos diagramas e a explicação dos critérios de prioridade aplicados.

#### **Lista de actores**

- Funcionário - regista operações relativas à manutenção da colecção de exemplares;
- Gestor - gere a informação e as operações necessárias ao funcionamento do parque (incluindo gestão de utilizadores);
- Responsável de botânica - funcionário com permissão para gerir a informação de espécies e exportar dados em formato Darwin Core;
- Visitante - pretende obter informações sobre o parque e as espécies aí existentes; pode ter diferentes intenções (como visita casual, investigação ou jornalismo).

O actor aqui denotado como utilizador engloba todos os outros tipos, incluindo os visitantes. Foi usado para representar operações sem restrições de permissão. Os serviços de visita, por exemplo, serão logicamente dirigidos aos visitantes, mas todos os utilizadores terão liberdade de acesso aos mesmos.

#### **Lista de prioridades**

1. urgente - essencial e previsto para o protótipo intermédio;
2. essencial - indispensável para o resultado final;
3. secundário - importante mas dispensável em caso de necessidade;
4. opcional - funcionalidade adicional que será implementada apenas quando todas as outras estiverem asseguradas.

## A.2 Descrição dos casos de uso

Os diagramas A.1 e A.2 apresentam o conjunto de casos de utilização implementados no sistema, divididos nas áreas de gestão e visita do espaço natural considerado. De seguida apresenta-se uma breve descrição textual de cada um dos casos.

