



**UNIVERSIDADE
EDUARDO MONDLANE**



**FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA E INFORMÁTICA**

CURSO DE INFORMÁTICA

TRABALHO DE LICENCIATURA

Modelo de Integração de Dados Espaciais

Autora: Inalda Marina Pereira Ernesto

Maputo, Novembro de 2010



**UNIVERSIDADE
EDUARDO MONDLANE**



**FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA E INFORMÁTICA**

CURSO DE INFORMÁTICA

TRABALHO DE LICENCIATURA

Modelo de Integração de Dados Espaciais

Autora: Inalda Marina Pereira Ernesto

Supervisores: Dr. Zeferino Saugene (Msc.)
Dra. Márcia Juvane (Msc.)

Maputo, Novembro de 2010

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais (Armando Ernesto e Isabel Domingos Pereira), e meus irmãos, Joca, Lara, Ivan, Laércio, Sílvio e Líneo, as minhas palavras não chegam para agradecer o amor, o carinho, a dedicação e a tolerância desde o dia em que nasci. Dedico também à minha sobrinha Enilde, pelo seu amor e carinho incondicionais, apesar de tão pequena.

Agradecimentos

À Deus Pai, pelo dom da Vida e da Saúde, por me dar forças para superar os momentos difíceis e pela materialização deste trabalho. À ele, toda a Honra e toda a Glória, agora e para sempre!

Aos meus familiares e amigos, pelo amor, pelo carinho, pela amizade, pelas alegrias que sempre me proporcionaram e pelo incentivo constante.

Aos meus supervisores, Dr. Zeferino Saugene e a Dra. Márcia Juvane, pela escolha do tema, por terem aceitado supervisionar este trabalho, por acreditarem em mim e nas minhas capacidades, pelas críticas e sugestões, pelos sábios e valiosos comentários, pela paciência e atenção, bem como pelo apóio moral, mostrando serem grandes profissionais perante as dificuldades encontradas ao longo da realização deste trabalho. Impressionaram-me sobremaneira a sua disponibilidade, a forma amiga e o ambiente de franca abertura que envolveu todo o percurso do trabalho, tanto que em momentos de desespero souberam dar o aporte científico, o conselho e o encorajamento necessários.

Aos responsáveis dos vários sectores ou departamentos das instituições onde foram feitas as recolhas de dados e informação para o presente trabalho, ao Dr. Adriano, do INE, ao Eng. Ferrão e ao Sr. António Miambo, do CENACARTA, ao Sr. Clemêncio e ao Eng. Kauchique, do MINED, a Dra. Elcina Mulambo e ao Dr. Naene, da DNA, pela disponibilidade, pela atenção prestada, e pela forma amiga que me receberam nas suas instituições.

Aos amigos e colegas de curso, como a Elina, a Uneisa, ao Danilo, ao Sixpence, ao Botomo, Pita Jasse, e a Anilza pela amizade e pelo apoio que sempre me ofereceram ao longo do curso e da vida. Um agradecimento especial vai ao colega e amigo, Pedro Franice pela amizade e pelo carinho, pelas inúmeras horas de discussão e troca de idéias, e pelo incentivo constante, principalmente ao longo da realização deste trabalho.

Aos Docentes e funcionários do Departamento de Matemática e Informática (DMI), que contribuíram para a minha formação, pela amizade, pelos ensinamentos e conhecimentos recebidos ao longo do curso.

À todos, que directa ou indirectamente contribuíram para a minha formação e para que este trabalho fosse uma realidade. O meu muito OBRIGADO!

Declaração de Compromisso de Honra

Declaro por minha honra que este trabalho é o resultado da minha pesquisa e investigação, tendo sido realizado para a obtenção do grau de Licenciatura em Informática, pela Universidade Eduardo Mondlane, e que nunca foi apresentado para a obtenção de qualquer grau académico.

(Inalda Marina Pereira Ernesto)

TABELA DE ABREVIATURAS

TERMO	SIGNIFICADO
ANSI	American National Standards Institute.
API	Application Programming Interface.
CENACARTA	Centro Nacional de Cartografia e Teledectecção
DNA	Direcção Nacional de Águas.
DNEP	Direcção Nacional de Estradas e Pontes.
GIS	Geographic Information System.
GPS	Global Position System.
HTML	HyperText Markup Language.
INE	Instituto Nacional de Estatística.
MAE	Ministério da Administração Estatal.
MINED	Ministério da Educação e Cultura.
MIC	Ministério da Indústria e Comércio.
MISAU	Ministério da Saúde.
MITUR	Ministério do Turismo.
MMCAS	Ministério da Mulher e Coordenação para Acção Social.
OGIS	Open Geodata Interoperability Specification.
PDF	Portable Document Format.
SAD	Sistema de Apoio à Decisão.
SADE	Sistema de Apoio à Decisão Espacial.
SDSS	Spatial Decision Support Systems.
SGBD	Sistema de Gestão de Base de Dados.
SI	Sistema de Informação
SIG(s)	Sistema (s) de Informação Geográfica.
SQL	Structured Query Language.
TI	Tecnologia de Informação.
UML	Unified Modelling Language.
UTM	Universal Transverse Mercator.
WCS	Web Coverage Service.
WFS	Web Feature Service.
WMS	Web Map Service.

Definições e Acrónimos

Base de Dados – conjunto organizado de dados, disponível a todos os utilizadores ou processamentos da organização que deles tenham necessidade (Pereira, 2006).

Browser – é a palavra inglesa utilizada para designar os programas de navegação na Internet, como por exemplo o *Internet Explorer*, o *Netscape*, o *Mozilla Firefox*, etc. Em português, o termo usado é *navegador*, que habilitam os usuários a visualizar e interagir com texto, imagem, música, aplicações e outras informações tipicamente localizadas na WEB, numa página Web ou numa rede local (Wikipédia, 2008).

Carta Topográfica – é a representação, em escala, sobre um plano dos acidentes naturais e artificiais da superfície terrestre de forma mensurável, mostrando suas posições planimétricas e altimétricas (relevo). É o documento que representa, de forma sistemática, geralmente em escalas entre 1:100.000 e 1:25.000, a superfície terrestre por meio de projecções cartográficas. Esta difere dos mapas, pelo facto dos seus limites serem matemáticos, geralmente meridianos e paralelos (Wikipédia, 2009).

Código Fonte – é o código de uma aplicação escrito pelo programador e que descreve todas as funcionalidades da mesma.

Dado Espacial ou Geográfico - qualquer tipo de dado que descreve fenómenos, factos e objectos aos quais esteja associada alguma dimensão espacial, ou seja, associados à sua localização sobre a superfície terrestre, num certo instante ou período de tempo. Segundo Heywood *et al.* (1998), este dado é caracterizado por possuir informação acerca da posição e interligações com outras características e detalhes de características não espaciais, sendo também designado de **dado geoespacial**.

Entidades espaciais – são símbolos tradicionalmente usados em mapas para representar as características do mundo real e ajudar na organização dos dados. Existem três (3) tipos básicos de entidades espaciais: *pontos*, *linhas* e *áreas* ou *polígonos*, sendo cada um simples modelo bidimensional.

Escala - é a relação entre as dimensões dos elementos representados em um mapa e a grandeza correspondente, medida sobre a superfície da terra. É uma informação obrigatória para qualquer mapa

e, geralmente, está representada de forma numérica, podendo ser expressa de três (3) formas: *escala de razão*, *verbal* e *gráfica/barra*.

Framework – é uma estrutura de suporte padrão definida em que um projecto de software pode ser organizado e desenvolvido. Um *framework* pode incluir programas de apoio, bibliotecas de código, linguagens de script e outros softwares para ajudar a desenvolver e juntar diferentes componentes de um projecto (Wikipédia, 2008).

Geography Markup Language (GML) - padrão baseado no XML e desenvolvido para permitir o transporte e armazenamento de informações geográficas.

GPS (Global Position System) - dispositivo usado para a captura das coordenadas geográficas dos objectos geográficos na superfície da terra e que é baseado no Sistema de Posicionamento Global, isto é, todo o objecto é capturado em relação a um ponto referencial.

HTML (HyperText Markup Language) – significa *Linguagem de Marcação de Hipertexto*, sendo esta uma linguagem de formatação universal, utilizada para produzir páginas na Internet. Ela é usada para a formatação de vários documentos como textos, imagens, sons, vídeos, etc., que podem ser interpretados pelos navegadores (Wikipédia, 2008).

Informação Espacial ou Geográfica - é um tipo de informação que ajuda a distinguir um lugar do outro na superfície terrestre e a tomar decisões sobre os mesmos, permitindo-nos aplicar princípios gerais para especificar as condições ou características de cada localização. Este tipo de informação é essencial para uma planificação e tomada de decisão efectiva, pois para o problema em análise tem-se uma visão do espaço ou localização da ocorrência do mesmo (Bernhardsen, 1999).

Interface – é o conjunto de características com o qual os utilizadores interagem com as máquinas, dispositivos, programas de computador ou alguma outra ferramenta complexa. Ela pode também significar um circuito electrónico que controla a interligação entre dois dispositivos de hardware e os ajuda a trocar dados de maneira confiável (Wikipédia, 2009).

Link(s) – é uma referência num documento em hipertexto (texto em formato digital) a outro documento ou recurso que pode também ser um hipertexto (uma palavra, expressão, imagem, ou mesmo um arquivo).

Mapa - é o método tradicional para armazenar, analisar e apresentar o dado espacial. Ele é de importância fundamental no GIS como uma fonte de dado, uma estrutura para armazenamento de dado e um dispositivo para análise e visualização (Heywood *et al.*, 1998). Os mapas podem ser *temáticos* (mostram dados relativos a um tema particular: geologia, população, etc.) ou *topográficos* (mostram conjunto diverso de dados, em diferentes temas: uso e aproveitamento da terra, características culturais, etc.).

OpenGIS – também designado por *OGIS*, sigla para o *Open Geodata Interoperability Specification*, é a comunidade de desenvolvimento de software GIS, para um ambiente aberto, ou seja, é uma associação formada por organizações públicas e privadas envolvidas com SIGs, dedicada à criação e gestão de uma arquitectura padronizada para geo-processamento, num ambiente aberto.

OpenSource – é um ambiente livre de desenvolvimento de aplicações, em que os seus usuários têm acesso ao código fonte dos softwares desenvolvidos, podendo modificá-lo segundo as suas necessidades.

PDF (Portable Document Format) – *Formato de Documento Portável*, é um formato de arquivo criado pela Adobe Reader para oferecer uma forma de armazenar e publicar documentos.

PostGIS – é uma extensão do PostgreSQL que suporta dados geográficos armazenados no PostgreSQL.

PostgreSQL – é um sistema de gestão de base de dados relacional Open Source orientado à objectos.

SADE ou **SDSS (Spatial Decision Support Systems)** - *Sistema de Apoio à Decisão Espacial*, combina a tecnologia de SIG com modelos matemáticos, de modo que os resultados de várias acções possam ser simulados e comparados com situações existentes, permitindo aos usuários avaliar uma série de questões na tomada de decisões.

Scripts – são pequenos programas escritos ou criados em uma linguagem de programação específica e que podem ser imbutidos em grandes programas em forma de funções.

SGBD (Sistema de Gestão de Base de Dados) – é um conjunto de programas de computador para a organização da informação, no centro do que será a base de dados. (Heywood *et al.*, 1998).

Sistema de Informação (SI) – conjunto de meios (materiais e humanos) de que uma organização dispõe para produzir informação no momento certo, no formato apropriado e a um custo reduzido, para apoiar os gestores aos vários níveis na tomada de decisão (Ribeiro, 2006 citando Laudon *et al.*, 1998).

SIG ou **tecnologia GIS (Geographic Information System)** - é uma ferramenta que associa base de dados á mapas digitalizados. É um SI que possibilita a captura, armazenamento, manipulação, processamento e apresentação de dados espaciais ou geográficos.

SQL (Structured Query Language) - *Linguagem de Pesquisa Estruturada*, usada para efectuar consultas numa base de dados relacional.

UML (Unified Modelling Language) – significa *Linguagem de Modelação Unificadal*, é uma linguagem orientada á objecto, usada na modelação de sistemas de informação, ou seja, para a representação dos artefactos do mundo real. Ela é unificada, pois segue um padrão definido internacionalmente.

WEB - também conhecido por *WWW (World Wide Web)* é um sistema de documentos em hipermídia (hipertexto e multimídia) que são interligados e executados na Internet (como meio de transmissão), permitindo a navegação entre eles. Os documentos podem estar na forma de vídeos, sons, hipertextos e figuras (Wikipédia, 2008).

Webmapping - é uma técnica para visualização de dados geográficos na Internet ou numa Intranet na qual podem ser visualizados os dados geográficos através da própria interface WEB, constituindo deste modo uma alternativa de consulta de informações espaciais, que eventualmente pode ser combinada a metodologias como relatórios e gráficos.

Web Coverage Service (WCS) – especificação *OpenGIS* que permite o acesso a dados que representam fenómenos com variação contínua no espaço. Define métodos como o *GetCapabilities* e o *DescribeCoverage*.

Web Map Service (WMS) – especificação *OpenGIS* para a visualização de mapas na Internet. Define quatro (4) protocolos: o *GetCapabilities*, o *GetMap*, o *GetFeatureInfo* e o *GetDescribeLayer*, que permitem a leitura de múltiplas camadas de informações geo-referenciadas, contendo vectores e/ou imagens. Esta conexão permite somente a consulta de dados.

Web Feature Service (WFS) – especificação *OpenGIS* que define métodos como o *GetCapabilities*, o *GetFeature* e o *DescribeFeatureType* para manipulação de “*feições*” simples, permitindo que o cliente e o servidor se comuniquem ao nível das características dos dados, isto é, estabelece não somente a possibilidade de consulta aos dados, mas também de escrita dos mesmos.

Zip Driver – dispositivo de armazenamento de dados.

Resumo

A integração de dados espaciais é uma questão cada vez mais importante, tendo em vista o crescente volume de dados espaciais provenientes de diversas fontes existentes nas organizações ou instituições. Ela consiste em extrair dados de diferentes fontes e origens (por exemplo de bases de dados), aplicar transformações (juntar, calcular, verificar duplicados, procurar, etc.) a estes dados e enviar os resultados para o sistema destino (usuário), fornecendo aos usuários do mesmo, uma visão unificada dos dados e a possibilidade de poder manipulá-los, deixando de fora qualquer informação que não se aplica à pesquisa ou consulta.

A dificuldade de partilha e intercâmbio de dados espaciais já tem constituído um problema, para o caso específico de Moçambique, devido a existência de muitas instituições que fazem o tratamento e uso de dados espaciais, segundo os seus interesses em termos de formatos, padrões, etc., e usuários com diferentes interesses e necessidades, desejando acessar diferentes fontes de dados espaciais.

Contudo, o presente trabalho tem por objectivo propor e apresentar um modelo de integração de dados, para os principais dados espaciais partilhados entre as instituições públicas de Moçambique, como o CENACARTA, o INE, o MINED e a DNA, sob uma abordagem de catálogo de metadados, melhorando deste modo o ambiente actual de partilha e intercâmbio dos dados, e permitindo uma maior disponibilização e uso destes dados nos seus processos de tomada de decisão.

O protótipo de uma aplicação WEB-GIS, desenvolvido como forma de minimizar os problemas relacionados com a partilha e o intercâmbio de dados espaciais entre estas instituições, foi baseado nas tecnologias WEB-GIS como o *GeoExt*, o *ExtJS*, o *OpenLayers* e o *GeoServer*. O *ExtJS* é uma biblioteca *JavaScript* do lado do cliente para a construção de interfaces dos usuários. O *GeoExt* adiciona extensões para o *ExtJS* que oferece componentes básicos do *ExtJS* para as características do *OpenLayers*, que por sua vez oferece habilidades para colocar mapas na WEB facilmente. Como SGBD foi usado o *PostgreSQL* com a extensão espacial, o *PostGIS*, tendo sido no final, avaliada a aplicabilidade, em termos de vantagens e desvantagens da implementação do modelo proposto.

Espera-se que, este trabalho venha a contribuir em grande medida para a melhoria do ambiente actual de partilha e intercâmbio de dados e informação espacial no país, através duma maior disponibilização e uso de dados espaciais, no formato e com a qualidade desejada pelos seus utilizadores.

