



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

David José Alves Ribeiro

Intelligent Mobility – Business Intelligence
sob uma Perspetiva Geográfica

David José Alves Ribeiro
Intelligent Mobility – Business Intelligence
sob uma Perspetiva Geográfica



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

David José Alves Ribeiro

Intelligent Mobility – Business Intelligence
sob uma Perspetiva Geográfica

Dissertação de Mestrado
Engenharia e Gestão de Sistemas de Informação

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professora Doutora Maribel Yasmina Santos
Doutor Luís André Soares e Matos Cunha

DECLARAÇÃO

Nome: David José Alves Ribeiro

Endereço eletrónico: a55350@alunos.uminho.pt

Telefone: 914969829

Cartão do Cidadão: 13708391

Título da dissertação: Intelligent Mobility – Business Intelligence sob uma Perspetiva Geográfica

Orientadores: Professora Doutora Maribel Yasmina Santos e Doutor Luís André Soares e Matos
Cunha

Ano de conclusão: 2014

Designação do Mestrado: Engenharia e Gestão de Sistemas de Informação

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura:

Agradecimentos

A vida é feita de etapas, para as quais devemos contar com aqueles que sempre nos acompanham. Foram várias as pessoas que direta ou indiretamente me deram apoio, incentivo e amizade para que superasse todas as dificuldades e concluísse com sucesso este trabalho, às quais não posso deixar de agradecer.

Em primeiro lugar, quero agradecer aos meus orientadores, Professora Doutora Maribel Yasmina Santos e Doutor Luís Cunha, pela disponibilidade, esforço e aconselhamento demonstrado, que suportaram o trabalho desenvolvido. Foi um privilégio realizar este trabalho como vosso orientando.

Não posso deixar de agradecer a todo o grupo de trabalho da unidade de sistemas inteligentes do CEIIA pelo apoio fornecido na resolução de problemas e pelo excelente ambiente e companheirismo que sempre me presentearam. Foi um prazer fazer parte da vossa equipa.

Aos meus pais e irmão, a quem eu devo tudo, que me capacitaram e forneceram todas as ferramentas para o desenvolvimento da tese e da minha vida em geral. À Sara Freitas, pela paciência, disponibilidade, perseverança e compreensão. A eles, dedico esta dissertação.

Por fim, e não menos importante queria agradecer aos meus amigos: Miguel Vieira, Gabriel Rodrigues, Hélder Meira, Rui da Silva, Nuno Marques, José da Costa, Ana Rita, Sara Meira, Vítor Alves, Vítor Bravo, Carlos Martins, Andreia Ferreira e Sandrina Carvalho pela cooperação, camaradagem e amizade demonstrada ao longo da minha formação académica.

A todos, manifesto a minha sincera gratidão,

Obrigado.

Resumo

Numa era onde os meios tecnológicos existentes aceleram o nível de conhecimento e a forma como se trabalha esse mesmo conhecimento, a diferença entre o sucesso e o fracasso depende da quantidade e qualidade da informação que é recolhida e posteriormente disponibilizada. A inovação e o progresso tecnológico permitem o desenvolvimento de soluções que facilitam e potenciam a felicidade e mobilidade das pessoas disponibilizando serviços que auxiliam as suas decisões em tempo real.

O papel da informação dentro das organizações assume uma importância preponderante na tomada de decisão e definição de estratégias internas e externas. Esta importância crescente leva à criação de novos e vanguardistas sistemas de informação para apoiar a tomada de decisão. Os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) têm agora um papel crítico na gestão de qualquer organização e surgem novas formas de visualização da informação. Surge também a necessidade de analisar a informação sob uma perspetiva diferente, um ponto de vista geográfico e informação georreferenciada.

No mercado da mobilidade a informação referenciada geograficamente assume um papel preponderante e decisivo no que toca ao planeamento e definição de estratégias de marketing e crescimento.

O protótipo de SIG-Web designado de mobi.me geo desenvolvido e implementado no âmbito desta dissertação, é composto pela própria plataforma e uma aplicação web, que contempla informação geográfica e não geográfica alusiva aos serviços de mobilidade inteligente: veículos elétricos, postos de carregamento elétricos e seus utilizadores, disponibilizados pela plataforma mobi.me.

A aplicação desenvolvida permite aos seus utilizadores interagir com um mapa, adicionando diferentes camadas: entidades, métricas de análise, pontos de interesse e outros, de modo a captar e interpretar movimentos pendulares de utilizadores, características de utilização dos ativos do sistema, prever comportamentos, identificar necessidades e otimizar todo o sistema de mobilidade de forma a responder apropriadamente aos desafios do mercado e a suportar a tomada de decisões estratégicas.

PALAVRAS-CHAVE

SIG-Web, Georreferenciação, *Smart Cities*, Mobilidade Inteligente, SAD Geográfico

Abstract

In a time when the available technological resources boost knowledge and also the way we use that same knowledge, the difference between success and failure depends on the quantity and quality of the information that is collected and, in a later instance, provided. Innovation must always be present in human minds, and this technological progress allows the development of solutions that ease and intensify people's happiness and mobility, by providing services that assist them with decision-making in real time.

The role of information within organizations takes on an increasingly prominent role in decision-making and definition of internal and external strategies. This growing importance leads to the creation of new and cutting-edge information systems to support decision-making. The Decision Support Systems (DSS) now have a critical role in the management of any organization and there are new ways of information visualization, so there is a need to analyze the information from a different perspective, a point of view of geography and geo-referenced information.

In mobility to geographically referenced information assumes a leading and decisive role as regards the planning and defining marketing strategies and growth.

The Web-GIS prototype *mobi.me geo* proposed and implemented in the context of this thesis composed by the platform itself and a web application, contemplates geographic and non-geographic information allusive to intelligent mobility services: electric vehicles, electric charging stations and itself users, provided by the *mobi.me* platform.

The developed application allows users to interact with a map, adding to different layers: entities, metrics, points of interest, usage characteristics of the system's assets, predict behavior, identify necessities and optimize the entire mobility system to respond appropriately to market challenges and to support strategic decisions.

KEYWORDS

Web-GIS, Georeferencing, Smart Cities, Intelligent Mobility, Geographic DSS

Índice

1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento e Motivação.....	1
1.2 Objetivos do Trabalho e Resultados Esperados	6
1.3 Metodologia de Investigação	7
1.4 Estrutura do Documento	9
2. Enquadramento Conceptual	11
2.1 Informação Geográfica.....	11
2.2 Representação Geográfica.....	12
2.2.1 Representação Digital.....	13
2.2.2 Sistema de Coordenadas	19
2.2.3 Técnicas de Aquisição de Dados.....	21
2.3 Estrutura de Dados Geográficos	22
2.4 Sistemas de Informação Geográfica	23
2.5 SIG-WEB.....	24
2.5.1 Arquitetura.....	26
2.5.2 Componentes	27
3. Enquadramento Tecnológico.....	31
3.1 Sistemas de Gestão de Base de Dados Espaciais	31
3.2 Tecnologias SIG-Web	33
4. Ambiente de Desenvolvimento.....	39
4.1 Arquitetura mobi.me geo	39
4.2 Tecnologias Utilizadas.....	42
4.2.1 Sistema de Gestão de Base de Dados	43

4.2.2	Oracle SQL Developer	45
4.2.3	Geoserver	46
4.2.4	Open Street Maps	47
4.3	Interoperabilidade e o Open Geospatial Consortium.....	48
4.3.1	Web Services	49
4.3.2	Invocação dos Web Services OGC.....	50
5.	Desenvolvimento do sistema mobi.me geo.....	57
5.1	Configuração do Geoserver	57
5.1.1	Workspace	57
5.1.2	Store.....	58
5.1.3	Layers.....	59
5.1.4	Styles.....	59
5.2	Integração dos Dados	60
5.2.1	Modelo de Dados	60
5.2.2	Preparação dos Dados	62
5.2.3	Integração aos Dados.....	63
5.3	Desenvolvimento da Aplicação	66
5.3.1	Representação do Mapa Base	69
5.3.2	Layout e Comportamento da Página	71
5.3.3	Parametrização de Componentes para Filtros	72
5.3.4	HeatMap.....	73
5.4	Demonstração da Solução Final	74
6.	Conclusões	81
6.1	Síntese do Trabalho Realizado	81
6.2	Contribuições e Resultados do Trabalho Realizado	82
6.3	Trabalho futuro.....	83

Referências Bibliográficas..... 85

Índice de Figuras

Figura 1 - Arquitetura de Integração Plataforma mobi.me	4
Figura 2 - Metodologia de Investigação.....	7
Figura 3 - Encadeamento dos modelos Raster e Vetorial para representações do mundo real... 14	
Figura 4 - Matriz Raster.....	15
Figura 5 - Regras de aplicação na representação Raster	16
Figura 6 - Representação Vetorial.....	17
Figura 7 - Tipos de Projeção de Mapas.....	20
Figura 8 - Esquema hierárquico das classes segundo a implementação SFA do OGC.....	23
Figura 9 - Arquitetura simples SIG-Web	25
Figura 10 - Componentes SIG	26
Figura 11 - Arquitetura mobi.me geo.....	40
Figura 12 - Arquitetura Tecnológica.....	43
Figura 13 - Criação de conexão.....	45
Figura 14 - Acesso à BD conectada.....	46
Figura 15 - Arquitetura dos Web Services	49
Figura 16 - Diagrama da Arquitetura dos Web Services OGC.....	51
Figura 17 - Exemplo de execução do serviço WFS	52
Figura 18 - Pedido ao servidor WFS.....	53
Figura 19 - Resposta ao pedido ao servidor WFS	53
Figura 20 - Exemplo de execução do serviço WMS.....	55
Figura 21 - Pedido ao servidor WMS.....	55
Figura 22 - Resposta ao pedido ao servidor WMS	56
Figura 23 - Criação de Workspace no Geoserver.....	58
Figura 24 - Criação de uma store (Geoserver)	58
Figura 25 - Criar, editar, eliminar layers (Geoserver)	59
Figura 26 - Exemplo ficheiro XML para styles	60
Figura 27 - Exemplo do modelo de dados Customers	61
Figura 28 - Modelo de dados Social Network	62
Figura 29 - SQL para adicionar coluna do tipo geométrico	62

Figura 30 - SQL de preenchimento da coluna geométrica	63
Figura 31 - Modelo e estrutura de dados (Tabela Customers)	63
Figura 32 - Plugin Oracle instalado e disponível	64
Figura 33 - Conexão entre Geoserver e BD Oracle	65
Figura 34 - Tabelas disponíveis para serem publicadas	65
Figura 35 - Dados obrigatórios na publicação de tabelas	66
Figura 36 - Casos de uso nível 0 da aplicação Web mobi.me geo	66
Figura 37 - Trecho de código para criação da funcionalidade popup	67
Figura 38 - Trecho de código para criar funcionalidades para manipular mapa	68
Figura 39 - Nível 1 do Caso de uso {6} Manipular mapa	69
Figura 40 - Criação de mapa OSM via OpenLayers	69
Figura 41 - Mapa base da aplicação Web	70
Figura 42 - Layout da aplicação Web com componentes GeoExt e Ext JS	72
Figura 43 – Exemplo de parametrização de listbox	73
Figura 44 - Definição do Style HeatMap nas layers	74
Figura 45 - Exemplo de utilização de filtro para pesquisa de Devices	75
Figura 46 - Resultado da aplicação do filtro da Figura 45.....	76
Figura 47 - Pesquisa avançada	76
Figura 48 - Resultado da pesquisa ilustrada na Figura 47	77
Figura 49 - Pesquisa de hashtag em Social Network.....	77
Figura 50 - Resultado da pesquisa por hashtag	78
Figura 51 - Exemplo de criação de heatmap.....	78
Figura 52 - Heatmap perspectiva 1	79
Figura 53 - Heatmap perspectiva 2	79
Figura 54 - Heatmap perspectiva 3	80

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Raster vs Vetorial	19
Tabela 2 - Critérios para a Comparação das Tecnologias SIG-Web	34
Tabela 3 - Comparação de Tecnologias SIG-Web	35

Lista de Acrónimos

SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIG-WEB	Sistemas de Informação Geográfica Web
WFS	Web Feature Service
WMS	Web Map Service
GML	Geographic Markup Language
KML	Keyhole Markup Language
WCS	Web Coverage Service
CSW	Catalog Service for the Web
OpenLS	OpenGIS Location Service
WPS	Web Processing Service
GPS	Global Positioning System
ETL	Extract Transform Loading
BI	Business Intelligence
DW	Data Warehouse
BD	Base de Dados
SSC	Smart Services Cloud
SDC	Smart Devices Cloud
CRM	Customer Relationship Management
SQL	Structured Query Language
OGC	Open Geospatial Consortium
SFA	Simple Feature Access
SRS	Spatial Reference System
SRID	Spatial Reference System Identifier
SGBD	Sistema de Gestão de Base de Dados
SGBD-OR	Sistema de Gestão de Base de Dados Objeto-Relacional
OSM	Open Street Maps
WS	Web Services
OWS	OGC Web Services
HDFS	Hadoop distributed file system

Capítulo 1

1. Introdução

Este capítulo introduz a área em que está enquadrado este trabalho, assim como a motivação para a realização do mesmo, demonstrando a importância das temáticas envolvidas e a crescente evolução existente na área. É realizado um breve enquadramento da plataforma mobi.me de forma a sustentar a compreensão e entendimento do seu propósito em geral e de que modo o desenvolvimento do mobi.me geo acrescentará valor ao ser parte integrante da plataforma. Ainda neste capítulo, são apresentados os objetivos e a abordagem metodológica mais adequada à realização dos objetivos traçados.

Por fim, na última secção deste capítulo encontra-se a forma como a dissertação se encontra estruturada e organizada.

1.1 Enquadramento e Motivação

A necessidade que as pessoas têm de se deslocar de um lado para o outro para realizar as demais atividades de que necessitam levou à massificação dos meios de transporte como automóveis, autocarros, táxis ou motocicletas. Com esta necessidade evidente de deslocação por parte das pessoas, surge a necessidade de combater um conjunto de problemas causados pelos meios de transporte mais utilizados anteriormente referidos, tais como: poluição, maior consumo de recursos energéticos, maior tráfego, menor qualidade de vida, etc. Adjacente a este tipo de problemas surge o conceito de *Smart Cities*.

O tema das *Smart Cities* é verdadeiramente importante, uma vez que reúne um conjunto de iniciativas e projetos com vista a desenvolver soluções para o aumento da qualidade de vida nas cidades. Atualmente, é nas cidades que vive mais de 50% da população mundial e este número tem tendência para aumentar, prevendo-se que sejam atingidos valores de cerca de 80% da população mundial a viver em áreas urbanas até 2050 [Bouton et al., 2013]. Estes factos são de vital importância, não apenas para quem é responsável pelo planeamento urbano, mas constitui igualmente informação relevante para quem desenvolve soluções de mobilidade, desde veículos,

equipamentos para infraestruturas e sistemas de informação. Através daqueles números já é possível perceber a dimensão do mercado atual e a sua evolução. O ecossistema das *Smart Cities* reúne diversos domínios tecnológicos, entre os quais se destacam três dos mais importantes: os transportes, a energia e os sistemas de informação [BIS Research, 2013; Frazer, 2012; Mitchell & Casalegno, 2008]. Foi neste sentido, que o CEIIA¹ (*Centro de Excelência e Inovação para a Indústria Automóvel*) se posicionou a nível internacional com uma solução de mobilidade inteligente para as cidades do futuro. O Curitiba Eco-elétrico é um projeto de Mobilidade Urbana do Município de Curitiba que se encontra em execução neste momento, no qual o CEIIA em parceria com a Itaipu Binacional e a aliança Renault-Nissan têm previsto implementar entre 2014 e 2020.

Tomando a mobilidade como ponto de partida, e girando em torno das temáticas das redes inteligentes de informação, mobilidade e energia, segundo um enquadramento económico, social e ambiental, o *mobi.me* tem como propósito a materialização do conceito de “Fatura de mobilidade”. Permite-se assim, nas cidades do futuro, imaginar a mobilidade e energia como um conjunto de serviços, onde os utilizadores se encontram interligados segundo verdadeiras “redes sociais” de mobilidade que integram diferentes operadores. Este “*roaming* de serviços” é o fundamento do *mobi.me* enquanto plataforma independente e integradora de múltiplos operadores e serviços, assegurando a flexibilidade de modelos de negócio.

O *mobi.me* inclui hoje, para além da gestão de carregamento de veículos elétricos, a integração com estacionamento, uso partilhado de veículos e sua interação com os sistemas de gestão de transportes. No plano da energia e ambiente, permite-se a integração com as redes inteligentes, avaliando permanentemente a pegada ecológica e os custos energéticos associados.

Esta gestão integrada de serviços permite que diversos operadores adotem modelos de negócio inovadores e disponibilizem ao utilizador final produtos e serviços de forma flexível, como por exemplo o uso de veículos partilhados como um serviço pago na fatura da eletricidade.

Adicionalmente, é também assegurada a ligação em tempo-real de dispositivos de mobilidade (veículos e pontos de gestão de mobilidade), à plataforma *mobi.me*, permitindo obter informação sobre o metabolismo da cidade e cobrar diferentes serviços em função da utilização e das grandezas medidas permitindo, no fundo [CEIIA, 2013]:

¹ <http://www.ceiia.com/>

- A decisores e utilizadores conhecer em tempo real o impacto das suas políticas e comportamentos no metabolismo e evolução das suas cidades em diferentes dimensões: mobilidade e transportes, ambiente e energia, saúde e bem-estar;
- Recolher dados, tratar informação, e produzir conhecimento, permitindo identificar perfis de comportamento tendo em vista a melhoria da gestão de cidades, comunidades e operadores, incluindo a diminuição dos custos de mobilidade.

Alicerçando-se na plataforma *mobi.me*, surge o S3C – “*Smart Connected Cities Center*”, que visa monitorizar vários serviços/*devices* na cidade, em termos práticos, monitorizando redes de carregamento de veículos elétricos, e estando igualmente preparado para monitorizar frotas de veículos (*carsharing* e *bikesharing*), e integrar componentes tais como contadores inteligentes, postos de iluminação pública, sensores de qualidade do ar, entre outros.

Através do *mobi.me*, no domínio tecnológico, e do S3C, na sua vertente de operação e controlo, permite-se a qualquer cidade estabelecer uma arquitetura integrada e centrada no cidadão, para o desenvolvimento de abordagens inovadoras e disruptivas à gestão da oferta de mobilidade na cidade.

A integração de *Business Intelligence* sobre o sistema de informação geográfica (*mobi.me geo*), da qual é objetivo desta dissertação, têm por finalidade tornar possíveis estes fundamentos mencionados anteriormente, sendo parte integrante da plataforma *mobi.me* juntamente com o S3C. Com esta solução, a plataforma será capaz de recolher, armazenar e integrar numa única Base de Dados, informações espaciais provenientes das mais diversas fontes (imagens de satélites, sensores, data warehouse, INE, dados cartográficos, etc), e oferecer mecanismos para combinar vários conjuntos de dados, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar e visualizar o conteúdo da base de dados geográfica.

De modo a sustentar o conhecimento do projeto, será apresentada e descrita a arquitetura da plataforma *mobi.me* e o papel de cada uma das camadas que a constituem (Figura 1):

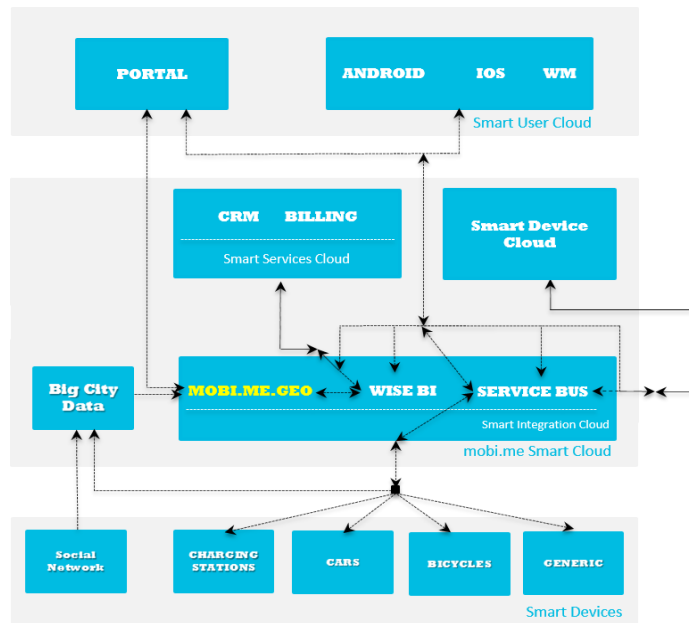


Figura 1 - Arquitetura de Integração Plataforma mobi.me

- *Smart Devices*

Transversal aos objetivos do *mobi.me*, esta camada representa todos os *devices* que são parte integrante da plataforma e sobre os quais todas as atividades de certo modo operam sobre si. A camada *Social Network* representa todas as fontes de dados como *Facebook*, *Twitter*, *Instagram*, entre outros, com os quais o sistema *Big Data* irá interagir para realizar a extração de dados.

- *mobi.me Smart Cloud*

- *Smart Integrator Cloud*

Dentro desta sub-camada existem duas componentes: o *service bus*, que trata da comunicação com os *devices* e que trata e disponibiliza os serviços que resultam dos pedidos dos utilizadores/parceiros à plataforma *mobi.me*; o *wise BI* refere-se ao armazenamento, análise e monitorização de informação que suporta todo o negócio. Neste caso, consulta o *SSC (Smart Services Cloud)* para obter os dados necessários para posteriormente definir e implementar indicadores que permitam avaliar a camada de negócio.

O protótipo do *mobi.me geo* será desenvolvido nesta dissertação e será parte integrante desta camada, sendo descritos os objetivos do mesmo na secção 1.2.

No que refere ao *Big City Data*, este é também um projeto de investigação decorrente no preciso momento no CEIIA, em que tem como propósito a aquisição de dados dos atuais *devices*, mas sobretudo a recolha de informação das redes sociais, tendo em vista a integração com a solução *mobi.me geo*.

- Smart Device Cloud

No SDC (*Smart Devices Cloud*), é realizada toda a gestão de serviços provenientes dos *smart devices* da plataforma *mobi.me* e é responsável por informar o SSC (*Smart Services Cloud*) sobre todos os ativos do negócio.

É também nesta camada que são tratados os protocolos de comunicação entre a plataforma e os demais *devices*, desde postos de carregamento, sensores, veículos, bicicletas, entre outros.

- Smart Services Cloud

O SSC é a componente que trata da camada de negócio que gere os serviços de pagamento, carregamentos e tarifários da rede *mobi.me*. Mais especificamente, o *Billing* trata das transações e dos tarifários referentes aos consumos de energia por parte dos *devices* e o CRM (*Customer Relationship Management*) trata de toda a parte que envolva os clientes e a parametrização dos serviços da plataforma.

- Smart User Cloud

Representa a camada operacional oferecida aos utilizadores da plataforma. Os utilizadores podem aceder à plataforma através do portal *mobi.me*, ou então através dos seus dispositivos móveis, sejam estes, *Android* ou *IOS*.

A realização desta dissertação adjudica grande motivação, pois ser parte envolvente de um projeto com esta envergadura e com uma visão mais futurista e que visa a melhoria do quotidiano social e da qualidade de vida atual é algo com que todos nós nos devemos preocupar e sentir felicidade quando alguém como o CEIIA contribui para este tipo de melhorias.

Desenvolver um sistema como o *mobi.me geo* para além de ser um grande desafio por envolver técnicas e tecnologias que estão a emergir no panorama atual das tecnologias de informação, e pela crescente procura deste tipo de soluções por parte das organizações implica grande responsabilidade, mas sobretudo motivação.

Estando a plataforma *mobi.me* já em funcionamento, e dadas as suas características, é possível antever alguns desafios que devem ser ultrapassados, os quais serão descritos mais pormenorizadamente na secção que se segue.

1.2 Objetivos do Trabalho e Resultados Esperados

O principal objetivo desta dissertação é garantir o desenvolvimento e implementação de um protótipo de SIG-Web, capaz de disponibilizar informação geográfica aos seus utilizadores permitindo que estes tomem conhecimento e decisões baseadas na informação disponibilizada sobre o comportamento das cidades em diferentes dimensões.

O sistema *mobi.me geo* envolverá diferentes práticas e metodologias de desenvolvimento, que depois de integradas disponibilizam informação através de um interface de comunicação. Para prevenir alguns problemas de integração e desenvolvimento da plataforma, será realizada uma extensiva revisão bibliográfica sobre o que já existe e dos conceitos pretendidos e já aplicados pelo CEIIA, de modo a garantir todos os pressupostos e necessidades por forma a assegurar o seu correto funcionamento.

Depois de realizada a revisão bibliográfica, o primeiro objetivo prende-se com o desenho de uma arquitetura para o sistema *mobi.me geo*, bem como de uma arquitetura tecnológica, que será proposta ao CEIIA. Depois de validada, todo o desenvolvimento da plataforma será assente na sua arquitetura para que nada seja descuidado.