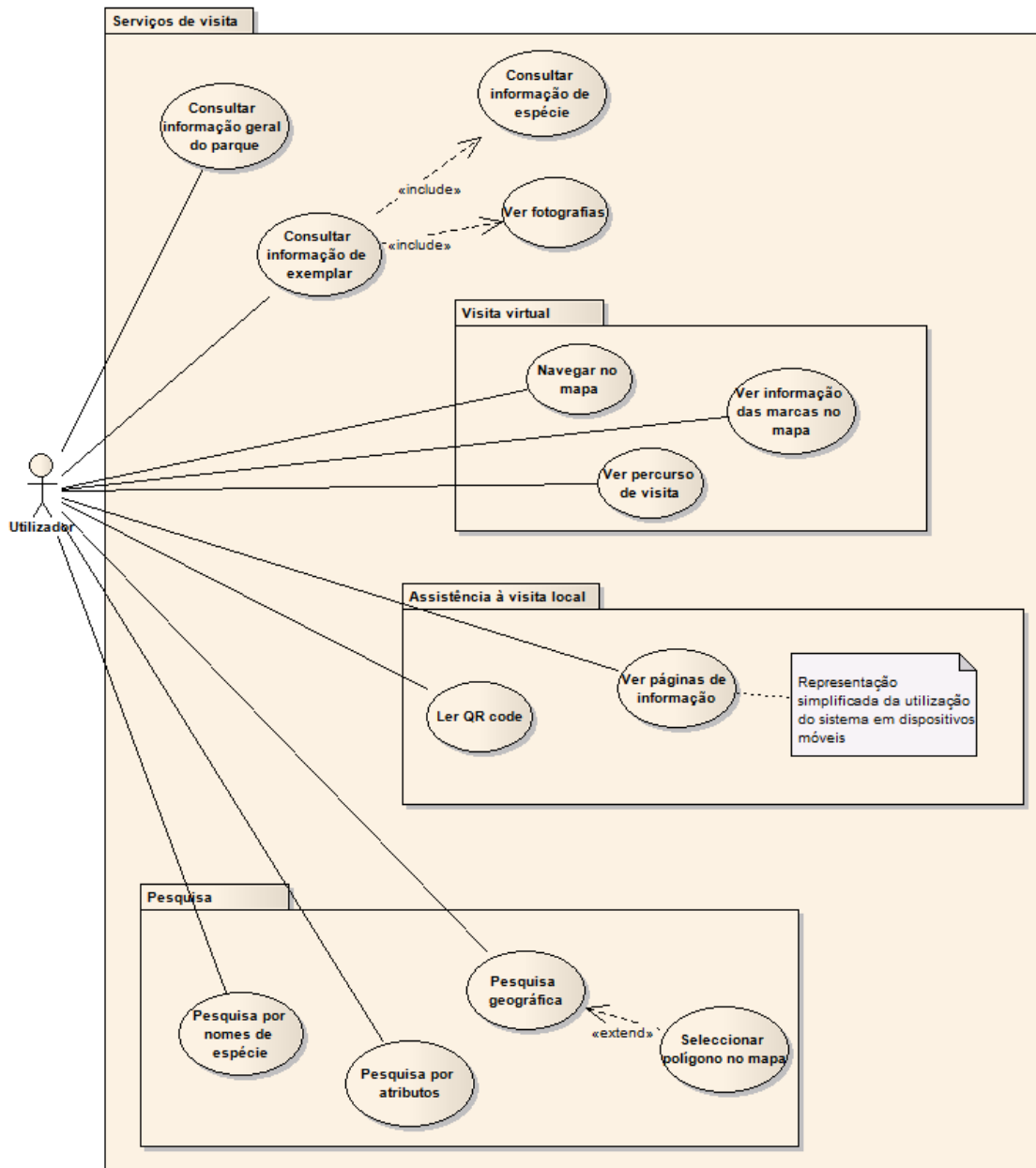


Figura A.1: Diagrama de casos de utilização

### Visita virtual

Seguem-se os casos de uso relativos ao mapa interactivo do serviço de visita virtual.

### **Navegar no mapa interactivo (zoom e movimento)**

Prioridade 2.

Intervenientes: visitante.

O utilizador utiliza um mapa interactivo para visualizar o recinto do parque. Pode mover o mapa e alterar o nível de zoom.

### **Ver informação de exemplar através do mapa**

Prioridade 2.

Intervenientes: visitante.

O utilizador clica em marcas do mapa (relativas a exemplares ou outros destaques do parque) e acede a um *popup* de informação sobre o elemento seleccionado. Neste *popup* existem hiperligações para aceder a páginas com mais informação.

### **Ver percurso de visita**

Prioridade 3.

Intervenientes: visitante.

O utilizador escolhe um percurso de visita e este é apresentado como uma sequência de exemplares numerados, surgindo sequencialmente.

### **Assistente de visita local**

Os casos seguintes referem-se ao serviço de assistência à visita local (para dispositivos móveis).

### **Ler QRcode**

Prioridade 1.

Intervenientes: visitante.

O utilizador utiliza uma aplicação móvel para fotografar o código de um exemplar. Obtém da aplicação uma hiperligação para a página móvel correspondente ao espécime. Para este caso de utilização existe a possibilidade de utilizar uma aplicação externa já existente.

### **Ver informação de exemplar (em páginas para dispositivos móveis)**

Prioridade 1.

Intervenientes: visitante.

O utilizador acede à informação sobre o exemplar no seu dispositivo móvel. As páginas apresentadas são versões mais simples das páginas de informação existentes, adaptadas para contexto móvel. Destas páginas pode também aceder ao resto do *site* no seu dispositivo móvel.

### **Funções de pesquisa**

Descrevem-se de seguida os casos relativos à pesquisa no sistema.

### **Pesquisar por espécie (nome comum e científico)**

Prioridade 1.

Intervenientes: todos.

O utilizador acede a um módulo de pesquisa onde pode escrever o nome da espécie que deseja encontrar. O sistema reconhece nomes comuns e científicos. Surgem de seguida uma lista de resultados onde o utilizador pode aceder às páginas dos exemplares encontrados.

### **Pesquisar por localização no mapa**

Prioridade 2.

Intervenientes: todos.

Na pesquisa geográfica o utilizador é confrontado com um mapa onde pode desenhar polígonos. Efectuada a pesquisa, o sistema retorna os exemplares existentes na área seleccionada.

### **Pesquisar por atributos de espécie**

Prioridade 4.

Intervenientes: todos.

Este caso de utilização refere-se à pesquisa por diversas características da espécie. O utilizador pode preencher um ou mais campos e o sistema retorna os exemplares que verificam as condições impostas.

### **Outros serviços de visita**

Os serviços gerais de consulta de informação no sistema são apresentados de seguida.

### **Consultar informação sobre o exemplar**

Prioridade 1.

Intervenientes: visitantes.

O utilizador visita uma página com informação sobre um exemplar do parque que apresenta também conteúdo relativo à espécie correspondente e fotos do exemplar.

### **Consultar informação sobre a espécie**

Prioridade 1.

Intervenientes: visitantes.

O sistema apresenta a informação existente sobre uma determinada espécie.

### **Ver fotos de um exemplar ou espécie**

Prioridade 2.

Intervenientes: visitantes.