Índice

Dedicatória	i
Agradecimentos	ii
Declaração de Compromisso de Honra	iii
TABELA DE ABREVIATURAS	iv
Definições e Acrónimos	v
Resumo	x
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Descrição do Problema.....	3
1.2 Objectivos.....	6
1.2.1 Objectivo Geral.....	6
1.2.2 Objectivos Específicos.....	6
1.3 Estrutura do Trabalho.....	7
CAPÍTULO II	8
2. METODOLOGIA DE PESQUISA	8
CAPÍTULO III	15
3. MODELO DE INTEGRAÇÃO DE DADOS ESPACIAIS	15
3.1 Introdução.....	15
3.2 Estrutura e Modelação dos Dados de um SIG.....	15
3.3 Arquitecturas de SIG - gestão de dados.....	17
3.3.1 Arquitectura Dual.....	18
3.3.2 Arquitectura Integrada.....	19
3.4 Integração de dados num SIG.....	20
3.4.1 Problemas inerentes à integração de dados espaciais.....	21
3.4.2 Aspectos a ter em conta na integração de dados espaciais.....	23
3.4.3 Qualidade de dados espaciais.....	25
3.4.4 Estratégias para integração de dados espaciais.....	27
3.5 Padrões de dados espaciais – Padrão OpenGIS.....	30
CAPÍTULO IV	33
4. FERRAMENTAS DE INTEGRAÇÃO DOS DADOS ESPACIAIS	33
4.1 Frameworks.....	33

4.1.1 GeoExt.....	34
4.1.2 ExtJS.....	35
4.1.3 OpenLayers	36
4.2 GeoServer.....	38
4.2.1 Arquitectura do GeoServer – Lógica de Funcionamento	40
4.3 PostgreSQL/PostGIS	42
CAPÍTULO V	45
5. CASO DE ESTUDO.....	45
5.1 Introdução.....	45
5.1.1 O Centro Nacional de Cartografia e Teledectecção – CENACARTA	46
5.1.2 O Instituto Nacional de Estatística – INE.....	49
5.1.3 O Ministério da Educação – MINED	51
5.1.4 A Direcção Nacional de Águas – DNA.....	54
5.2 Análise dos dados	56
5.2.1 Ambiente de partilha de dados espaciais - modelo actual	59
5.2.2 Problemas do modelo actual de partilha e actualização dos dados espaciais	61
5.3 Modelo de integração de dados espaciais – Modelo Proposto	65
5.3.1 Fluxo e actualização de dados e informação no modelo proposto	69
5.3.2 Funcionalidades gerais do modelo proposto	71
5.3.3 Avaliação da Aplicabilidade do modelo proposto.....	76
CAPÍTULO VI	78
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	78
BIBLIOGRAFIA	82
ANEXOS	86
Anexo 1: Manual de Utilizador.....	87
Anexo 2: Guiões de Entrevista.....	99
Anexo 3: Fichas e Formulários de recolha de dados espaciais usados nas Instituições.....	101

Índice de Figuras e Tabelas

Figura 1: A secção de Cartografia Temática (fotografias tiradas pela candidata) – CENACARTA.....	11
Figura 2: A secção de Fotogrametria (fotografias tiradas por um dos funcionários) – CENACARTA.	12
Figura 3: A secção de Teledetecção (fotografias tiradas pela candidata) – CENACARTA.....	12
Figura 4: Diferentes Arquitecturas de SIG (Adaptado de Câmara & Queiroz, 2007).	18
Figura 5: Visão Geral do funcionamento da Integração de Dados.	21
Figura 6: Modelo de Sistema que Integra os modelos raster/vectorial (Adaptado de Ribeiro, 2006). ..	23
Figura 7: Arquitectura de um Sistema de Mediadores (Gupta <i>et al.</i> , 2000, fonte: Casanova <i>et al.</i> , 2005).	29
Figura 8: Níveis de especificação para troca de dados (Adaptado de Câmara <i>et al.</i> , 1996).	31
Figura 9: Visão Esquemática da Interoperabilidade WEB-GIS (fonte: Vennemann, 2008).	37
Figura 10: Interface Web de Administração do GeoServer (fonte: GeoServer Documentation, 2009).	40
Figura 11: Visão Geral da Arquitectura do GeoServer (fonte: GeoServer Documentation, 2009).	41
Figura 12: Esquema geral do ambiente actual de partilha de dados espaciais.	60
Figura 13: Esquema da Arquitectura do Modelo Proposto.	66
Figura 14: Diagrama de Classe da Base de Dados Integrada – Visão Geral.	68
Figura 15: Esquema de Tabelas da Base de Dados Espacial Integrada – Visão Geral.	69
Figura 16: Diagrama de consulta e actualização de dados e metadados no modelo proposto.	71
Figura 17: Página principal da aplicação desenvolvida no modelo proposto.	72
Figura 18: Interface para o envio dos dados espaciais e respectivos metadados.	73
Figura 19: Interface para consulta dos dados e informação espacial – metadados.	73
Figura 20: Resultado da consulta dos limites/divisão administrativa do país: Distritos do país.	74
Figura 21: Distribuição de Fontes/Furos de Água da província de Gaza.....	74
Figura 22: Distribuição de Escolas da província de Inhambane	75
Figura 23: Distribuição de Fontes/Furos de Água e de Escolas.....	75
Tabela 1: Total das entrevistas realizadas nas instituições de caso de estudo.....	9
Tabela 2: Parte da Informação de base do país - BTS.....	48
Tabela 3: Coordenadas Geográficas das Aldeias do país: População Total dos Distritos.	50
Tabela 4: Distribuição total de escolas/ensino no país e da província de Inhambane.....	53

Tabela 5: Distribuição espacial de fontes/furos de água da província de Gaza. 55

Tabela 6: Comparação das Características dos dados espaciais produzidos pelo INE e MINED. 57

Tabela 7: Resumo dos Formatos e Ferramentas usados na Produção dos Dados Espaciais. 58

Tabela 8: Grupo de dados espaciais produzidos e partilhados entre as instituições. 60

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

A informação foi e continua sendo o conceito chave sob o qual, as organizações fazem uso para a tomada de decisões. Segundo Falsarella & Chaves (2004), somente os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) possuem essa característica de fornecer informação e subsídios que contribuem para o processo de tomada de decisões, comparado com os demais Sistemas de Informação (SI). Contudo, estas organizações reclamam para ter informação correcta, no formato adequado e no momento certo, que lhes permita responder às várias demandas por informação. A informação pode ser entendida como algo que contribui para a redução do grau de incerteza sobre as coisas, por isso quanto mais clara e real for, melhor será a sua contribuição na tomada de decisões.

Muianga (2006), afirma que, em qualquer país, seja desenvolvido ou em vias de desenvolvimento, como é o caso de Moçambique, os agentes decisores necessitam de informação adequada para a tomada de decisão sobre problemas de carácter urbano, ambiental, etc. Vários são os SI que podem ser usados dentro da organização, porém é importante definir aquele que melhor se adequa a responder às necessidades do processo de tomada de decisões, de modo a garantir não apenas informação objectiva, como também, a sua representação numa forma simples e clara.

Segundo Serrano *et al.* (2004), um sistema de suporte à decisão é um sistema apoiado nas Tecnologias de Informação (TI), que proporciona aos seus utilizadores dentro das organizações, o acesso rápido à informação útil, assim como a capacidade para realizar a sua análise e formatação à medida das suas necessidades, tipicamente relacionada com decisões de controlo e gestão.

Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) são sistemas de informação construídos especialmente para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objectos e fenómenos em que a localização geográfica é uma característica inerente e indispensável. Segundo Câmara *et al.* (1996), estes dados geográficos ou espaciais, são adquiridos a partir de diversas fontes e armazenados por regra nas chamadas base de dados geográficas. Um dos objectivos básicos de SIGs é permitir a integração de dados espaciais e não espaciais numa mesma base de dados, servindo de instrumento valioso de suporte à tomada de decisão, através da possibilidade de produção e apresentação dos dados e informação na forma gráfica (mapas).

Assiste-se nos últimos anos, nos países em vias de desenvolvimento, a rápida difusão e popularização de tecnologias de SIGs, como instrumentos de análise, visualização e interpretação do dado geográfico (Carvalho & Silva, 2006). Este facto deve-se, segundo Heywood *et al.* (1998), às capacidades ou habilidades de manipulação de dados que estas tecnologias possuem, que de certo modo seriam difíceis ou impossíveis manualmente, ilustrando resultados diferentes segundo as necessidades e objectivos dos seus usuários.

Deste modo, os SIGs constituem uma poderosa tecnologia de suporte ao planeamento e tomada de decisão, devido a diversidade das áreas de aplicação dessa tecnologia, como por exemplo, entre outras áreas, a da saúde, educação, do meio ambiente, etc., no nosso país. A título de exemplo, Juvane (2007), utilizou esta tecnologia no suporte à avaliação de alternativas de solução dos problemas enfrentados pelos agentes decisórios dos centros de formação em saúde de Moçambique, através do auxílio na identificação dos locais de estágios dos estudantes. Por sua vez, Muianga (2006) utilizou-a no suporte à tomada de decisão sobre a distribuição de recursos (humanos e materiais) no sector da saúde. Essa diversidade de aplicações deve-se, segundo Bernhardsen (1999) & Câmara *et al.* (1996), ao facto desta possibilitar a integração de dados espaciais, ou de localização, e não-espaciais, ou atributos, vindos de fontes heterogéneas numa única base de dados, e oferecer mecanismos para recuperar, manipular e visualizar estes dados, através de algoritmos de manipulação e análise.

Contudo, Lima *et al.* (2002), afirmam que, uma das questões ou desafios mais importantes no uso das tecnologias SIGs é a necessidade de intercâmbio ou partilha de dados espaciais ou geográficos entre instituições que produzem e trabalham com este tipo de dados, impulsionado principalmente pelo alto custo de produção dos mesmos, a medida que se eliminará a duplicação e a redundância dos dados produzidos, e consequentemente a redução de esforços e custos de produção.

Apesar de Juvane (2007), ter afirmado que em Moçambique esta tecnologia ainda se encontra na fase embrionária, por ser uma área nova e existirem poucos projectos ou trabalhos que mostrem a sua aplicabilidade, e até mesmo as poucas instituições que utilizam dados espaciais nos seus processos decisórios, a questão da partilha ou intercâmbio dos dados espaciais entre estas, que produzem e trabalham com esse tipo de dados, já começou a constituir preocupação, à medida que os seus utilizadores vão enfrentando dificuldades no seu ambiente de partilha, devido à necessidade de

conversão de certos dados para permitirem o seu uso por outras instituições, comprometendo deste modo, a qualidade destes com o processo de conversão a que são submetidos.

Como exemplo, tem-se o caso do Instituto Nacional de Estatística (INE), que utiliza dados espaciais provenientes de instituições como, o Ministério da Educação (MINED), o Centro Nacional de Cartografia e Teledeteccção (CENACARTA), a Direcção Nacional de Estrada e Pontes (DNEP), a Direcção Nacional de Águas (DNA), e muitas outras fontes.

Pretende-se com o presente trabalho, mostrar como o uso de dados de diferentes fontes ou origens pode influenciar negativamente no processo de tomada de decisão, isto é, a qualidade das decisões é directamente proporcional a qualidade dos dados que cada uma das instituições produz e usa; deste modo, mecanismos de integração podem ser a solução para todos estes problemas. Esta solução irá possibilitar que diferentes entidades possam explorar e trabalhar com dados de qualidade. As ferramentas WEB-GIS usadas, através do conceito *Webmapping* do servidor *GeoServer* e do uso do *framework GeoExt* baseado em *ExtJS* e *OpenLayers*, permitiram o desenvolvimento do protótipo da aplicação.

A motivação para este tema, surge do crescente volume de fontes independentes de dados espaciais, relacionadas entre si, em organizações ou instituições, em particular as instituições públicas de Moçambique, que fazem o tratamento e uso deste tipo de dados, facto que abre uma oportunidade única para partilha ou intercâmbio de dados espaciais em tempo hábil, reduzindo custos e agilizando processos de tomada de decisão. No entanto, segundo Casanova *et al.* (2005), para tal, as aplicações criadas devem ser capazes de interpretar e processar dados espaciais provenientes de diversas fontes, bem como localizar e acessar às próprias fontes, que é o que a aplicação desenvolvida no presente trabalho permite.

1.1 Descrição do Problema

Em Moçambique, instituições públicas como o Ministério da Saúde (MISAU), o Ministério do Turismo (MITUR), a DNA, o INE, o MINED, o CENACARTA, entre outras, servem-se de dados e informações espaciais e não-espaciais para suportar seus processos de tomada de decisão. Dados esses, que são produzidos através dos sistemas de informação geográfica que possuem.

Embora o CENACARTA seja a entidade que zela pela informação espacial ou geográfica do país, sendo responsável pela definição dos padrões e formatos dos dados espaciais a serem produzidos e usados por outras instituições do país, as outras instituições produzem os dados e informação espacial necessários para as satisfazer, utilizando os seus próprios recursos e definindo os seus próprios formatos, padrões, escala e critérios de qualidade.

O INE, por sua vez funciona como o elo de ligação entre as diversas instituições, pois cada uma delas fornece informação espacial (localização geográfica), bem como não espacial (características ou atributos dos objectos) pormenorizada para as suas actividades rotineiras (preparação do CENSO, etc.). Por exemplo:

- O MAE fornece informação referente a estrutura da divisão administrativa do país, desde o nível mais alto ao mais baixo (província, distrito, posto administrativo, localidade, município, vila, bairro ou aldeia);
- O MINED fornece informação referente às escolas e as infra-estruturas à volta da escola, como furos e fontes de água;
- O MISAU fornece informação referente às unidades sanitárias;
- O CENACARTA fornece a informação de base do país, como as cartas topográficas das províncias e imagens de satélites para províncias que não possuem uma base topográfica;
- A DNEP fornece informação referente às vias de acesso, como estradas e pontes;
- A DNA fornece informação referente aos furos e fontes de água.

Adicionalmente, algumas instituições partilham informação entre elas, como é o caso do MINED que recebe informação proveniente do MISAU (a localização das unidades sanitárias); do MMCAS (informação sobre o ensino pré-escolar: localização dos infantários, creches, etc.); do MIC (a localização dos centros comerciais: mercados, lojas, etc.); do CENACARTA (mapas limpos); do INE (o número total da população numa dada região, projecção de desenvolvimento económico de cada região, informação das infra-estruturas do país em geral).

O processo de produção de dados e informação nas organizações consiste no geral, na recolha dos dados, processamento, análise e apresentação ou representação dos dados, no qual são usados vários meios e mecanismos dependendo dos sistemas de informação existentes, procurando sempre garantir a qualidade e fiabilidade dos mesmos. No entanto, este processo nem sempre obedece as regras gerais,

por razões como: existência de dados incorrectos e incompletos, falta de padrão comum de dados, custos elevados de produção de dados e informação espacial para a organização, etc.

Por estes e outros factores, há necessidade destas instituições partilharem esforços de forma a reduzir os custos de produção de dados e informação, neste caso dados e informação espacial, através da partilha e intercâmbio dos dados que produzem e que são úteis às outras instituições. Contudo, apesar da possibilidade que estas instituições têm de partilhar os dados, enfrentam dificuldades, pelo facto de cada instituição recolher, formatar e representar os dados de forma não uniforme, isto é, segundo as suas necessidades. Os mesmos dados encontram-se em escalas, formatos e padrões diferentes (por exemplo, uma mesma escola ou posto de saúde é representado em escala diferente, 1-25000 para o INE e 1-50000 para o MINED), para além dos sistemas de coordenadas utilizados para a recolha das coordenadas geográficas dos objectos, o MINED por exemplo faz a recolha dos dados usando o *sistema de coordenadas geográficas*¹ e o INE o *sistema de coordenadas planas*² (planimétricas/cartográficas).

Por outro lado, as diferentes formas de organização e processamento dos dados nos SIGs existentes nessas instituições, dificultam a troca eficaz dos mesmos entre as instituições, que incluem distorção de dados, comprometimento de qualidade dos dados e informação, perda de definições de atributos e informações das coordenadas correspondentes na superfície da terra, etc.

Em virtude das situações descritas anteriormente, caso as instituições desejem partilhar esses dados espaciais, devem ser capazes de os converter antes de os utilizar, reduzindo deste modo a qualidade dos mesmos, facto esse que faz com que cada instituição opte por recolher os seus próprios dados espaciais, pois para além de correrem o risco de perder a qualidade dos dados, acabam levando muito tempo na conversão e combinação dos dados para a sua posterior utilização (análise e compilação), pelo facto de os mesmos encontrarem-se em formatos e padrões diferentes, dificultando e comprometendo deste modo, a qualidade do processo de tomada de decisão.

É neste âmbito, que este trabalho propõe o desenvolvimento de um modelo que possibilite a integração de dados espaciais que são partilhados entre diversas entidades, no caso concreto entre o CENACARTA, o INE, o MINED e a DNA. Este protótipo é desenvolvido com recurso às habilidades

¹ *Sistemas de coordenadas geográficas* são sistemas de referência posicional cujas coordenadas de localização de qualquer ponto ou objecto da superfície terrestre são medidas em graus, minutos e segundos.

² *Sistemas de coordenadas planas* são sistemas cujas coordenadas de localização de qualquer ponto ou objecto da superfície terrestre são expressas em referência a dois ou três eixos perpendiculares entre si (X, Y e /ou Z).

que o SIG dispõe, pois esta tecnologia possui ferramentas que oferecem não só facilidades de integrar dados espaciais, como também permitem a criação de interfaces amigáveis que facilitam aos agentes decisores o monitoramento e tomada de decisão de forma mais objectiva.

O protótipo permite que as instituições partilhem os dados espaciais de que necessitam sem se preocuparem com o problema da perda da qualidade dos mesmos, reduzindo assim a necessidade e os custos de produção individual dos dados, e ajudando na melhoria do seu processo de tomada de decisões. Também elimina a necessidade de conversão dos dados e a consequente redução dos erros, possibilitando maior disponibilidade e uso de dados espaciais actualizados e existentes nestas instituições.

1.2 Objectivos

1.2.1 Objectivo Geral

Desenvolver um Modelo de Integração de dados espaciais que possibilite uma partilha eficiente destes, entre os diferentes *stackholders*.

1.2.2 Objectivos Específicos

- Identificar os principais dados e informação espacial partilhados entre o CENACARTA, o INE, o MINED e a DNA, bem como as limitações que estes enfrentam no processo de partilha deste tipo de dado;
- Identificar e analisar os meios e os mecanismos que são usados por cada uma das instituições em estudo, para a produção dos dados e informação espacial;
- Descrever as tecnologias de geo-processamento (GIS) e as ferramentas WEB-GIS, em particular o *framework GeoExt* e o servidor de mapas, o *GeoServer* e avaliar a sua aplicabilidade na resolução do problema descrito;
- Desenvolver um modelo que possibilite visualizar de uma forma integrada os dados espaciais;
- Avaliar a aplicabilidade do modelo com base em um protótipo operacional, analisando as vantagens e desvantagens do uso do mesmo.

1.3 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho divide-se em seis (6) capítulos, sendo o primeiro composto por uma introdução, descrição do problema e a definição dos objectivos do trabalho. No segundo capítulo, é apresentada a metodologia de pesquisa usada neste trabalho para o alcance dos objectivos definidos. No terceiro capítulo, apresenta-se no geral, o modelo de integração de dados espaciais, com a apresentação da estrutura e modelação de dados de um SIG, as diferentes arquitecturas de SIG, aborda-se também a questão de qualidade de dados espaciais e os padrões de dados espaciais, em especial o *OpenGIS*, bem como os aspectos relacionados com a integração de dados, desde os problemas inerentes à integração destes, às propostas em termos de estratégias de integração de dados espaciais, apresentadas pelos vários autores. No quarto capítulo, são apresentadas as ferramentas de integração de dados espaciais usadas para o desenvolvimento do modelo proposto, que têm a ver com o uso de *frameworks* no desenvolvimento de softwares, ferramentas estas como, o *framework GeoExt*, o *ExtJS*, o *OpenLayers*, o servidor de mapas *GeoServer* (conceito de Webmapping) e o SGBD *PostgreSQL/PostGIS*, fornecendo uma base teórica para a elaboração e desenvolvimento da proposta de solução apresentada neste trabalho. O quinto capítulo apresenta o caso de estudo e o modelo proposto. A conclusão e as recomendações são assuntos do sexto capítulo, sendo por fim apresentada a referência bibliográfica que serviu de suporte teórico e justificativo para a realização do trabalho, e os anexos.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGIA DE PESQUISA

Para a realização do presente trabalho, foram definidos objectivos, os quais não seriam alcançados se uma metodologia não fosse usada.