No final desta dissertação pretende-se que o seguinte conjunto de resultados sejam atingidos:

- Estudo e análise dos temas e conceitos que estão envolvidos no desenvolvimento de um SIG-Web;
- Desenho e especificação de uma arquitetura capaz de garantir que todos os pressupostos da plataforma sejam alcançados;
- Selecionar as melhores tecnologias disponíveis (arquitetura tecnológica) com base em comparações de critérios previamente definidos;
- Desenvolvimento e implementação de um protótipo do sistema que disponibilize informação geográfica e não geográfica aos seus utilizadores, de modo a captar e interpretar movimentos pendulares de utilizadores, características de utilização dos

ativos do sistema, prever comportamentos, identificar necessidades e otimizar todo o sistema de mobilidade de modo a sustentar decisões estratégicas.

- Elaborar um documento com um conjunto de recomendações e boas práticas no desenvolvimento de sistemas semelhantes sustentado pela experiência adquirida.

1.3 Metodologia de Investigação

De modo a estruturar e organizar as atividades executadas para consequentemente concretizar a presente dissertação foi definida uma metodologia de investigação, de acordo com as necessidades tidas como essenciais para que o projeto fosse concluído com sucesso.

A estruturação das atividades tem por objetivo delinear de forma clara, todas as tarefas que devem ser executadas de forma sequencial, para que o trabalho proceda com naturalidade e objetividade. As atividades executadas encontram-se organizadas tal como representado na Figura 2.

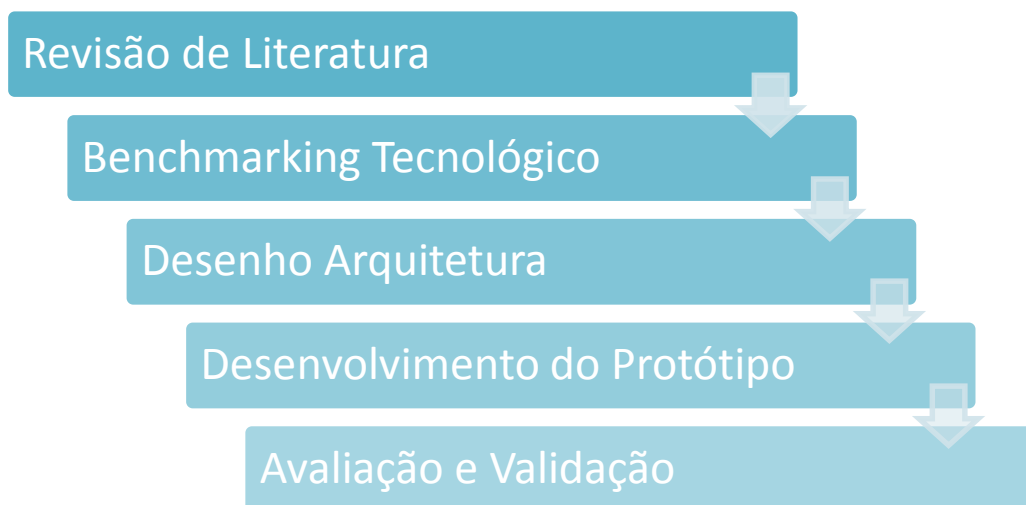


Figura 2 - Metodologia de Investigação

Para cada uma das etapas identificadas anteriormente, foram também definidos métodos ou abordagens para a sua realização, que serão explicitados de seguida.

Na pesquisa bibliográfica realizada, onde se procura adquirir conhecimento e competências sobre os temas que irão ser abordados, foram definidos os seguintes critérios de pesquisa e utilizados os seguintes repositórios:

- Meio de Pesquisa: RepositóriUM², Google Académico³, Google Livros⁴, Scopus⁵, Web of Science⁶, WorldCat⁷.
- Palavras-Chave: Sig-Web, Web-Gis, Sistemas de Informação Geográfica, *Geographic Information System*, *Georeferencing*, *Geographic SAD*, *Geographic Business Intelligence*.
- Tipo de Documento: Livros, Documentos Científicos, *Papers*, Documentação das Tecnologias.

Na tarefa de Benchmarking, foi prevista e realizada uma comparação entre algumas das tecnologias existentes na área de SIG-Web. Foi efetuada uma pesquisa sobre as tecnologias disponíveis que depois de identificadas, procedeu-se a uma revisão da documentação existente sobre as mesmas. Para levar a cabo esta revisão da documentação foram explorados os *sites* das entidades que desenvolveram ou possuem a licença das tecnologias, bem como *papers* em que foram abordadas essas tecnologias ou até comparações existentes entre elas.

Para o desenho da arquitetura, foi tido em conta a comparação realizada na tarefa anterior, bem como a especificação dos componentes que irão integrar a arquitetura proposta. Com base nessa experiência foram identificadas as tecnologias mais adequadas para cada tipo de componente da arquitetura, mediante as condições e limitações quer das tecnologias quer do CEIIA.

Para a concretização do protótipo, foram identificadas as seguintes tarefas: 1- Ler documentação das tecnologias; 2- Preparação da máquina com as tecnologias instaladas; 3- Realizar tutoriais e exploração das tecnologias; 4- Desenvolvimento do protótipo; 5- Documentar todo o trabalho realizado no desenvolvimento do protótipo (resultados obtidos, testes, aspetos a melhorar, etc).

Estas foram as tarefas planeadas para que a tarefa designada de Desenvolvimento do Protótipo fosse concluída com o maior sucesso possível.

² <http://repositorium.sdum.uminho.pt/>

³ <http://books.google.com/>

⁴ <http://scholar.google.pt/>

⁵ <http://www.scopus.com/home.url>

⁶ <http://www.worldcat.org/>

⁷ <http://apps.webofknowledge.com/>

Por último, mas não menos importante, foi realizada a avaliação e validação, onde se encontra descrito e documentado todo o trabalho desenvolvido desde o início que servirá de prova de conceito uma vez que depois de implementado o protótipo, ficará demonstrado que os componentes sugeridos, as tecnologias adotadas e os meios de execução são realistas e concretizáveis.

1.4 Estrutura do Documento

O presente documento encontra-se dividido em 6 capítulos distintos. Este, o primeiro, apresenta uma visão sobre o contexto em que se insere o desenvolvimento desta dissertação e onde é descrita a problemática que deu origem ao respetivo tema. Com base em revisão bibliográfica, é ainda descrita uma metodologia própria que se entende como necessária e fundamental para este projeto, que foi definida e estruturada, estando documentada cada uma das atividades envolvidas, bem como todos os passos efetuados para que a realização da presente dissertação fosse concluída com sucesso.

No segundo capítulo encontra-se o enquadramento conceptual onde é realizado um estudo sobre a evolução dos conceitos de sistemas de informação geográfica (SIG) e sistemas de informação geográfica na web (SIG-Web), arquiteturas e as componentes necessários para a concretização destes tipos de sistemas.

O terceiro capítulo apresenta o enquadramento tecnológico, abordando um conjunto de tecnologias passíveis de serem utilizadas para o desenvolvimento do sistema pretendido. Depois de selecionadas, exploradas e comparadas as tecnologias e consoante os resultados obtidos, este capítulo culmina com o desenho da arquitetura tecnológica, onde são identificadas as que foram utilizadas para realizar este projeto de acordo com os requisitos necessários. De salientar que esta escolha foi tomada sempre em concordância com o CEIIA e de modo a que exista compatibilidade e interoperabilidade com a plataforma mobi.me já existente.

O quarto capítulo apresenta um conjunto de resultados provenientes do estudo e exploração das tecnologias abordadas no projeto. Caracteriza-se pela sua natureza mais prática, retratando o ambiente de desenvolvimento e a arquitetura tecnológica que serviu de suporte ao desenvolvimento do sistema mobi.me geo.

O capítulo cinco é exclusivamente de natureza prática, retratando a solução de configuração e integração das tecnologias identificadas nos capítulos anteriores. É demonstrado todo o processo de desenvolvimento, desde a configuração e integração das tecnologias, passando pelo modelo de dados utilizado, até à demonstração de cenários que ilustram a execução da aplicação Web.

Finalmente, o sexto e último capítulo, onde é elaborada uma pequena síntese do trabalho desenvolvido, são apresentadas as principais conclusões resultantes do processo de desenvolvimento, as suas limitações e conclusões, e são apontadas algumas propostas para trabalho futuro de investigação e implementação no protótipo desenvolvido.

Capítulo 2

2. Enquadramento Conceptual

Neste capítulo é concebida uma revisão de literatura sobre conceitos, definições, arquitetura e componentes que se consideram relevantes para compreender o trabalho realizado nesta dissertação. São focados principalmente os conceitos de SIG e SIG-Web, contudo todos aqueles conceitos e termos tidos como importantes para uma melhor perceção são retratados.

A realização desta dissertação tem adjacente ao seu sucesso de implementação entre muitos outros fatores, o recurso a procedimentos SQL e a utilização do SGBD de suporte à plataforma mobi.me. Não sendo a primeira vez que se aplicam estas técnicas e dado o conhecimento existente sobre as mesmas, optou-se por não realizar uma exaustiva revisão bibliográfica como acontecerá com os novos conceitos, sendo apenas abordados e explicitados com algum pormenor quando assim se justificar.

2.1 Informação Geográfica

Este capítulo começa por apresentar os principais conceitos associados à informação geográfica, os quais são fundamentais para compreender os mecanismos de representação de dados associados aos SIG.

No quotidiano, o ser humano recorre constantemente a informação geográfica para localizar pontos por onde passou ou pretende passar. De modo a facilitar a localização desses pontos, são traçadas rotas mentais por vezes entre pontos que já nem existem (entenda-se por pontos, locais físicos como edifícios) mas que são utilizados como auxílio na identificação do local ao qual pretende referir-se, ao ponto de T. Bernhardsen [2002] afirmar que quase todas as atividades humanas requerem conhecimento geográfico.

A audição e a visão são dois sentidos frequentemente utilizados pelos humanos para criarem associações entre objetos, barulhos e/ou locais. É comum criarem-se associações entre eventos que estão a decorrer com o local em que estão a acontecer, muitas vezes recorrendo ao conceito

de proximidade, dada a impossibilidade de afirmar com total certeza qual o local preciso em que, de facto, o evento está decorrer.

A época dos descobrimentos é um período da história com grande massificação e utilização de informação geográfica onde os navegadores utilizavam mapas de papel (formato analógico) para armazenar e partilhar informação sobre diversas partes do mundo que conheciam através de viagens marítimas e exploração de terras. Este formato apresenta várias limitações relacionadas com a apresentação e o conteúdo da informação, sendo que atualmente, e sobretudo devido ao avanço tecnológico existente, beneficia-se do acesso distribuído a informação geográfica através da Internet, onde qualquer pessoa ou entidade pode obter conhecimento geográfico sobre o mundo e tratar esta mesma informação em sistemas informatizados [Bernhardsen, 2002; Development, 2013].

Apesar de não ser uma representação precisa de todos os detalhes sobre o solo da Terra, os dados geográficos são uma representação do “mapa-mundo” capaz de disponibilizar informação sobre lugares na superfície da Terra, conhecimento sobre onde algo está situado, e sobre o que está acontecer num determinado local [Goodchild, 1997a].

Os dados geográficos são construídos a partir de elementos atômicos ou factos geográficos sobre o mundo. Um átomo de dados geográficos liga um lugar, muitas vezes um tempo, e alguma descrição de um lugar. Por exemplo: “A temperatura ao meio dia local em 11 Dezembro 2013, 34 graus latitude ao norte, 120 graus longitude 0 minutos oeste, era de 18 graus celsius”. Este átomo liga o local e a hora para a propriedade ou atributo temperatura atmosférica [Maguire, Longley, & Goodchild, 2005].

Existem diversas definições sobre informação geográfica. A que mais se adequa ao propósito desta dissertação é: Informação geográfica é informação sobre lugares na superfície da Terra, conhecimento sobre onde algo é e conhecimento sobre o que está em um determinado local [Goodchild, 1997b].

2.2 Representação Geográfica

Depois de perceber no que consiste e o que é informação geográfica, torna-se pertinente estudar as formas como esta é representada digitalmente.

Acompanhando o elevado crescimento de que as tecnologias têm sido alvo, também a sociedade evolui constantemente e tem vindo a mudar os seus paradigmas de pensar e executar as suas atividades.

Representação geográfica é uma representação de uma parte da superfície, ou perto da superfície, da Terra em escalas que variam consoante o fenómeno a representar. Veio “complementar” o formato papel, tendo acrescentado enorme valor não só às pessoas individualmente, mas também e sobretudo às organizações, ao ponto de ser legítimo afirmar que “hoje, quase toda a comunicação entre as pessoas através de meios de comunicação como telefone, fax, música, revistas, televisão, jornais e/ou *email*, são em formato digital” [Bernhardsen, 2002].

A relativa facilidade de copiar, transmitir, bem como a relação espaço-densidade de dados apresentada pelos meios físicos robustos em que são armazenados atualmente, faz com que estes estejam menos sujeitos à sua degradação física. Importa ainda referir que os dados digitais são fáceis de transformar, processar e analisar, permitindo inúmeras possibilidades de processamento de representação geográfica nos SIG [Maguire et al., 2005].

2.2.1 Representação Digital

Informação geográfica é hoje em dia bastante utilizada nos sistemas de informação geográfica (SIG) para tratar e representar digitalmente informação pertinente e objetiva aos utilizadores.

Com os SIG é possível fazer representações digitais que seriam impossíveis de fazer com os mapas de papel, como por exemplo:

- Medir com precisão e rapidez;
- Sobrepor e combinar;
- Alterar a escala;
- Fazer zoom às camadas geográficas sem ter de respeitar os limites das folhas do mapa [Maguire et al., 2005].

Inversamente ao Mundo, que é infinitamente complexo, os sistemas computacionais são finitos. Isto quer dizer que não é possível representar cada centímetro da Terra sem que primeiramente, os dados sejam “tratados” e se limite a quantidade de detalhe apurado, isto

porque, seria um problema enorme tentar representar detalhadamente cerca de 510 milhões de km² (superfície da Terra).

Para contornar tal problema, é comum limitar o nível de detalhe deitando fora ou ignorando informações relativas a determinadas áreas. No mesmo sentido, foi criada uma forma mais simples e da mesma forma eficaz de visualizar o mundo geograficamente. Em vez de descrever cada ponto e subsequentemente cada detalhe desse ponto (**Representação Raster**), passou a descrever-se sempre que possível, áreas inteiras atribuindo características a essas áreas (**Representação Vetorial**).

Dada a complexidade inerente ao mundo geográfico, nem sempre é possível escolher o que incluir e o que deixar de fora na representação. As duas principais questões de representação no SIG prendem-se com o que representar e como representar, sendo a precisão um dos critérios mais importantes para a utilidade de uma representação.

Como já referido, dependendo do objetivo pretendido existe a possibilidade de optar pela representação *raster*, ou pela representação *vetorial*. Na Ilustração que se segue (Figura 3) é possível ver como os dois modelos de representação *raster* e *vetorial* são integrados de modo a criar representações do mundo real.

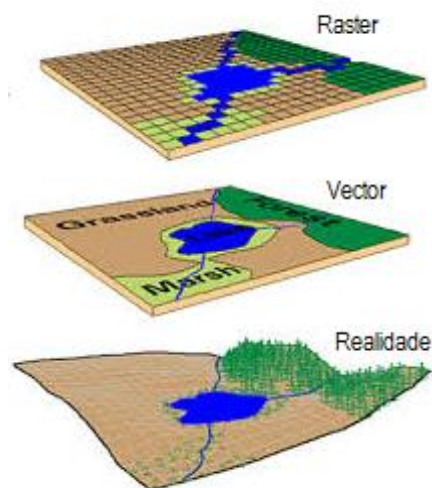


Figura 3 - Encadeamento dos modelos Raster e Vetorial para representações do mundo real [Bernhardsen, 2002]

Representação Raster

Este tipo de representação permite armazenar, processar e visualizar dados espaciais, em uma área dividida em linhas e colunas, formando uma matriz de células, todas do mesmo tamanho. Cada célula é localizada através de coordenadas com informação (atributo) sobre o que lá está representado [Escobar, Zerger, & Bishop, 2005].

De seguida encontra-se ilustrado na Figura 4 um exemplo de uma matriz deste género:

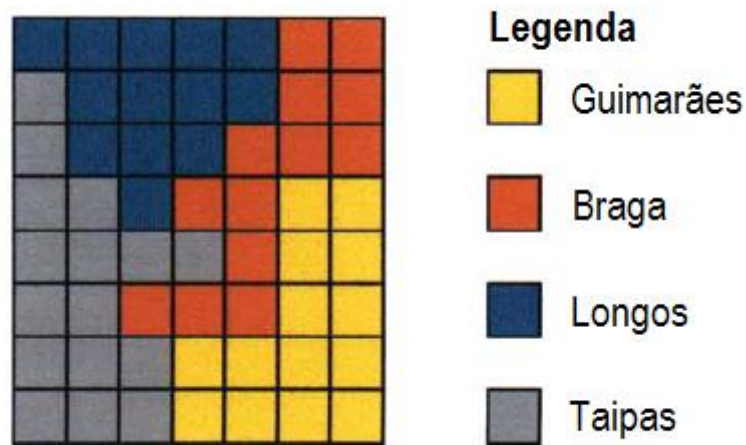


Figura 4 - Matriz Raster

Ao contrário dos mapas em papel, não é possível a representação de “curvas”, logo a representação raster nunca pode ser perfeitamente igual à superfície da Terra devido às distorções associadas ao achatamento da representação.

Cada uma das células no interior da matriz contém a si associado a localização através de coordenadas, bem como o valor de um atributo. A localização espacial de cada célula é implicitamente contida dentro da disposição da matriz, ao contrário de uma estrutura vetorial que armazena explicitamente a sua topologia. As estruturas matriciais não conseguem identificar os limites de áreas como polígonos como acontece na estrutura vetorial. No entanto quando as áreas contêm o mesmo valor do atributo são reconhecidas como tal [Escobar et al., 2005].

Neste tipo de representação, cada célula faz referência a um único valor associado, logo quando existe variação de informação (nível do mar, vento) dentro de uma célula, todo o detalhe é perdido. Este conceito é facilmente entendido quando pensamos por exemplo na representação

da região Minho como raster. Como a cada célula deve ser dado um único valor que identifique a cidade, existe sempre a possibilidade de existirem células onde deveriam ser representadas mais que uma. Nestes casos, deve ser decidido qual a cidade a que corresponde cada célula. Para tal, é seguida uma das seguintes regras ilustradas na Figura 5 [Maguire et al., 2005]:

- A- A cidade com maior parte da célula recebe a célula;
- B- A cidade que estiver no ponto central da célula é atribuída a toda a célula.

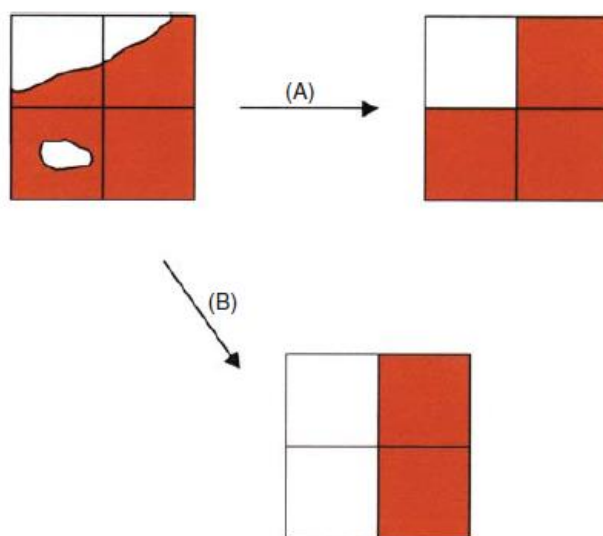


Figura 5 - Regras de aplicação na representação Raster [Bernhardsen, 2002]

Representação Vetorial

Ao invés da representação raster, onde a informação geográfica é disponibilizada através de uma matriz, na representação vetorial a informação geográfica é disponibilizada através da representação de figuras ou áreas de figuras delimitadas por segmentos de retas, alcançadas pela conexão entre pontos ou vértices. Neste tipo de representação são usadas como abstração as seguintes geometrias:

- **Ponto** - Abstração dimensional de um objeto para o qual apenas a localização é importante. É representado por um único par de coordenadas (X, Y).
- **Linha** - Um conjunto de coordenadas ordenadas que representam a forma de características geográficas demasiado estreitas para serem representadas como uma área. Uma linha é alcançada através da junção de vários pontos e é sinónimo de arco.

- **Arco** - Usado como sinónimo de linha para retratar uma linha curva.
- **Polígono** - É um recurso usado para representar áreas. Um polígono é definido pelas linhas que o delimitam e tem atributos que descrevem a característica geográfica que eles representam [Escobar et al., 2005].

Pontos, linhas e polígonos são representações essencialmente estáticas dos fenómenos em termos de coordenadas XY. Supostamente são imutáveis e não contêm qualquer informação sobre a variabilidade temporal ou espacial [Burrough & McDonnell, 1998].

A entidade ponto definida por um par de coordenadas XY implica ao nível de resolução gráfica a representação de um local. No caso de uma cidade, esta pode ser representada por uma entidade ponto a um nível continental de resolução, mas como uma entidade polígono a um nível regional. Em alguns casos a utilização da entidade ponto poderá ser suficiente, mas certamente que em casos mais específicos como no desta dissertação adequar-se-á um aumento do nível de resolução através da utilização de entidades polígono que permitirá obter um maior nível de detalhe [WINTER & FRANK, 1999].

Assim, um vetor é uma estrutura de dados usada para armazenar dados espaciais, composto por linhas ou arcos, definidos por um ponto inicial e um ponto final que se encontram em nós. Cada unidade de informação é composta apenas por uma coordenada ou por um conjunto de pares de coordenadas. Resumindo, uma linha une um conjunto de segmentos de reta. Um polígono é a junção de um conjunto de segmentos de reta de tal forma que a coordenada de início do primeiro segmento coincide com a coordenada final do último segmento [Bernhardsen, 2002].

Na Figura 6 encontra-se um exemplo de uma possível representação vetorial.



Figura 6 - Representação Vetorial (Adaptado de [Bernhardsen, 2002])

Devido às conexões entre pontos retratarem em muitas situações áreas de objetos, as suas representações são frequentemente conhecidas por polígonos. Representar a área de um objeto na forma vetorial é de facto simples e também muito mais eficiente que na representação matricial, dado que apenas é necessário especificar a localização dos pontos que formam os vértices do polígono, ao passo que, para criar uma área aproximada numa grelha matricial, seria necessário aumentar o número de células (fazer zoom), ou seja, reduzir o tamanho de cada célula em termos de largura e altura, resultando numa quadruplicação do número de células.

Em todo caso, nem sempre a precisão da representação vetorial é exata, pois muitos fenómenos geográficos simplesmente não podem ser localizados com exatidão. Nestes casos, onde o detalhe dos dados mais pormenorizados (por exemplo ao nível das ruas) não é possível, a representação raster é mais adequada. Assim, embora menos atraentes e eficientes, os dados representados com a abordagem raster podem ser mais adequados em alguns casos, em detrimento dos vetores [Maguire et al., 2005].

Raster vs Vetorial

Escolher entre raster e vetorial não é uma opção simples, considerada até frequentemente complexa. Dependendo do objetivo pretendido, e de modo a facilitar o processo de escolha, poderá ser realizada uma comparação entre os critérios mais relevantes, tal como resumido na Tabela 1.

	Raster	Vetorial
Volume de Dados	Depende do tamanho das células	Depende da densidade dos vértices
Fontes de Dados	Imagens sensoriais e remotas	Dados sociais e ambientais, entre outros.
Aplicações	Recursos, ambiental	Social, económica e administrativa
Software	Raster SIG, processamento de imagem	Vetor SIG, cartografia automatizada
Resolução	Variável	Variável
Conversão de dados	Processo mais complexo que o inverso.	É mais simples o processo de converter de vetorial para raster
Estrutura de Dados	Matricial	Vetorial

Tabela 1 - Raster vs Vetorial (Adaptado de [Escobar et al., 2005; Goodchild, 1997b; Maguire et al., 2005])

Analisando a Tabela 1, torna-se possível obter uma visão de qual representação é melhor ou mais adequada para cada tipo de problema, tendo em conta os critérios utilizados para a sua comparação.

2.2.2 Sistema de Coordenadas

Os dados que compõem a informação geográfica apresentam propriedades que os distinguem da informação não geográfica, mais especificamente, usa na sua representação um sistema de coordenadas.

A Terra pode ser representada cartograficamente por vários modelos matemáticos, que proporcionam um conjunto diferente de coordenadas, tendo em conta a altitude, latitude e longitude para realizar os cálculos de posicionamento de determinado ponto geográfico à superfície da Terra. Com o passar dos tempos, estes modelos têm sido aperfeiçoados e sofisticados, sendo hoje em dia possível aplicar alguns destes a diferentes regiões da Terra para obter maior precisão.

O Sistema de Referência Terrestre Europeu 1989 ETRS89 funciona bem na Europa, mas não na América do Norte, por exemplo.