Na página de exemplar, o sistema apresenta também as fotografias existentes para o espécime em questão.

### Consultar informação geral do parque

Prioridade 2.

Intervenientes: visitantes.

O utilizador visita páginas com as informações gerais do parque, incluindo direcções, contactos, apresentação textual e ligações para os diversos serviços.

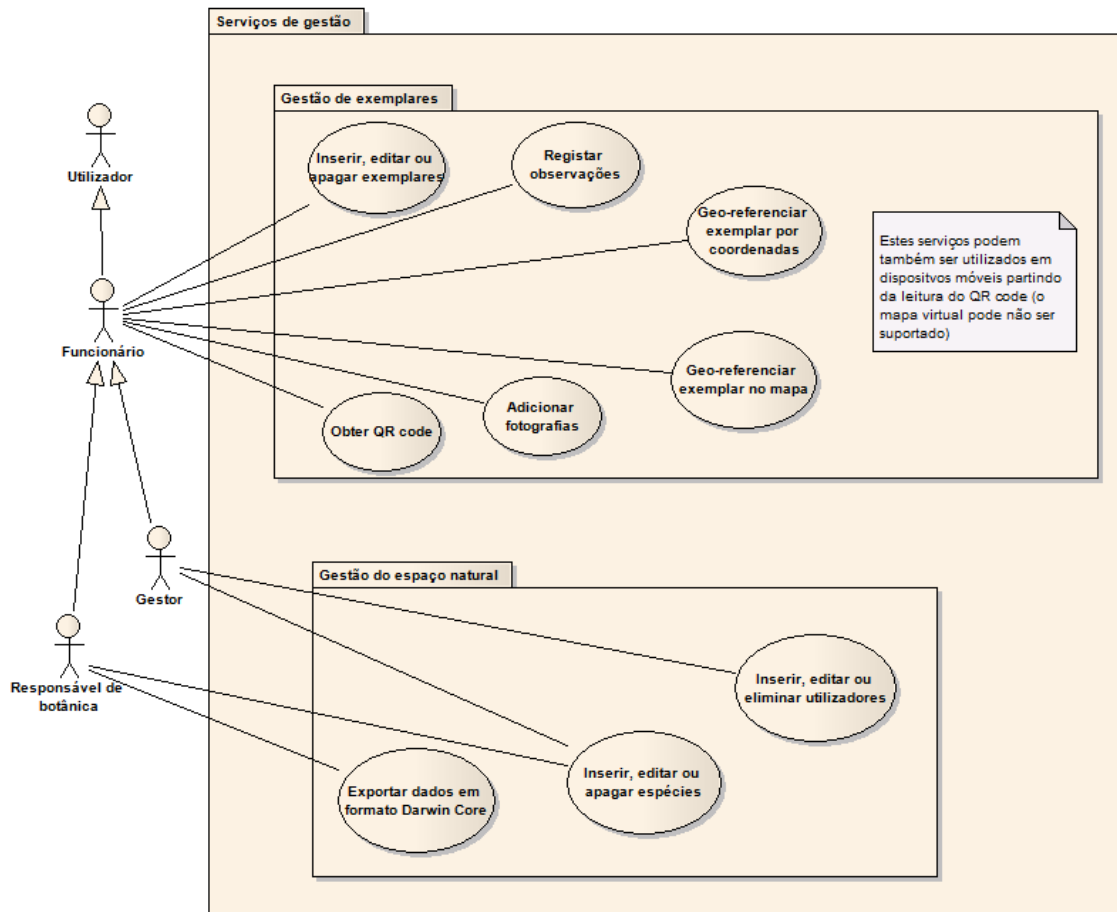


Figura A.2: Diagrama de casos de utilização

### Serviços de gestão

Apresentam-se por fim os casos de utilização relativos aos diversos serviços de gestão do sistema. Estes serviços estão também disponíveis para dispositivos móveis, para que os funcionários possam editar a informação directamente no local.

#### Inserir, apagar e editar exemplar

Prioridade 2.

Intervenientes: funcionários, botânicos.

Conjunto de casos de uso para as operações básicas de gestão de exemplares. Os utilizadores com permissão para tal têm acesso a um conjunto de formulários para realizar estas operações.

### **Adicionar foto**

Prioridade 2.

Intervenientes: funcionários, botânicos.

Os funcionários do parque e responsáveis de botânica têm a possibilidade de inserir no sistema fotos relativas a um exemplar ou uma espécie.