Para identificar os principais dados e informação espacial partilhados entre as instituições do caso em estudo, e os problemas e limitações existentes na partilha destes dados, bem como os mecanismos usados para a sua produção, a autora deste trabalho:

Fez o uso da documentação e informação disponível, como formulários usados para a colecta de dados no terreno, e a informação dos relatórios em forma de tabelas, produzidos pelos sistemas de informação existentes no INE, MINED e na DNA. Foram feitas também, pesquisas e consultas as páginas de Internet destas instituições (do CENACARTA e do INE), pois segundo Macome (1995) e Calado & Ferreira (2005), na documentação ou informação disponível existe uma grande quantidade de dados já recolhidos, organizados e muitas vezes não analisados, e úteis para o objecto em estudo, para além de que, o uso desta tem como vantagem o facto de a colheita não ser cara, embora incompleta e pouco precisa.

Fez a revisão bibliográfica, através de consultas dos trabalhos científicos já realizados nesta área de investigação, de modo a analisar e compreender a forma como a tecnologia usada neste trabalho (tecnologia GIS), foi aplicada em outras áreas para a resolução de problemas específicos, pois segundo Luna (1999) citado por Boni & Quaresma (2005), estes trabalhos são revestidos de importância, por serem capazes de fornecer dados actuais e relevantes, e servirem de suporte teórico e justificativo para o desenvolvimento do modelo.

Obteve também, informação do pessoal responsável pelo tratamento de dados espaciais, através de entrevistas. A entrevista como uma técnica de recolha de dados, permite obter dados tanto objectivos como subjectivos sobre um determinado assunto, absolvendo com ela a informação desejada e a sensibilidade do entrevistado sobre o assunto.

Assim, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas (os guiões encontram-se em Anexo 2), aos responsáveis pela produção dos dados e informações espaciais em cada instituição identificada para o

caso de estudo. Segundo os autores Boni & Quaresma (2005), a entrevista semi-estruturada torna possível a cobertura sistemática e completa de toda a informação necessária e disponível, além de ser mais indicada para entrevistadores com menos experiência.

Houve necessidade de se realizar várias entrevistas aos responsáveis pela produção e tratamento de dados espaciais, os planificadores e os responsáveis pela tomada de decisão, nas respectivas instituições (o CENACARTA, o INE, o MINED e a DNA), onde é possível visualizar o resumo (total) das entrevistas realizadas em cada uma das instituições, através da Tabela 1 abaixo apresentada:

Nome da Instituição	Número de entrevistas realizadas
CENACARTA	- Uma (1) ao responsável pela tomada de decisão; - Uma (1) ao responsável pelo tratamento e análise dos dados (relatórios).
INE	- Três (3) ao responsável pela planificação, tratamento e análise dos dados.
MINED	- Duas (2) ao responsável pela planificação e análise dos dados (relatórios); - Uma (1) ao responsável pela produção e tratamento dos dados.
DNA	- Uma (1) ao responsável pela planificação e análise dos dados (relatórios). - Duas (2) ao responsável pela produção e tratamento dos dados.

Tabela 1: Total das entrevistas realizadas nas instituições de caso de estudo.

Como se pode ver da Tabela 1, foram realizadas um total de onze (11) entrevistas, com uma média de três (3) entrevistas em cada uma das instituições do caso de estudo, com o propósito de compreender na prática, através da análise da situação actual, o processo de produção, tratamento e análise dos dados espaciais, e o problema, ou seja, o porque da dificuldade de partilha e intercâmbio de dados espaciais entre as instituições públicas do país no geral.

Estas entrevistas permitiram para além da compreensão dos aspectos ligados com os SIGs e o tema em estudo, a colheita da percepção dos entrevistados sobre o tema, como também colher informação sobre os aspectos a ter em conta quando se trata de integração de dados espaciais, que são: os *padrões de dados usados*, os *sistemas de referência* ou *coordenadas* usados, os *formatos dos dados*, as *escalas* e a *definição de qualidade* dos dados espaciais produzidos nestas instituições; cuja informação não foi e nem seria possível obter da documentação e informação disponível (os formulários, relatórios, etc.).

As visitas a estas instituições para o processo de recolha dos dados e informações úteis ao presente estudo, foram realizadas num período consideravelmente longo (3 meses), devido ao número de instituições à visitar, para além de certas dificuldades encontradas no local, como é o caso da falta de disponibilidade de certos responsáveis, que muitas das vezes encontravam-se ausentes.

Contudo, apesar das limitações encontradas, foi possível recolher todos os dados e informações necessárias ao estudo. A seguir é feita uma breve descrição daquilo que consistiu o processo de recolha de dados e informação nas instituições do caso de estudo, através da apresentação dos mecanismos e formas de recolha de dados usados em cada uma das instituições visitadas:

1. No CENACARTA, o processo de recolha de dados baseou-se em entrevistas dirigidas ao responsável da mesma e a certos funcionários responsáveis pelos subsectores de *Cartografia Temática, Teledetecção e Fotogrametria*. Estes subsectores foram visitados, por serem segundo um dos responsáveis, os que melhor lidam com os dados espaciais ou geográficos; são os que definem que dados colher, sendo essa colheita feita pelo subsector da *Geodésia* (realizam o trabalho de campo), fazem o processamento dos mesmos e controlam a saída final, isto é, a informação geo-referenciada.

Nesta instituição, as visitas e as entrevistas foram realizadas com o intuito de melhor compreender o processo de produção de dados espaciais e o porquê desta ter sido definida como sendo a instituição oficial de produção de dados geográficos do país, apesar de não ter sido analisado nenhum documento adicional.

Na secção de *Cartografia Temática*, são processados e produzidos os mapas temáticos, que ilustram um determinado tema como: tipo de relevo, hidrografia, vegetação, uso e aproveitamento da terra, zoneamento agrário de uma certa zona do país, etc., dependendo em muitos casos das necessidades dos seus usuários. A Figura 1, ilustra parte desta secção, aquando da visita feita pela candidata no período de recolha dos dados:



Figura 1: A secção de Cartografia Temática (fotografias tiradas pela candidata) – CENACARTA.

Na secção da *Fotogrametria* e da *Teledetecção*, é onde é feito o processamento das imagens de satélites e a extracção das feições ou características das fotografias aéreas, ou seja, extracção dos dados e informações existentes nas fotografias aéreas, e a detecção remota das imagens de satélites, usando ou baseando-se no conceito de *remote sensing*³, respectivamente. As Figuras 2 e 3 ilustram também parte destas secções visitadas pela candidata, de forma a ter uma ideia geral do tipo de actividades que são realizadas nelas, sendo a Figura 2 correspondente a secção da *Fotogrametria* (em que a candidata aparece numa das imagens) e a Figura 3, correspondente a da *Teledetecção*:

³*Remote sensing*, ou seja, *detecção remota* consiste na recolha de informação (dados e imagens) sobre objectos à distância. Esta recolha é feita através de sensores a bordo de satélites artificiais ou de plataformas aéreas, tendo essa, aplicações nas áreas de cartografia, geologia, agricultura, climatologia, meteorologia, oceanografia, planeamento, etc. Consultado em: http://www.ma.fc.up.pt/licenciaturas/geografica/detecção_remot.html em 18/09/08

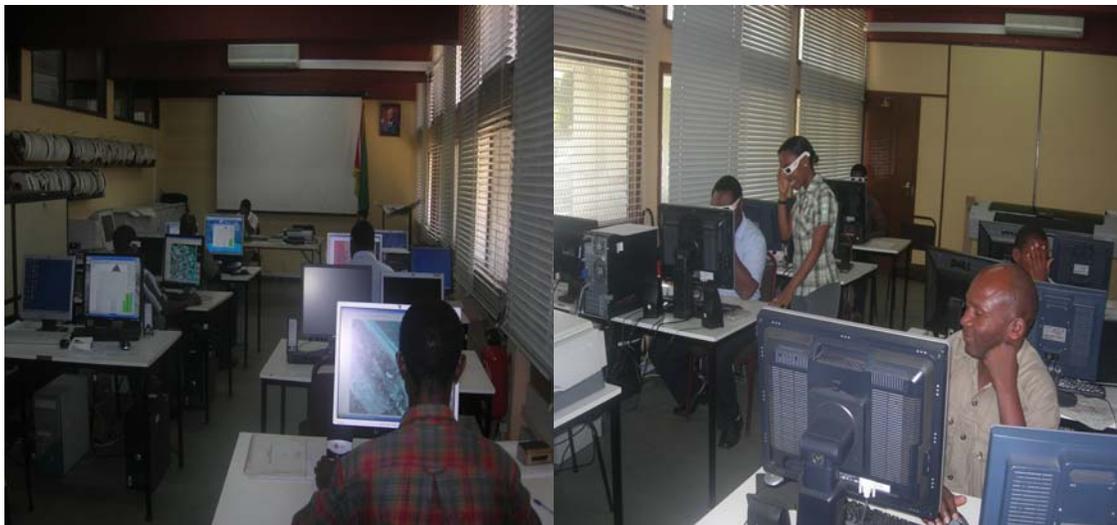


Figura 2: A secção de Fotogrametria (**fotografias** tiradas por um dos funcionários) – CENACARTA.



Figura 3: A secção de Teledeteção (**fotografias** tiradas pela candidata) – CENACARTA.

Todas estas e outras actividades desenvolvidas pelo CENACARTA têm em vista o cumprimento da sua missão principal, que é a de desenvolver e manter actualizada a base topográfica do país, definir os mecanismos e meios para a garantia da mesma, regular e controlar a produção e difusão oficial de dados e informação geo-referenciada do país, através da gestão da Base Topográfica Simplificada (BST) do país, onde consta informação referente à divisão administrativa do país, os limites administrativos, as principais vias de acesso (estradas), a hidrografia (rios, lagos, etc.), etc.

2. No INE, o processo de recolha dos dados e informações baseou-se em entrevistas dirigidas ao responsável pelo Departamento de Cartografia e Operações, não só, como também foram analisadas tabelas por eles fornecidas, contendo códigos e símbolos de um GPS, para o caso específico (o **GPS 76**) e tabelas dos códigos e símbolos usados para a codificação dos

elementos geográficos lineares e pontuais (em Anexo 3). Foram também fornecidos modelos ou formulários que são usados pelos cartógrafos do INE para a colheita dos dados espaciais no terreno, para o registo de elementos geográficos da área rural e urbana (em Anexo 3).

Dos dados e informação colhidos, é possível ter-se uma ideia dos dados espaciais ou geográficos que são colhidos e a informação espacial produzida pelo INE através da combinação dos dados com os símbolos definidos nos GPS por eles usados. Para além desta informação, foi também colhida informação dos relatórios (tabelas em Excel), referente a distribuição geográfica das aldeias e localidades do país e a respectiva população, informação produzida no último Censo Populacional (Censo 2007).

3. Os formulários ou inquéritos para a recolha de dados espaciais ou geográficos do MINED (coordenadas geográficas e as características do objecto escola). Estes formulários (Anexo 3) permitem ainda recolher informação referente aos recursos, quer materiais, humanos ou naturais existentes nas escolas (número de alunos e professores, nível de formação destes, tipo de material de construção, existência ou não de fonte de água, etc.).

Foram fornecidos pelo MINED, relatórios em forma de tabelas (resumo) em *Excel*, que são produzidos pelo software *EducStatic* em uso nesta instituição, e tabelas *Access* que contêm dados das escolas e respectivas coordenadas geográficas, para além das entrevistas realizadas, dirigidas ao responsável pelo Departamento de Planificação e Estatística, e pelo Departamento de Informática.

4. As fichas usadas para o levantamento de dados referentes as fontes de água e os relatórios produzidos pela DNA, em *Word* e *Excel* (em Anexo 3). À semelhança das outras instituições, foram também realizadas entrevistas, aos funcionários (2) do Departamento de Água Rural.

Analisando os dados colhidos durante o processo de recolha realizado em cada uma das instituições em estudo, é possível identificar e conhecer os dados e informação espacial colectados, processados e utilizados pelas instituições no seu dia-a-dia para o processo de tomada de decisão, para além de permitir identificar o tipo de relação existente entre os dados e informação, ou seja, que tipo de dados e informação cada instituição produz, e que são ou poderiam ser melhor partilhados entre instituições, eliminando ou reduzindo deste modo a duplicação e os custos de produção dos mesmos.

Para estudar a tecnologia GIS, em particular o GeoExt e o GeoServer, e avaliar a sua aplicabilidade na resolução do problema apresentado, bem como desenvolver um modelo WEB-GIS que permitisse integrar os dados espaciais e possibilitasse visualizar os dados espaciais partilhados, teve-se que:

- Pesquisar a bibliografia em bibliotecas e Internet, para o estudo e domínio das ferramentas a serem usadas na concepção do modelo;
- Desenhar os modelos lógicos e físicos da base de dados com o auxílio da linguagem UML e a ferramenta *JUDE Community*, por estas serem linguagem e ferramenta de modelação visual padronizada e de livre utilização;
- Desenhar e criar a base de dados cartográfica digital (de dados espaciais integrados) e a base de dados relacional, com o uso das ferramentas *PostgreSQL 8.4* com extensão *PostGIS 1.5*;
- Desenhar e criar as páginas dos mapas que permita visualizar todos os dados numa visão integrada, com auxílio da linguagem de programação *Java 1.6* e das ferramentas WEB-GIS como o *GeoExt 0.6*, o *ExtJS 2.3*, o *OpenLayers 2.8* e o *GeoServer 2.0*;
- Implementar e testar a solução, verificando a garantia da integridade dos dados.

CAPÍTULO III

3. MODELO DE INTEGRAÇÃO DE DADOS ESPACIAIS

3.1 Introdução

Todos os softwares SIG têm sido designados para tratar de dados espaciais, também designado como dado geográfico. Estes dados são colectados como factos ou evidências que devem ser processados para dar-lhes significados e converter-lhes em informação, particularmente informação espacial (Rosa, 2004).

Uma das vantagens do uso dos SIGs, é a habilidade que estes oferecem de poder apresentar as informações críticas relacionadas com o problema em questão, de forma sistematizada através de mapas, facilitando a realização de análises espaciais específicas e complexas, através da integração de dados numa única base de dados, de informações geográficas provenientes de diversas fontes como: *fotografias aéreas, imagens de satélite, cartas topográficas, mapas, relatórios estatísticos* e outras fontes de dados ou informação, melhorando assim a qualidade dos resultados e a forma como a decisão sobre o espaço é tomada.

Neste capítulo, são apresentados os aspectos básicos referentes aos SIGs, como a estrutura e modelos de dados de um SIG, bem como as diferentes arquitecturas destes sistemas. Adicionalmente, são apresentados os conceitos relacionados com a integração de dados espaciais, tendo sido apresentado entre outros aspectos não menos relevantes, como os aspectos a ter em conta na integração deste tipo de dados, os problemas inerentes à integração de dados espaciais, bem como as estratégias de integração de dados espaciais existentes, a questão da qualidade dos dados e os padrões de dados espaciais existentes na literatura.

3.2 Estrutura e Modelação dos Dados de um SIG

A estrutura dos dados de um SIG contém basicamente dois tipos de informações principais: a *informação espacial*, que descreve o formato do objecto geográfico, bem como sua relação espacial com os outros objectos (a localização geográfica) e a *informação descritiva* ou *não espacial* dos objectos, ou seja, a descrição para o entendimento do usuário, das características não espaciais de cada objecto representado.

Os dados são vistos como um componente de extrema importância em qualquer sistema de informação, uma vez que sem estes, o sistema não produz informação. Ribeiro (2006), afirma que na realidade estes representam a unidade básica da informação a ser processada pelo sistema, isto é, são como a matéria-prima dum sistema de informação.

Para um SIG, os dados podem ser de *natureza alfanumérica* e de *natureza geográfica*. Os dados alfanuméricos, sob a forma de texto ou estatística, representam as características dos objectos geográficos, como o *nome*, as *dimensões*, etc. Os dados geográficos na forma vectorial ou raster são o resultado do processamento de imagem, quer de forma manual ou automática, cuja origem é:

- A *cartografia básica*, isto é, mapas que possuem os elementos principais de terrenos, como estradas, rios, limites administrativos, etc.;
- A *cartografia temática*, isto é, mapas que possuem dados provenientes do espaço geográfico e com um tópico específico, como vegetação, uso do solo e aproveitamento do solo, infra-estruturas sociais, etc.; e
- A *deteção remota*, isto é, imagens ou fotografias construídas com base em dados recolhidos por sensores.

Os *dados geográficos* ou *espaciais* distinguem-se dos *alfanuméricos* por possuírem os seguintes atributos particulares: a *posição geográfica*, a *relação espacial* (topologia) e o *tempo* (data e hora de registo do objecto geográfico). Segundo Ribeiro (2006), tanto os *dados alfanuméricos* como os *geográficos* são integrados segundo um modelo que permite estabelecer relações entre si e que é capaz de produzir informação em diferentes formatos para ser utilizada nas mais variadas áreas e instituições, nos seus processos de tomada de decisão.

Porém, segundo Câmara (2005), todo dado espacial representado como objecto, deve ser simplificado antes de ser armazenado no computador, ou seja, na base de dados. Um modo comum de fazer isto é separar e colocar todas características geográficas dentro dos três (3) tipos de entidades básicas: os *pontos* (usados para representar a localização de características como escolas, hospitais, etc.), as *linhas* (representar características como estradas, rios, etc.) e as *áreas* ou *polígonos* (representar características como áreas administrativas, etc.). Estas representações do fenómeno do mundo real são normalmente realizadas num SIG de acordo com um dos dois (2) modelos: as *estruturas raster* (as vezes referenciada como grelha ou matriz) ou as *estruturas vectoriais*.

O *modelo vectorial* é mais apropriado para modelar entidades geográficas discretas como as redes das estradas, rios, fronteiras administrativas, etc. Por sua vez, o *modelo raster* é particularmente aplicado onde o remote sensing das imagens é usado, e é considerado a escolha mais apropriada para a modelação de fenómenos geográficos contínuos, como a intensidade dos ventos, etc. (Borges *et al.*, 2005).

Heywood *et al.* (1998), apontam as principais diferenças entre estes dois (2) modelos de dados afirmando que, na representação vectorial, a representação de um objecto é uma tentativa de reproduzi-lo o mais exactamente possível, quando comparado com a realidade. E, neste modelo, qualquer entidade ou elemento gráfico do mapa é reduzido a *pontos, linhas ou áreas*. Contudo, Ribeiro (2006), afirma que ambos os modelos têm as suas vantagens e desvantagens, para além de terem melhor aplicabilidade em diferentes cenários.