Um componente fulcral para a criação de mapas é a sua projeção. A projeção é a forma para transferir informação de um modelo terrestre (que representa uma superfície curva em três dimensões), para outro bidimensional, como por exemplo o papel ou outra qualquer superfície plana. Para tal, são utilizadas três tipos diferentes de projeções cartográficas consoante o tipo de mapa que se pretende criar, tendo em conta que determinadas projeções podem adequar-se melhor a uns casos do que a outros.

Como esperado, a realização de uma projeção envolve sempre algum tipo de distorção que pode ocorrer ao nível do mapa, escala, forma, área, distância ou direção. Para que algumas destas distorções sejam preservadas, é necessário prescindir de outras.

Para a representação da superfície da Terra são frequentemente utilizadas as projeções: Cônica, Cilíndrica e Planar (Figura 7).

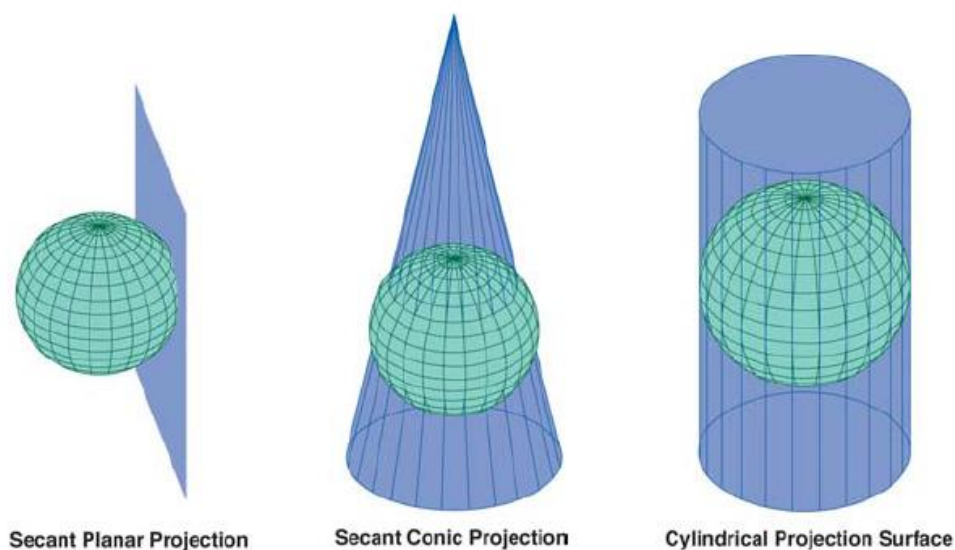


Figura 7 - Tipos de Projeção de Mapas [Maguire et al., 2005]

A Planar, também conhecidas como Azimutais, diz respeito a uma projeção do globo terrestre sobre um plano partindo de um determinado ponto (ponto de vista). Este tipo de projeções são mais utilizadas para representar áreas polares, podendo assumir três posições básicas em relação à superfície terrestre: polar, equatorial ou oblíqua [Snyder, 1987].

No caso da projeção cônica, resulta da projeção do globo terrestre sobre um cone posteriormente planificado. Sendo a sua projeção concebida através de retas originárias de um único ponto (Vértice do cone), a sua utilização é usada fundamentalmente para a representação de países ou regiões de latitude intermediárias, pois apenas as áreas próximas à linha do Equador aparecem retas. Contudo, podem ser utilizadas para outro tipo de latitudes [Firkowski & Slute, 2012; Pearson II, 1990].

A cilíndrica também conhecida informalmente como “*unprojected projection*”, é a mais simples de todas as projeções. Simplesmente mapeia longitude como X e latitude como Y. O resultado é uma imagem muito distorcida da Terra, com os polos manchados na parte superior e inferior do mapa. No entanto, é a visão que na maioria das vezes se observa quando as imagens da Terra são criadas a partir de dados de satélites [Maguire et al., 2005].

2.2.3 Técnicas de Aquisição de Dados

Os dados e a informação são elementos imprescindíveis para o funcionamento de um SIG. É de extrema importância tomar atenção aquando do processo de recolha dos dados, pois todas as vantagens e funcionalidades dos SIG são baseadas nos seus dados. O processo de recolha de dados espaciais pode ser realizado por duas técnicas diferentes, designadas como direta ou indireta. No caso da técnica direta, esta pode ser realizada por levantamento de dados no campo (levantamento topográfico), através da utilização de equipamentos e tecnologias específicas, tal como o GPS (Global Position System). O GPS é talvez o mais conhecido devido à sua simples usabilidade, bem como, pelo baixo preço com que se encontra atualmente. É muito usado para realizar levantamentos topográficos, conseguindo obter níveis muito baixos de margem de erro. Quanto à técnica indireta, esta refere-se à digitalização de imagens já existentes em suporte cartográfico analógico, sendo que posteriormente é feita a sua vectorização, que consiste num processo de criação de entidades importantes⁸ na imagem para dados vectoriais. Este processo dependendo do sistema utilizado, pode ser realizado de forma manual ou semiautomática.

A resolução das imagens processadas varia conforme a sua qualidade e tamanho. Pouca resolução implicará menos precisão nas zonas onde coabitem diferentes entidades, mas uma resolução demasiado grande levará a que o processo de vectorização se torne mais moroso, visto

⁸ Entenda-se por importantes aquelas entidades com maior relevo e não todas as existentes.

que o processo será muito mais pesado e necessitará de maior capacidade de processamento. Deste modo, o ideal é existir um equilíbrio, assim será prevenido o problema indesejado de pouca resolução, bem como o de processamento moroso, pois ambos não trazem grandes benefícios.

Por fim, as imagens digitalizadas passam por um processo de georreferenciação, que consiste em fazer corresponder a geometria de uma imagem em relação a um sistema de coordenadas. Com este processo é possível referenciar imagens num sistema de eixos que poderá ser utilizada em diferentes SIG mantendo a mesma posição, bastando para tal que estes trabalhem no mesmo sistema de coordenadas.

2.3 Estrutura de Dados Geográficos

A estrutura de dados das bases de dados geográficas podem ser divididas em duas classes distintas: estruturas vetoriais e estruturas matriciais.

O Open Geospatial Consortium (OGC) é um consórcio internacional que promove a interoperabilidade entre sistemas envolvendo informação espacial. Define especificações para padrões de dados espaciais, podendo ser divididos em duas categorias: especificação abstrata e especificação de implementação.

A classe abstrata denominada *feature* é tida como base do modelo conceptual do OGC. Segundo OGC [1998], a *feature* é uma abstração de um fenómeno do mundo real, tornando-se um feição geográfica quando associada a uma coordenada de posicionamento.

A Norma *Simple Feature Access* (SFA) também conhecida por ISO 19125 define um esquema para a gestão da tabela *feature* que por sua vez se encontra subdividida em duas partes distintas:

- a) Especificação de um modelo hierárquico para armazenar os dados geográficos;
 - b) Especificação de uma norma para o esquema *Structured Query Language* (SQL).
- [OGC, 2011]

Cada coluna geométrica e cada entidade geométrica está associada a exatamente um *Spatial Reference System* (SRS). O SRS identifica o sistema de coordenadas para todos os objetos geométricos armazenados na coluna e dá sentido ao valor numérico que representa as coordenadas.

Assim, um modelo hierárquico de dados geográficos construídos segundo a especificação SFA e constituído por uma classe geométrica que tem como subtipos *Point*, *Curve*, *Surface* e *GeometryCollection*. *GeometryCollection* é uma coleção de objetos geométricos possivelmente heterogêneos: *MultiSurface*, *MultiCurve*, *MultiPoint*, que por sua vez são responsáveis por agregar conjuntos de objetos *Point*, *Polygon*, *LineString* (ver Figura 8).

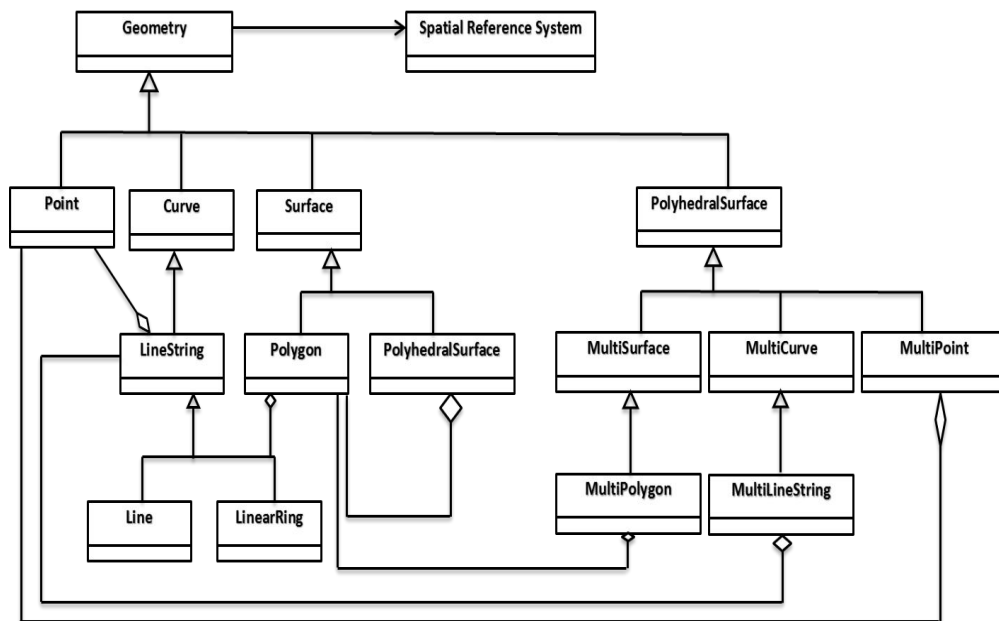


Figura 8 - Esquema hierárquico das classes segundo a implementação SFA do OGC [OGC, 1998]

A implementação da norma para o esquema SQL que é a segunda parte da especificação SFA é composta pela descrição das tabelas *Geometry* e da *Spatial Reference System Identifier* (SRID). Seguindo esta norma SFA e implementando as duas especificações referidas, torna-se possível a criação de tabelas com dados espaciais e não espaciais representados com diferentes dimensões geométricas.

2.4 Sistemas de Informação Geográfica

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), distinguem-se dos tradicionais sistemas de informação por apresentarem capacidade de manipulação de dados espaciais, dado o facto de possuírem capacidade de armazenar quer os atributos descritivos quer as geometrias dos diversos tipos de dados espaciais.

Apesar destes virem a evoluir com o passar dos tempos, a verdade é que a tecnologia SIG existe desde antes da Internet e da web. A construção do primeiro SIG operacional deu-se em 1962 quando o então proclamado “pai do SIG” (Roger Tomlinson), desenvolveu um sistema de informação geográfica para planejar e gerir inventários dos terrenos canadianos [Fu & Sun, 2011].

Os SIG são convencionalmente usados para criar visualizações de mapas, com sobreposição de *layers* (mapas) usando diferentes escalas, símbolos, entre outros, mas mais importante que isto, são as suas poderosas capacidades e funções analíticas que transformam dados em informação útil e valiosa. A possibilidade de relacionar dados distintos em função da geografia comum, faz com que sejam reveladas relações até antes ocultas, padrões e tendências que não são aparentes antes de criar as relações e conseqüentemente obter e disponibilizar informação valiosa capaz de mudar o rumo das decisões a serem tomadas.

Tomar decisões com base na geografia é fundamental para o pensamento humano. Perceber para onde devemos ir, como devemos ir e o que se vai ou pode fazer quando lá chegar são simples questões com que nos deparamos diariamente. Ao compreender a geografia e a relação das pessoas com os locais, podemos tomar decisões informadas sobre a forma como vivemos no nosso planeta. Um SIG é uma ferramenta tecnológica para compreender a geografia e a tomada de decisão [Esri, 2011].

Segundo Esri [2011], um bom SIG tem de ser capaz de processar dados geográficos a partir de uma variedade de fontes de informação e integrá-lo num mapa.

Um SIG pode então ser facilmente definido como: um sistema de *hardware*, *software*, dados geográficos e pessoas projetado para capturar de forma eficiente, armazenar, atualizar, editar, manipular, controlar, analisar e disponibilizar todas as formas de informação geograficamente referenciada [Esri, 2011; Fu & Sun, 2011; Haklay, Singleton, & Parker, 2008].

2.5 SIG-WEB

SIG-Web surge como uma combinação da web e do SIG tradicional, e rapidamente se tornou numa área de estudo em rápido desenvolvimento desde a sua criação em 1992, especialmente na chamada "web 2.0" que representa um marco significativo na história do SIG. É mais um dos resultados que surgiu da fusão da Internet e da web com as disciplinas tradicionais, tendo evoluído

rapidamente e mudado consideravelmente a forma como a informação geográfica é adquirida, transmitida, publicada, compartilhada e visualizada [Fu & Sun, 2011].

O SIG-Web é um tipo de sistema de informação distribuída. No que diz respeito a uma arquitetura SIG-Web, é comumente aceite que a sua forma mais simples deve ter pelo menos um servidor e um cliente, onde o servidor é um servidor de aplicações Web, e o cliente é um navegador web, uma aplicação desktop ou uma aplicação móvel.

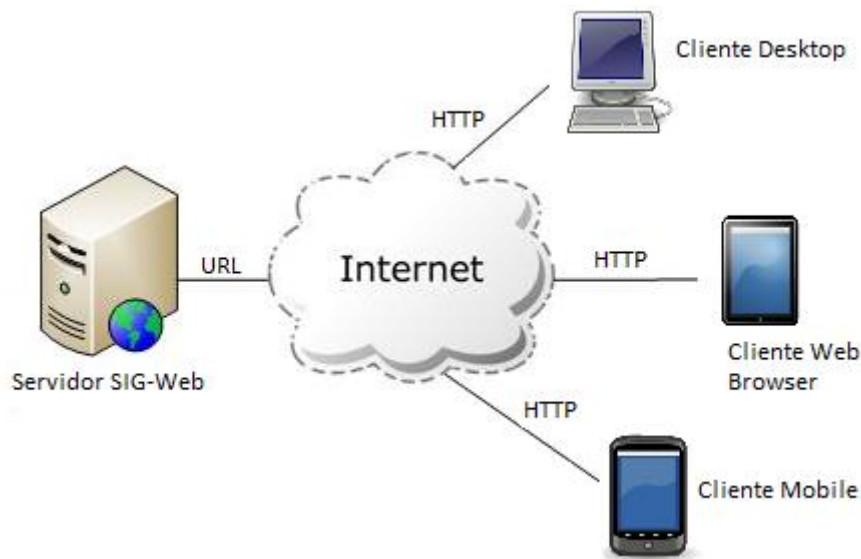


Figura 9 - Arquitetura simples SIG-Web

Normalmente, uma arquitetura SIG-Web é constituída por: uma base de dados (BD), uma camada aplicacional e uma camada de apresentação (aplicação Web).

Para que seja implementado um SIG-Web, é necessário respeitar um conjunto de serviços e protocolos de comunicação, sendo que Fu & Sun [2011] refere: WMS (*Web Map Service*), WFS (*Web Feature Service*), WCS (*Web Coverage Service*), CSW (*Catalog Service for the Web*), OpenLS (*OpenGIS Location Service*) e WPS (*Web Processing Service*) como *standards*, e Esri [2011] identifica: WMS, WFS e GML (*Geographic Markup Language*) como sendo os mais comuns. Sendo o GML identificado como o formato mais comum para a comunicação da informação geográfica.

WMS - Para a disponibilização de mapas

WFS e GML - Para a disponibilização de informação geográfica

SIG-WEB é algumas vezes identificado de *Internet GIS*, *Geospatial Web* ou *GeoWeb*. No entanto, a definição de *GeoWeb* não é idêntico à de SIG-WEB. Uma definição da *GeoWeb* é a fusão de informação geoespacial com resumo da informação (não geoespacial), por exemplo: páginas web, fotos, vídeos e notícias que atualmente dominam a web [Haklay et al., 2008]. Outros usam *GeoWeb* para se referir a um SIG distribuído, em que representa a partilha e colaboração de conhecimento e descoberta do mundo, promovendo e sustentando a interoperabilidade [Scharl & Tochtermann, 2007].

2.5.1 Arquitetura

Sendo esta dissertação sobre o desenvolvimento de um SIG-Web, torna-se relevante abordar e estudar como todo o sistema é estruturado. Como se constata na Figura 9, uma arquitetura simples de um SIG-Web é bastante similar à de uma aplicação Web, com a particularidade de serem adicionados componentes SIG (Figura 10).

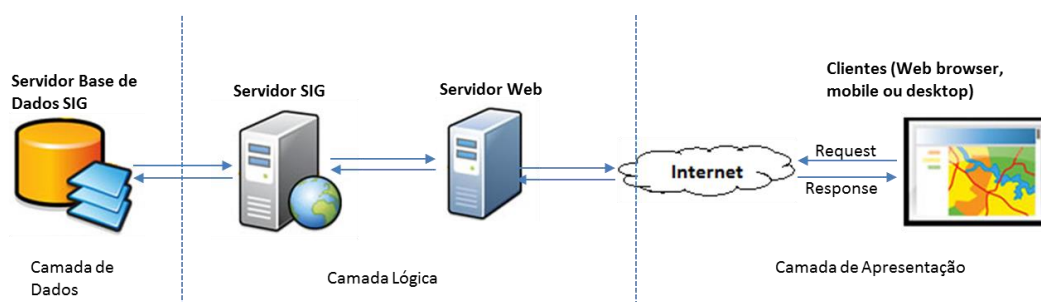


Figura 10 - Componentes SIG

Na Figura 10, encontra-se representado um fluxo de trabalho básico existente numa aplicação SIG-Web, onde as trocas de informação entre os seus componentes segue o seguinte rumo:

- Um utilizador usa uma aplicação SIG-Web através de um cliente, que pode ser um *browser*, uma aplicação desktop ou uma aplicação móvel.
- O cliente envia um pedido para o servidor web através da Internet via http. O servidor web encaminha os pedidos relacionados com SIG para o servidor SIG.

- O servidor SIG recupera os dados necessários da base dados SIG e processa o pedido, que pode ser para gerar um mapa, realizar uma consulta ou realizar uma análise.
- O servidor web numa resposta via http envia para o cliente os dados, o mapa ou qualquer outro resultado que tenha sido pedido.
- Por fim, o utilizador visualiza o resultado, ficando assim completo o pedido e o ciclo de resposta.

Existe já uma larga variedade de tecnologias capazes de disponibilizar os serviços necessários para construir um SIG-Web. Algumas dessas tecnologias serão abordadas posteriormente (Capítulo 3) bem como aquelas que foram utilizadas na execução deste projeto, mas primeiramente torna-se pertinente conhecer as componentes que fazem parte de uma arquitetura SIG-Web, para posteriormente serem identificadas tecnologias capazes de as implementar.

2.5.2 Componentes

Como visto anteriormente (Figura 10), o que distingue uma arquitetura de um SIG-Web de uma arquitetura de uma aplicação Web são as componentes SIG-Web. Essas componentes que devem ser adicionadas às tradicionais arquiteturas são:

Servidor-SIG

Muito do sucesso da aplicação de SIG-Web passa pelo servidor que usa, estando diretamente associado à capacidade e desempenho que a mesma apresenta. A funcionalidade do servidor, capacidade de personalização, escalabilidade e desempenho são fundamentais para o sucesso de qualquer aplicação SIG-Web, ao ponto de [Fu & Sun, 2011] afirmar que o servidor SIG-Web é o componente mais importante na construção de um SIG-Web.

Base Dados Geográfica

A BD geográfica é a estrutura que armazena e gere os dados para a aplicação SIG sendo o suporte adjacente para as aplicações SIG-Web. As respostas da aplicação SIG-Web só podem ser tão boas quanto a qualidade da informação contida na BD geográfica.

Dentro de uma BD geográfica estão contidos um conjunto de dados geográficos que podem ser do tipo raster ou vetorial (ver secção 2.2.1). Algumas das BD geográficas suportam outros tipos de dados, tais como: dados CAD (*Computer Aided Design*), dados 3D e coordenadas GPS. A escolha desta componente pode ter que ver com o nível de complexidade da aplicação e com o facto de o sistema poder ser acedido, ou não, por vários utilizadores simultaneamente.

Enquanto algumas BD's geográficas armazenam apenas dados individuais, outras geram modelos de dados que definem relações espaciais e comportamentos que são fundamentais para muitas das tarefas e operações analíticas que os SIG devem realizar.

Uma BD SIG deve ser capaz de [Fu & Sun, 2011]:

- Armazenar um conjunto de dados espaciais em sistemas centralizados ou distribuídos;
- Aplicar regras e relações aos dados;
- Definir modelos relacionais geográficos;
- Manter a integridade dos dados espaciais como uma BD consistente e precisa;
- Trabalhar em ambiente multi-acesso de utilizadores e suportar diferentes versões de ambiente;
- Suportar características e comportamentos personalizados;
- Fornecer um meio para: segurança de dados, *backup*, recuperação e *rollback*;
- Manter um alto desempenho quando o volume de dados aumenta e o número de utilizadores simultâneos aumenta.

Cientes SIG-Web

Os SIG-Web tal como a maior parte senão a totalidade dos sistemas de informação e aplicações informáticas são desenvolvidos com o propósito de responder às necessidades dos seus utilizadores (clientes).

No que respeita à aplicação SIG-Web, o cliente pode desempenhar dois papéis distintos: em primeiro lugar, representa o interface do utilizador final do sistema. Interage como utilizador, faz pedidos ao servidor e recebe os resultados pretendidos;

Em segundo, o cliente pode também executar algumas tarefas de processamento geoespacial, como classificação dinâmica para mapeamentos e análise de mapas.

Tipicamente os SIG-Web são utilizados via *web browser*, mas podem também ser acedidos por aplicações *desktop*, aplicações móveis, ou até mesmo aplicações de servidor (quando um servidor atua como um cliente de outro servidor) [Fu & Sun, 2011].

Dada a constante evolução das novas tecnologias e com o aparecimento de *smartphones* e *tablets*, é expectável e previsível que as aplicações móveis sejam cada vez mais procuradas e surjam com maior frequência.

○ *Web browser*

Web browsers são o principal tipo de clientes SIG-Web. Inicialmente apresentavam interfaces com padrões básicos e estáticos, sem grande interatividade, mas com a evolução das linguagens de programação como *html*, *javascript* e de tecnologias como *Silverlight Flex* tornou-se possível criar uma interface dinâmica e bastante interativa e apelativa [Fu & Sun, 2011].

Atualmente existem clientes *web browsers* como o *ArcGis Explorer Online*⁹, mais flexíveis e capazes de executar facilmente vários tipos de funções SIG.

○ *Aplicação Desktop*

Este tipo de aplicações podem ser desenvolvidas com recurso a linguagens de programação como *.Net* ou *Java*. Ao contrário das aplicações *web browser*, estas não são executados dentro de um *browser*, mas sim no computador, com base nos seus recursos locais, tal como nos arquivos locais, BD local, e dispositivos periféricos.

Este tipo de aplicações podem ser uma boa solução quando as aplicações baseadas em *browsers* não são suficientemente poderosas, especialmente para utilizadores profissionais [Fu & Sun, 2011].

⁹ <http://www.arcgis.com/home/gallery.html#c=esri&t=apps&o=modified&f=configurable>

O *ArcGIS*⁰ é um exemplo de uma aplicação desktop capaz de usar os mapas e outros tipos de serviços disponíveis na *web*, ou na *cloud*, e realizar um vasto leque de operações indisponíveis nos clientes *web browser*.

○ *Cliente Mobile*

Como já referido, os dispositivos móveis estão a tornar-se cada vez mais populares e não fogem à regra no que diz respeito ao uso de aplicações móveis de SIG-Web. Basicamente, o uso de SIG-Web em movimento por clientes móveis pode ser classificado em duas categorias: com base nos *web browsers* e com base em aplicações móveis.

Relativamente às baseadas em *web browsers* móveis, estas só podem executar simples funcionalidades SIG, com interface simples, mas alguns desses *browsers* estão a aproximar-se cada vez mais dos browsers de desktop que podem naturalmente oferecer uma maior variedade de funcionalidades SIG e apresentam um interface mais apelativo e interativo.

As aplicações móveis têm como vantagem a capacidade de aceder a dispositivos periféricos como o GPS, para obter a localização precisa do utilizador e conseqüentemente ter ao dispor uma gama de operações, como pesquisas, tráfego em real-time, localização de determinados pontos de interesse, entre outras [Fu & Sun, 2011].

As componentes mencionadas anteriormente são tidas como genéricas e utilizadas por defeito na construção de um SIG-Web. Contudo, tal como acontece nesta dissertação, consoante o objetivo para o qual o sistema deve ser construído outros componentes podem ser adicionados à arquitetura.

¹⁰ <http://pro.arcgis.com/en/platform/introducing-arcgis-for-desktop/introducing-arcgis-for-desktop.htm>

Capítulo 3

3. Enquadramento Tecnológico

Neste capítulo é feita uma revisão de literatura sobre tecnologias disponíveis associadas ao desenvolvimento de SIG-Web que sejam capazes de corresponder às expectativas e necessidades do sistema desenvolvido. Para a realização da análise das tecnologias selecionadas foram estabelecidos alguns critérios juntamente com o CEIIA, com o objetivo de priorizar as ferramentas ou serviços de modo a serem compatíveis com os sistemas já utilizados no CEIIA. Importa referir que foram estudadas tecnologias comerciais e *open source*, mas foi sempre dada primazia às *open source*, gratuitas e com licenças de utilização permissivas. Depois de realizada a avaliação das tecnologias é esperado que no final deste capítulo se esteja apto a desenhar a arquitetura para o sistema mobi.me geo.