### **Adicionar observação**

Prioridade 4. Intervenientes: funcionários, botânicos.

Os funcionários e responsáveis de botânica registam no sistema observações relativas a um exemplar (tipicamente para registar fenómenos inesperados como doenças ou notas das intervenções realizadas).

### **Aceder aos serviços anteriores por dispositivos móveis**

Prioridade 3.

Intervenientes: funcionários, botânicos.

Para as operações relativas à gestão dos exemplares, os funcionários poderão aceder às mesmas através de um dispositivo móvel, depois de identificar o espécime através do *QR code* respectivo.

### **Inserir, importar, alterar ou apagar dados de espécies**

Prioridade 3.

Intervenientes: gestores, botânicos.

Conjunto de casos de utilização para os formulários básicos para gestão de informação de espécies. Incluirá a possibilidade de importar conjuntos de dados de maiores dimensões.

### **Exportar dados em formato Darwin Core**

Prioridade 1.

Intervenientes: gestores, botânicos.

O gestor ou responsável de botânica utiliza a interface para exportar um conjunto de dados de exemplares no formato Darwin Core. A formatação dos dados será transparente para o utilizador sendo devolvido um ficheiro com os dados pedidos.

### **Criar, alterar ou apagar utilizadores**

Prioridade 2.

Intervenientes: gestores.

Conjunto de casos de utilização relativos aos formulários de gestão de utilizadores. Estes estarão disponíveis apenas para os gestores do sistema.

## Anexo B

# Exportação em Darwin Core

Este anexo apresenta alguma informação suplementar sobre a norma Darwin Core e a sua implementação no sistema. No exemplo apresentado em B.1 é possível observar os diversos termos Darwin Core utilizados para os exemplares do parque. Estes encontram-se divididos por classes definidas na norma, *Location*, *Occurrence*, *Identification* e *Taxon*, as quais possuem identificadores para se referenciarem entre si.

### B.1 Exemplo de exemplar do sistema exportado em formato Darwin Core

```
<?xml version="1.0"?>
<dwr:DarwinRecordSet xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://rs.tdwg.org/dwc/dwcrecord/
http://rs.tdwg.org/dwc/xsd/tdwg_dwc_classes.xsd"
  xmlns:dcterms="http://purl.org/dc/terms/"
  xmlns:dwc="http://rs.tdwg.org/dwc/terms/"
  xmlns:dwr="http://rs.tdwg.org/dwc/dwcrecord/">
  <dcterms:Location>
    <dwc:locationID>P_FEUP:point:33</dwc:locationID>
    <dwc:country>Portugal</dwc:country>
    <dwc:countryCode>PT</dwc:countryCode>
    <dwc:decimalLatitude>41.1784369518186</dwc:decimalLatitude>
    <dwc:decimalLongitude>-8.59799936413765</dwc:decimalLongitude>
  </dcterms:Location>
  <dwc:Occurrence>
    <dcterms:type>PhysicalObject</dcterms:type>
    <dcterms:rightsHolder>Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
</dcterms:rightsHolder>
    <dwc:basisOfRecord>LivingSpecimen</dwc:basisOfRecord>
    <dwc:occurrenceID>P_FEUP:occ:24</dwc:occurrenceID>
    <dwc:locationID>P_FEUP:point:33</dwc:locationID>
    <dwc:disposition>in collection</dwc:disposition>
  </dwc:Occurrence>
  <dwc:Identification>
    <dwc:identificationID>P_FEUP:id:24</dwc:identificationID>
    <dwc:occurrenceID>P_FEUP:occ:24</dwc:occurrenceID>
  </dwc:Identification>
  <dwc:Taxon>
    <dwc:scientificName>Ginkgo biloba</dwc:scientificName>
```

## Exportação em Darwin Core

```
<dwc:kingdom>Plantae</dwc:kingdom>  
<dwc:phylum>Ginkgophyta</dwc:phylum>  
<dwc:class>Ginkgoopsida</dwc:class>  
<dwc:order>Ginkgoales</dwc:order>  
<dwc:family>Ginkgoaceae</dwc:family>  
<dwc:genus>Ginkgo</dwc:genus>  
<dwc:identificationID>P_FEUP:id:24</dwc:identificationID>  
</dwc:Taxon>  
</dwr:DarwinRecordSet>
```

## Anexo C

### Exemplos de QR code

Juntam-se alguns exemplos de QR codes relativos a exemplares do jardim da FEUP, retirados do sistema desenvolvido. Os códigos estão prontos a ser utilizados e possuem hiperligações para as páginas de informação do sistema. Para os testar, uma das várias aplicações de leitura existentes pode ser descarregada acedendo a <http://www.i-nigma.mobi/> através de um dispositivo móvel.