Normalmente, a organização dos dados nos SIGs é distribuída em *layers* ou *camadas*, ou ainda *planos de informação*, onde cada camada contém uma variável geográfica distinta, por exemplo uma imagem de satélite de uma região, os municípios desta região, a sua geomorfologia, ou hidrologia, etc., sendo representada internamente em estruturas lógicas próprias de cada SIG e armazenada em arquivos distintos de acordo com o formato próprio do sistema utilizado.

3.3 Arquitecturas de SIG - gestão de dados

Devido o aumento na utilização de SIGs, tem se buscado cada vez mais uma solução para a gestão dos dados (espaciais, alfanuméricos ou imagens) manipulados por esses Sistemas, existindo actualmente algumas propostas e pesquisas nessa área, por forma a atender todas as exigências dos SIGs, como: *armazenamento consistente e recuperação integrada das informações* (Júnior & Leal, 2006).

Sendo que a principal diferença entre os SIGs é a forma como os dados espaciais ou geográficos são geridos, existem basicamente duas (2) diferentes arquitecturas de SIGs que utilizam os recursos de um SGBD: a *arquitectura Dual* e a *arquitectura Integrada* (uma baseada em SGBDs relacionais e a outra baseada em extensões espaciais sobre SGBDs objecto-relacionais).

3.3.1 Arquitectura Dual

Um SIG implementado com a estratégia *Dual* utiliza um *SGBD relacional* (SGBDR) para armazenar os atributos convencionais dos objectos geográficos (na forma de tabelas) e *arquivos* para guardar as representações geométricas destes objectos.

A entrada dos *atributos não-espaciais* é feita por meio de um *SGBDR* e para cada *entidade gráfica* inserida no sistema é imposto um identificador único, através do qual é feita uma ligação lógica com seus respectivos *atributos não-espaciais* armazenados em tabelas de dados no SGBD.

A principal vantagem desta estratégia é poder utilizar os *SGBDRs* do mercado, como o *Dbase* e o *Access*. No entanto, como as representações geométricas dos objectos espaciais estão fora do controle do SGBD, esta estrutura dificulta o equacionamento das questões de optimização de consultas, gerência de transacções e controle de integridade e de concorrência. Exemplos de sistemas comerciais baseados em estratégia *Dual* são o ArcView, MGE e o SPRING (Câmara & Queiroz (2007), citando Câmara *et al.* (1996b)).

As desvantagens desta arquitectura vão desde as dificuldades no controle e manipulação dos dados espaciais, dificuldade em manter a integridade entre a componente alfanumérica, consultas mais lentas (processadas separadamente), falta de interoperabilidade entre os dados (cada sistema produz seu próprio arquivo proprietário sem seguir um formato padrão, o que dificulta a integração destes dados e a partilha, exigindo a duplicação dos mesmos).

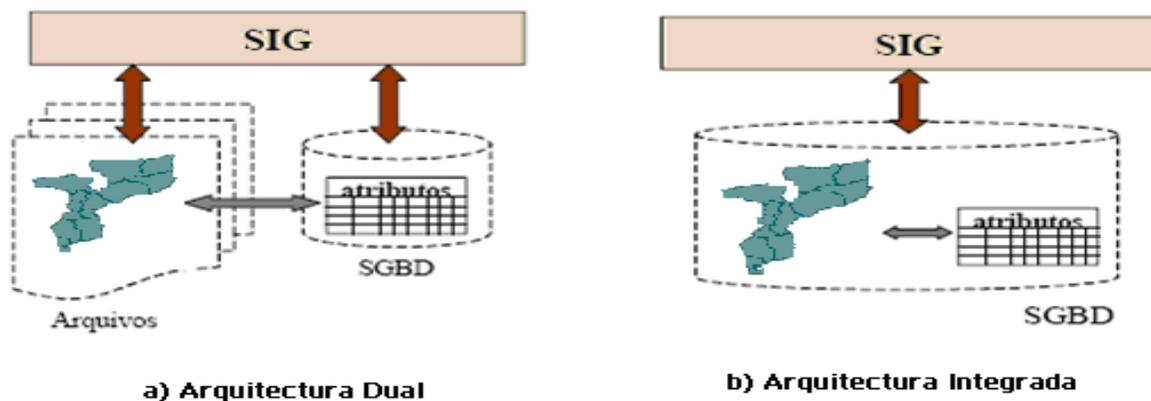


Figura 4: Diferentes Arquitecturas de SIG (Adaptado de Câmara & Queiroz, 2007).

3.3.2 Arquitectura Integrada

A *arquitetura Integrada*, mostrada acima na Figura 4b), consiste em armazenar todo o dado espacial em um SGBD, tanto sua componente espacial como a parte alfanumérica. Sua principal vantagem é a utilização dos recursos de um SGBD para controlo e manipulação de dados espaciais, como gestão de transacções, controle de integridade e concorrência. Sendo assim, a manutenção da integridade entre a componente espacial e alfanumérica é feita pelo SGBD.

A abordagem integrada baseada em um *SGBD relacional* (SGBDR) utiliza campos longos, para armazenar a componente espacial do dado. Suas principais desvantagens são: a falta de capacidade para capturar a semântica dos dados espaciais, os métodos de acesso espacial e o otimizador de consultas devem ser implementados pelo SIG, e limitações da linguagem SQL para manipulação dos dados espaciais.

O outro tipo de abordagem da *arquitetura integrada*, consiste em utilizar *extensões espaciais* desenvolvidas sobre *SGBDs objectos-relacionais* (SGBDOR). Estas extensões contêm funcionalidades e procedimentos que permitem armazenar, acessar e analisar dados espaciais de formato vectorial. Como desvantagens dessa arquitectura podem ser consideradas as faltas de mecanismos de controlo de integridade sobre os dados espaciais e a falta de padronização das extensões da linguagem SQL.

Em termos de vantagens, esta arquitectura oferece recursos que permite a criação de *novos tipos de dados* e a *manipulação de dados complexos*, através da definição de novos métodos ou operadores para manipular esses tipos de dados, extendendo assim seu modelo de dados e sua linguagem de consulta. Essas características fazem com que este modelo consiga atender, em grande parte, as exigências impostas pelos SIG's, se comparado com a arquitectura baseada em SGBDR, a qual não oferece estes recursos.

Existem hoje as seguintes extensões comerciais disponíveis no mercado e que se baseiam nas especificações OpenGIS: o *Oracle Spatial*, a *IBM DB2 Spatial Extender*, o *Informix Spatial Datablade*, o *PostGIS* para o SGBD *PostgreSQL*, que é gratuito e de código fonte aberto.

3.4 Integração de dados num SIG

A *integração de dados* aparece com frequência crescente como o volume e a necessidade de compartilhar dados existentes. A necessidade da troca de dados advindos de diferentes fontes vem crescendo relativamente, justamente pelo grande tráfego de informação que é gerado tanto em sistemas convencionais como WEB. Tais dados, usualmente gerados por pessoas, são escritos de várias maneiras, sendo que, em alguns casos, um mesmo objecto do mundo real pode ser representado de várias formas. Neste cenário, tem-se a necessidade de identificar similaridades entre tais objectos (Suder & Dorneles, 2006).

Os dados espaciais são provenientes de fontes como *mapas, imagens de satélites, censos, sistemas de posicionamento geográfico, fotografias aéreas, etc.* Por isso, integrar todos esses dados num SIG, significa para Ribeiro (2006), a possibilidade de poder manipulá-los, uma vez que são provenientes de diferentes origens ou fontes, e podem estar nos dois (2) modelos de representação (raster e vectorial). Ela consiste em extrair dados de diferentes fontes (por exemplo de bases de dados), aplicar transformações (juntar, calcular, verificar duplicados, procurar, etc.) a estes dados e enviar os resultados para o sistema destino (usuário), fornecendo aos usuários do mesmo, uma visão unificada dos dados, deixando de fora qualquer informação que não se aplica à pesquisa ou consulta.

Sob o ponto de vista de como a integração dos dados é feita, podem ser consideradas dois (2) tipos de integração: a *integração manual* e a *integração electrónica*. A *integração manual* consiste da troca, do envio e da recepção dos dados, que se dá através das pessoas que produzem ou manipulam os dados. Este tipo de integração apresenta como desvantagem a existência de: *erros durante a transcrição* (leitura, interpretação e digitação); *perdas* (de tempo e custo de transcrição); e *decisões incorrectas devido a falta de padronização na integração dos dados*.

Na *integração electrónica*, os dados ou informações são transmitidos entre sistemas sem intervenção humana em cada interacção; os dados produzidos e armazenados em diferentes bases de dados são acessados de forma unificada, através de mecanismos próprios. Esta abordagem oferece como vantagem a eliminação da transcrição de dados (não há erros de leitura, interpretação e digitação), ganho de tempo (as decisões podem ser tomadas imediatamente e com maior volume de dados).

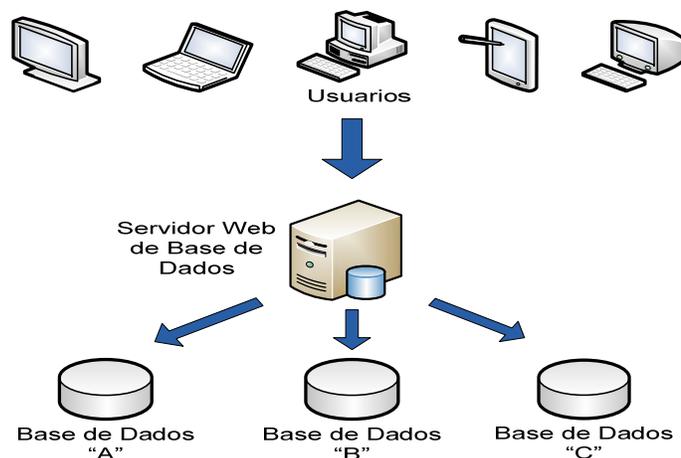


Figura 5: Visão Geral do funcionamento da Integração de Dados.

O esquema da Figura 5 mostra numa visão geral, como a integração de dados funciona, o caso específico da *integração electrónica dos dados*, onde o usuário envia o pedido de dados para o servidor de base de dados (Web), e, por sua vez, o servidor envia o pedido para o conjunto de dados individual na base de dados apropriada (A, B ou C), enviando depois a resposta do pedido para o respectivo usuário.

Algumas abordagens de integração de dados podem funcionar melhor do que outras para uma certa organização, dependendo das necessidades dessa organização. No entanto, no presente trabalho é proposta e implementada uma *abordagem electrónica*, a medida que esta permite a padronização na integração dos dados, o que implica a eliminação de erros de leitura, interpretação e digitação, para além da possibilidade de tomada de decisões em tempo útil, sobre dados e informações correctas e em maior volume.

3.4.1 Problemas inerentes à integração de dados espaciais

Conforme Casanova *et al.* (2005), o grande desafio do intercâmbio de dados, ou seja, integração de dados, é enfrentar a diversidade de *modelos conceituais*⁴ dos SIGs disponíveis no mercado, o que faz com que muitas organizações produtoras de informação geo-referenciada sigam regras conceituais vinculadas ao sistema por elas utilizado. O resultado é um ambiente heterogêneo, onde cada organização tem sua maneira de organizar a informação espacial.

⁴ *Modelos conceituais*, entende-se como sendo a semântica do funcionamento de cada SIG, e a maneira como os dados devem estar organizados (Thomé (1998), citado por Casanova *et al.* (2005)).

Na óptica de Lima (2002) e Casanova *et al.* (2005), a falta de modelos conceituais comuns acarreta problemas na troca de dados entre organizações utilizando SIGs distintos. Estes problemas incluem *distorção de dados*, *perdas de qualidade da informação* e de *definições de atributos e informação sobre geo-referenciamento*. Este facto acontece, segundo Lima (2002), porque, actualmente para modelar objectos (casas, escolas, hospitais, ruas, cidades, etc.) e fenómenos geo-referenciados, cada SIG utiliza um modelo conceptual próprio, o que faz com que as instituições que produzem informação geo-referenciada, sigam regras conceptuais vinculadas ao sistema por elas utilizado, e como resultado tem-se um ambiente heterogéneo, onde cada organização tem sua forma de tratar a informação espacial.

Contudo, segundo Casanova *et al.* (2005), a tarefa de partilhação ou integração de dados espaciais deve envolver processos para garantir que a informação não seja perdida ou corrompida na transferência, e ferramentas para prevenir inconsistências resultantes de conjuntos de dados redundantes, dispondo de mecanismos de integração para partilhar dados entre diferentes sistemas de informação, dada a variedade de usuários e diversidade do uso do dado espacial e sistemas de informação.

Estes autores afirmam ainda que, realizar intercâmbio de dados em SIGs não é uma tarefa simples, devido a complexidade da informação geográfica envolvida, ocorrendo incompatibilidades em vários níveis. O problema vem sendo estudado em diferentes níveis, como a *conversão entre formatos de dados próprios de cada SIG*, a *conversão entre semânticas de bases de dados distintos* e o *desenvolvimento ou uso de modelos gerais de dados geográficos propostos por diferentes organizações*.

De acordo com Casanova *et al.* (2005), a abordagem mais básica é a *conversão sintáctica directa de formatos*, que procura realizar a interpretação e tradução dos arquivos de informação geográfica em diferentes formatos, permitindo que um sistema compreenda os dados provenientes de outros sistemas. Esta abordagem é eficiente desde que o desenvolvedor da conversão tenha conhecimento dos formatos envolvidos para não comprometer a qualidade dos dados no processo de conversão. Porém, Ribeiro (2006), propõe a *conversão de dados do modelo raster para o modelo vectorial e vice-versa*, possibilitando assim utilizar os dois (2) modelos num mesmo sistema. Segundo este autor, esta conversão não está livre de erros, o que implica que o resultado obtido possa não ser totalmente igual

ao produzido com o formato origem. A Figura 6 mostra o modelo de um sistema de integração ou conversão de dados, do modelo raster ao vectorial e vice-versa.

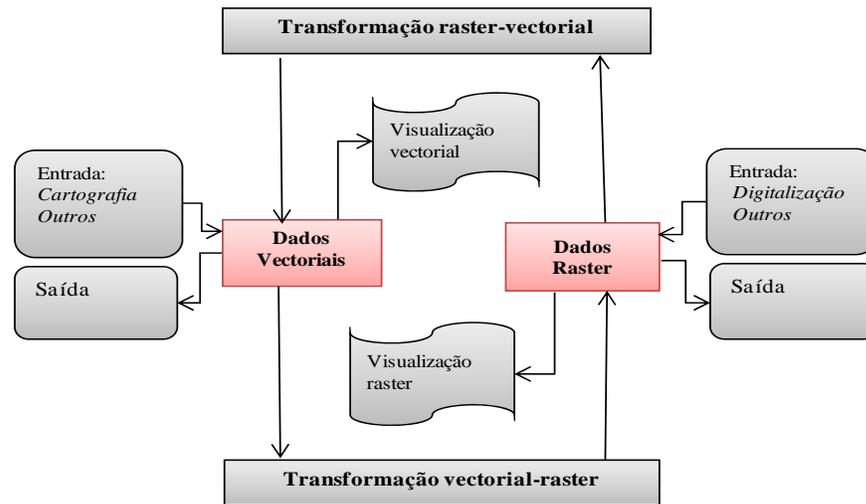


Figura 6: Modelo de Sistema que Integra os modelos raster/vectorial (Adaptado de Ribeiro, 2006).

Na visão de Ribeiro (1998), uma implementação de um SIG capaz de processar ambos modelos permite um maior benefício, visto que não há limitação na entrada de dados. O sistema torna-se mais rico, pois possui dados espaciais em ambos modelos e não é necessário proceder à conversão de dados. Neste tipo de implementação, o sistema selecciona o melhor modelo para a situação pretendida.

3.4.2 Aspectos a ter em conta na integração de dados espaciais

Qualquer fonte de dado espacial pode ser influenciada por algum ou todos dos seguintes factores:

- O objectivo para o qual os dados são colectados;
- A escala em que eles tem sido ou são criados;
- A resolução em que eles tem sido capturados;
- A projecção que tem sido usada para mapear-lhes;
- O sistema de referência espacial ou de coordenadas usado;
- A natureza das entidades espaciais usadas para representar os aspectos do mundo real;
- A generalidade com que estas entidades tem sido modeladas e a modelação entre as entidades.

É de notar que, em certas fontes de dado, um factor poderá dominar, e em outras isto poderá ser interpolado, o que dará aos dados suas características. Porém, existem vários aspectos ou elementos a ter em conta na obtenção e integração de dados para um SIG. Além do modelo de representação do dado (vectorial ou raster), existem aspectos como:

- O sistema de coordenadas usado;
- Escala na definição dos dados;
- Formato dos dados;
- Padrão dos dados;
- Qualidade dos dados.

É importante ter-se em consideração, o *Sistema de Coordenadas* usado na integração de dados espaciais, pelo facto de existir um grande número diversificado de sistemas de referência espacial ou de coordenadas ou ainda de projecções que podem ser utilizados para a captura dos dados ou objectos geográficos em diferentes cenários, e que dependem de factores como: *a extensão da região a representar, a configuração da região a representar ou o fim a que se destina o mapa.*

Escolher um sistema de referência pode ser difícil e será frequentemente necessário integrar dados colectados usando diferentes sistemas de referência, o que segundo Heywood *et al.* (1998), pode constituir um problema, sendo que alguns destes originam-se devido a natureza das entidades espaciais que requerem referência (como por exemplo, um mesmo objecto pode ser referenciado e representado, em diferentes formas e em mapas de escalas diferentes).

Um outro problema adicional para o usuário do SIG é a *Escala* utilizada na elaboração de mapa, que varia de acordo com a precisão pretendida para a representação das entidades reais. Como visto anteriormente, a simbologia como *pontos, linhas, áreas* ou *polígonos* está directamente relacionada com a escala, isto porque algumas entidades espaciais podem ser melhor representadas por pontos, em escalas pequenas (por exemplo, uma escola na forma de *ponto* e numa escala de *1/1.000.000*).

O modelo de representação dos objectos, influencia tanto na escolha do sistema de coordenadas bem como na definição da escala dos objectos, sendo que o *modelo vectorial* é melhor empregado para os objectos da zona urbana (edifícios, estradas, etc.), por esses serem melhor representados em ponto, linha ou área, e em escalas pequenas, enquanto o *modelo raster* é melhor empregado para os objectos da zona rural (a área de cultivo, a vegetação, etc.).