Depois de serem descritos os componentes constituintes de uma arquitetura SIG-Web (Secção 2.5.1) são agora identificadas e comparadas algumas tecnologias para essas componentes, imprescindíveis para a implementação do SIG-Web.

Para a realização deste projeto, foi necessário recorrer a meios tecnológicos capazes de disponibilizarem serviços e funcionalidades para o efeito. Algumas dessas tecnologias são abordadas de seguida, nomeadamente: Sistema de Gestão de Base de Dados e tecnologias SIG-Web.

3.1 Sistemas de Gestão de Base de Dados Espaciais

O armazenamento dos dados espaciais nos Sistemas de Gestão de Base Dados (SGBD) está diretamente relacionado à forma como estes são representados. Destaca-se o facto de os SGBD Espaciais apresentarem características que os difere do SGBD tradicionais, tais como: (a) Capacidade de manipulação de dados espaciais; (b) Capacidade de armazenar quer os atributos descritivos quer as geometrias dos diversos tipos de dados espaciais (ver secção 2.3).

Os SGBD tradicionais por si só, não são capazes de realizar as operações acima assinaladas sem que primeiro sejam implementadas funcionalidades ou componentes espaciais.

Outro dado relevante sobre os SGBD's tem que ver com a forma como os dados são tratados e integrados. O processo de integração de dados envolve práticas, técnicas e tecnologias que permitem alcançar o acesso consistente aos dados independentemente da área e tipo de estrutura organizacional. Dentro de uma arquitetura funcional de um SIG-Web, todas as componentes têm a sua função e importância. Contudo não pode ser descurada a capacidade de integração de dados da ferramenta tecnológica que vai ser o centro de informação do sistema, utilizada para armazenar dados e realizar as funções de ETL (*Extract, Transform e Loading*) que vão alimentar e compartilhar os dados dentro da organização [PALL & KHAIRA, 2013].

Sendo o SGBD da Oracle aquele que é utilizado atualmente no CEIIA e não havendo necessidade de o alterar, foi adotada a tecnologia Oracle SQL Developer para interagir com o SGBD e realizar operações quer permitissem a criação da base de dados geográfica necessária para o projeto. Sendo que no contexto deste projeto, a realização de operações e funções ETL não se revelava útil, foram utilizados alguns comandos definidos pela estrutura da linguagem SQL que permitem definir, manipular e controlar os dados (Figura 11).

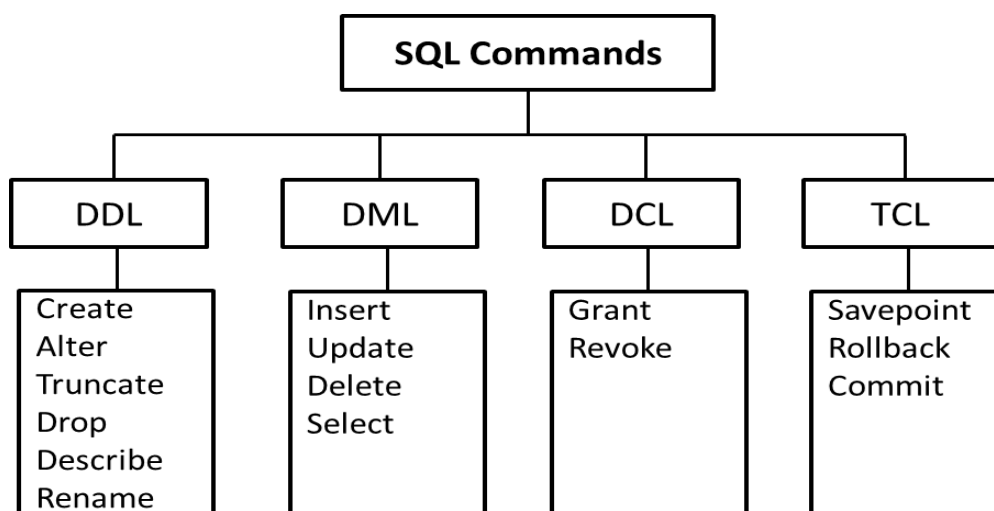


Figura 11 – Estrutura comandos SQL

Create, *alter* ou *rename* são alguns exemplos de declarações definidas no DDL (*Data Definition Language*) que tem como propósito definir a estrutura ou esquema da base de dados. As declarações como *Insert* ou *Update* são declarações definidas no DML (*Data Manipulation Language*), utilizadas para realizar a gestão dos dados dentro da base de dados. As declarações *Grant* e *Revoke* são comandos pertencentes ao DCL (*Data Control Language*), que tem como

funcionalidade atribuir ou remover permissões na base de dados a utilizadores. *Commit*, *Savepoint* e *Rollback* são declarações definidas no TCL (*Transaction Control Language*), utilizadas para gerir as mudanças realizadas pelas instruções DML, agrupando as declarações em transações lógicas, permitindo guardar ou recuperar o trabalho realizado.

3.2 Tecnologias SIG-Web

Como visto anteriormente na secção 2.5, o conceito de SIG-Web refere-se a aplicações que permitem aos utilizadores observarem dados geográficos através da *web*. Dependendo das funcionalidades e capacidades disponibilizadas pelo *software* em questão, os utilizadores têm a possibilidade de exibir, consultar e analisar dados geográficos remotamente através de um interface gráfico a partir da *web*.

Do mesmo modo que as tecnologias de SGBD, também a procura pelas tecnologias de SIG-Web tem vindo a crescer nos últimos anos, facilmente justificado pelas suas funcionalidades e pela forma relativamente barata como os dados geográficos são divulgados e partilhados.

Os SIG-Web tem como benefício:

- A capacidade de divulgação de dados;
- As funcionalidades disponibilizadas aos utilizadores;
- Os utilizadores não necessitam adquirir o *software* SIG para usufruir das suas funcionalidades;
- Não requer grande prática da parte dos utilizadores para o começarem a usar [Bonnici, 2005].

O tempo de resposta por parte deste tipo de tecnologia pode ser grande, e depende de vários fatores: capacidade de ligação à internet, volume de dados, tráfego de rede e energia do processador.

Atualmente, o número de fornecedores de tecnologias SIG-Web existente no mercado é extensa, desde comercias a *open source* ["Open Source GIS,"].

Ao invés do que acontece com o SGBD, no CEIIA não é utilizada nenhuma tecnologia SIG-Web, pelo que apenas foram tidas em consideração as tecnologias que são mais reconhecidas no mercado e sobretudo as *open source*.

No sentido de identificar a tecnologia mais adequada para o problema em questão, foi efetuada uma revisão de literatura, tendo sido selecionadas para análise as seguintes tecnologias: *MapServer*, *ArcGis*, *Deegree*, *GeoServer*. Com a exceção do *MapServer*, que foi indicada pelo CEIIA, todas as outras foram identificadas pela revisão bibliográfica realizada.

Com o intuito de facilitar o processo de escolha deste tipo de tecnologia, revelou-se pertinente estabelecer alguns pressupostos que justifiquem os critérios a serem definidos. Deste modo, os pressupostos definidos foram: se é comercial ou *open source*, multiplataforma, formatos dos dados e o suporte a normas OGC.

Comercial ou *open source* segue o pressuposto de que tratando-se de tecnologias com elevados custos associados, em caso de similaridade optou-se sempre pelas *open source*.

O pressuposto da multiplataforma, não sendo dos mais importantes dada a flexibilidade de escolha do sistema operativo, é sempre importante perceber se estas tecnologias estão disponíveis para diferentes tipos de sistemas operativos.

Os formatos dos dados são neste tipo de tecnologias talvez o pressuposto mais importante na medida em que identifica os formatos dos dados que as tecnologias suportam para realizar as tarefas de *input* e *output* de dados. Quanto mais formatos aceitarem, melhor será a sua cotação, dada a importância de aceitar diferentes fontes de dados.

O suporte a normas OGC é ao passo do pressuposto anterior dos mais importantes na identificação da tecnologia SIG-Web, pois são os protocolos de serviço mais conhecidos e importantes no funcionamento destas tecnologias.

Para tornar possível a comparação destas tecnologias e com base nos pressupostos definidos anteriormente, foram estabelecidos os critérios de análise definidos na Tabela 2.

Nº	Critério
1	<i>Licença Open Source</i>
2	<i>Multiplataforma</i>
3	<i>Formato dos Dados Input</i>
4	<i>Formato dos Dados Output</i>
5	<i>Interface Software</i>
6	<i>Suporte Web Services OGC</i>

Tabela 2 - Critérios para a Comparação das Tecnologias SIG-Web

Depois de definidos os critérios para análise procedeu-se à comparação entre as tecnologias SIG-Web identificadas anteriormente. O resultado é ilustrado na Tabela 3.

Critério	MapServer	ArcGis	Deegree	GeoServer
Licença Open Source	Sim	Não	Sim	Sim
Multiplataforma	Sim	Sim	Sim	Sim
Formato dos Dados Input	Vector, Raster, Microsoft SQL, Oracle, PostGIS/PostgreSQL, etc.	Vector, Raster, Microsoft SQL, Oracle, PostGIS/PostgreSQL, etc.	Shapefile, Simple SQL, SQL.	Vector, Raster, Microsoft SQL, Oracle, PostGIS/PostgreSQL, etc.
Formato Dados Output	OGC, WMS, WFS não transacional, WMC, WCS	OGC, SDC, SDE Layers, PNG, TIFF, etc	OGC, WMS, WFS, CSW, WCS, WPS, WMTS	WMS, WFS, WCS, JPG, PNG, GIF
Interface Software	Linha de comandos ou instalação separada do interface gráfico de utilizador	Interface Gráfico de Utilizador	Interface Gráfico de Utilizador	Interface Gráfico de Utilizador
Suporte Web Services OGC	Sim	Sim	Sim	Sim

Tabela 3 - Comparação de Tecnologias SIG-Web [esri; Minnesota; OpenGeo; OSGeo]

Tendo em conta o limite temporal para a conclusão deste projeto/protótipo, não foi realizada a comparação com base na experimentação das tecnologias. Contudo, com base na leitura de documentação e pesquisa nos sítios das tecnologias identificadas, realizou-se uma comparação dos critérios acima mencionados, sendo possível obter uma visão de que tecnologia é melhor em cada tipo de critério e conseqüentemente no cômputo geral. Os critérios da análise são agora descritos.

1. Licença Open Source

Apenas o *ArcGIS* possui licença comercial, sendo a *ESRI*¹¹ a proprietária da respectiva licença. Todas as outras identificadas são *open source*.

2. Multiplataforma

Este critério significa que todas as ferramentas são suportadas por diferentes sistemas operativos: *Windows, Linux, Mac OS, Solaris, etc.*

3. Formato dos Dados Input

Este critério menciona o formato em que os dados devem estar, para que as tecnologias os aceitem como *input*.

4. Formato dos Dados Output

Neste critério são representados os formatos possíveis para exportar os dados que se encontram na tecnologia SIG-Web.

5. Interface Software

Tem que ver com a forma como o utilizador pode interagir com a tecnologia. Exceto o *MapServer* que pode também ser acedido por linha de comandos, todos os outros são acedidos por uma interface gráfica de utilizador.

6. Suporte Web Services OGC

Este critério visa mencionar se a tecnologia suporta as normas OGC, ou seja, serviços como WMS, WFS, WCS, entre outros.

¹¹ <http://www.esri.com/>

A comparação realizada das tecnologias acima mencionadas teve por objetivo identificar a tecnologia a ser utilizada para o desenvolvimento desta dissertação. No capítulo 4 encontram-se identificadas e descritas detalhadamente as tecnologias que foram selecionadas.

Capítulo 4

4. Ambiente de Desenvolvimento

Neste capítulo é detalhado o ambiente tecnológico que suportou o desenvolvimento para a execução da implementação do sistema *mobi.me geo*.

Numa primeira abordagem é apresentada a arquitetura do sistema com a respetiva descrição de todas as componentes que o constituem, passando de seguida para a apresentação da arquitetura tecnológica que representa uma visão detalhada e pormenorizada das tecnologias que foram utilizadas.

Por último, são apresentados os serviços utilizados para implementar o sistema e os quais visam permitir aos utilizadores o manuseamento do sistema contribuindo para o aumento do conhecimento ao nível das envolventes do CEIIA.

4.1 Arquitetura *mobi.me geo* – A Geographic Mobility Management Engine for Services Integration in the City

Apesar de já existirem aplicações e plataformas *web* semelhantes, as quais já foram abordadas anteriormente (secção 2.5.1), é sempre necessário adaptar o sistema a ser desenvolvido a cada tipo de problema e objetivo. No contexto deste trabalho, o sistema terá de lidar com inúmeros desafios: aquisição de diferentes tipos, formato e fontes de dados, qualidade dos dados, disponibilidade dos dados, criação de informação, mecanismos e protocolos de comunicação e visualização da informação, entre outros.

De modo a ultrapassar todos estes desafios e satisfazer as necessidades e objetivos do CEIIA, é estabelecida a seguinte arquitetura SIG-Web doravante designada por arquitetura *mobi.me geo* (Figura 11).

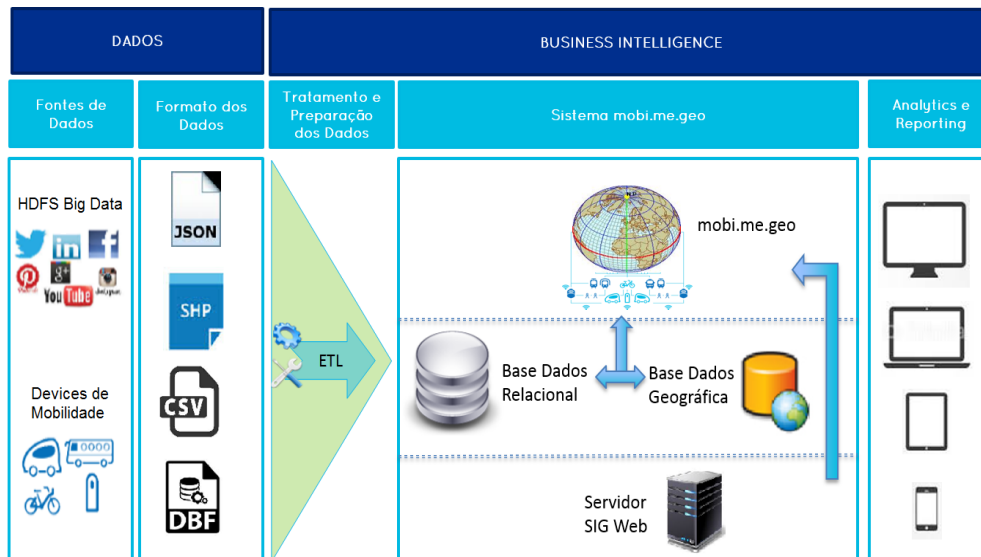


Figura 11 - Arquitetura mobi.me geo

Com o objetivo de se perceber como se processará e o que se pretende com a implementação do sistema *mobi.me geo*, de seguida são descritas as camadas que o constituem, ilustradas na Figura 11.

Dados

○ Fonte dos Dados

Esta camada menciona as entidades que são alvo da recolha dos dados. De notar que estes dados recolhidos devem conter informação relacionada com os clientes/parceiros do CEIIA, tais como: postos de carregamento elétricos, localização dos clientes/parceiros, etc. Do mesmo modo, são integrados dados provenientes do sistema HDFS *Big Data* (Social Network) que disponibiliza informação relacionada com diversos temas passíveis de serem analisados retirados das redes sociais (Facebook, Twitter, Instagram, etc).

Com esta componente torna-se possível definir um tema de pesquisa (*#hashtag*) e identificar em que ponto ou pontos do Mundo esse mesmo tema está a ser referido e com que frequência aparece em cada um dos pontos (por exemplo CEIIA, sustentabilidade, veículos elétricos, entre outros). Através da análise geográfica deste tipo de dados, são inúmeras as vantagens e potencialidades que podem ser obtidas com a informação disponibilizada, as quais são abordadas na secção 5.4.

Apenas algumas entidades capazes de fornecer estes tipos de dados foram mencionadas, podendo a qualquer momento surgir novas fontes, estando a plataforma preparada para essa eventualidade.

○ *Formato de Dados*

Como já mencionado, os dados podem ser provenientes de diversas fontes, que independentemente do formato de armazenamento terão de ser recolhidos. De modo a que o sistema seja compatível e esteja preparado para lidar com diversos tipos de fontes de dados, foram identificados alguns formatos de dados, tais como: *json*, *shapefile*, *comma-separated values (CSV)* ou *dbase file (DBF)*. Com isto pretende-se que caso surjam novas fontes de dados, seja facilmente ultrapassado o problema de carregamento e integração de dados, garantindo que o modelo é genérico e permita o aumento em escala da sua utilização.

Business Intelligence

Os sistemas de *Business Intelligence* combinam dados com ferramentas analíticas de forma a disponibilizar a informação relevante para a tomada de decisão [Santos & Ramos, 2006]. Segundo Cody, Kreulen, V.Krishna, & Spangler [2002] o objetivo destes sistemas é melhorar a disponibilidade e qualidade desta informação.

Neste sistema em questão, foi utilizada uma camada designada *Business Intelligence* que inclui as camadas de Tratamento e Preparação de Dados, Sistema *mobi.me geo* e *Analytics e Reporting*, porque a capacidade e possibilidade de realizar análises aos dados é uma constante, podendo em cada uma destas camadas ser retirada informação útil baseada nos dados disponíveis para análise.

○ *Tratamento e Preparação de Dados*

A missão do ETL ao mais alto nível é a construção da base de suporte do Data Warehouse [Kimball & Caserta, 2004].

No presente caso, não é utilizado nenhum DW, mas apenas uma base de dados relacional e uma base de dados espacial onde está armazenada toda a informação não geográfica e

geográfica respetivamente relativa às pessoas, cidades, postos de carregamento, entre outros, que foram adquiridos das fontes mencionadas anteriormente.

De igual modo, e como referido anteriormente, a realização de operações e funções ETL não se revelaram úteis para o contexto deste projeto, pelo que apenas foram utilizados alguns comandos DDL e DML definidos pela estrutura da linguagem SQL. Contudo, comprovou-se útil designar ETL para facilitar a compreensão do que foi realizado.

- *Sistema mobi.me geo*

Nesta camada encontra-se representada a fase em que foi realizada a integração das várias componentes que permitiram implementar o sistema *mobi.me geo*. Depois de escolhida a tecnologia SIG-Web, foram carregados para essa mesma tecnologia os dados não geográficos e geográficos que compõem a BD relacional normal e a BD geográfica respetivamente.

- *Analytics e Reporting*

Por último encontra-se representada a camada dos *analytics* e *reporting* que revela os vários tipos de dispositivos que os utilizadores podem utilizar para aceder ao sistema *mobi.me geo* e analisar a informação disponibilizada com base nos mecanismos de análise implementados na aplicação Web.

4.2 Tecnologias Utilizadas

A secção 3 correspondente ao enquadramento tecnológico teve entre outros objetivos o intuito de facilitar o processo de seleção das tecnologias a utilizar. Após a realização das comparações tecnológicas e depois de exploradas algumas das tecnologias, torna-se agora mais simples analisar a arquitetura proposta anteriormente (ver Figura 11), mas fazendo agora referência às tecnologias selecionadas para a execução deste projeto, como demonstrado na Figura 12.

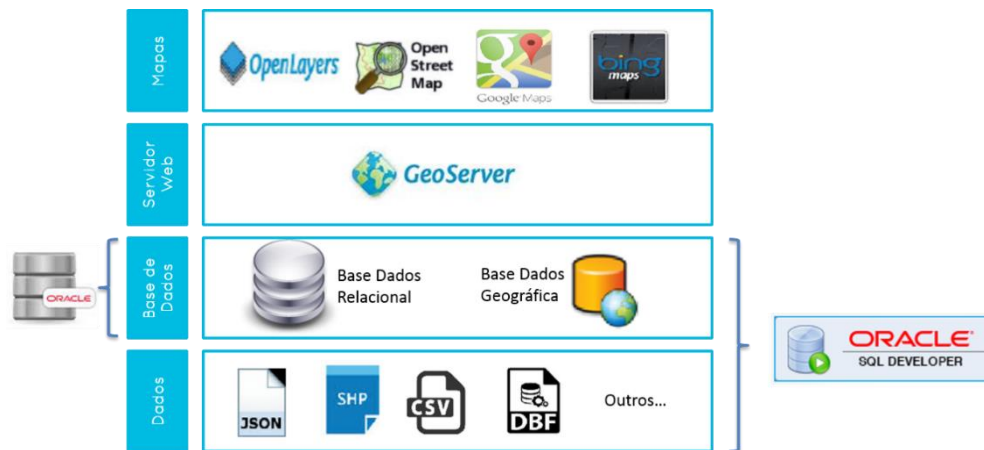


Figura 12 - Arquitetura Tecnológica

Para que fosse possível representar a informação geográfica pretendida neste projeto de forma adequada, foram também utilizados o *Open Street Maps* (fornecedor de mapas), e o *Openlayers* (que juntamente com a tecnologia Geoserver e com os dados provenientes das BD's permite a construção de *layers*), para posteriormente serem disponibilizadas no sistema *mobi.me geo*.

4.2.1 Sistema de Gestão de Base de Dados

Para o desenvolvimento do sistema *mobi.me geo* foi utilizado o SGBD da Oracle que é atualmente utilizado pelo CEIIA. Sendo que este já apresentava funcionalidades e componentes espaciais, nada teve de ser implementado.

O Oracle 11g (versão utilizada), é um Sistema de Gestão de Base de Dados Relacional que utiliza linguagem SQL para realizar todas as suas operações, e tem suporte a *Store Procedure*, *Joins* e *Triggers*. Para além disso, é possível implementar o paradigma Objeto-Relacional dada a capacidade de utilizar recurso orientados a objetos, tais como: tipos definidos pelo utilizador, herança e polimorfismo que suportam a construção de objetos. Essencialmente, um SGBD-OR move dados dentro de uma base de dados, armazena os dados, e recupera-os de modo a que estes sejam manipulados por aplicações [Ashdown, 2014]. Das demais operações possíveis, destacam-se as seguintes:

Operações Lógicas

Neste caso, um aplicação específica que o conteúdo é necessário. Por exemplo, uma aplicação solicita o nome ou regista um funcionário.

Operações Físicas

Neste caso, o SGBD-OR determina como a operação deve ser feita e realiza a operação. Por exemplo, aquando de um pedido de consulta a uma tabela, a base de dados pode usar um índice para encontrar as linhas solicitadas, ler os dados na memória, e realizar muitas outras etapas antes de retornar o resultado para o utilizador.

Vantagens e Limitações

Escalabilidade, confiabilidade, funcionalidades e compatível com múltiplas plataformas são algumas das características apresentadas pela Oracle como vantagens:

- Escalabilidade significa que se a base de dados crescer o sistema não irá ser afetado, e nestes casos o seu desempenho e utilidade mantém-se intactos;
- Confiabilidade e Segurança dos dados: O SGBD da Oracle é dos mais sólidos e robustos do mercado, oferecendo segurança centralizada, reduzindo o risco e os custos associados à gestão de um sistema heterogêneo de utilizadores, aplicações e dados de uma empresa;
- Funcionalidades: Existem ferramentas para manusear a base de dados que outros SGBD's não apresentam, tais como: *Oracle Design, Oracle SQL Developer, SQL *PLUS, Oracle Graphics, Procedure Builder*.
- Multi-Plataforma: Funciona em várias plataformas distintas, tais como: *Windows, Linux, MacOS, etc.*

Quanto às suas limitações, mais propriamente aos arquivos de dados, estes podem apresentar dois tipos: o *Smallfile* que pode ter até 2 GB cada arquivo, e 65533 arquivos de 2 GB devido a limitações do sistema operativo; o *Bigfile* não tem limites e cada arquivo pode ter 4GB, estando somente limitados ao sistema operativo e ao *hardware*.

Não existe tamanho máximo para tabelas ou linhas existindo um máximo de 1000 colunas por tabela, cada tabela tem um número ilimitado de índices e pode chegar até ao máximo de 1022 utilizadores [Magalhães, Pino, & Fehrmann, 2007; Morales & Rich, 2009].

4.2.2 Oracle SQL Developer

O Oracle SQL Developer é um IDE de base de dados que foi utilizado neste projeto para realizar todas as tarefas necessárias na BD do sistema mobi.me geo. O SQL Developer possui uma interface gráfica que permite aos utilizadores e administradores do SGBD realizar tarefas relativas às BD's em poucos passos, tendo como principal foco ajudar o utilizador final a economizar tempo e maximizar o retorno sobre o investimento na tecnologia de base de dados Oracle [Ashdown, 2014].

Fornecer poderosos editores para trabalhar com procedimentos SQL, PL/SQL, Java e XML, permitindo aos utilizadores executar consultas, gerar planos de execução, exportar dados para o formato pretendido (XML, Excel, HTML, PDF, etc), executar, fazer debug, testar e documentar os programas de base de dados [Oracle, 2014].