Figura C.1: Exemplo de QR code, relativo a um conjunto da espécie *Citrus sinensis*



Figura C.2: Exemplo de QR code, relativo a um exemplar da espécie *Camellia japonica*

## Exemplos de QR code

## Anexo D

# Consultas espaciais utilizando PostGIS

No sentido de exemplificar o uso de uma base de dados espacial, apresenta-se o código-fonte de uma das consultas espaciais efectuadas pelo sistema. Estas consultas demonstram também a flexibilidade da *Zend Framework* no acesso a dados: usam-se as funções definidas na *framework* para gerar as consultas SQL, mas insere-se código SQL directamente para as funções espaciais.

O seguinte código em linguagem PHP gera as consultas necessárias para a pesquisa geográfica. O comando criado inicialmente define um polígono (inserido pelo utilizador); de seguida seleccionam-se os espécimes contidos dentro do polígono, e também os conjuntos cuja área intersecta o polígono considerado.

```
$command = "(SELECT ST_GeomFromText('POLYGON((";
foreach($longL as $i => $lng)
{
    $command .= ($lng . " " . $latL[$i] . ", ");
}
$command .= $longL[0] . " " . $latL[0] . "))', 4326))";

$select = $this->db->select()
    ->from(array('s' => 'specimen'),
        array('occurrence_id', 'point_id'))
    ->join(array('o' => 'occurrence'),
        's.occurrence_id = o.occurrence_id',
        array('description'))
    ->join(array('sp' => 'species'),
        's.species_id = sp.species_id',
        array('scientific_name', 'habit', 'origin', 'common_name'))
    ->join(array('p' => 'point'),
        's.point_id = p.point_id',
        array('poi_geom'))
    ->where("ST_Contains(?, poi_geom)", new Zend_Db_Expr($command));

$rows = $this->db->query($select)->fetchAll();

$select2 = $this->db->select()
    ->from(array('s' => 'set'),
        array('occurrence_id', 'region_id'))
    ->join(array('o' => 'occurrence'),
        's.occurrence_id = o.occurrence_id',
        array('description'))
```

## Consultas espaciais utilizando PostGIS

```
->join(array('r' => 'region'),
        's.region_id = r.region_id',
        array('polygon'))
->where("ST_Intersects(?, polygon)", new Zend_Db_Expr($command));

$rows2 = $this->db->query($select2)->fetchAll();
```

Para completar o exemplo, apresenta-se o código SQL completo da consulta resultante (para um polígono especificado no mapa dinâmico da aplicação).

```
SELECT "s"."occurrence_id", "s"."point_id", "o"."description",
"sp"."scientific_name", "sp"."habit", "sp"."origin",
"sp"."common_name", "p"."poi_geom"
FROM "specimen" AS "s"
INNER JOIN "occurrence" AS "o"
ON s.occurrence_id = o.occurrence_id
INNER JOIN "species" AS "sp"
ON s.species_id = sp.species_id
INNER JOIN "point" AS "p"
ON s.point_id = p.point_id
WHERE (ST_Contains((
SELECT ST_GeomFromText('POLYGON((41.178003918041156 -8.596962690353394,
41.178177535657035 -8.59557330608368, 41.1779595041585 -8.596190214157104,
41.17785452577075 -8.59556794166565, 41.17746691180456 -8.59681248664856,
41.178003918041156 -8.596962690353394))', 4326)), poi_geom));

SELECT "s"."occurrence_id", "s"."region_id",
"o"."description", "r"."polygon"
FROM "set" AS "s"
INNER JOIN "occurrence" AS "o"
ON s.occurrence_id = o.occurrence_id
INNER JOIN "region" AS "r"
ON s.region_id = r.region_id
WHERE (ST_Intersects((
SELECT ST_GeomFromText('POLYGON((41.178003918041156 -8.596962690353394,
41.178177535657035 -8.59557330608368, 41.1779595041585 -8.596190214157104,
41.17785452577075 -8.59556794166565, 41.17746691180456 -8.59681248664856,
41.178003918041156 -8.596962690353394))', 4326)), polygon));
```