Nas instituições em estudo, o INE por exemplo, definiu para os objectos da zona urbana uma escala de 1/250.000 e para os da zona rural uma de 1/50.000, e os mapas das zonas urbanas encontram-se no modelo vectorial e os da zona rural no modelo raster (imagens de satélites). Em termos de sistemas de

coordenadas usados, o INE e DNA usam os sistemas de coordenadas planimétricas, enquanto que o MINED utiliza o sistema de coordenadas geográficas.

Segundo Heywood *et al.* (1998), um dos problemas com a escala de medição usada por exemplo, para a colecta do atributo de dado, é que a distinção entre as várias escalas não é óbvia, e muitos dados usados em SIG estão na escala nominal ou ordinal, embora a maioria dos dados tem sido colectados usando a escala de intervalo. Portanto, é necessário tomar-se cuidado quando se usa esses dados num contexto analítico, principalmente se o utilizador não conhece a escala que foi usada ou que operações podem ser feitas ou realizadas nos dados.

Quanto ao aspecto *qualidade de dados*, este é em muitos casos, influenciado pela *precisão* ou *exactidão* usada na captação dos mesmos, pois ela constitui uma das mais importantes medidas de qualidade segundo Heywood *et al.* (1998), levadas em conta na determinação da qualidade dos dados, que deve ser conforme as necessidades dos seus utilizadores. Por isso, num ambiente em que dados de diferentes precisões precisam ser integrados é necessário considerar-se a qualidade dos mesmos, mais pelo factor precisão, para além da questão de actualidade dos mesmos, uma vez que os dados colhidos com uma certa precisão podem constituir dado de qualidade para certos utilizadores e para outros não. Por exemplo, para os dados espaciais produzidos pelo CENACARTA, possuem uma margem de erros de 3 aos 10 metros, sendo essa a precisão definida por eles.

Como se pode ver, dependendo de quem produz e processa o dado espacial, este pode ser encontrado com diferentes características, que vão desde a escala usada, o tipo de coordenadas usada, o formato de dado usado, o modelo de dado até mesmo ao nível de qualidade dos mesmos.

3.4.3 Qualidade de dados espaciais

Num ambiente onde os dados de origens e exactidão diferentes devem ser combinados, como é o caso do da produção de informação espacial, é importante que seja questionada a qualidade dos dados envolvidos nos respectivos processos. Por exemplo, Heywood *et al.* (1998), consideram que o uso de mapas analógicos muitas das vezes faz-nos pensar ou assumir que todos os objectos ou dados num mapa são da mesma qualidade.

Além disso, para esse autor, a introdução de GIS para o mapeamento tem levantado a questão de qualidade dos dados apresentados nos mapas, uma vez que é mais fácil verificar a qualidade dos dados

usados para a produção de um mapa digital que de um analógico, isto devido as tecnologias actualmente existentes no campo GIS, denominadas de tecnologias GIS. Sob este ponto de vista, podemos considerar que um entendimento do conceito de qualidade e dos factores que a influenciam seria muito importante, e a determinação ou marcação dos dados de acordo com seus níveis de qualidade uma necessidade.

A qualidade pode ser definida como uma ou mais características do dado espacial ou geográfico, que descreve a extensão ou dimensão para que esses dados sejam adequados para o uso. As mais importantes medidas de qualidade consideradas são: *precisão dos dados* (constituída pela precisão posicional dos dados e dos atributos de dado), *consistência dos dados*, *perfeição dos dados* e *oportunidade dos dados*.

Para se garantir a qualidade dos dados e, conseqüentemente, da informação produzida com base neles, é necessário que sejam identificadas e analisadas as prováveis fontes de erro. Segundo Heywood *et al.* (1998), o erro pode ser visto como algo que muda as propriedades reais de um objecto ou fenómeno, sendo ele inevitável em todas as medidas de garantia de qualidade, quer quantitativa ou qualitativa, influenciando deste modo a exactidão do geo-referenciamento, e devendo ser considerado partindo dos sérios aos mais insignificantes.

Com relação à origem dos dados, os erros ou as imprecisões, podem advir de diversas fontes, como: *precisão do equipamento usado*, no caso da topografia, *altitude de vôo*, no caso da fotogrametria, *resolução espacial*, no caso das imagens de satélite, entre outros. Acrescentam-se ainda, *as combinações de dados de diversas fontes e escalas*, *intercâmbios de formatos*, *transformações raster-vector*, *conversões de datum e projecções*, *o processo de digitalização e de scanner*, etc.

Acredita-se, que durante todos esses processos são acumulados e propagados, uma infinidade de erros ou incertezas. Contudo, as condições seguintes (adoptadas de Burrough, 1986 e citadas por Heywood *et al.*, 1998) são vistas como as que podem afectar a qualidade dos dados:

- *Fontes originais de erros, independentes do processamento GIS;*
- *Erros introduzidos no GIS através do processamento de dados (entrada, armazenamento, manipulação e apresentação dos dados);*
- *Erros em métodos usados para colectar os dados.*

Todo esse conjunto de erros pode ser minimizado durante o processo de *mapeamento, armazenamento e distribuição de dados*, através de procedimentos de controlo de qualidade, por exemplo a aplicação de certas regras, embora nunca chegará a ser completamente eliminada. Regras como as apresentadas abaixo, podem ser aplicadas para reduzir o problema da inexactidão dos dados espaciais, ou seja, da qualidade dos dados, e garantir a qualidade dos mesmos (Heywood *et al.*, 1998):

1. Emprego de rotinas de verificação para assegurar a qualidade dos dados;
2. Verificação dos dados mais cedo quanto possível;
3. Verificação dos dados em muitas etapas da sua manipulação;
4. Evitar combinar dados de baixa e de alta qualidade na mesma base de dados;
5. Conhecer a natureza dos dados (geométrica e atributos de dado);
6. Ser crítico em todos os dados usados;
7. Aplicar os resultados do processamento cuidadosamente;
8. Afirmar inexactidões associadas com os resultados e análises.

A aplicação destas regras permitirá garantir não só a qualidade dos dados espaciais, mas também a qualidade da informação que se pretende produzir com os dados, e consequentemente a qualidade das decisões tomadas baseadas nesses dados.

3.4.4 Estratégias para integração de dados espaciais

Segundo Saraiva (2005), a maioria das estratégias ou metodologias para tratar os problemas de integração de dados e interoperabilidade são baseadas em *arquitecturas* ou *frameworks* que oferecem uma forma genérica para atingir a integração e interoperabilidade. Apesar da possibilidade de construção de sistemas personalizados que dêem suporte à integração e interoperabilidade, estas arquitecturas são variações de técnicas básicas dos SGBD. As *arquitecturas* ou *frameworks* utilizam visões, modelos de dados e interfaces, além de novas implementações de técnicas de actualização de dados e recuperação de informações.

Contudo, segundo Casanova *et al.* (2006), a abordagem mais simples consiste em definir *catálogos de metadados* e *dicionários geográficos*. Um *catálogo de metadados* armazena descrições de colecções de dados armazenados em diversas fontes, oferecendo serviços de localização, consulta e gestão de metadados, assim como serviços de solicitação de dados, que são repassados às fontes (Nebert, 2002 citado por Casanova *et al.*, 2006). No entanto, um *dicionário geográfico* define um vocabulário

constituído pelo identificador, localização e parte dos atributos dos objectos geográficos de interesse (Atkinson, 2002 citado por Casanova *et al.* 2006). Tipicamente, um catálogo não armazena os dados em si, enquanto um *dicionário geográfico* cobre uma região bem definida, como um país, por exemplo.

As estratégias de integração podem ser classificadas em quatro (4) categorias principais, segundo Gupta *et al.* (1999) citado por Casanova *et al.* (2006):

1. A **estratégia de federação** (Sheth e Larson, 1990): assume que as fontes de dados mantêm autonomia, mas cooperaram para oferecer suporte a operações globais, que acessam dados em mais de uma fonte.
2. A **estratégia de armazém de dados – Data Warehouse** (Miller e Han, 2001): consiste em, *extrair os dados das diversas fontes; transformar os dados extraídos para um modelo comum; e armazenar os dados transformados em um único repositório*. Este enfoque é viável quando o número de fontes é pequeno e relativamente estável, não necessitando constantes actualizações nos dados extraídos. Como exemplo desta estratégia, tem-se o *projecto TerraServer*, que representa o maior repositório público de imagens de sensoriamento remoto e mapas topográficos disponível na WEB.
3. A **estratégia de mediação** (Gupta *et al.*, 1999): baseia-se em uma arquitectura de três (3) níveis: a *camada de adaptação*, com as fontes de dados acessadas através de adaptadores; a *camada de aplicação*, com as aplicações que desejam acessar as fontes; e a *camada de mediação*, com um ou mais mediadores, que regista as fontes de dados conhecidas, e processa as consultas produzidas pelas aplicações. Um exemplo desta estratégia é a *Mission to Planet Earth* (MTPE), que é um programa da NASA para estudar processos ligados a mudanças climáticas, a partir de dados gerados por inúmeros satélites orbitando o planeta Terra.
4. A **estratégia híbrida**: combina a estratégia de armazém de dados com a de mediação, considerando quatro (4) camadas: a *camada de aplicação*, que recebe requisições das aplicações; a *camada de serviços virtuais*, que oferece uma visão uniforme do sistema (uma base de dados virtual); a *camada de serviços concretos*, que gere as tarefas dos vários componentes; e a *camada de serviços de sistema*, que trata de servís internos do sistema.

3.4.4.1 Estratégia de mediação – Arquitectura de mediadores

Uma particular estratégia para integrar um conjunto de fontes de dados baseia-se na construção de um sistema de mediação, com uma arquitectura baseada em mediadores. Um Sistema de Mediadores é uma

colecção de fontes de dados e informação que são integradas para oferecer uma interface uniforme somente de leitura para usuários finais, e um conjunto de ferramentas para executar as tarefas de integração.

Esses sistemas possuem módulos que fazem a mediação entre usuários finais e as fontes de dados. Os módulos são conhecidos como *Mediadores*. Um *mediador* é um módulo do programa que explora o conhecimento representado em um conjunto ou subconjunto de dados para gerar informações para aplicações residentes em uma camada superior.

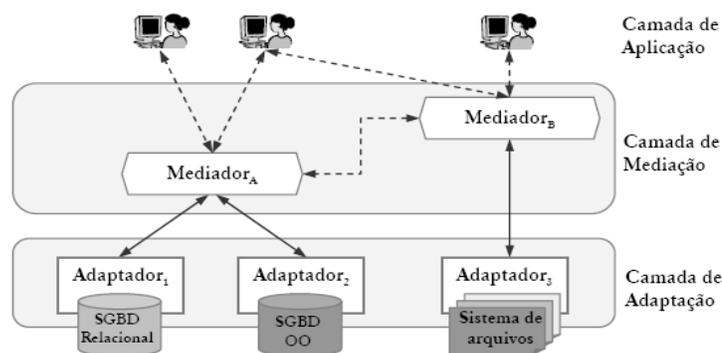


Figura 7: Arquitectura de um Sistema de Mediadores (Gupta *et al.*, 2000, fonte: Casanova *et al.*, 2005).

Conforme a Figura 7, a **Camada de Aplicação** compreende as aplicações que desejam acessar as fontes; a **Camada de Mediação** contém um ou mais mediadores fornecendo serviço de mediação para fontes de dados, onde o *mediador* centraliza informações fornecidas por *adaptadores*, criando um “*esquema mediado*” das fontes de dados, para além de também decompor as consultas submetidas pelas aplicações em consultas a serem executadas pelos adaptadores, e reúne os resultados parciais para formar a resposta à consulta original; e a **Camada de Adaptação** contém os adaptadores responsáveis pelo acesso às fontes de dados, escondendo a heterogeneidade da fonte de dados, tornando o acesso à fonte transparente para o *mediador*, e para cada fonte de dados existe um adaptador que exporta algumas informações sobre a fonte, tais como: *seu esquema, informações sobre seus dados e sobre seus recursos para processamento das consultas*.

Ao participar de um sistema de mediação, uma fonte de dados, através do seu adaptador, deve ser capaz de expor um esquema exportado, descrevendo os dados que deseja tornar visíveis. Deve também oferecer serviços que permitam:

- Processar consultas sobre o esquema exportado;

- Transformar os resultados locais para os padrões definidos para intercâmbio de dados no sistema de mediação; e
- Aceitar temporariamente dados externos, convertendo-os para o formato local.

O sistema de mediação deve ser capaz de expor um esquema mediado com a descrição comunitária dos dados, sobre o qual as aplicações definirão consultas ao sistema, executar as consultas definidas sobre o esquema mediado, aplicando as transformações necessárias sobre os dados geográficos, além dos serviços usuais para definição e controle da execução de sub-consultas às fontes de dados, combinação dos resultados e reestruturação dos dados convencionais.

A lógica de funcionamento do modelo proposto neste trabalho baseia-se na de um sistema de mediadores, combinada com a abordagem de catálogos de metadados, sendo as capacidades e habilidades de mediação oferecidas e executadas pela ferramenta ou *framework GeoExt*.

3.5 Padrões de dados espaciais – Padrão OpenGIS

Um padrão de dado corresponde ao modelo oficial de dado, que consiste de um conjunto de regras, normas, modelos, etc., sendo também considerado como unidades de informação que se repetem. Os padrões facilitam o compartilhamento, a integração e a transferência de dados, e para os SIGs usualmente incluem os padrões para linguagens de especificação, transferência de dados, *geocodificação*⁵ e documentação de *metadados*⁶ e formatos, e para além desses, existem também padrões para qualidade de dados e bibliotecas de objectos espaciais.

Conforme Câmara *et al.* (1996), o padrão *OpenGIS* tem por objectivo permitir que o usuário tenha acesso aos dados geográficos local ou remotamente, sem estar limitado por modelos de dados proprietários, formatos de arquivos ou SIGs que gerem os dados, em uma dada área. Para tal, define-se um modelo de dados genérico e interfaces padronizadas para acesso a bases de dados geográficos, baseadas em diferentes tecnologias, como *XML*, *COM*, *Java* e *SQL*.

Esta abordagem segue o conceito de *API*, o que fornece uma forma unificada de acesso às funcionalidades de sistemas distintos. Contudo, segundo Câmara *et al.* (1996), as aplicações que estão

⁵*Geocodificação* – definição da posição de elementos geográficos referenciada a um sistema de coordenadas padrão, e geralmente é feita por meio de um centroíde (<http://geodesia.ufsc.br/wikidesia/>).

⁶*Metadados* - são dados sobre outros dados, também podem ser vistos como Dicionário de Dados.

baseadas neste padrão poderão usar os dados existentes em diversos sistemas de armazenamento de dados (SGBD), com diferentes formatos, através de serviços de gestão de acessos dos mesmos.

Para além do padrão *OpenGIS*, existem ainda padrões como o *SDTS*, que é um padrão para transferência de dados espaciais entre sistemas de computadores possivelmente diferentes, e o padrão *SAIF* que propõe uma linguagem para especificação e troca de dados, baseada no modelo de orientação à objectos. Para as questões de troca de dados espaciais entre sistemas, Jairam *et al.* (1994) citado por Camara *et al.* (1996), dividem as especificações para troca de dados em diversos níveis, conforme a Figura 8:



Figura 8: Níveis de especificação para troca de dados (Adaptado de Câmara *et al.*, 1996).

O *middleware*⁷ que aparece entre a aplicação e os dados, deve conter ferramentas necessárias para se construir, por exemplo, sistemas abertos distribuídos contendo SGBDs e SIGs, e é onde o padrão *OpenGIS* está situado. Os níveis inferiores são dedicados à especificação de troca de dados, onde o primeiro nível é ocupado pela linguagem de especificação, com sintaxe e semântica bem definidas, e é onde se situam o *ISO SQL* e o padrão *SAIF*. Este nível provê a portabilidade do modelo de uma aplicação. Os níveis seguintes são para transferência de dados, onde o padrão *SDTS* se situa.

No modelo proposto neste trabalho, foram implementadas as especificações do padrão *OpenGIS*, como o *WMS*, o *WFS*, o *WCS*, etc., para a partilha de dados devido às características deste padrão, para além de ser a base de funcionamento das ferramentas (o *framework GeoExt* e o *GeoServer*) usadas no desenvolvimento do modelo proposto.

⁷ *Middleware* é um software de computador que faz a mediação ou tradução entre componentes de software, sendo utilizado para transmitir informações, ocultando ao programador diferenças de protocolos de comunicação, plataformas e dependências do sistema operativo (<http://pt.wikipedia.org/wiki/Middleware>) – consultado em 09/04/08

Após a apresentação dos principais conceitos existentes na literatura e relacionados com os sistemas de manipulação de dados espaciais e os aspectos ligados à integração de dados espaciais na óptica dos vários autores apresentados, no capítulo que se segue, o quarto, são descritas as várias ferramentas *WEB-GIS* de integração de dados, usadas no presente trabalho para a concepção da solução, através da apresentação das características e não só, como das potencialidades que as mesmas possuem e que justificam a sua escolha para tal.

CAPÍTULO IV

4. FERRAMENTAS DE INTEGRAÇÃO DOS DADOS ESPACIAIS

Este capítulo apresenta as ferramentas usadas para o desenvolvimento do modelo de solução proposta para os problemas apresentados no primeiro capítulo, o *framework GeoExt*, que é uma ferramenta *WEB-GIS*, ou seja, *Webmapping*, o *OpenLayers*, o *ExtJS*, o servidor de mapas *GeoServer*, e outras ferramentas de desenvolvimento *WEB*, como o *SGBD PostgreSQL* com a extensão *PostGIS* para o armazenamento e manipulação dos dados espaciais.

4.1 Frameworks

“ *Os frameworks são estruturas de softwares, esqueletos de sistemas pré-construídos que visam auxiliar ao desenvolvedor de sistemas a diminuir o re-trabalho e aumentar o reuso de componentes utilizando a orientação à objecto, facilitando assim o desenvolvimento.*” (PHP Magazine, 2007).

A utilização de *frameworks* tem se tornado cada vez mais frequente no processo de desenvolvimento dos sistemas actuais, sendo uma proposta atraente e interessante não só por permitir reuso, mas também para a construção de sistemas configuráveis. Os *frameworks* possibilitam o reuso de análise, de projecto e de código, aumenta a qualidade do software, reduz o esforço e o tempo de desenvolvimento de novas aplicações e o de manutenção, permitindo assim construir sistemas com uma maior flexibilidade (Barbosa, 2001).