O processo de utilização da ferramenta é bastante simples sendo que apenas é necessário instalar o executável disponibilizado no sítio da Oracle e depois criar a conexão à BD na qual iremos ter acesso aos dados (ver Figura 13 e Figura 14).

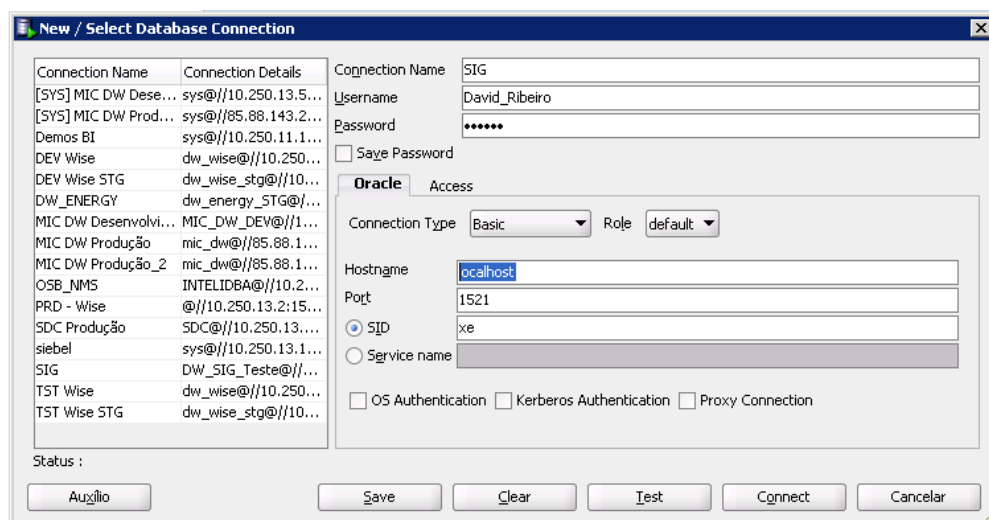


Figura 13 - Criação de conexão

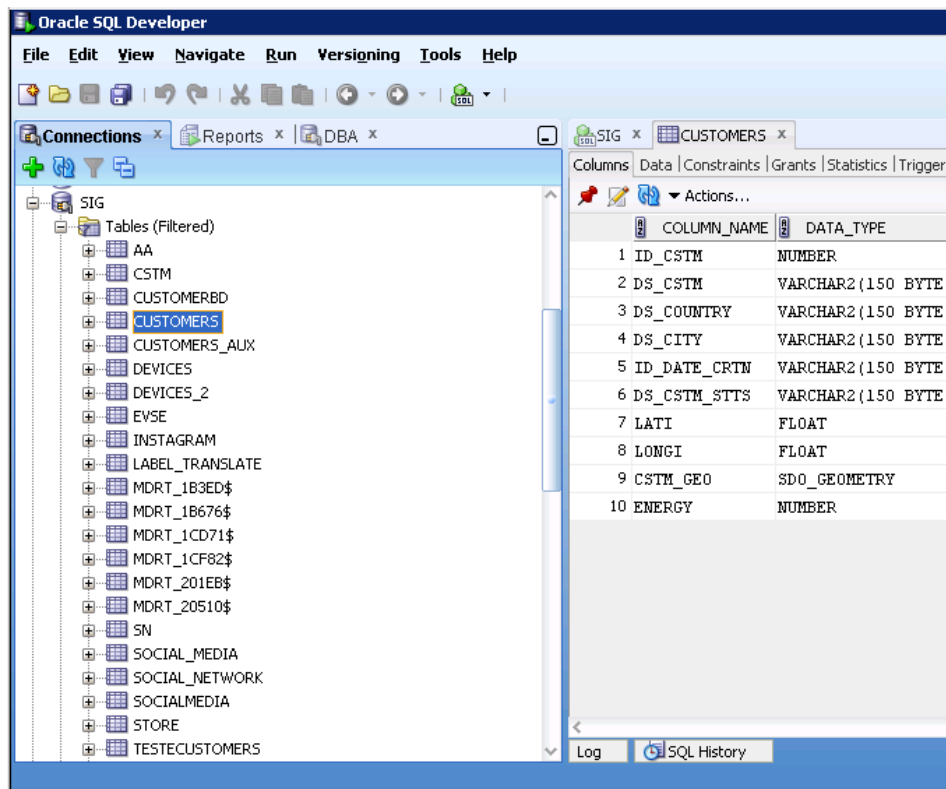


Figura 14 - Acesso à BD conectada

No presente contexto, o SQL Developer como já mencionado anteriormente, foi utilizado para realizar sobretudo operações DDL e DML, onde através da execução de procedimentos SQL foram criadas as tabelas da BD geográfica de suporte ao sistema mobi.me geo.

4.2.3 Geoserver

O projeto Geoserver é um servidor de informação geográfica *open source*, desenvolvido em Java que permite aos utilizadores partilhar e editar dados geográficos.

A sua implementação segue as especificações do consórcio OGC e implementa uma série de padrões abertos tais como: WFS, WMS e WCS por definição. Para além destas especificações que são disponibilizadas aquando da instalação, existe também a possibilidade de incluir outros serviços como o CSW e WPS, entre outros, através da instalação de *plugins* [Iacovella & Youngblood, 2013].

No que refere ao armazenamento e manipulação de dados geográficos, o Geoserver oferece por definição suporte aos seguintes formatos: *PostGIS*, *shapefile* ou *ArcSDE*. Tal como acontece

com os padrões OGC, também neste aspeto é possível a instalação de *plugins* para armazenar informação geográfica de bases de dados Oracle, *MySQL*, entre outros.

O suporte a várias formas de armazenamento é importante dado que aumenta o leque de opções de tecnologias de base de dados ou de ficheiros para realizar a recolha dos dados. No contexto desta dissertação foram instalados e testados os *plugins* da Oracle e do *MySQL*, contudo apenas o da Oracle foi utilizado no desenvolvimento da aplicação. No que se refere ao suporte a transações dos padrões OGC, revela-se importante consoante as necessidades de quem implementa porque disponibiliza a edição de *features* sobre uma rede de comunicações que permite entre outras coisas, adicionar ou editar dados da base de dados (no caso do WFS-T).

Em termos de *output*, o Geoserver é também uma tecnologia que implementa mecanismos que possibilitam a disponibilização de dados em diferentes tipos de estruturas: CSV, shapefile, XML, JSON, Excel e imagens (PNG).

Destaca-se ainda o facto de este ser multiplataforma e a relativa facilidade com que é instalado e utilizado muito devido à sua interface web.

Importa referir duas diretorias essenciais e mais importantes em que o Geoserver assenta e que serão explicadas: **data/** - onde se guardam os dados relativos à informação geográfica e a sua configuração; **WEB-INF/** - onde se encontram todos os ficheiros de configuração do sistema, as classes de execução e todos os ficheiros necessários à ferramenta de administração via web [Iacovella & Youngblood, 2013].

4.2.4 Open Street Maps

O desenvolvimento desta aplicação Web teve inerente a si a disponibilização de informação geográfica, o que implica que seja utilizado um mapa base sobre o qual toda a informação geográfica será representada. Contudo, e dependendo do contexto das aplicações, não é obrigatório o uso de mapas base.

O objetivo da utilização de um mapa base visa proporcionar uma fácil e rápida contextualização geográfica ao utilizador permitindo assim que este obtenha não só informação geográfica relativa ao sistema mobi.me geo mas também relativa à zona administrativa a que a informação está associada.

Para utilizar um mapa base numa aplicação como a desta dissertação existem duas possibilidades: criar um mapa base dentro da plataforma, ou utilizar um servidor externo. A

possibilidade de criar um mapa base com dados próprios, o qual é construído à medida do desenvolvedor, implicaria entre outros fatores, criar um WMS dentro da plataforma, adquirir dados cartográficos de fontes credíveis, manutenção dos dados e sobretudo um grande aumento de tempo e custo adjacente ao desenvolvimento da aplicação.

Tendo em conta todas as limitações mencionadas, foi implementada a segunda possibilidade de utilizar um mapa base (WMS) proveniente de terceiros. O leque de opções para o servidor de mapas era alargado, sendo que foram sugeridos apenas os seguintes: GoogleMaps¹², OpenStreetMap¹³ (OSM) e Bing Maps¹⁴.

Todos os referidos anteriormente foram testados com dados do sistema e apesar das capacidades e características variarem entre si, todos são de fácil utilização e encontram-se disponíveis para serem testados.

Entre os identificados apenas o OSM se encontra disponível como sendo gratuito e *open source* pelo que a escolha foi imediata e não teve grandes implicações. Aliado ao facto de ser gratuito e *open source*, existe ainda grande variedade de documentação disponível na Web, motivos que foram suficientes para se adotar a sua utilização.

Apesar de nesta fase ser utilizado o mapa base do OSM, posteriormente podem ser adicionados novos mapas provenientes de servidores diferentes.

4.3 Interoperabilidade e o Open Geospatial Consortium

A compulsiva necessidade das aplicações interagirem através das redes de comunicação e a necessidade existente de troca e partilha de dados independentemente da plataforma utilizada é hoje em dia quase um dado obrigatório, o que leva a que a interoperabilidade seja um fator chave nos sistemas informáticos atuais.

Para Hodgson, Rumor, & Harts [1997], interoperabilidade é a capacidade de um utilizador ou um componente de computador aceder a um leque de recursos heterogéneos através de um único interface.

¹² <https://developers.google.com/maps/documentation/staticmaps/?hl=pt-PT>

¹³ <http://www.openstreetmap.org>

¹⁴ <http://www.microsoft.com/maps/choose-your-bing-maps-API.aspx>

Uma forma simples de definir interoperabilidade é: a capacidade de diferentes sistemas de informação terem possibilidade de comunicar e partilhar informação de forma eficiente entre si, sendo completamente transparente para o utilizador final.

Dado o crescimento das tecnologias e aplicações SIG e o aumento dos dados geográficos disponíveis, atualmente torna-se facilmente perceptível que a interoperabilidade é um dado cada vez mais importante neste tipo de sistemas.

As especificações de referência como o WMS, WFS e WCS, entre outras, desenvolvidas pelo OGC tiveram um papel preponderante na resolução da questão da interoperabilidade em SIG, pois apresentam um conjunto de WS (*Web Services*) que permitem a disponibilização de informação geográfica na web através da utilização dos seus serviços OGC [Doyle & Reed, 2001].

4.3.1 Web Services

Web Services são aplicações modulares auto-descritivas e auto-suficientes que podem ser publicadas, localizadas e invocados em toda a web. WS baseiam-se na interação entre três elementos: o Fornecedor, o Cliente e o Catálogo de serviços (ver Figura 15) e desempenham funções, que podem ir desde simples pedidos (*requests*) à disponibilização de negócios complexos [Doyle & Reed, 2001].

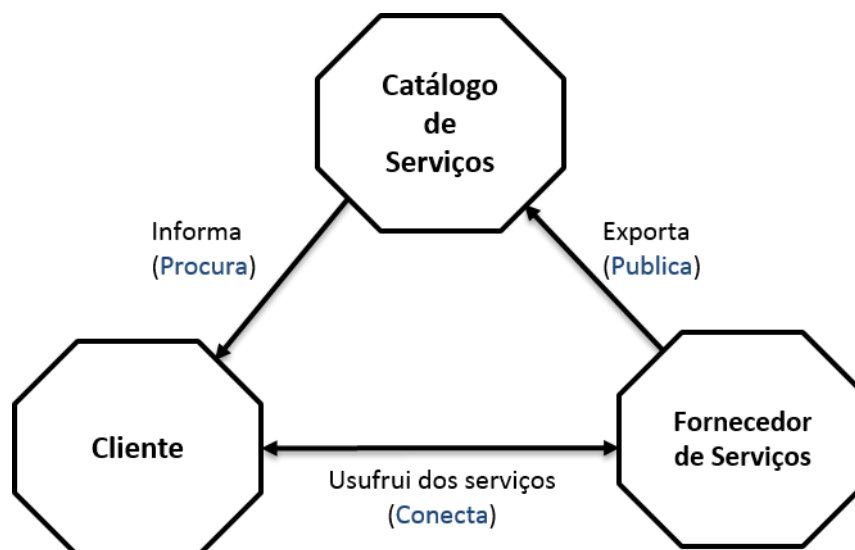


Figura 15 - Arquitetura dos Web Services

Segundo [Whiteside, 2005], a arquitetura ilustrada na Figura 15 descreve um conjunto de operações que representam o rumo tomado na utilização dos WS, em que cada operação necessita de normas que visem a interoperabilidade:

- a) O cliente envia uma mensagem ao fornecedor de serviços de modo a identificar qual o WS pretendido;
- b) Assim que receber a mensagem com o WS o cliente faz um pedido ao Catálogo de serviços que lhe devolve uma mensagem com a descrição das funcionalidades para o serviço pretendido;
- c) Com a informação recebida é possível agora ao cliente conectar-se e comunicar com o fornecedor de serviços invocando serviços.

Basicamente, os WS refletem as vantagens da Web como uma plataforma de serviços e não apenas de dados. Entenda-se por serviços componentes que podem ser conectadas em conjunto para disponibilizar grandes serviços abrangentes [Doyle & Reed, 2001].

Os WS permitem suportar as especificações WMS, WFS e WCS, sendo que para o contexto desta dissertação destacam-se as especificações WMS e WFS detalhadas de seguida e que foram utilizadas para o desenvolvimento da aplicação mobi.me geo.

4.3.2 Invocação dos Web Services OGC

Dentro do contexto mais amplo de serviços da Web, OGC *Web Services* (OWS) representam um quadro evolutivo, baseado em padrões que permitem a integração perfeita de uma variedade de serviços de geoprocessamento e localização *online*. OWS permite que sistemas distribuídos de geoprocessamento comuniquem entre si através da Web usando tecnologias como XML e HTTP [Doyle & Reed, 2001].

A suite OWS fornece uma estrutura interoperável baseada na Web para a descoberta, acesso, integração, análise, exploração e visualização de múltiplas fontes online de dados geográficos. É um conjunto de serviços composto principalmente por três tipos de serviços de disponibilização e acesso aos utilizadores da informação geográfica através da web: WMS, WCS, WFS. A Figura 16 representa um diagrama com a arquitetura dos OGC *Web Services* que mostra conceptualmente a definição de algumas operações dos serviços e como alguns deles se relacionam [Beaujardière, 2001; Doyle & Reed, 2001].

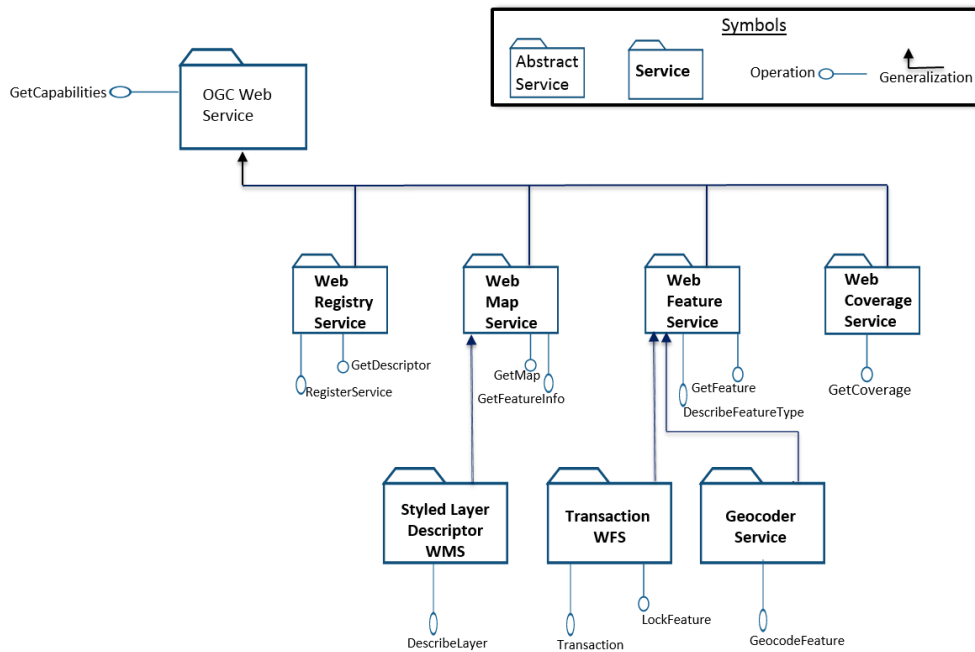


Figura 16 - Diagrama da Arquitetura dos Web Services OGC (Beaujardière, 2001)

Ressalva-se que, as operações executadas pelas aplicações ou utilizadores dependem do serviço utilizado. Cada serviço disponibiliza um conjunto de serviços e indica o modo como as operações podem ser executadas, bem como o formato dos resultados.

Como mencionado anteriormente, para o desenvolvimento desta dissertação apenas foram utilizados os serviços WMS e WFS de entre o leque oferecido pelo OGC, os quais são apresentados seguidamente.

Web Feature Service

A especificação do serviço WFS tem como intuito permitir aos clientes recuperar dados espaciais de servidores WFS em formato Geography Markup Language (GML).

O processamento, manipulação e consulta de dados geográficos são suportados por um conjunto de operações, tais como: inserção, edição, remoção e consulta de dados geográficos (ver Figura 17). De modo a suportar este tipo de transações, são definidas as seguintes operações [Vretanos, 2005]:

- **GetCapabilities** – Descreve as capacidades do servidor e indica as operações suportadas pelo serviço;
- **DescribeFeatureType** – Descreve a estrutura de cada entidade do serviço;
- **GetFeature** – Fornece as entidades (informação geográfica) disponível, ou pretendida, no caso de o cliente especificar as propriedades das entidades por critérios espaciais ou baseado nas suas características;
- **GetGMLObject** – Permite ao WFS recuperar instâncias do elemento atravessando XLinks que referem os Ids do XML. O cliente deve especificar que dados devem ser recuperados (funcionalidade não explorada neste projeto);
- **Transaction** – O pedido de transação é composto por operações como: criar, editar e apagar que permitem modificar entidades geográficas;
- **LockFeature** – Permite bloquear uma ou mais instâncias das entidades durante a transição.

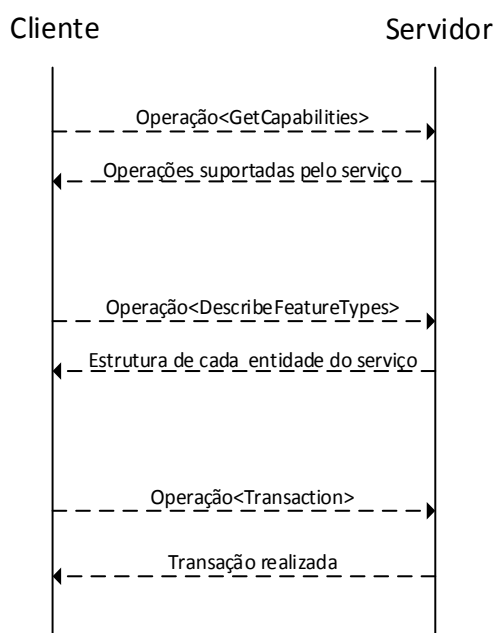


Figura 17 - Exemplo de execução do serviço WFS

Com base nas operações descritas anteriormente, o WFS pode ser implementado segundo três classes diferentes: a básica WFS em que são implementadas as operações *GetCapabilities*, *DescribeFeatureType* e *GetFeature*, permitindo realizar consultas de objetos (informação geográfica); a *XLink* WFS que permite utilizar a operação *GetGMLObject* durante as operações

GetFeature; e, a Transacional WFS que suporta todas as operações básicas juntamente com a operação *Transaction*.

Como opção é possível implementar a operação *GetGMLObjecte*/ou a operação *LockFeature* [Vretanos, 2005].

Um pedido ao servidor WFS configurado no Geoserver seria tipo o ilustrado na Figura 18:

`http://localhost:8085/geoserver/wfs?Request=DescribeFeatureType`

Figura 18 - Pedido ao servidor WFS

E a respetiva resposta seria um ficheiro XML tal com o exemplo ilustrado na Figura 19:

```

1  <xsd:schema xmlns:sf="http://www.openplans.org/spearfish"
2  xmlns:tiger="http://www.census.gov" xmlns:topp="http://www.openplans.org/topp"
3  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" elementFormDefault="qualified"
4  targetNamespace="http://www.openplans.org/spearfish">
5  <xsd:import namespace="http://www.census.gov"
6  schemaLocation="http://localhost:8085/geoserver/wfs?request=DescribeFeatureType&
7  version=2.0.0&service=WFS&outputFormat=text%2Fxml%3B+subtype%3Dgml%2F3.2&
8  typeName=tiger%3Agiant_polygon%2Ctiger%3Apoi%2Ctiger%3Apoi_landmarks%2Ctiger%3Atiger_roads"/>
9  <xsd:import namespace="http://www.openplans.org/topp"
10 schemaLocation="http://localhost:8085/geoserver/wfs?request=DescribeFeatureType&
11 version=2.0.0&service=WFS&outputFormat=text%2Fxml%3B+subtype%3Dgml%2F3.2&
12 typeName=topp%3ACUSTOMERS%2Ctopp%3ADEVICES%2Ctopp%3Astates%2Ctopp%3Aatlasmania_cities%
13 2Ctopp%3Aatlasmania_roads%2Ctopp%3Aatlasmania_state_boundaries%2Ctopp%3Aatlasmania_water_bodies%
14 2Ctopp%3ASOCIALMEDIA%2Ctopp%3ASOCIAL_NETWORK1%2Ctopp%3APortugal"/>
15 <xsd:import namespace="http://www.openplans.org/spearfish"
16 schemaLocation="http://localhost:8085/geoserver/wfs?request=DescribeFeatureType&version=2.0.0&
17 service=WFS&outputFormat=text%2Fxml%3B+subtype%3Dgml%2F3.2&typeName=sf%3Aarchsites%2Csf%3Abugsites%
18 2Csf%3Arestricted%2Csf%3Aroads%2Csf%3Astreams"/>
19 </xsd:schema>

```

Figura 19 - Resposta ao pedido ao servidor WFS

Web Map Service

O serviço WMS produz mapas de dados referenciados espacialmente de forma dinâmica a partir de informação geográfica. Esta norma define um “mapa” para ser um retrato de informação geográfica como um arquivo de imagem digital adequado para ser visualizado no ecrã do computador.

O mapa produzido é uma representação visual dos dados geográficos que podem ser gerados em um dos seguintes formatos: PNG, GIF e JPEG, havendo ainda possibilidade de serem apresentados nos formatos *Scalable Vector Graphics* (SVG) ou *Web Computer Graphics Metafile* (WebGM), entre outros.

Os formatos de imagem com GIF ou PNG suportam fundos transparentes permitindo a visualização de vários mapas subjacentes, podendo estes serem solicitados a partir de diferentes servidores. A especificação WMS tem capacidade de produzir mapas mas não tem capacidade para aceder a dados específicos, ao invés do que acontece com a especificação WFS [Beaujardiere, 2006; Beaujardière, 2001].

Para requisitar um mapa utilizando este serviço pode ser utilizado um pedido *Uniform Resource Locator* (URL) através de um *browser*. O conteúdo do URL dependerá da operação que é solicitada pelo cliente, onde este deve passar um conjunto de parâmetros ao servidor: as camadas desejadas, os estilos de cada camada, a área de cobertura do mapa, a projeção ou sistema de coordenadas geográficas, o formato e tamanho da imagem.

Caso sejam solicitados dois ou mais mapas com o mesmo tamanho e os mesmos parâmetros gerais, os resultados podem ser sobrepostos com precisão para a produção de um mapa composto.

A especificação WMS estabelece que um mapa é formado por um número de camadas e estilos respetivos agrupados de forma a representar o mundo real. Cada uma destas camadas é independente e contém entidades representadas através de símbolos, em que a camada define as entidades e o estilo define os símbolos que representam as entidades. Neste caso, a complexidade dos mapas altera consoante a inclusão ou remoção destas camadas [Beaujardiere, 2006; Beaujardière, 2001].

Para a realização destas transações, a especificação WMS define três tipos de operações:

- **GetCapabilities** – utilizada pelo cliente para obter informações sobre os serviços prestados pelo WMS e sobre os parâmetros das solicitações;
- **GetMap** – possibilita produzir um mapa com parâmetros geoespaciais e dimensões definidos pelo utilizador;
- **GetFeatureInfo** – Esta é uma operação opcional, que visa disponibilizar informação sobre as entidades geográficas projetadas nos mapas resultantes da operação anterior.