Os *frameworks* de desenvolvimento *WEB* mais conhecidos e usados são: o *Prado*, o *Symfony*, o *CakePHP*, o *CartoWeb*, o *Pmapper*, o *Zend Framework*, o *CodeIgniter*, etc. (baseados em PHP) e *frameworks* como *Sofia*, *MapFish*, *GeoExt*, *Zk*, *Grails*, etc. (baseados em Java). De Souza (2004), afirma que actualmente, existem diversos *frameworks* passíveis de serem utilizados na implementação de aplicações *WEB*. Devido a essa grande disponibilidade de opções de *frameworks*, é preciso que se conheça qual o *framework* mais adequado a um dado domínio de aplicações.

Contudo, para o desenvolvimento do modelo da solução proposta foi escolhido e usado, como principal, o *framework GeoExt*, por ser não só um software livre, mas também por ser considerado pelos seus utilizadores como sendo uma ferramenta fácil de se usar, que permite construir aplicações com uma maior flexibilidade, e com muita documentação de suporte disponível, para além de oferecer

ou proporcionar grandes funcionalidades ao projecto ou solução desenvolvida com base nele, que vai desde o oferecimento do “*groundwork*” para aplicações *Webmapping*, criação de interfaces ricas e avançadas, até à facilidade de colocação de mapas dinâmicos de qualquer fonte, em qualquer página WEB.

4.1.1 GeoExt

GeoExt é uma biblioteca *JavaScript* de código fonte aberto, disponível sob a *Licença de BSD*⁸ (Berkeley Software Distribution) e mantido por uma comunidade crescente de indivíduos e organizações. Como *framework*, o *GeoExt* fornece o trabalho de base (*groundwork*) para a criação de aplicações *Webmapping* baseadas em *OpenLayers* e *ExtJS*, adicionando extensões para *ExtJS* que liga os componentes básicos do *ExtJS* às características espaciais de *OpenLayers*.

O *GeoExt* traz incorporado a habilidade geoespacial do *OpenLayers* com a interface de utilizador do *ExtJS*, para ajudar a construir poderosas aplicações GIS na WEB com *JavaScript*. Este é constituído por um conjunto de componentes que permitem ao *ExtJS* e *OpenLayers* trabalharem juntos como uma única estrutura espacial (*framework* espacial). Por exemplo, ele liga componentes de interface de utilizador (botão, grade, tabelas, listas de árvore etc.) do *ExtJS* com componentes de mapa do *OpenLayers* de modo que interajam um com o outro.

4.1.1.1 Componentes do GeoExt

O *GeoExt* possui vários componentes que possibilita ao desenvolvedor de aplicações *Webmapping* disponibilizar os seus dados espaciais ou geográficos. Entre eles podem ser considerados dois (2) componentes básicos: o *MapPanel* (extensão *GeoExt.MapPanel*) e o *Layer Tree* (extensão *GeoExt.tree.LayerContainer*).

MapPanel

O *GeoExt.MapPanel* é o coração de muitas aplicações *GeoExt*, exibindo os seus dados. Influenciado pela biblioteca cartográfica *JavaScript OpenLayers*, este pode exibir ladrilhos deixados pelos *OWS services*, executam solicitações do lado do cliente (no browser), e usa ladrilhos do popular *Web*

⁸ *Licença BSD* é uma licença de código aberto inicialmente utilizada nos sistemas operativos do tipo Berkeley Software Distribution (sistema derivado do Unix), existindo actualmente vários outros sistemas distribuídos sob esta licença. (http://pt.wikipedia.org/wiki/Licença_BSD) – consultado no dia 11 de Outubro de 2009.

Mapping Services (WMS) como o *Google Maps* e o *Virtual Earth*. O código básico de configuração de um mapa e criação de um *mapPanel*, pode ser visto a seguir:

```
var map = new OpenLayer.Map ();
var mapPanel = new GeoExt.MapPanel ({
  renderTo: 'gxmap',
  height: 400,
  width: 600,
  map: map,
  center: [33.1569825, -17.6109735]
  title: 'Um simples teste de GeoExt Map'
});
```

Layer Tree

O *Layer Tree* é um outro componente que permite aos utilizadores controlarem a visibilidade dos layers (camadas de dados) num mapa e rearranjar a ordem do seu desenho, através da extensão *GeoExt.tree.LayerContainer* que pode escutar as mudanças feitas na lista das camadas do mapa. No entanto, para além de um painel independente, o *LayerContainer* é um nó que deve estar contido em um *GeoExt.tree.TreePanel* (extensão do ExtJS) para ser visualizado. Um exemplo de código básico de configuração dum *Layer Tree* pode ser visto a seguir:

```
var mapPanel = new GeoExt.MapPanel ({
  /* A configuração aqui */
});
var layerList = new GeoExt.tree.LayerContainer ({
  text: 'Todos os Layers ou Camadas',
  layerStore: mapPanel.layers,
  leaf: false,
  expanded: true
});
var layerTree = new Ext.tree.TreePanel ({
  title: 'Map Layers',
  renderTo: 'layerTree',
  root: layerList
});
```

O *LayerContainer* automaticamente adiciona os *checkboxes* que podem ser usados para a visibilidade dos “*layers*” ou *camadas*.

4.1.2 ExtJS

ExtJS é um “*cross-browser*” biblioteca *JavaScript* que possibilita a construção de aplicações WEB, ricas em termos de interfaces e funcionalidades.

Este é um *framework JavaScript* do lado do cliente, que permite aos desenvolvedores facilmente implementar funcionalidades *desktop* na WEB, fornecendo um básico ambiente de trabalho, para manipulação de elementos DOM (Document Object Model), fazendo pedidos AJAX, gerindo eventos e escutadores, e principalmente, criando objectos que são apenas familiares em interfaces de utilizador *desktop*, como interfaces de árvore, funcionalidade *drag e drop*, grelha de dados interactiva, etc.

O *ExtJS* foi originalmente construído em *Yahoo's YUI Framework*, mas tem sido desde então abstraído a implementação da sua biblioteca básica, sendo uma biblioteca de código fonte aberto.

4.1.3 OpenLayers

O *OpenLayers* é um *framework OpenSource* de visualização de mapas, escrito em puro *JavaScript*. Este *framework* fornece uma Interface de Programação de Aplicação (API) *JavaScript*, que torna fácil incorporar mapas de uma variedade de fontes dentro duma página WEB ou aplicação. Criado e suportado principalmente pela *MetaCarta*⁹, que continua a desempenhar um papel activo no suporte e gestão deste projecto, pertencendo desde Novembro de 2007 à *Open Source Geospatial Foundation*, que apoia e promove o desenvolvimento cooperativo de tecnologias e dados geográficos.

O *Openlayers* utiliza métodos *standards* (padrão) de acesso aos dados geográficos como os protocolos *WMS, WFS, WCS, GML, etc.*, sendo semelhante ao *Google Maps* e ao *MSN Virtual Earth APIs*, mas com uma importante diferença, que reside no facto deste ser um software livre e desenvolvido pela comunidade de software *Open Source*, o que oferece um *open market* para todos os dados geográficos.

OpenLayers é considerado também como um agnóstico das tecnologias existentes, do lado do servidor, permitindo qualquer um facilmente construir aplicações usando camadas de diferentes provedores de dados geográficos, facto este, que faz com que o mesmo possa ser usado como ferramenta de integração deste tipo de dados, possibilitando a visualização destes na maioria dos *browsers* como *Internet Explorer, Mozilla FireFox, etc.*, sem depender do servidor.

Para além dos *frameworks*, como o *GeoExt*, existem também vários outros tipos de ferramentas ou softwares (livres e corporativos), que podem ser usados para fins específicos. Entre eles encontram-se

⁹ *MetaCarta*, é a principal fornecedora de soluções de pesquisa geográfica e de referência. Desenvolveu a versão inicial de *OpenLayers*, de modo a promover o uso da informação geográfica de todas as espécies.

os SGBDs espaciais e não-espaciais, os Servidores de Mapas para a Internet (conceito de *Webmapping*), as Linguagens de Programação, os Sistemas Operativos, entre outros; tendo sido feito também o uso da ferramenta *Webmapping e OpenSource*, o *GeoServer*, como o servidor de mapas, para além do SGBDs, o *PostgreSQL/PostGIS*, para o desenvolvimento do modelo proposto, na plataforma *Java*.

Como foi visto anteriormente, uma das vantagens dos SIG é a obtenção de informação por meio da relação de camadas temáticas (ou mapas temáticos), visando a análises (espaciais) de efeitos conjuntos ou resultantes dos diferentes dados envolvidos nos processos em estudo. Por sua vez, de acordo com Parma (2007), o auge da Internet e, particularmente, do serviço *World Wide Web* (WWW), ou seja, WEB, tem criado uma forte expectativa no acesso da informação geográfica descentralizada por meio de *browsers*. Este acesso à informação geográfica é possível graças a grande capacidade de interoperabilidade das ferramentas *WEB-GIS* suportadas pelas especificações ou padrões de interoperabilidade e intercâmbio de dados.

A interoperabilidade em um ambiente WEB-GIS pode ser idealizada através do esquema da Figura 9, onde no geral temos um *Computador cliente* que através de um *Web browser* acede a um *Computador servidor*, que possui um *servidor Web* que oferece serviços específicos de acesso aos dados espaciais (leitura e escrita) em diferentes formatos, processamento WEB, o “*Motor Cartográfico*” com capacidades para produção de mapas na WEB, todos estes comunicando-se através dos protocolos ou padrões abertos de interoperabilidade WEB-GIS, como o *Web Map Service* (WMS) ou *Web Feature Service* (WFS). Um *Computador cliente* pode aceder dados espaciais de várias fontes, o que significa que pode comunicar-se com vários *Computadores servidores*.

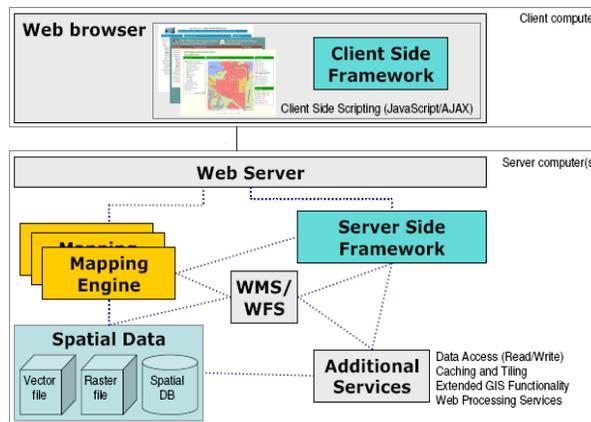


Figura 9: Visão Esquemática da Interoperabilidade WEB-GIS (fonte: Vennemann, 2008).

Contudo, os softwares de manipulação e disponibilização de mapas na WEB, tem a capacidade de apresentar a informação, fazer consultas sobre a mesma e apresentar também ferramentas interactivas e customizáveis para tarefas específicas, sempre sob a visualização e a consulta dos dados. Deste modo, as várias instituições públicas do país que fazem o uso de informação espacial nos seus processos de decisão, poderiam ter as suas informações geográficas básicas disponibilizadas na WEB, facto esse que já acontece em certas instituições como a CENACARTA (com a disponibilização da base topográfica simplificada – a BTS) e o INE (com a disponibilização das estatísticas sociais e demográficas – o ESDEM) para consultas directas pelos seus usuários (agentes decisórios e público em geral), e uso nas diversas actividades sociais.

Esta disponibilização de dados ou informações geográficas na WEB é efectuada por um *Servidor de Mapas*, e acedidos através de aplicações WEB específicas. Segundo Parma (2007), os *servidores de mapas* permitem aos usuários a máxima interacção com a informação espacial, acessando-a no formato original, podendo assim realizar consultas de diferentes níveis de complexidades. Conforme este autor, o servidor de mapas é um limitado SIG customizável através da Internet, com o objectivo de se obter um sistema intuitivo ao usuário não especializado. Estes funcionam enviando a pedido do cliente, ao *browser* algumas páginas WEB, em formato HTML ou DHTML, com uma cartografia vectorial e/ou matricial associada.

A arquitectura dos *servidores de mapas* é do tipo **cliente-servidor**: o *cliente* (browser) solicita os recursos do *servidor*. O *servidor* gere todos os pedidos e responde de forma ordenada às mesmas. A rede de comunicação é a estrutura física através da qual o *cliente* e *servidor* se comunicam. Assim, o *cliente* ao receber os dados do *servidor* os interpreta e apresenta ao usuário com certa estrutura de visualização pré-definida ou criada pelo programador do *Webmapping*.

Dentre os diversos *servidores de mapas* existentes, destaca-se o software *GeoServer*, um programa de domínio público disponibilizado gratuitamente, além de não requerer programa aditivo (plug-in) para ser executado, proporcionando a construção de aplicações cartográficas ou *Webmapping* para a WEB.

4.2 *GeoServer*

O *GeoServer* é um software servidor *OpenSource* escrito em Java, que permite aos seus utilizadores partilhar e editar dados espaciais, ou seja, geoespaciais. Licenciado sob a *GNU General Public License* (GPL), o *GeoServer* foi projectado para garantir a interoperabilidade, permitindo publicar

dados de qualquer fonte de dado espacial usando padrões abertos definidos pelo *Open Geospatial Consortium* (OGC).

Desenvolvido, testado e apoiado por um grupo diverso de indivíduos e organizações no mundo inteiro, o projecto *GeoServer* é uma implementação J2EE (Java2Enterprise Edition) completa da especificação *Web Feature Service* transaccional (WFS-T), assim como do *Web Feature Service* (WFS) e do *Web Coverage Service* (WCS) do OGC, integrado a um *Web Map Server* (WMS), formando assim uma componente central do *Web geoespacial*.

Em termos de características, podem ser consideradas as seguintes (características internas) como sendo as principais do *GeoServer*:

- Software livre e de código fonte aberto;
- Portabilidade oferecida pela existência de um directório de dados;
- Possui a biblioteca *OpenLayers* integrado nele, o que lhe oferece uma grande flexibilidade para a criação rápida e fácil de mapas e a partilha de dados geoespaciais;
- Permite criar mapas em uma variedade de formatos de saída como *OpenLayers*, *GeoRSS*, *GeoJSON*, *Shape-Zip*, *PDF*, *SVG*, *KML*, *imagens (gif, jpeg, png)*, etc;
- Trabalha com os formatos de dados do *PostGIS*, *Oracle Spatial*, *SQL Server*, *MySQL*, *DB2*, *Shapefile*, etc;
- Pode ser ligado com arquitecturas tradicionais, como as do *ESRI ArcGIS*;
- Permite mostrar dados em qualquer uma das aplicações populares de cartografia como o *Google Maps*, *Google Earth*, *YahooMaps* e a *Microsoft Virtual Earth*.

As outras características (externas) do *GeoServer* podem ser encontradas e visualizadas em qualquer projecto *GeoServer*, através da sua Interface Web de Administração. Esta interface gráfica, baseada na WEB, é fácil de usar, para além de permitir a configuração e visualização do servidor *GeoServer*. Na Figura 10, é possível visualizá-las:

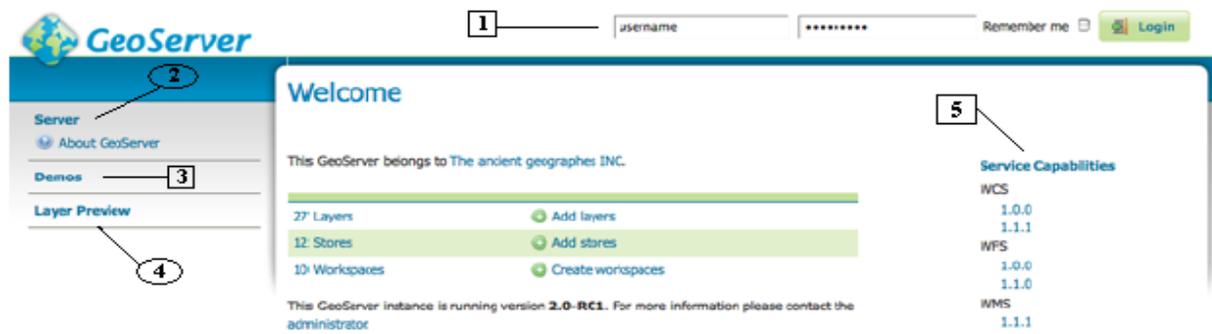


Figura 10: Interface Web de Administração do GeoServer (fonte: GeoServer Documentation, 2009).

Legenda:

- 1 – **Login:** capacidade de controlo de acesso ao ambiente de trabalho do *GeoServer*, evitando que pessoas não autorizadas façam mudanças na configuração do *GeoServer*;
- 2 – **Server (About GeoServer):** oferece *links* externos para a Documentação, a *HomePage* do *GeoServer*;
- 3 – **Demos:** contém *links* úteis para várias páginas de informação do *GeoServer* e suas características;
- 4 – **Layer Preview:** oferece dados espaciais em vários formatos de saída;
- 5 – **Services Capabilities:** mostra os serviços (WCS, WFS e WMS) oferecidos pelo *GeoServer*, permitindo a sua configuração.

4.2.1 Arquitectura do GeoServer – Lógica de Funcionamento

O *GeoServer* serve os dados usando os protocolos padrão (serviços) estabelecidos pelo *Open Geospatial Consortium* (OGC), que são considerados como sendo o “coração” do *GeoServer*. São eles:

- **Web Map Service (WMS):** que permite fazer a solicitação de mapas gerados a partir dos dados geográficos, retornando imagens e um número de formatos possíveis;
- **Web Feature Service (WFS):** que permite fazer a solicitação das características dos dados geográficos (vectores). Este padrão é que possibilita a abertura de dados; e
- **Web Coverage Service (WCS):** que permite fazer a solicitação de dados *coverage* (rasters).

A Figura 11, fornece uma vista geral da arquitectura do *GeoServer*. Uma aplicação *GeoServer* é composta de uma série de módulos, que podem ser combinados com outros módulos criados pelo desenvolvedor ou outras ferramentas, para construir sistemas robustos.

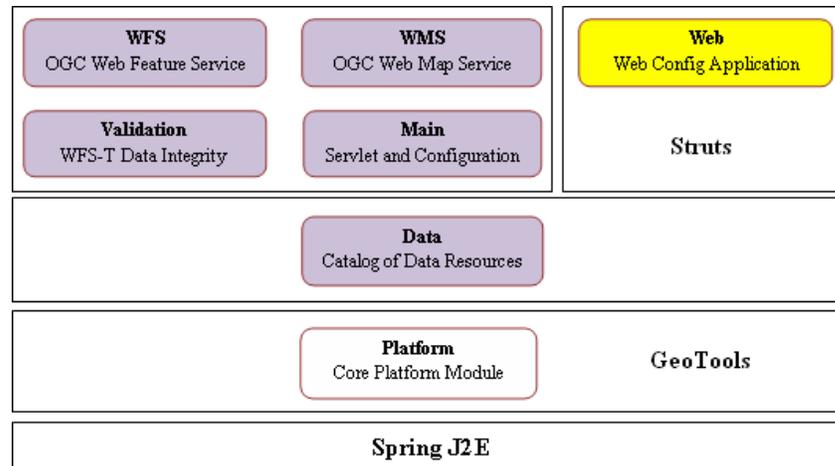


Figura 11: Visão Geral da Arquitectura do GeoServer (fonte: GeoServer Documentation, 2009).

Durante o tempo de execução um dos módulos do *GeoServer* pode fazer o uso do *Spring* para obter classes, oferecendo assim serviços de outros módulos. Esta habilidade de fazer o “*plug-in*” de funcionalidade adicional, forma a base para o **mecanismo de extensões** do *GeoServer*, sendo este mecanismo usado para oferecer *OGC WebServices*¹⁰ adicionais (pelos módulos *WFS* e *WMS*) e para implementar suporte à codificações diferentes de imagens do *WMS*. A especificação *WFS* básica permite a consulta e recuperação de características, e a *WFS* transaccional (*WFS-T*) permite a criação, eliminação e actualização de características.

O *GeoServer* possui no seu sistema de ficheiros, um *directório de dados*, denominado de *data_dir*, onde são armazenadas todas as suas configurações. Estas configurações definem:

- *Que dados são servidos pelo GeoServer?*
- *Onde é que os dados estão localizados?*
- *Como é que os serviços como o WFS e WMS devem interagir com o servidor e que dados?*

Este *directório de dados*, por sua vez, contém um conjunto de *sub-directórios*, como:

- O *data*, onde dados no formato *raster* e os *shapefiles* são armazenados, bem como qualquer outro dado baseado em ficheiro, facto esse que oferece a qualidade de portabilidade ao *GeoServer*;
- O *coverages* e *featureTypes*, contém metadados acerca das “*camadas*” que são publicadas ou apresentadas pelo *GeoServer*; e

¹⁰ *WebServices* – especificações usadas para disponibilizar serviços interactivos na Internet, podendo serem visualizados facilmente por outras aplicações que possuem a este, como por exemplo, os protocolos ou especificações *WMS*, *WFS*, *etc.*

- O *security*, contém todos os ficheiros usados para configurar o subsistema de segurança do *GeoServer*, incluindo um conjunto de ficheiros de propriedade que definem as formas de acesso, bem como os serviços e dados que cada forma é autorizada a aceder.

Existem ainda no directório *data_dir* do *GeoServer*, dois (2) importantes ficheiros *XML*¹¹, o *catalog.xml* e o *services.xml*. O ficheiro *catalog.xml* contém uma lista de todas as fontes de dados que o *GeoServer* é configurado para servir, contendo referências à *shapefiles*, *base de dados PostgreSQL/PostGIS*, *ficheiros GeoTIFF* e muitos outros tipos de dados. Contém também uma outra informação, como um conjunto de “*namespaces*” usados pelo padrão *WFS* e um conjunto de “*styles*” *SLD* usados pelo *WMS*. O ficheiro *services.xml* contém todos os serviços de níveis de configuração, entre muitas outras coisas, as opções de validação para o padrão *WFS*, *imagens*, deixando parâmetros para o *WMS*, *etc.* Contém ainda, uma entrada para cada serviço apresentado pelo *GeoServer*, que inclui actualmente uma entrada *WMS*, *WFS* e *WCS*.

Para o desenvolvimento do modelo proposto, foi usada a versão estável do *GeoServer 2.0*, podendo o mesmo ser encontrado livremente na Internet, na página oficial do *GeoServer* (<http://www.geoserver.com>). O *GeoServer* foi escolhido e usado como o servidor de mapas para a solução proposta no presente trabalho, não apenas por ser uma ferramenta *OpenSource* e facilmente adaptável às necessidades dos seus utilizadores, mas também pelas vantagens que esta oferece, segundo os seus utilizadores, como: isenção do custo de licenciamento, que é a primeira vantagem na adopção desta, e a integração de diversos repositórios de dados geográficos, com simplicidade e alta performance, permitindo unificar de forma transparente as diversas fontes de dados com características diferentes (diferentes sistemas de coordenadas e projecções, escala, etc.).

4.3 PostgreSQL/PostGIS

O *PostgreSQL* é um SGDBR que usa o modelo cliente-servidor para organizar os dados, sendo um SGDB derivado do pacote *POSTGRES*, e que é usado no desenvolvimento de aplicações que manipulam dados geográficos ou espaciais. Esta ferramenta como qualquer outra ferramenta possui características, que lhe são específicas ou básicas (Juvane, 2007):

¹¹ *XML* - é um subtipo de SGML (Standard Generalized Markup Language) capaz de descrever diversos tipos de dados, cujo objectivo principal é facilitar o compartilhamento de informações através da Internet, fornecendo uma infra-estrutura única para diversas linguagens.

- É um SGBD com código-fonte aberto e gratuito, com capacidade para armazenar grande volume de dados de tamanho não fixo;
- Permite o armazenamento de dados históricos;
- Permite efectuar consultas sobre o estado da base de dados em um determinado momento do passado e realizar várias transacções ao mesmo tempo.

O *PostgreSQL* possui uma extensão, o *PostGIS*, que é um módulo que lhe adiciona as entidades geográficas (ponto, linha, área ou polígono), embora ele já suporte por natureza as geometrias espaciais. Para além disso, este módulo adiciona-lhe ainda, a capacidade de armazenamento e recuperação segundo a especificação *SFS (Simple Features Specification)* do Consórcio *OpenGIS*, passando assim a ser indicado por *PostgreSQL/PostGIS*, para fazer menção a incorporação do *PostGIS* no *PostgreSQL*.

O *PostGIS* apresenta algumas características como: *ferramentas de interface, suporte da topologia, validação de dados, transformação de coordenadas, capacidades de geo-processamento e APIs de Programação*, o que o oferece capacidades cartográficas ao *PostgreSQL*. Conforme Muianga (2006), os dados do *PostGIS* podem ser exportados para saídas diversas do GIS, usando uma livreria OGR C++ e também ferramentas da linha de comando, para além de que qualquer linguagem (como Perl, PHP, Python, TCL, C, C++, Java, etc.) que for usada com o *PostgreSQL*, pode igualmente ser usada com o *PostGIS*.

Uma sessão do *PostgreSQL* consiste do *cliente* e do *servidor* que cooperam entre si. O *servidor PostgreSQL* é responsável pela gestão de arquivos da base de dados, e aceita as solicitações feitas pelo *cliente PostgreSQL*, permitindo deste modo a execução de tarefas na base de dados, em nome do cliente. A gestão dos arquivos da base de dados no *servidor PostgreSQL* é feita pelo *postmaster*. O *postmaster* é um programa servidor da base de dados que está sempre em execução, aguardando por novas conexões ou solicitações dos *clientes PostgreSQL*, enquanto os processos dos servidores associados aos clientes surgem e desaparecem (são executados).

Uma das grandes vantagens do *PostgreSQL*, segundo Muianga (2006), consiste na capacidade que este tem de executar *Stored Procedures* em várias linguagens de programação como: *Java, Perl, Python*,

Ruby, Tcl, C/C++, e o seu próprio *PL/pgSQL*¹² que é similar a *PL/SQL* usado no SGBD *Oracle*, facto que lhe confere uma certa compatibilidade com as bases de dados desenvolvidas em *Oracle*. Além disso, este possui ainda uma particularidade que tem a ver com a estrutura que tem incorporado em si, que permite aos desenvolvedores definir e criar seus próprios tipos de dados, funções e operadores.

Para o presente trabalho, o *PostgreSQL* foi usado para a criação e armazenamento da base de dados não espacial e a componente ou extensão espacial, o *PostGIS* para armazenamento da informação geográfica ou espacial, cuja estrutura destas, para o modelo proposto é apresentada mais adiante neste trabalho.

Segue-se o quinto capítulo, que debruça-se sobre o caso de estudo do presente trabalho, apresentando a situação actual, em termos de análise dos problemas e dos dados existentes, mostrando como as ferramentas WEB-GIS descritas no capítulo anterior foram usadas para a resolução dos problemas no concreto, e avaliando no final a aplicabilidade do modelo proposto, em termos de vantagens e desvantagens da implementação do mesmo.

¹² *PL/pgSQL*, ambiente de programação ao nível da base de dados espacial, que possibilita a consulta ou pesquisa dos dados armazenados.

CAPÍTULO V

5. CASO DE ESTUDO

5.1 Introdução

No presente capítulo, é feita uma breve apresentação das instituições do caso de estudo, no que concerne as actividades desenvolvidas por cada uma delas e a forma como tem sido feito actualmente, o uso de SIG, ou seja, de dados espaciais ou geográficos, o ambiente de partilha e intercâmbio dos dados entre estas instituições, os meios e os sistemas usados para produção e actualização dos dados e informação espacial, e os problemas e dificuldades enfrentados no processo de produção, actualização e partilha dos dados. É também apresentada a proposta de um modelo de Integração de dados espaciais, de forma a melhorar o ambiente actual, apresentando as suas funcionalidades e aplicabilidades, como alternativa de solução dos problemas constatados.

O MINED, o INE como a DNA são instituições ou sectores públicos do nosso país, com de entre outras funções, a de planificar, coordenar, dirigir e desenvolver actividades no âmbito da Educação, Estatísticas (censos) e acesso a água potável (abertura e manutenção de fontes e furos de água) respectivamente, contribuindo deste modo, para o oferecimento de serviços públicos de qualidade. Estas instituições fazem também o uso dos dados espaciais e da informação espacial ou geográfica nos seus processos decisórios, através do uso destes no auxílio à definição de estratégias e planos de acção (planificação), possuindo para tal uma base cartográfica, onde armazenam os seus dados espaciais e toda a informação geo-referenciada.

A integração desses dados permitirá, por um lado uma maior disponibilidade e uso dos mesmos e informação espacial nos processos de tomada de decisão dessas instituições, a medida que todos os dados estarão armazenados numa única base de dados em que todos poderão aceder e pesquisar os dados e informação de que necessitam conforme às suas necessidades, havendo deste modo uma significativa disponibilidade e diversidade de dados espaciais actualizados às instituições.

Por outro lado, existirá uma redução dos custos de produção e actualização deste tipo de dados, através da partilha de esforços por parte destas instituições, visto que os dados produzidos e actualizados por cada uma delas, estarão disponíveis em tempo útil as outras, no formato, padrão, escala e com a qualidade desejada, para além de que será possível combinar diferentes categorias ou tipos de dados, ou

ainda, objectos espaciais, provenientes de diversas fontes ou origens, num mesmo mapa ou ambiente de trabalho, isto é, possibilidade de análise dos dados tendo em conta vários outros aspectos, dando assim uma visão geral do estado actual do fenómeno ou objecto em análise, e melhorando deste modo, a tomada de decisão baseada na informação geográfica ou espacial.

Embora sejam vários os sectores públicos do país que produzem e tratam o dado espacial e servem-se da informação espacial para suporte à tomada de decisão, para o presente trabalho, o estudo foi realizado no CENACARTA, INE, MINED e DNA, pelo facto de existir uma certa relação entre os dados produzidos em cada uma dessas instituições, visto que tanto o INE, o MINED e a DNA fazem uso da informação de base (a Base Topográfica Simplificada-BST) do país produzida pelo CENACARTA, onde sobrepõem os seus dados espaciais, como as escolas, as fontes de água, dados demográficos, etc.

Nestas instituições foram objectos de estudo dados espaciais referentes à localização e distribuição das infra-estruturas sociais (as escolas e fontes de água), e a distribuição da população por zonas geográficas (províncias e distritos do país). Foi escolhido esse grupo ou tipos de dados para o presente estudo, por esses, para além de serem dados tratados e usados em cada uma das instituições acima citadas, são também dados que se relacionam entre si e que são combinados para auxílio aos processos de tomada de decisão. Por exemplo, existem dados espaciais referentes à infra-estruturas escolares, produzidos e tratados tanto pelo INE como pelo MINED, mas com maiores detalhes em termos de atributos de dados (informação sobre os recursos humanos e materiais, associada às escolas, etc.).

5.1.1 O Centro Nacional de Cartografia e Teledeteção – CENACARTA

O CENACARTA é uma instituição pública, subordinada ao Ministério da Agricultura e especializado no tratamento de informação espacial ou geográfica, desde a aquisição de dados até às análises cartográficas complexas. Compete ao CENACARTA, a direcção, coordenação e execução das actividades *geo-cartográficas*¹³ e de *teledeteção*¹⁴ ao nível nacional, a disseminação das técnicas de teledeteção no país, a aquisição, tratamento, processamento e distribuição de imagens e dados geo-

¹³ *Geo-cartográficas*, resultante da geo-cartografia, ou seja, cartografia geo-referenciada em que é feita a organização, comunicação, apresentação e utilização da informação geo-referenciada nas formas visual, digital ou táctil, que inclui todos os processos de preparação de dados, no emprego e estudo de todo e qualquer tipo de mapa.

¹⁴ *Teledeteção*, também conhecido por *Sensoriamento Remoto*, é a tecnologia que permite a aquisição de informações sobre objectos, sem contacto físico com eles. Consiste na aquisição e no processamento de informações sobre o ambiente terrestre, através de fotografias ou imagens adquiridas a bordo de um avião ou satélite (<http://www.cenacarta.com/artigos>).

cartográficos obtidos via satélite, a produção e criação das cartas topográficas de cada província do país, criando e mantendo actualizada com base nesses dados, a BTS do país.

O CENACARTA possui três (3) áreas fundamentais: o *subsector de cartografia e teledeteccção*, o de *cartografia temática* e o da *geodésia e fotogrametria*. Estes subsectores têm contribuído para um melhor tratamento e difusão dos dados e informação geográfica do país, principalmente de forma informatizada, através do uso de ferramentas GIS (hardwares e softwares) específicos, como máquinas *GPS*, *LPS*, *plotters*, *MapInfo*, softwares do pacote *ArcGIS* (por exemplo o *ArcView*), etc.

Como foi mencionado na secção da metodologia de pesquisa, para a realização do presente estudo, os dados ou informação necessários foram colhidos nos subsectores da *teledeteccção*, da *cartografia temática* e o da *fotogrametria*, por esses serem os que estão directamente ligados com o tratamento do dado ou informação geográfica dentro da instituição, em coordenação com outros subsectores.

A Tabela 2 a seguir apresentada, ilustra parte da informação de base do país (a divisão ou os limites administrativos, as principais vias de acesso, a hidrografia e os principais parques e reservas do país) cujos dados encontram-se armazenados na BTS do país, produzida e fornecida no formato *shapefile* (**.shp**) pelo CENACARTA, e usada por outras instituições para a produção de seus mapas temáticos, como por exemplo, o mapa de distribuição de escolas, de unidades sanitárias, rede de abastecimento de água, etc.:

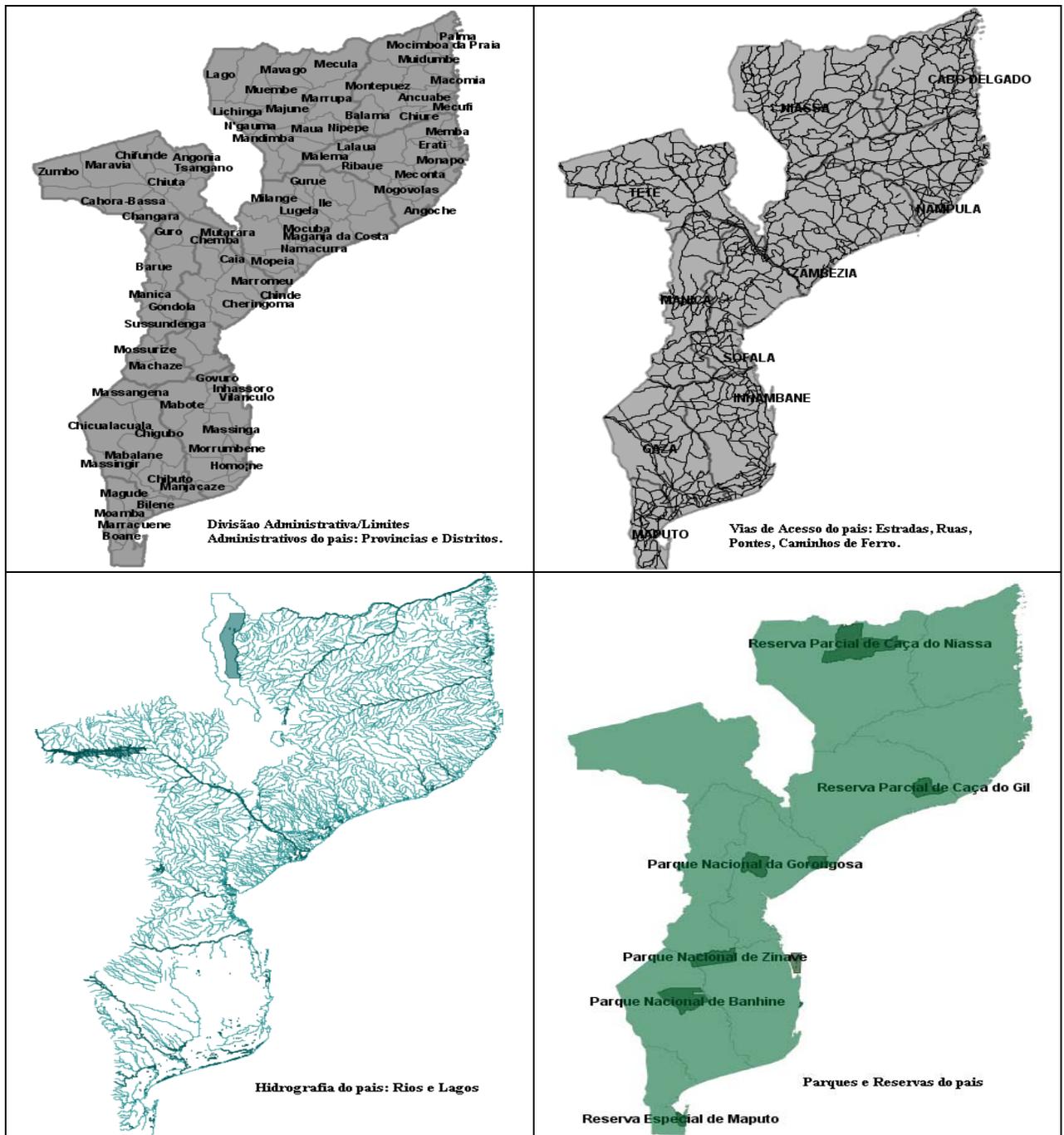


Tabela 2: Parte da Informação de base do país - BTS

A BTS, criada nos anos 1996 e 1997, no âmbito do projecto de mapeamento do uso e aproveitamento da terra, contém informação básica do país, também considerada de informação de base, como a divisão administrativa ou limites administrativos (províncias, distritos, postos administrativos, etc.), as principais vias de acesso (estradas, ruas, caminho de ferro, etc.) a informação do uso e aproveitamento da terra, etc., onde a partir dela é produzida toda outra informação espacial referente à uma dada área

ou tema (mapas temáticos), segundo as necessidades dos seus utilizadores. As cartas topográficas produzidas através desta informação de base, encontram-se na escala de 1:50.000, um valor de escala “*standard*” (padrão) definido pelo CENACARTA para todos os dados produzidos por eles.