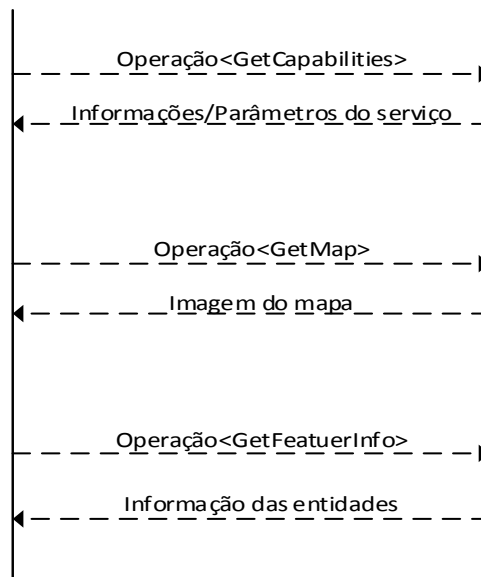


Figura 20 - Exemplo de execução do serviço WMS

Tendo por base as operações descritas anteriormente e ilustradas na Figura 20, o WMS define duas classes de conformidade: o WMS básico e o WMS *Queryable*, tendo cada uma duas subclasses: uma para cliente e outra para servidor. A implementação do WMS básico suporta as operações *GetCapabilities* e *GetMap*, sendo que o WMS *Queryable* suporta a operação *GetFeatureInfo*, satisfazendo assim todas as operações especificadas pelo serviço WMS [Beaujardiere, 2006; Beaujardièrre, 2001].

Um pedido ao servidor WMS configurado no Geoserver seria um URL tipo o ilustrado na Figura 21.

```

http://localhost:8085/geoserver/topp/wms?service=WMS&version=1.1.0
&request=GetMap&layers=topp:Portugal&styles=&bbox=-
31.268192291259652,30.030176162719727,-6.189142227172802,42.15431594848633
&width=682&height=330&srs=EPSG:4326&format=image%2Fpng
  
```

Figura 21 - Pedido ao servidor WMS

A respetiva resposta do servidor seria uma imagem no formato PNG tipo a apresentada na Figura 22.



Figura 22 - Resposta ao pedido ao servidor WMS

Capítulo 5

5. Desenvolvimento do sistema mobi.me geo

Neste capítulo 5 são detalhados todos os procedimentos realizados, que permitiram o desenvolvimento do sistema mobi.me geo.

Numa primeira abordagem, é descrito todo o processo de configuração da tecnologia Geoserver que foi o servidor de informação geográfica utilizado para o desenvolvimento do sistema. De seguida é apresentado o mecanismo necessário para realizar o processo de integração dos dados entre as diversas tecnologias utilizadas.

Após estas duas secções, é detalhado o processo de integração e desenvolvimento de mecanismos e funcionalidades que levaram à solução final e consequentemente à implementação do sistema mobi.me geo.

Por último, é apresentado o funcionamento da aplicação Web resultante de todo o projeto, bem como as principais funcionalidades que a caracterizam.

5.1 Configuração do Geoserver

Partindo do princípio e como já foi dito anteriormente que a configuração dos servidores e serviços WMS e WFS já vêm nativamente configurados no Geoserver, e sendo que não foi necessário qualquer outro tipo de serviço para o decorrer desta dissertação, proceder-se-á simplesmente a mostrar as configurações realizadas.

5.1.1 Workspace

A criação ou atribuição de um *Workspace* visa criar um espaço onde são organizadas todas as camadas criadas com a informação geográfica. Várias camadas podem ser associadas a um ou mais *Workspace's*, sendo o acesso a cada camada realizado da seguinte forma: *topp:Customers*, onde *topp* representa o nome do *Workspace* e *Customers* o nome da camada.

Esta opção é bastante útil na medida em que permite criar uma série de camadas armazenadas de uma forma organizada e de fácil entendimento e acesso. A Figura 23 apresenta a criação de um Workspace designado “topp”.

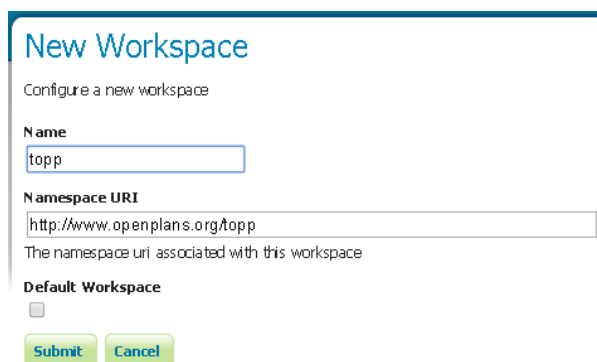


Figura 23 - Criação de Workspace no Geoserver

5.1.2 Store

Nesta secção são criadas as conexões aos repositórios onde se encontram os dados que serão carregados para o Geoserver. Cada repositório deve estar associado a um *Workspace*. O processo de criação de uma *store* e respetiva associação a um *Workspace* será detalhada na secção 5.2.3, no entanto é ilustrado na Figura 24 o processo de criação de uma *store*.

A simplicidade deste processo, resume-se à escolha do *Workspace* “topp” ao qual a *store* ficará associada e à definição da localização do ficheiro *shapefile* que contém a informação geográfica armazenada.

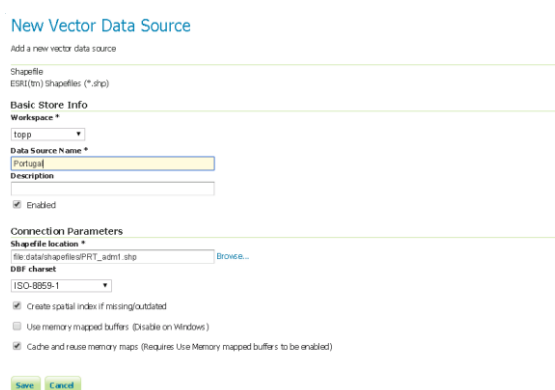


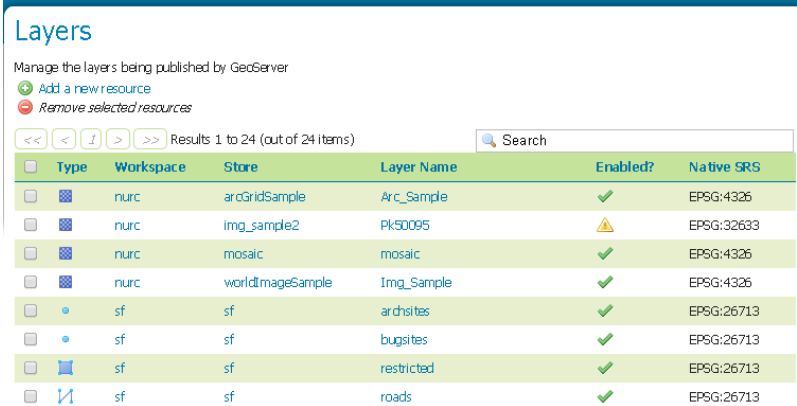
Figura 24 - Criação de uma store (Geoserver)

5.1.3 Layers

No Geoserver, uma *layer* é quem detém a informação geográfica de cada tipo de entidade. Sempre que novos dados são carregados para o Geoserver, uma nova *layer* é criada. Ao clicar no link “*layers*” no menu do Geoserver, é apresentada uma lista com todas as *layers* configuradas.

Observando a lista presente na Figura 25, é possível perceber o tipo de dados de cada *layer* (raster ou vetorial), o nome do *workspace* a que está associada, o nome da *layer*, se está habilitada para visualização e o sistema de coordenadas.

Nesta secção, é possível: criar, editar e eliminar *layers*.



Type	Workspace	Store	Layer Name	Enabled?	Native SRS
	nurc	arcGridSample	Arc_Sample	✓	EPSG:4326
	nurc	img_sample2	Pk50095	⚠	EPSG:32633
	nurc	mosaic	mosaic	✓	EPSG:4326
	nurc	worldImageSample	Img_Sample	✓	EPSG:4326
	sf	sf	arhsites	✓	EPSG:26713
	sf	sf	bugsites	✓	EPSG:26713
	sf	sf	restricted	✓	EPSG:26713
	sf	sf	roads	✓	EPSG:26713

Figura 25 - Criar, editar, eliminar *layers* (Geoserver)

5.1.4 Styles

Para cada *layer* ou até para cada entidade presente nas *layers* o Geoserver dá a possibilidade de definir estilos que permite por exemplo diferenciar através de ícones as entidades das *layers*. Para editar ou criar um estilo basta criar um ficheiro XML semelhante ao ilustrado na Figura 26, que contém a descrição detalhada de como as entidades serão apresentadas no mapa.

Depois de criado o estilo, este fica disponível para ser a forma de representação das entidades de uma *layer*.

```

<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" ?>
<StyledLayerDescriptor version="1.0.0"
  xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld StyledLayerDescriptor.xsd"
  xmlns="http://www.opengis.net/sld"
  xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
  xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <NamedLayer>
    <Name>default_point</Name>
    <UserStyle>
      <Title>Default Point</Title>
      <Abstract>A sample style that draws a point</Abstract>
      <FeatureTypeStyle>
        <Rule>
          <Name>rule1</Name>
          <Title>Red Square</Title>
          <Abstract>A 6 pixel square with a red fill and no stroke</Abstract>
          <PointSymbolizer>
            <Graphic>
              <Mark>
                <WellKnownName>square</WellKnownName>
                <Fill>
                  <CssParameter name="fill">#FF0000</CssParameter>
                </Fill>
              </Mark>
              <Size>6</Size>
            </Graphic>
          </PointSymbolizer>
        </Rule>
      </FeatureTypeStyle>
    </UserStyle>
  </NamedLayer>
</StyledLayerDescriptor>

```

Figura 26 - Exemplo ficheiro XML para styles

5.2 Integração dos Dados

Neste trabalho foram utilizados diferentes conjuntos de dados que se diversificavam de acordo com os recursos e tabelas em que se encontravam armazenados, pelo que se revelou necessário criar um modelo de dados homogéneo. Com o modelo de dados definido, as tarefas de preparação e carregamento dos dados simplificaram-se, pelo que bastou replicar os processos adaptando apenas os parâmetros necessários.

5.2.1 Modelo de Dados

Os dados que foram utilizados neste protótipo dizem respeito a *Customers* e *Devices* que estão associados ao CEIIA. Na Figura 27, encontra-se ilustrado o modelo de dados da entidade *Customers*. Estes dados encontravam-se armazenados em tabelas no SGBD Oracle da empresa, sendo que, faziam parte destas tabelas muitos atributos que não foram incluídos nesta fase. Os atributos que foram incluídos no modelo de dados que suportou o desenvolvimento da aplicação encontram-se definidos de seguida:

- **ID_CSTM (ID)** – Número inteiro que identifica cada entidade;

- **DS_CSTM** – Atributo com a descrição da entidade. Nome no caso dos clientes e descrição do *device* no caso dos *Devices*;
- **DS_COUNTRY** – Campo com o país referente à entidade associado;
- **DS_CITY** – Campo com a cidade referente à entidade associado;
- **DS_CSTM_STTS** – Este campo identifica se o cliente ou *device* em questão se encontra: ativo, inativo, fora de serviço, com avaria etc;
- **ID_DATE_CRTN** – Referência à data em que o cliente foi criado no sistema;
- **ID_DATE_INSTL** – Referência à data em que o *device* foi instalado;
- **ENERGY** – Representa o valor de energia consumida no caso dos cliente e energia distribuída no caso dos *Devices*;
- **Hashtag** – No caso da tabela *Social Network* este atributo serve para identificar e filtrar as entidades por *hashtag*.

	COLUMN_NAME	DATA_TYPE	NULLABLE	DATA_DEFAULT	COLUMN_ID	COMMENTS
1	ID_CSTM	NUMBER	Yes	(null)	1 (null)	
2	DS_CSTM	VARCHAR2(150 BYTE)	Yes	(null)	2 (null)	
3	DS_COUNTRY	VARCHAR2(150 BYTE)	Yes	(null)	3 (null)	
4	DS_CITY	VARCHAR2(150 BYTE)	Yes	(null)	4 (null)	
5	ID_DATE_CRTN	VARCHAR2(150 BYTE)	Yes	(null)	5 (null)	
6	DS_CSTM_STTS	VARCHAR2(150 BYTE)	Yes	(null)	6 (null)	
7	LATI	FLOAT	Yes	(null)	7 (null)	
8	LONGI	FLOAT	Yes	(null)	8 (null)	
9	CSTM_GEO	SDO_GEOMETRY	Yes	(null)	9 (null)	
10	ENERGY	NUMBER	Yes	(null)	10 (null)	

Figura 27 - Exemplo do modelo de dados Customers

Os atributos selecionados para constarem nas tabelas que foram carregadas para o Geoserver seguiram dois pressupostos: tinham de acrescentar valor à aplicação Web disponibilizando informação pertinente em relação às entidades, e tinham de ser atributos pelos quais se tornaria fácil a filtragem de entidades a serem representadas na aplicação.

Para além dos dados mencionados anteriormente, também foi modelada uma tabela designada *Social Network* resultado de um projeto de investigação sobre *Big Data* também desenvolvido no CEIIA.

Estes dados são provenientes das redes sociais *Facebook*, *Instagram* e *Twitter*, que ainda numa fase embrionária da integração com esta aplicação, permite observar e analisar mediante a escolha de algumas *hashtags* a zona geográfica em que determinado tema (*hashtag*) é mencionado.

Devido ao facto de a integração realizada estar numa fase embrionária, o modelo de dados utilizado na tabela *Social Network* é semelhante ao visto na Figura 27, alterando-se apenas os atributos armazenados como ilustrado na Figura 28. Contudo é expectável que num futuro próximo este modelo seja adaptado às necessidades de análise com este tipo de dados.

	COLUMN_NAME	DATA_TYPE	NULLABLE	DATA_DEFAULT	COLUMN_ID	COMMENTS
1	LONGITUDE	FLOAT	Yes	{null}	1	{null}
2	LATITUDE	FLOAT	Yes	{null}	2	{null}
3	HASHTAG	VARCHAR2(100 BYTE)	Yes	{null}	3	{null}
4	SOCIALMEDI...	SDO_GEOMETRY	Yes	{null}	4	{null}

Figura 28 - Modelo de dados Social Network

5.2.2 Preparação dos Dados

Com base nas tabelas e relações existentes foram criadas novas tabelas para servirem o propósito deste projeto. Foram selecionados os atributos que interessavam (Figura 27) e eliminados todos aqueles que não acrescentavam valor nesta fase do projeto.

Sendo que estas tabelas não incorporavam uma coluna do tipo geométrico para possibilitar a georreferenciação dos dados, o primeiro passo consistiu em adicionar colunas do tipo geométrico às tabelas criadas. Com recurso a algumas *queries* SQL, essas colunas foram criadas (Figura 29).

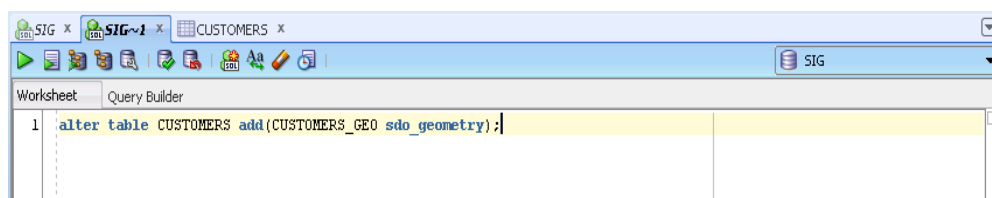


Figura 29 - SQL para adicionar coluna do tipo geométrico

A execução deste tipo de *queries* visa adicionar uma coluna do tipo geométrico (componente espacial), a qual é formada pela latitude, longitude e do sistema de coordenadas geográficas para este ser reconhecido pelo Geoserver e a fim de possibilitar a sua georreferenciação (Figura 30).

```

1 insert into user_sdo_geom_metadata(table_name,column_name,diminfo,srid)
2 values('Customers','CSTM_GEO',
3 mdsys.sdo_dim_array
4 (mdsys.sdo_dim_element('LONG',-180.0,180.0,0.005),
5 mdsys.sdo_dim_element('LAT',-90.0,90.0,0.005)
6 ),
7 4326);
8 commit;

```

Figura 30 - SQL de preenchimento da coluna geométrica

O resultado final deste processo de criação e preparação do modelo e estrutura dos dados com a coluna geométrica criada e com os dados preparados para o carregamento, encontra-se ilustrado de seguida com a tabela *Customers* e os seus atributos como exemplo (Figura 31):

COLUMN_NAME	DATA_TYPE	NULLABLE	DATA_DEFAULT	COLUMN_ID	COMMENTS
1 ID_CSTM	NUMBER	Yes	(null)	1 (null)	
2 DS_CSTM	VARCHAR2(150 BYTE)	Yes	(null)	2 (null)	
3 DS_COUNTRY	VARCHAR2(150 BYTE)	Yes	(null)	3 (null)	
4 DS_CITY	VARCHAR2(150 BYTE)	Yes	(null)	4 (null)	
5 ID_DATE_CRTM	VARCHAR2(150 BYTE)	Yes	(null)	5 (null)	
6 DS_CSTM_STTS	VARCHAR2(150 BYTE)	Yes	(null)	6 (null)	
7 LATI	FLOAT	Yes	(null)	7 (null)	
8 LONGI	FLOAT	Yes	(null)	8 (null)	
9 CSTM_GEO	SDO_GEOMETRY	Yes	(null)	9 (null)	
10 ENERGY	NUMBER	Yes	(null)	10 (null)	

ID_CSTM	DS_CSTM	DS_COUNTRY	DS_CITY	ID_DATE_CRTM	DS_CSTM...	LATI	LONGI	CSTM_GEO	ENERGY
73	56 Celestino Araújo	Portugal	Ilhavo	20130712	Activo	40,615181	-8,66700554	[MDSYS.SDO_GEOMETRY]	0
74	843 Henrique de Jesus Teixeira de Sousa	Portugal	Leiria	20130117	Activo	39,7538147	-8,81997681	[MDSYS.SDO_GEOMETRY]	0
75	108 Vitor José da Costa Santos Gaspar	Portugal	Leiria	20130923	Activo	39,7292938	-8,80625916	[MDSYS.SDO_GEOMETRY]	323,13
76	214 Ricardo Augusto	Portugal	Lisboa	20140114	Activo	38,7203407	-9,13239956	[MDSYS.SDO_GEOMETRY]	290,347
77	1252 ICVA-Compra Arrendamento e Venda Inove...	Portugal	Lisboa	20140326	Activo	38,7510223	-9,13196182	[MDSYS.SDO_GEOMETRY]	861,322
78	1240 Re-Food 4 Good Associação	Portugal	Lisboa	20140401	Activo	38,7356224	-9,15092373	[MDSYS.SDO_GEOMETRY]	28,85
79	114 Filipa Ceia	Portugal	Lisboa	20130927	Activo	38,7658272	-9,15491962	[MDSYS.SDO_GEOMETRY]	0
80	98 Victor Graça	Portugal	Lisboa	20130909	Activo	38,7345848	-9,15515518	[MDSYS.SDO_GEOMETRY]	173,7
81	89 Carlos Duarte	Portugal	Lisboa	20130823	Activo	38,7599983	-9,14999962	[MDSYS.SDO_GEOMETRY]	85,36
82	84 Pires e Perfeito Lda	N/A	Lisboa	20130812	Activo	38,7482109	-9,10410595	[MDSYS.SDO_GEOMETRY]	0
83	112 Helena Costa	Portugal	Lisboa	20131022	Activo	38,7658272	-9,15491962	[MDSYS.SDO_GEOMETRY]	97,4
84	1235 Nuno Vicente	Portugal	Lisboa	20140314	Activo	38,7551765	-9,27349082	[MDSYS.SDO_GEOMETRY]	184,58
85	872 Renato Pereira	Portugal	Lisboa	20130109	Activo	38,7250061	-9,16001129	[MDSYS.SDO_GEOMETRY]	3567,147

Figura 31 – Modelo e estrutura de dados (Tabela Customers)

5.2.3 Integração aos Dados

Depois de criadas e alteradas as tabelas, o próximo passo consistiu no processo de carregamento dos dados para o Geoserver.

O processo de carregamento dos dados foi conseguido através de uma conexão estabelecida entre o Geoserver e a base de dados Oracle. Os dados que foram carregados dizem respeito a *Customers*, *Devices* e *Social Network*. A conexão via Oracle foi utilizada neste projeto para efetuar

o carregamento dos dados, contudo outros meios foram testados, estando o sistema preparado para receber dados provenientes de outras fontes.

Como o Geoserver não vem nativamente com suporte a dados Oracle, como acontece com dados *PostGIS* ou *Shapefile*, foi necessário efetuar o *download* do *plugin* da Oracle que se encontrava disponível no sítio do Geoserver e a sua consequente instalação. A inclusão deste *plugin* fez com que fosse possível criar uma conexão à base de dados Oracle para realizar todo o processo de carregamento de dados.



Figura 32 - Plugin Oracle instalado e disponível

Como se constata na Figura 32, após a instalação do *plugin*, fica habilitada a opção da Oracle para que seja estabelecida a conexão pretendida entre o Geoserver e a base de dados Oracle.

O processo de conexão e consequente carregamento, é bastante simples, sendo apenas necessário especificar o *host* e porta do servidor, o nome da base de dados e as credenciais de acesso (obrigatórios). Neste caso foi necessário especificar o *schema*, contudo não é obrigatório
Figura 33.

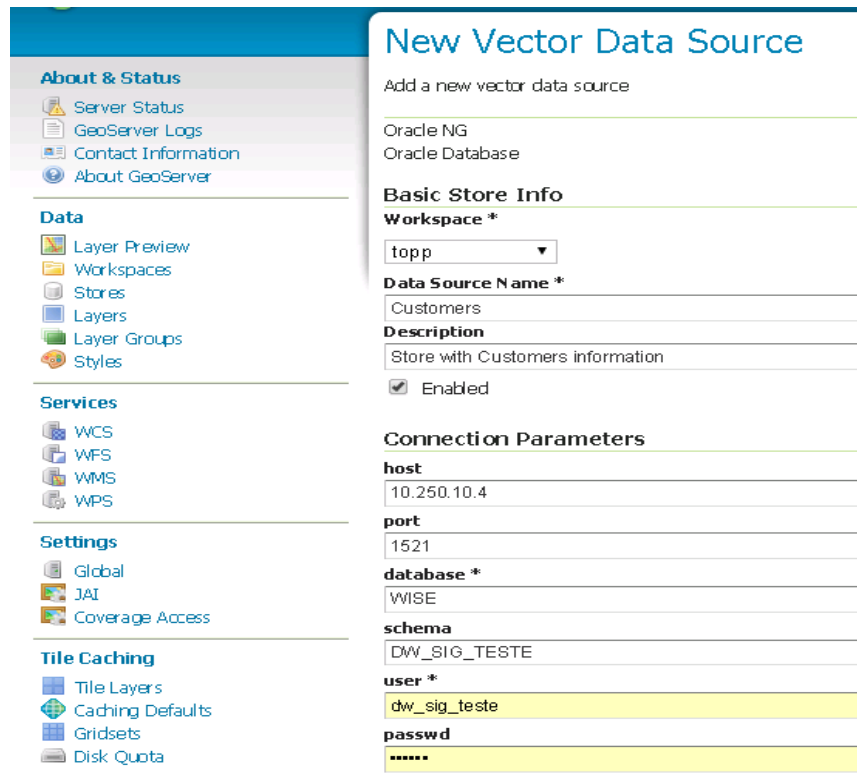


Figura 33 - Conexão entre Geoserver e BD Oracle

Após este passo, a conexão é estabelecida e torna-se possível aceder às tabelas que constam na base de dados, bastando apenas escolher aquelas que se pretendem publicar, ficando estas de forma automática associadas aos serviços instalados no Geoserver (Figura 34).

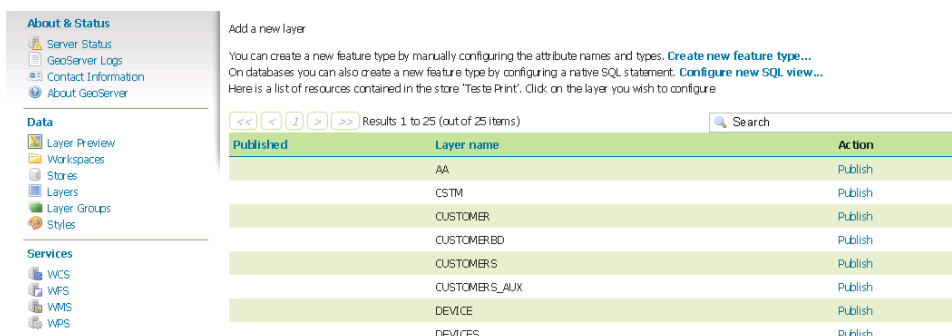


Figura 34 – Tabelas disponíveis para serem publicadas

No processo de publicação das tabelas, é obrigatório definir algumas propriedades dos dados, como o sistema de coordenadas e área geográfica máxima (*Bounding Boxes*) que os dados podem abranger (Figura 35).

Coordinate Reference Systems

Native SRS
 EPSG:WGS 84...

Declared SRS
 EPSG:WGS 84...

SRS handling

Bounding Boxes

Native Bounding Box

Min X	Min Y	Max X	Max Y
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

[Compute from data](#)

Lat/Lon Bounding Box

Min X	Min Y	Max X	Max Y
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

[Compute from native bounds](#)

Figura 35 - Dados obrigatórios na publicação de tabelas

5.3 Desenvolvimento da Aplicação

De modo a facilitar o processo de desenvolvimento e de forma a delinear um rumo sequencial das funcionalidades a serem desenvolvidas, foi efetuada com recurso a linguagem UML, uma modelação de casos de uso que descrevem a aplicação.

Estes casos de uso visam identificar de uma forma simples e intuitiva as funcionalidades que um utilizador pode usufruir aquando do manuseamento do sistema mobi.me geo. Assim para cada caso de uso apresentado na Figura 36, sempre que se justificar será explicado com o maior detalhe possível todos os procedimentos desenvolvidos para implementar tais funcionalidades.

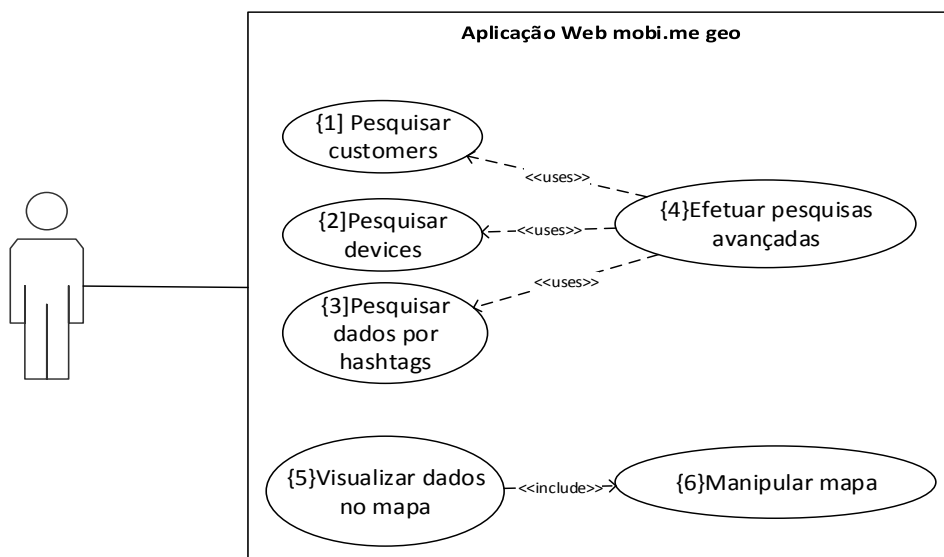


Figura 36 - Casos de uso nível 0 da aplicação Web mobi.me geo

Entre os 6 casos de uso ilustrados na Figura 36, que representam ao mais alto nível a aplicação web, destacam-se os seguintes: {1} Pesquisar *Customers*, {2} Pesquisar *devices* e {3} Pesquisar dados por *hashtags*, pelo seu funcionamento e implementação ser bastante similar. No que respeita ao manuseamento destas três funcionalidades, o mecanismo de pesquisa tem por base a escolha de 4 parâmetros: Entidade, Propriedade, Operador lógico (=; >; <; <=; >=, etc) e Métrica, que serão utilizados para a criação de uma nova *layer*. Por sua vez, o caso de uso {4} Efetuar pesquisas avançadas, não é mais que a relação entre duas ou mais pesquisas das entidades respeitantes aos casos de uso {1}, {2} e {3}.

De um modo muito sucinto, o utilizador pode construir uma *layer* com base em mais que um tipo de pesquisa, desde que estas estejam relacionadas entre si, como por exemplo: Filtrar *Customers* da cidade de Guimarães e *Customers* com Energia consumida maior que 100kWh. Com base nestas duas pesquisas, ou filtros, será construída uma *layer* em que só aparecem os *Customers* de Guimarães com energia consumida superior a 100kWh.

O caso de uso, {5} Visualizar dados no mapa, engloba todas as funcionalidades de visualização de *layer* no mapa depois de serem executadas as pesquisas mencionadas anteriormente. Após a criação de uma *layer*, o utilizador pode visualizar a disposição das entidades no mapa, tendo possibilidade de obter informação detalhada de cada objeto dessas entidades (*Customers*, *Devices* e/ou *Social Network*), como por exemplo: a descrição da entidade, a energia consumida, o *status*, entre outros, através da funcionalidade geográfica *popup* (Figura 37).

```
function onPopupFeatureSelect(feature) {
  if(feature.cluster) {
    for(var z=0; z<feature.cluster.length; z++) {
      var Customer_ID = feature.cluster[z].attributes.ID_CSTM || '-';
    } else {
      var Customer_ID = feature.attributes.ID_CSTM || '-';
      selectedFeature = feature;
      popup = new OpenLayers.Popup.FramedCloud("chicken",
        feature.geometry.getBounds().getCenterLonLat(),
        null, null, true, onPopupClose);
      feature.popup = popup;
      map.addPopup(popup);
    }
  };
}
```

Figura 37 - Trecho de código para criação da funcionalidade popup

Aquando do planeamento de execução da aplicação web era pretendido que fosse dada alguma liberdade ao utilizador para manipular o mapa de modo a obter diferentes perspetivas das

entidades e *layer(s)* representadas no mapa base. Para permitir que o caso de uso {6} Manipular mapa integresse a aplicação, foram implementadas um conjunto de funcionalidades disponibilizadas pelo openlayers (ver Figura 37/Figura 38), que permitem: realizar *zoom*, *pan*, adição e remoção de *layer(s)*, seleção de um objeto para obter mais informação, remoção de *layer(s)*, alterar visibilidade da layer, adição, remoção e alterar visibilidade dos *heatmaps*.

```
map = new OpenLayers.Map("demoMap", {
  controls: [
    new OpenLayers.Control.PanZoom(),
    new OpenLayers.Control.Permalink(),
    new OpenLayers.Control.Navigation(),
    new OpenLayers.Control.LayerSwitcher();
  ]});

var tree = new Ext.tree.TreePanel({
  region: "west",
  title: "Map Layers",
  width: 200,
  autoScroll: true,
  enableDD: true,
  lines: false,
  rootVisible: false,
  root: new GeoExt.tree.LayerContainer({
    layerStore: mapPanel.layers,
    expanded: true
  }), bbar: [{text: "Remove Layer",
  handler: function() {
    var node = tree.getSelectionModel().getSelectedNode();
    if(node) {
      mapPanel.map.removeLayer(node.layer);
    }
  }
}]]]);
```

Figura 38 - Trecho de código para criar funcionalidades para manipular mapa

Sempre que, a aplicação de filtros nas pesquisas efetuadas pelo utilizador limite a quantidade de informação a ser disponibilizada no mapa, há sempre a possibilidade de existir grande concentração de objetos em determinadas zonas geográficas. Para lidar com esta problemática foi utilizado um mecanismo de *clustering*, que adaptado a este sistema, gere a quantidade de objetos visíveis no mapa. Deste modo, sempre que o utilizador realize as tarefas de *zoom in/out*, e mediante o nível de *zoom* em que a aplicação se encontra, os objetos são agrupados (no caso de *zoom out*) ou desagrupados (no caso de *zoom in*), tornando a visualização mais amigável e organizada.

No mesmo sentido, sempre que o utilizador define os seus critérios de pesquisa e cria uma nova *layer*, o mapa é centrado com base nos objetos representados, e com um nível de *zoom*

adequado, facilitando assim a percepção do número de objetos existentes e da localização geográfica dos mesmos.

Com o intuito de evidenciar sumariamente as funcionalidades permitidas ao utilizador no uso da aplicação, o caso de uso {6} Manipular mapa, foi refinado para um nível inferior, apresentado na Figura 39.

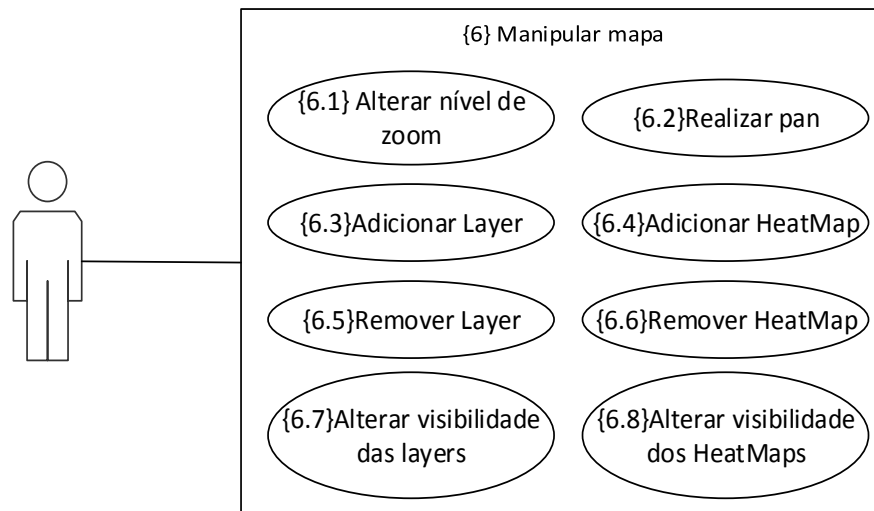


Figura 39 - Nível 1 do Caso de uso {6} Manipular mapa

5.3.1 Representação do Mapa Base

Existe um conjunto alargado de servidores de mapas, os quais foram abordados na secção 4.2.4, que poderiam ser o fornecedor de mapas para a aplicação Web. Contudo, o mapa utilizado foi o mapa padrão disponibilizado pelo OSM (Figura 40).

```
var layer = new OpenLayers.Layer.OSM();
map.addLayer(layer);
```

Figura 40 - Criação de mapa OSM via OpenLayers

O trecho de código acima ilustrado cria um mapa disponibilizado pelo OSM através do serviço WMS. Para o fazer, foi utilizada a biblioteca OpenLayers¹⁵ que é uma biblioteca Javascript que exhibe dados em mapas Web e abstrai as chamadas realizadas aquando da criação do mapa. É uma API

¹⁵ <http://dev.openlayers.org/apidocs/files/OpenLayers-js.html>

para a construção de aplicações geográficas baseadas na web semelhante à do Google Maps ou Bing Maps, mas com a particularidade de ser completamente *open source* e gratuita.

Além de oferecer um grande conjunto de componentes, tais como mapas, camadas, ou controles, o OpenLayers oferece acesso a um grande número de fontes de dados, utilizando vários formatos de dados diferentes, implementa vários padrões OGC e é compatível com quase todos os *browsers* [Perez, 2012].

Existe uma comunidade¹⁶ sobre o OpenLayers onde é possível encontrar diversos exemplos da utilização de funções, objetos, métodos, eventos, e *listeners* da biblioteca que permitem realizar diversas operações.

Para além do mapa base, algumas das funcionalidades da aplicação vistas na secção 5.3, sobretudo para o caso de uso {6} Manipular mapa, foram implementadas através do uso desta biblioteca.

A existência de diversos fóruns onde desenvolvedores debatem problemas e soluções relativas à sua utilização, revela-se uma boa fonte de conhecimento e tem influenciado o seu melhoramento e evolução. A Figura 41 ilustra a apresentação inicial da aplicação Web, que quando é inicializada apresenta apenas os botões de *zoom in/out* e *pan* como aspetos visuais e a centralização do mapa no centro de Portugal como aspeto funcional disponibilizados pelo Openlayers.

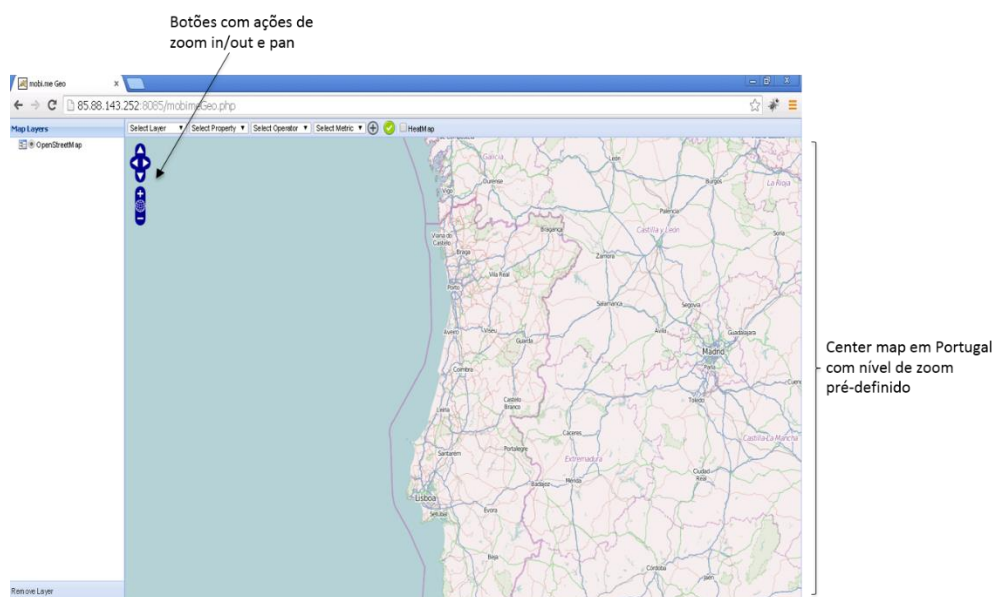


Figura 41 - Mapa base da aplicação Web

¹⁶ <http://dev.openlayers.org/examples/>

Contudo, outros aspetos e funcionalidades do OpenLayers foram implementados, tais como ícones personalizados que caracterizam cada uma das entidades e a visualização de *popup's* com informação dos objetos, que serão demonstrados mais à frente na secção 5.4.

5.3.2 Layout e Comportamento da Página

O aspeto gráfico que as aplicações Web apresentam hoje em dia é um dado bastante valorizado pelos utilizadores.

Para a aplicação Web desta dissertação foi adotado o padrão de desenvolvimento disponibilizado pela biblioteca GeoExt e Ext JS. O GeoExt é uma biblioteca JavaScript construída sobre a API do OpenLayers incorporando as componentes gráficas do Ext JS. Normalmente as classes GeoExt são configuradas com objetos OpenLayers, permitindo assim o acesso aos seus métodos e propriedades.

Por sua vez, o Ext JS é uma *framework* desenvolvida em JavaScript para construir aplicações Web para diferentes tipos de *browsers*. Tal como sucede com o OpenLayers, também está disponível uma comunidade *online* que permite encontrar inúmeros exemplos e assim alargar os conhecimentos sobre estas duas API's.

Entre os diversos componentes disponibilizados pelo GeoExt¹⁷ e Ext JS¹⁸ que visam simplificar o desenvolvimento Web, foram utilizados na presente aplicação os elementos:

MapPanel que define a divisão do *layout* da página, especificando os itens a serem carregados para o painel para serem exibidos na página, como por exemplo a barra de filtros, o controlo de zoom, entre outros;

TreePanel, que foi utilizado para criar um separador com as *layers* que são criadas pelo utilizador, e que permite alterar a visibilidade das mesmas no mapa. Neste componente é ainda especificada a largura respetiva ao separador a ser criado e a região no qual deve ser inserido. Ainda neste separador, encontra-se um botão intitulado “Remove Layer”, que permite ao utilizador remover *layers* por ele carregadas assim que o desejar;

Viewport, que tem por objetivo especificar o componente MapPanel e TreePanel de modo a tornar o *layout* e respetivas funcionalidades *responsive*. A funcionalidade *responsive* tem o

¹⁷ <http://geoext.org/lib/#geoext>

¹⁸ <http://docs.sencha.com/extjs/3.4.0/>

objetivo de adaptar a aplicação Web ao tamanho da tela do dispositivo que o utilizador está a utilizar. Apesar de o principal foco desta aplicação ser o acesso por computador, é possível aceder a partir de diferentes dispositivos como *tablet* ou telemóvel (ver arquitetura *mobi.me geo*), revelando-se esta funcionalidade bastante útil.

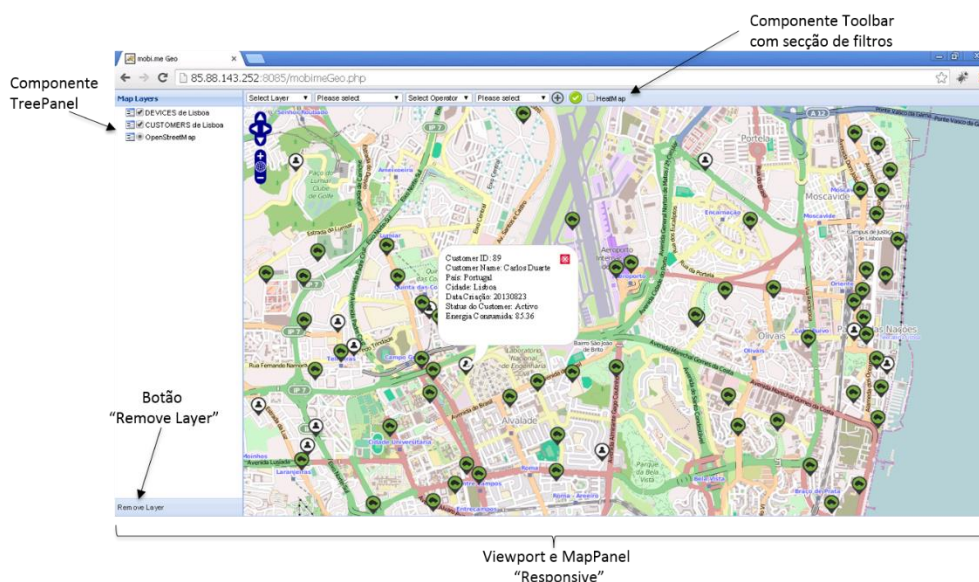


Figura 42 - Layout da aplicação Web com componentes GeoExt e Ext JS

5.3.3 Parametrização de Componentes para Filtros

O protótipo da aplicação Web do qual é objetivo esta dissertação envolve entre outras práticas a necessidade de disponibilizar aos seus utilizadores funcionalidades que permitam exibir informação com base na aplicação de filtros. O processo de filtragem dos dados é realizado pelo utilizador através da seleção de atributos presentes em *listbox's*, utilizados para a criação dos filtros (ver Figura 45).

Os atributos exibidos nas *listbox's* dizem respeito à informação contida na base de dados e nos quais podem ser aplicados filtros com o objetivo de obter informação.

O processo de carregamento dos atributos para as *listbox's* é realizado dinamicamente com base no primeiro atributo selecionado. Devido às dependências existentes entre si, o primeiro atributo selecionado determina os atributos que são carregados posteriormente, ou seja: caso seja selecionado "*Customers*" na primeira opção, a segunda *listbox* é atualizada com atributos

relacionados com os *Customers*; de igual modo, caso seja selecionado “*Devices*”, a segunda *listbox* é atualizada com atributos relacionados com os *Devices*, e assim sucessivamente.

Esta parametrização (Figura 43) revela-se bastante importante por dois motivos: de modo a limitar os atributos exibidos com base no atributo selecionado previamente, e de forma a garantir o perfeito comportamento das *listbox*'s sempre que as tabelas sofram alterações na base de dados sem que seja necessário nenhum tipo de esforço adicional.

```

29 $option = '';
30
31 $stid = oci_parse($conn, "SELECT DISTINCT REPLACE ($Metric, ',', '.') AS METRIC FROM $ASSET ORDER BY METRIC");
32 //echo ("\n SELECT DISTINCT $Metric AS METRIC FROM $ASSET ");
33 oci_execute($stid);
34
35 while ($row = oci_fetch_array($stid, OCI_ASSOC+OCI_RETURN_NULLS)) {
36
37     $option .= '<option value = "'. $row['METRIC']. '">'. $row['METRIC']. '</option>';
38 }
39 oci_close($conn);

```

Figura 43 – Exemplo de parametrização de *listbox*

5.3.4 HeatMap

Uma das características que mais evidencia o sistema *mobi.me geo* é a capacidade que este apresenta para oferecer aos seus utilizadores a possibilidade de criação e manipulação de *heatmaps*. Um *Heatmap* é um método de análise mais simples e intuitivo na ótica do utilizador, que através das cores utilizadas, permite avaliar e descrever o que está representado, contribuindo para melhorar eficazmente a sua análise e avaliação.

O *Heatmap* estratégico proposto e utilizado nesta dissertação, é uma ajuda visual que destaca a potencialidade das dimensões *Customers*, *Devices* e *Social Network*, de modo a prever determinados comportamentos ou necessidades, associados a estas dimensões, muito antes de elas surgirem.

A implementação da funcionalidade que permite a criação de um *heatmap*, teve por base a integração da versão *open source* da API JavaScript *heatmap.js*¹⁹. Efetuada a sua integração no servidor, foi necessário criar um *style* dentro do Geoserver, para ser a forma de representação deste tipo de *layers*. Após a criação do *style* designado “*HeatMap*”, foi então necessário definir o mesmo como sendo o *Default Style* das *layers* que serão representadas por este tipo de mapas como ilustrado na Figura 44.

¹⁹ <http://www.patrick-wied.at/static/heatmapjs/>

Figura 44 - Definição do Style HeatMap nas layers

5.4 Demonstração da Solução Final

Concluído o processo de integração das tecnologias, foi desenvolvida uma aplicação Web que visa esquematizar parte do trabalho desenvolvido com a presente dissertação. Assim, esta secção é dedicada a demonstrar o funcionamento da aplicação Web, a qual sintetiza grande parte do esforço envolvido no seu desenvolvimento. Com a execução de algumas funcionalidades existentes na aplicação, são apresentados o conjunto de passos que os utilizadores da aplicação devem seguir de modo a obter informação que pode alterar dependendo do tipo de análise que queiram realizar.

Sendo o objetivo desta dissertação a concretização de um protótipo funcional da aplicação Web, esta foi implementada sobre a forma de teste e validação no servidor interno da máquina em que foi desenvolvida.

Numa primeira instância, esta abordagem implica que o acesso à aplicação tem de ser efetuado por dispositivos que estejam na mesma rede que o servidor.

A partir do momento em que exista conexão à mesma rede, para aceder ao portal no qual se encontra a aplicação Web do sistema mobi.me geo basta recorrer ao endereço URL²⁰ definido para o mesmo. O acesso ao endereço correspondente à aplicação encontra-se representado na Figura 41.

Ainda que a aplicação Web retrate um protótipo do sistema, onde foi dada primazia à parametrização de componentes como os filtros ou dados da base de dados, o conjunto de possibilidades e funcionalidades produzidas que podem ser executadas na aplicação para a disponibilização de informação relativamente ao ambiente mobi.me e CEIIA permite efetuar análises e tomar decisões estratégica sobre aquilo que está acontecer em torno do ambiente referente à mobilidade inteligente.

A conjugação de resultados obtidos da utilização da aplicação é bastante alargada, pelo que seria quase impossível demonstrar todos os contextos possíveis que um utilizador pode efetuar. Deste modo, serão ilustradas apenas algumas funcionalidades que caracterizam esta aplicação.

A demonstração dos vários contextos de seguida ilustrados foram construídos com base em uma necessidade apresentada pelo utilizador sobre a forma de uma premissa.

O primeiro contexto apresentado na Figura 45 teve como origem a seguinte premissa: “Um determinado utilizador pretende saber onde pode efetuar um carregamento no seu veículo elétrico, em Guimarães”. Para tal, o utilizador deve primeiramente preencher as *listbox's* com os atributos pretendidos (Figura 45) e fazer “OK”. Neste momento, o mapa será centrado com um nível de *zoom* adequado à quantidade de ícones apresentados no mapa referente aos postos elétricos existentes em Guimarães. Posto isto, o utilizador deve realizar as operações de *zoom* e *pan* no mapa e clicar em cima dos ícones para obter informação detalhada de cada posto (ver Figura 46).



Figura 45 - Exemplo de utilização de filtro para pesquisa de Devices

²⁰ Para aceder à aplicação Web do sistema mobi.me geo siga o seguinte URL:
<http://85.88.143.252:8085/mobimeGeo.php>

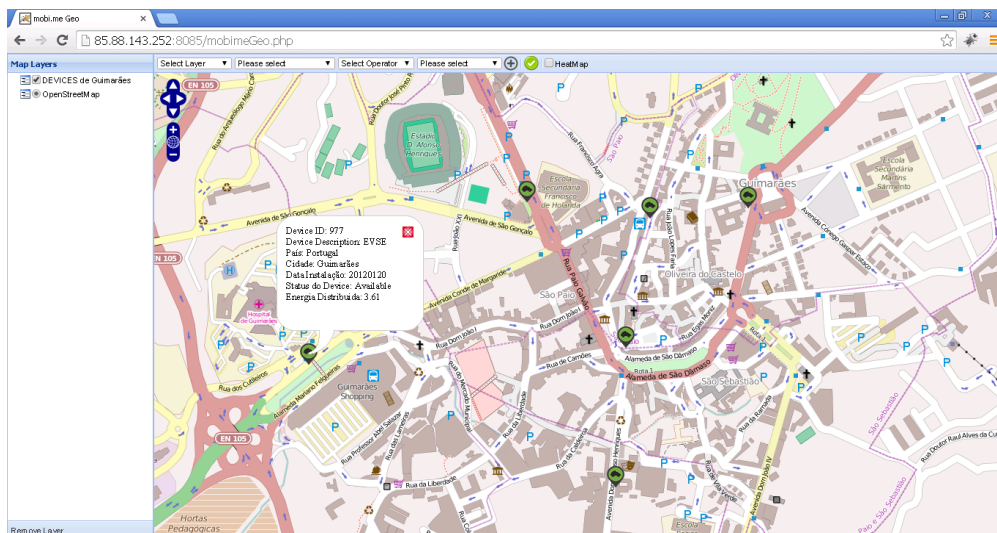


Figura 46 - Resultado da aplicação do filtro da Figura 45

O contexto que se segue retrata um tipo de pesquisa diferente da vista anteriormente. É abordada a necessidade de um utilizador realizar um tipo de pesquisa avançada, em que existe a necessidade de relacionar dois ou mais filtros.

Para esta pesquisa foi definida a seguinte premissa: “Um utilizador pretende saber quais os Customers da cidade de Lisboa, que têm um consumo de energia superior a 100kWh e que apresentam o seu status ativo. A construção desta pesquisa tem por base a associação de três filtros (Figura 47), a qual dará origem a uma nova *layer* representada no mapa ilustrado na Figura 48.

CUSTOMERS	CITY	=	Lisboa	+	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> HeatMap
CUSTOMERS	ENERGY	>	100	+	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> HeatMap
CUSTOMERS	STATUS	=	Activo	+	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> HeatMap

Figura 47 - Pesquisa avançada

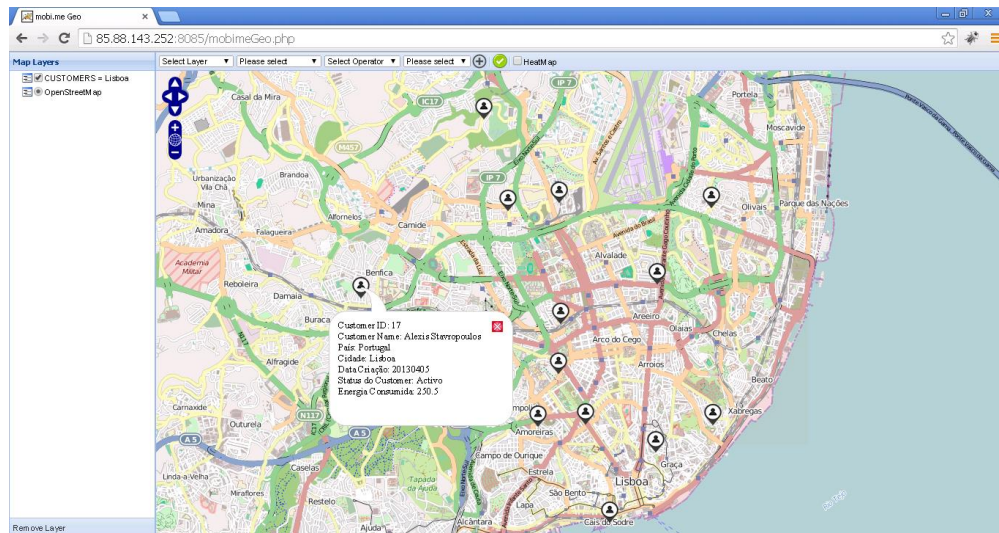


Figura 48 - Resultado da pesquisa ilustrada na Figura 47

Após serem referidos dois tipos de pesquisas diferentes, importa realçar que independentemente da pesquisa que se pretenda realizar e dos objetivos pretendidos, estas podem ter como foco os *Customers*, *Devices* ou *Social Network*. No contexto do *Social Network*, nesta fase embrionária, é permitido ao utilizador efetuar uma pesquisa por *hashtag* (Figura 49) e obter informação sobre a zona ou zonas geográficas em que esse determinado tema (designado *hashtag*) está ser referido nas redes sociais (Figura 50).



Figura 49 - Pesquisa de hashtag em Social Network

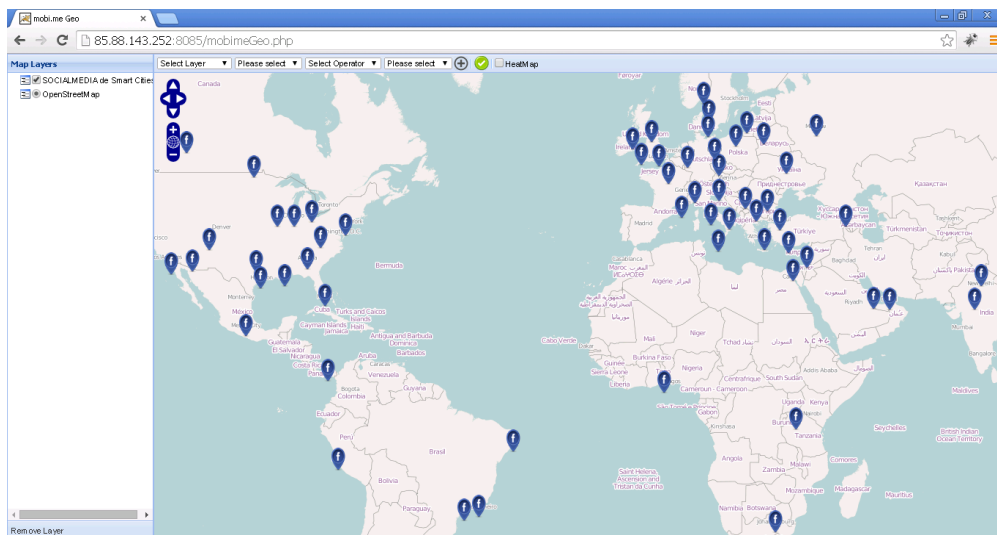


Figura 50 - Resultado da pesquisa por hashtag

Por fim, o último contexto representa a funcionalidade que permite ao utilizador criar e visualizar um *heatmap*. A conceção deste tipo de mapas tem por base a especificação da entidade (*layer*) e respetiva métrica (coluna da base de dados que será alvo de análise), contudo o seu processo de criação é bastante semelhante aos exemplos ilustrados anteriormente, com a particularidade de o utilizador necessitar apenas de preencher as duas primeiras *listbox*'s e seleccionar a opção "*heatmap*" que visa informar o sistema que a *layer* a ser criada é do tipo *heatmap*.

Na Figura 51 encontra-se ilustrado um exemplo de criação de um *heatmap*.

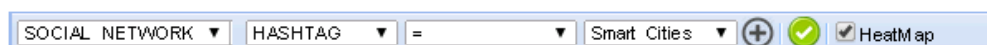


Figura 51 - Exemplo de criação de heatmap

Os exemplos ilustrados nas Figuras 52, 53 e 54 representam apenas algumas das diferentes perspetivas e níveis de *zoom* do *heatmap* associado à componente *Social Network* e métrica *hashtag*.

Neste caso, a forma de disponibilização e visualização dos dados é completamente diferente das vistas anteriormente, sendo possível ao utilizador de uma forma bastante rápida e intuitiva perceber qual a zona em que existe maior concentração de pontos (métrica pesquisada).

Tal como acontece nos exemplos vistos anteriormente, esta funcionalidade aplica-se a *Customers*, *Devices* e *Social Network*, e a sua utilização mantém disponível as operações de *zoom* e *pan*.

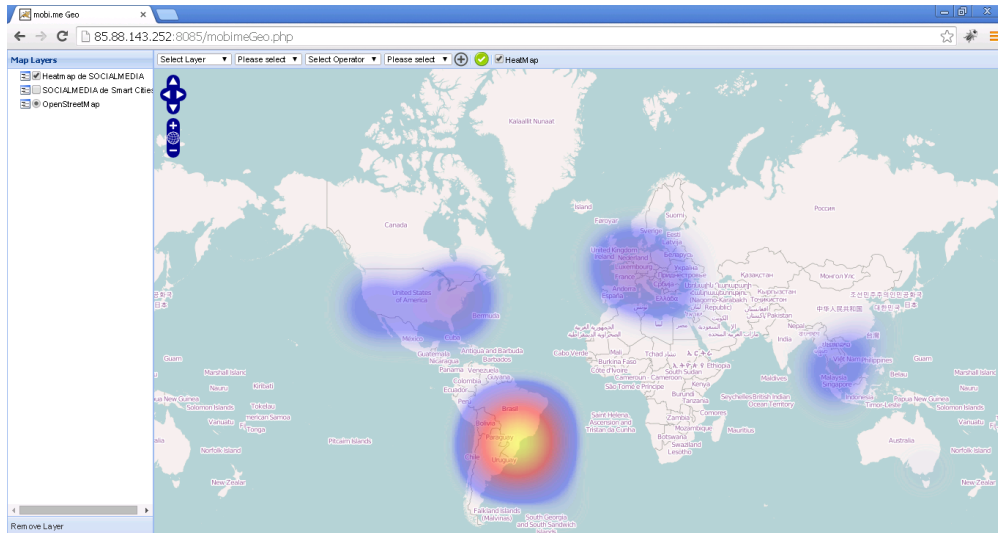


Figura 52 - Heatmap perspectiva 1

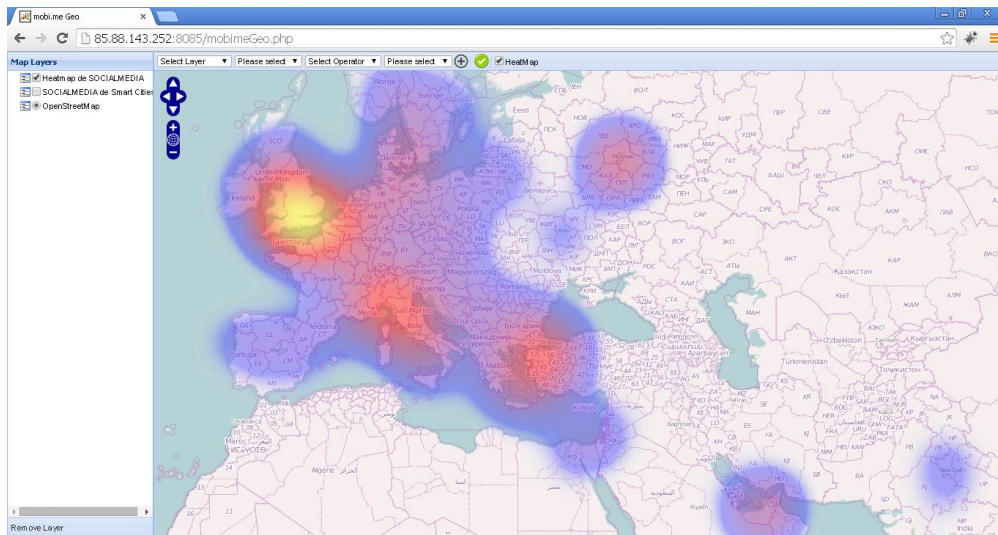


Figura 53 - Heatmap perspectiva 2

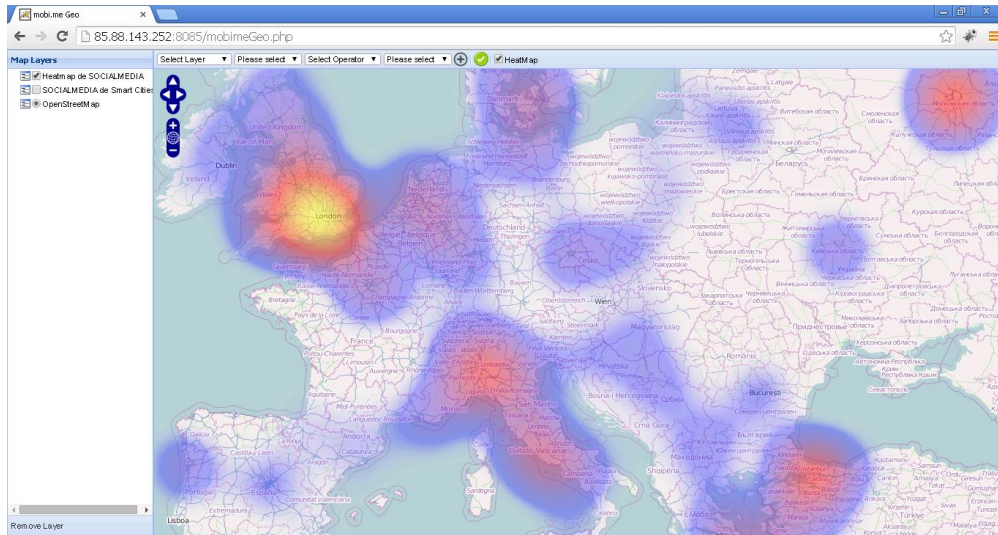


Figura 54 - Heatmap perspectiva 3

Capítulo 6

6. Conclusões

Este capítulo encerra esta dissertação e nele são apresentadas as principais ilações sobre o projeto desenvolvido, resultante de uma reflexão sobre os objetivos definidos e resultados obtidos. Ainda neste capítulo, apresentam-se as contribuições e resultados relacionados com a solução desenvolvida, e são ainda enumeradas algumas vantagens adjacentes à utilização da aplicação desenvolvida.

Por último, são apresentados um conjunto de sugestões que podem servir como recomendações relativas a uma possível investigação futura para melhoramento do estudo realizado.

6.1 Síntese do Trabalho Realizado

Para que este projeto fosse realizado com sucesso, numa primeira fase, foi realizada uma exaustiva revisão de literatura, que permitiu obter conhecimento relativamente ao grande tema envolvido neste projeto: SIG-Web. A conclusão da primeira fase, como seria de esperar, veio confirmar que os SIG-Web assumem cada vez mais um papel fundamental na vida dos utilizadores deste tipo de tecnologias, e conseqüentemente, numa melhoria substancial do desempenho das organizações em resposta às inúmeras exigências da sua envolvente com que se deparam diariamente.

Através do conhecimento adquirido anteriormente, foi realizado um estudo quer por experimentação quer por revisão bibliográfica das tecnologias que seriam capaz de cumprir todos os requisitos definidos no âmbito do projeto e que pudessem ser utilizadas. Esta tarefa culminou com o desenho da arquitetura do sistema e arquitetura tecnológica que suportou o desenvolvimento da aplicação Web.

Finalizada mais esta tarefa, para além do conhecimento obtido sobre diversas tecnologias associadas ao desenvolvimento de SIG-Web, ficou comprovado que é possível construir um sistema deste tipo com tecnologias *open source*, gratuitas e multiplataforma.

Numa fase mais prática, e com base nas arquiteturas desenhadas anteriormente, foram desenvolvidos os procedimentos necessários para realizar a integração das tecnologias selecionadas anteriormente. Para que a integração fosse bem conseguida, foram testadas e avaliadas as configurações das tecnologias no ambiente de desenvolvimento onde foram implementadas. Seguidamente, foram escolhidas um conjunto de *API's*, *frameworks* e tecnologias que suportaram o desenvolvimento da aplicação Web.

A parte do desenvolvimento culminou com a aplicação Web do sistema mobi-me geo, que demonstra todo o esforço despendido para a realização desta dissertação. Nela, é possível visualizar informação geográfica e obter informação não geográfica sobre as envolventes do CEIIA, contribuindo assim para as necessidades da mobilidade inteligente.

No que refere a limitações, apesar de ter sido desenvolvida uma aplicação com algum nível de complexidade para a qual não existem aplicações de referência, esta não possui grandes limitações assinaláveis, mas sim muito trabalho de futuro para potenciar ainda mais a sua abrangência e utilização.

6.2 Contribuições e Resultados do Trabalho Realizado

O trabalho realizado contribui diretamente para uma futura integração do sistema mobi.me geo na plataforma mobi.me, em que a aplicação desenvolvida auxiliará os utilizadores no conhecimento e utilização dos serviços disponibilizados pelo mobi.me.

Para além das funcionalidades já demonstradas, a base tecnológica que permite o desenvolvimento de novas funcionalidades encontra-se desenvolvida e preparada para assegurar futuras integrações.

Um aspeto relevante para o desenvolvimento desta dissertação foi o estudo e implementação das especificações disponibilizadas pelo OGC que implementam um conjunto de operações que permitem a um cliente Web requisitar mapas e servidores de mapas, garantindo a interoperabilidade.

A adoção de protocolos e formatos normalizados foi um dos desafios ultrapassados neste trabalho, contribuindo assim para que a informação geográfica possa ser partilhada livremente e sem restrições tecnológicas.

Como descrito nessa dissertação, o modelo de dados adotado necessitou de passar por um processo de tratamento de dados, pois este, não contemplava estruturas geográficas nem mecanismos que permitissem o carregamento dos dados para o servidor SIG-Web. Este facto revelou-se útil, pois permitiu perceber que existe a necessidade de adotar um modelo de dados adequado à problemática da mobilidade inteligente, preparando o sistema para ter capacidade de receber dados provenientes de diversas fontes e formatos.

Comprovou-se que existe dependência dos dados intrínsecos ao desenvolvimento deste tipo de sistemas. Deste modo, ficou patente que é necessário criar políticas e estruturas de dados nas entidades fornecedoras de dados ao CEIIA, de forma a diminuir ou eliminar os erros e incoerências existentes nos mesmos que dificultam o seu carregamento.

Além dos contributos acima mencionados, importa referir que os procedimentos aqui desenvolvidos podem ser adaptados a trabalhos relacionados com a mesma área de estudo, ou que implementem as mesmas tecnologias aqui utilizadas.

6.3 Trabalho futuro

Apesar da realização deste trabalho ter conduzido apenas a um protótipo da solução futura, foi possível perceber e identificar um conjunto alargado de funcionalidades que devem ser incrementadas no atual sistema, de modo a capacitar a atual plataforma mobi.me com uma solução capaz de influenciar e suportar totalmente a mobilidade inteligente.

A continuidade do desenvolvimento do sistema e da plataforma com o incremento de novas funcionalidades está assegurada, de tal modo que já existem algumas tarefas planeadas para serem desenvolvidas a curto prazo, descritas sumariamente de seguida.

No estado atual da aplicação Web, sempre que a base de dados é atualizada, é necessário efetuar um *reload* nos dados no servidor Web através do *click* num botão existente no servidor. A primeira etapa será então criar um mecanismo que realize esta operação automaticamente.

Ainda em relação aos dados, a quantidade, qualidade e fontes de dados serão alvo de análise, pois apesar de a aplicação Web incorporar dados do sistema HDFS *Big Data* e de algumas envolventes da plataforma mobi.me, é expectável que as fontes de dados aumentem (Sensores, Veículos, Bicicletas, etc) e ao mesmo tempo apresentem melhor qualidade. Adjacente a esta tarefa está a utilização de dados em real time que irá permitir a um utilizador entre outras análises,

procurar e reservar um posto de carregamento para um determinado horário, ou até, observar em *real time* o trajeto efetuado por um *device*.

Para além das abordadas anteriormente, de seguida são enumeradas algumas das funcionalidades sugeridas, para trabalho futuro:

- Ser possível a um utilizador enquanto operador de energia elétrica (EDP, Galp, etc) selecionar uma zona geográfica do mapa e obter informação sobre os *Customers* que se encontram nessa mesma zona, de modo a enviar mensagem com ofertas ou informação de preços dos seus postos mais próximos;
- Permitir a um utilizador planear uma viagem ou uma rota, reservando determinados postos de carregamento estrategicamente com base nas suas necessidades;
- Perceber e estudar o porquê de existir uma zona com determinada concentração de pontos associados às entidades através da análise de *heatmaps*, e delinear estratégias e contingências de modo a potencializar as vantagens competitivas. (A criação de heatmap já se encontra funcional na presente dissertação. Ver secção 5.4);
- Permitir que um utilizador consiga obter em tempo real o *status* de um determinado posto de carregamento: Ativo, Inativo, Fora de serviço, etc;
- Prever o comportamento e necessidades dos utilizadores;
- Identificar padrões de consumo dos *devices* de mobilidade.

É certo que a aplicação Web desenvolvida abre um novo horizonte no que respeita à partilha de informação geográfica relativa à mobilidade inteligente e *smart cities*, sendo impossível prever e descrever todas as potencialidades que este tipo de sistema poderá atingir num futuro próximo. Contudo, espera-se que num futuro bastante próximo, este sistema seja considerado um marco importante na implantação das *smart cities* e mobilidade inteligente no mundo.

Referências Bibliográficas

- Ashdown, L. (2014, May). Oracle - Database Concepts 11g Release 2 (11.2) E40540-02. Oracle.
- Beaujardiere, J. de la. (2006, March 15). OpenGIS® Web Map Server Implementation Specification Version: 1.3.0. Open Geospatial Consortium Inc.
- Beaujardière, J. de L. (2001, June 21). Web Map Service Implementation Specification.
- Bernhardsen, T. (2002). *Geographic Information Systems: An Introduction*. John Wiley & Sons.
- BIS Research, T. D. for B. I. & S. (2013). *The Smart City Market: Opportunities for the UK*. London.
- Bonnici, A. M. (2005, October 25). Web GIS Software Comparison Framework. Geomatics Dept. Sir Sandford Fleming College.
- Bouton, S., Cis, D., Mendonca, L., Pohl, H., Remes, J., Ritchie, H., & Woetzel, J. (2013, January 9). How to Make a City Great. McKinsey&Company.
- Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). Principles of Geographical Information Systems. OXFORD UNIVERSITY PRESS.
- CEIIA. (2013). MOBI.ME. CEIIA.
- Cody, W. F., Kreulen, J. T., V.Krishna, & Spangler, W. . (2002). The integration os business intelligence and knowledge management. *IBM Systems Journal*, pp. 697–713.
- Development, O. for E. C. and. (2013, December 19). OECD-GEOGRAPHIC INFORMATION -. Retrieved from <http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=6246>
- Doyle, A., & Reed, C. (2001, May 30). Introduction to OGC Web Services. Retrieved from OGC <http://www.opengeospatial.org>
- Escobar, F., Zerger, A., & Bishop, I. (2005). GISTheory. The University of Melbourne.

- Esri. (2011, Fevereiro). GIS Best Practices - Essays on Geographic and GIS: Volume 3.
- Firkowski, H., & Slute, C. R. (2012). PROJEÇÕES CARTOGRÁFICAS.
- Frazer, J. (2012). Smart Cities, Intelligent Transportation and The Smart Grid. Gridaptive Technologies.
- Fu, P., & Sun, J. (2011). *Web GIS - Principles and Applications* (First.). New York Street, Redlands, California: ESRI Press.
- Goodchild, M. F. (1997a). What is Geographic Information Science? *NCGIA Core Curriculum in GIScience*, p. 34. University of California Santa Barbara.
- Goodchild, M. F. (1997b). What is Geographic Information Science? *NCGIA Core Curriculum in Geographic Information Science*, 34.
- Haklay, M., Singleton, A., & Parker, C. (2008). *Web mapping 2.0: The neogeography of the GeoWeb*. (Geography Compass.).
- Hodgson, S., Rumor, M., & Harts, J. (1997). *Geographical Information '97: From Research to Application Through Cooperation: Third Joint European Conference & Exhibition on Geographical Information, Vienna, Austria, 1997*. IOS Press.
- Iacovella, S., & Youngblood, B. (2013). *Geoserver Beginner's Guide*. Birmingham B3 2PB, UK: Packt Publishing Ltd.
- Kimball, R., & Caserta, J. (2004). *The Data Warehouse ETL Toolkit - Practical Techniques for Extracting, Cleaning, Conforming, and Delivering Data*. Wiley Publishing, Inc.
- Magalhães, T., Pino, M., & Fehrmann, A. (2007, July 11). Databae 11g Press Kit. Oracle.
- Maguire, D. J., Longley, P. A., & Goodchild, M. F. (2005). *Geographical Information Systems and Science 2nd Edition*. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Mitchell, W. J., & Casalegno, F. (2008). *Conected sustainable cities*. MIT Mobile Experience Lab Publishing.

- Morales, T., & Rich, K. (2009, April). Oracle - Database Reference 11g Release 1 (11.1) B28320-03. Oracle.
- OGC. (1998, March 13). OpenGIS Simple Features Specification For SQL.
- OGC. (2011, May 28). OpenGIS Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 1: Common architecture. John R. Herring.
- Open Source GIS. (n.d.). Retrieved January 29, 2014, from <http://opensourcegis.org/>
- Oracle. (2014, May). What is SQL Developer? Retrieved June 10, 2014, from <http://www.oracle.com/technetwork/developer-tools/sql-developer/what-is-sqldev-093866.html>
- PALL, A. S., & KHAIRA, D. J. S. (2013, February). A comparative Review of Extraction, Transformation and Loading Tools. Database Systems Journal vol. IV,.
- Pearson II, F. (1990). *Map Projections Theory and Applications*. CRC Press.
- Perez, A. S. (2012). *OpenLayers Cookbook*. Birmingham B3 2PB, UK: Packt Publishing Ltd.
- Santos, M. Y., & Ramos, I. (2006). *Businee Intelligence- Tecnologias da Informação na Gestão de Conhecimento*. FCA - Editora de Informática.
- Scharl, A., & Tochtermann, K. (2007). *The geospatial Web: How geobrowsers, social software, and the Web 2.0 are shaping the network society*. London: Springer.
- Snyder, J. P. (1987). *Map projections—a working manual*. U.S. G.P.O.
- Vretanos, P. A. (2005, May 3). Web Feature Service Implementation Specification Version: 1.1.0. Open Geospatial Consortium Inc.
- Whiteside, A. (2005, November 17). OpenGIS® web services architecture description.
- WINTER, S., & FRANK, A. U. (1999, October 25). Topology in Raster and Vector Representation. GeoInformatica.