Actualmente, o CENACARTA encontra-se na fase de definição e criação de uma nova cartografia, a de 1: 25.000, por forma a liberalizar a de 1:50.000 para os outros sectores de actividade e o público em geral, segundo um dos responsáveis desta instituição, na medida que esta cartografia (1: 25.000) permitirá apresentar melhor os detalhes dos objectos geográficos e da informação contida nas imagens de satélites.

5.1.2 O Instituto Nacional de Estatística – INE

O INE é uma instituição de direito público com autonomia técnica, administrativa e financeira. É o órgão executivo central do Sistema Estatístico Nacional (SEN), cuja missão fundamental é produzir e difundir a informação estatística oficial do país.

Na realização das suas actividades do dia-a-dia, o INE também faz o tratamento e uso de dados espaciais ou geográficos, possuindo para tal ferramentas GIS, como a *máquina GPS*, o *MapInfo*, o *ArcView* do pacote *ArcGIS 9.x*, etc., para além de ferramentas como o *MS Excel* e *Access*, que ajudam na captura, processamento, análise e apresentação dos seus dados geo-espaciais, com os quais é feita a actualização da base de dados da População e do SIG, sendo posteriormente disponibilizados pela Internet através do software *ESDEM 3.0* (Estatísticas Sociais e Demográficas de Moçambique) que possuem, bem como para a produção de atlas geográficos, demográficos e sócio-culturais da população.

Instituições como o MAE, o MINED, o MISAU, a DNEP, a DNA que também fazem o tratamento e uso de dados espaciais, têm também fornecido dados e informação espacial ou geográfica ao INE, para além do CENACARTA, como por exemplo informação referente à estrutura da divisão administrativa do país, desde o nível mais alto ao mais baixo (província, distrito, posto administrativo, localidade, município, vila, bairro ou aldeia), informação referente às escolas e as infra-estruturas sociais à volta da escola (furos e fontes de água, etc.), informação referente às unidades sanitárias, as vias de acesso (estradas, pontes, etc.), a localização das fontes e furos de água, etc., respectivamente.

Esses e outros dados espaciais ou geográficos são usados pelo INE em muitos casos como referência para a produção ou colheita dos seus próprios dados espaciais ou geográficos, alegando a falta de qualidade dos mesmos em relação à precisão com que foram colhidos ou produzidos pelas outras instituições, aquando do processo de preparação do Censo, através do uso destes apenas como referência para os cartógrafos no terreno. Por exemplo, o INE faz o uso das cartas topográficas das províncias que não possuem a base topográfica (mapas analógicos) e imagens de satélites, provenientes do CENACARTA, para a colheita dos dados espaciais ou geográficos na zona rural.

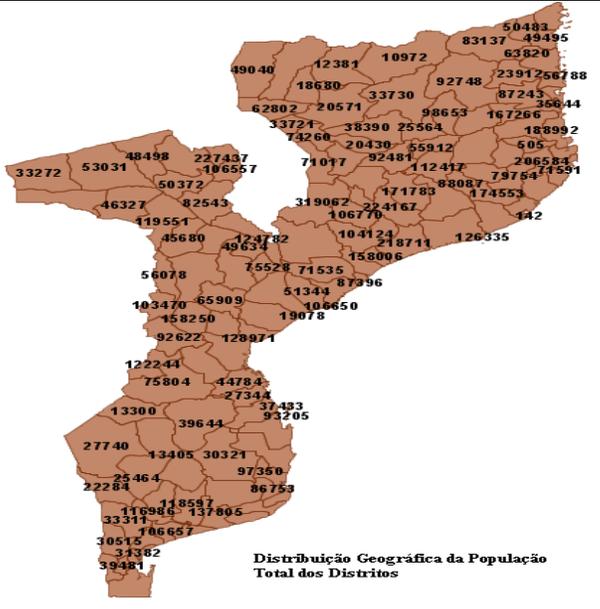
Nesta instituição, os dados para a realização do presente estudo foram colhidos na Direcção de Censos e Inquéritos (DCI), concretamente no Departamento de Cartografia e Operações (DCO), que tem entre outras obrigações, o dever de organizar e manter actualizada a cartografia para fins estatísticos (especificamente para o recenseamento, inquéritos e contagem da população), para além da função de organizar e manter também actualizada a *Mapoteca*¹⁵ do INE.

Parte dos dados e informação colhidos nessa instituição, referente às coordenadas geográficas das aldeias do país (a Distribuição Geográfica da População Total dos Distritos do país), pode ser visualizada na Tabela 3 apresentada a seguir:

Provincia	Distrito	Total	Masculino	Feminino	Agregados	Latitude	Longitude
Niassa	Lago	49040	23839	25201	11899	-15.24580	36.45000
	Mecula	10972	5423	5549	2714	-15.24333	36.48361
Cabo Delgado	Palma	50483	21225	20957	10963	-12.94917	39.86528
	Montepuez	92748	42170	45073	23535	-12.87778	39.87833
Nampula	Ribaue	112417	55565	56852	29067	-16.23639	39.58806
	Memba	188992	92320	96672	50741	-16.21611	39.63000
Zambezia	Ile	224167	103252	120915	54619	-15.63111	37.65333
	Mocuba	104124	50576	53548	24031	-15.66806	37.63333
Tete	Zumbo	33272	16053	17219	7146	-14.40830	34.31670
	Chiuta	50372	23370	27002	12547	-14.41110	34.34580
Manica	Barue	56078	26537	29541	10535	-18.33278	33.18611
	Gondola	158250	77664	80586	34898	-18.23060	33.21670
Sofala	Marromeu	51344	24901	26443	12064	-19.89445	34.39167
	Caia	75528	35424	40104	15356	-19.88334	34.35000
Inhambane	Mabote	39644	15983	23661	8405	-22.82361	34.16278
	Homoine	86753	37537	49216	21719	-22.72920	34.17500
Gaza	Bilene	106657	45079	61578	24572	-25.04222	33.05778
	Massingir	22284	10125	12159	4253	-25.00417	33.08333
Maputo	Boane	39481	18320	21161	11069	-25.88361	32.30278
	Marracuene	31382	14813	16569	8567	-25.84250	32.34861

Parte das Coordenadas Geográficas das Aldeias
(fonte: INE, 2007)

a) Dados e informação não espacial



b) Dados e informação espacial

Tabela 3: Coordenadas Geográficas das Aldeias do país: População Total dos Distritos.

¹⁵ *Mapoteca* – arquivos digitais de itens cartográficos de diversos tipos, como mapas políticos, hidrográficos, cartas topográficas, imagens de satélites, fotografias aéreas, com o objectivo de atender às actividades de ensino e pesquisa. http://www.ige.unicamp.br/site/htm/07_02_01_06.php Consultado no dia 15/05/08

5.1.3 O Ministério da Educação – MINED

O MINED é um sector público do país que tem por missão principal “*promover a oferta de serviços educativos de qualidade, com equidade, e igualmente promover, coordenar, facilitar e harmonizar as iniciativas dos vários intervenientes na área cultural*” (PEEC, 2006-2010/11).

Para o cumprimento da sua missão, o MINED define políticas e estratégias, e cria mecanismos e meios para a expansão da rede escolar e melhoria da qualidade de educação, através da construção de mais escolas, principalmente nos locais onde existem população em idade escolar, e o seu apetrejamento em recursos humanos e materiais, bem como a manutenção das mesmas.

Sendo o MINED uma organização, ele encontra-se estruturado ou possui vários departamentos e secções, e o departamento responsável pela produção e tratamento de dados e informação espacial ou geográfica, é o Departamento da Planificação e Estatística (local de colheita dos dados), onde encontra-se em curso (em fase de implementação) o projecto da CartaEscolar, que trata da produção de dados e informação espacial dentro do MINED, ou seja, que implementa um SIG para suporte à tomada de decisão, na resposta à questões do tipo:

- *Onde construir mais escolas?*
- *Que tipo de escolas, ou seja, escolas com que características construir?*
- *Qual o estado actual de uma determinada escola?*

Segundo os funcionários do MINED (técnicos planificadores), a CartaEscolar é um projecto criado dentro do Programa Quinquenal do Governo e do plano Estratégico da Educação para o sector da Educação, com o objectivo de avaliar a acessibilidade física da rede escolar e ajudar na definição de áreas prioritárias para a construção e abertura de escolas, e estimar em cada área a proporção da população escolar (crianças em idade escolar) que poderiam frequentar essas escolas.

Dentre as actividades desenvolvidas neste projecto, com vista a uma melhor planificação do sector, destacam-se as seguintes:

- ✓ Cadastro de escolas e levantamento das coordenadas das escolas (localização geográfica);
- ✓ Levantamento demográfico da população escolarizável por sexo e idade; e
- ✓ Análise da acessibilidade física da rede escolar, identificação das zonas de recrutamento e/ou que necessitam de ampliação da escola.

Todas estas actividades são realizadas com o auxílio das tecnologias GIS ou SIGs e os sistemas de informação baseados em *MS Excel* (para produção de relatórios tabulares e gráficos) e *MS Access* (para gestão da base de dados) que possuem, e o software *EducStatistic* (que produz as estatísticas de distribuição geográfica das escolas e dos recursos nelas existentes).

Em termos de ferramentas GIS, são utilizados softwares GIS como o *MapInfo*, o *ArcView*, etc., do pacote *ArcGIS 9.3*. Também, têm feito uso de “*mapas limpos*”, ou seja, da informação de base do país (BTS) produzida pelo CENACARTA do país, no formato digital, onde sobre ela é colocada a informação e dados espaciais das escolas (as coordenadas geográficas) para a produção dos mapas temáticos e para serem usados na planificação e tomada de decisão.

Para além da BTS do CENACARTA, o MINED tem feito também uso de dados espaciais produzidos pelo INE (como dados geográficos referentes à distribuição geográfica da população por zonas geográficas (aldeias) do país, das infraestruturas sociais, estatísticas sociais, etc.), e dados espaciais produzidos pela DNA (dados referentes à localização das fontes e furos de água potável, como poços, fontenários, etc.), nos seus processos de tomada de decisão, por exemplo aquando da planificação ou tomada de decisão sobre a construção ou não de uma escola de um certo tipo, numa certa região ou zona geográfica do país (localidade), tendo em conta por exemplo, as características da população (faixa etária, actividades económicas que desenvolvem, etc.) que irá se beneficiar da mesma, a existência de uma fonte ou furo de água no local, etc.

Assim, é possível visualizar na Tabela 4-a), de forma resumida, parte dos dados espaciais e não espaciais (ficha usada para o levantamento dos dados das escolas e relatórios sobre a evolução do ensino público no país, no ano de 2007, turno diurno, e de número de alunos matriculados e dos recursos materiais e humanos existentes) fornecidos no formato de *MS Excel* e gerados pelo software *EducStatistic* em uso na Direcção de Planificação e Estatística do MINED, e que é actualizada anualmente:

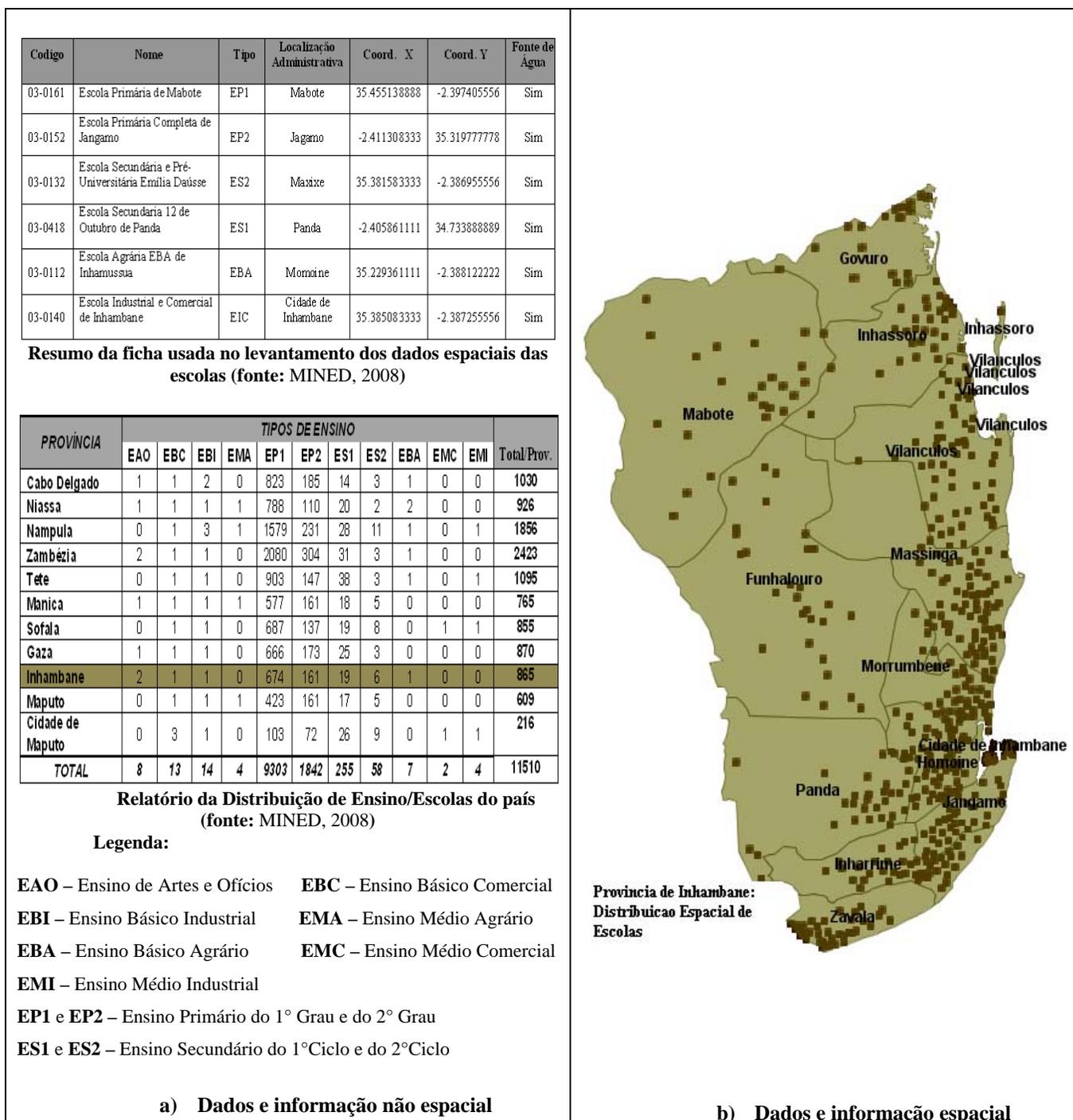


Tabela 4: Distribuição total de escolas/ensino no país e da província de Inhambane.

Os dados das coordenadas geográficas ou espaciais das escolas foram fornecidos em tabelas de *MS Access*, tendo os mesmos sido usados para a criação do mapa apresentado na Tabela 4-b), que mostra a Distribuição espacial de escolas da província de Inhambane, criado pela candidata com o auxílio da ferramenta *OpenJump*, uma ferramenta *OpenSource* e livre, de fácil aprendizagem e utilização, usada

para manipulação de dados espaciais e criação de ficheiros no formato *shapefile* (.shp), tendo também sido usada para a criação de todos os outros *shapefiles* usados no presente trabalho.

Até à altura da realização do presente trabalho, o processo de implementação da *CartaEscolar* já tinha decorrido nas províncias de Inhambane (concluída a fase de actualização dos dados existentes), Cabo Delgado, Zambézia e Tete (em fase de finalização do processo de introdução dos dados). As restantes províncias encontravam-se ainda no início do processo de introdução dos dados colectados.

5.1.4 A Direcção Nacional de Águas – DNA

A DNA é um sector público tutelada pelo Ministério das Obras Públicas e Habitação (MOPH), e dentro da sua estrutura orgânica, encontram-se entre outros departamentos, o Departamento de Água Rural, subsector este, onde foi realizada a colheita dos dados para o presente estudo, e que tem por missão principal criar todos os mecanismos necessários para garantir o abastecimento de água potável na zona rural através de entre outras actividades, o desenho de estratégias operacionais; monitorização e avaliação, com base nos relatórios apresentados pelas Direcções Provinciais, do cumprimento ou execução das actividades definidas; estudos e projectos de expansão da rede de abastecimento de água potável às zonas rurais, através de abertura de mais furos e fontes de água e a sua reabilitação (aumento da cobertura).

Para uma melhor tomada de decisão e definição das suas estratégias operacionais, a DNA possui ou faz o uso da informação geo-referenciada ou espacial das fontes de água, produzida pelos SIG e ferramentas GIS (por exemplo o *ArcView*) que possui, existindo já nesta instituição uma base de dados espaciais ou geográfica, embora não estando ainda completa e actualizada toda a informação espacial, de todas as províncias do país.

Actualmente, encontram-se na fase de criação da base de dados e de recolha dos dados para o cadastro e validação dos dados existentes, para certas províncias do país, como o caso da Zambézia, Niassa, etc., sendo que apenas a província de Gaza, a que possui todas as fontes de água já geo-referenciadas, encontrando-se, na altura de elaboração do presente trabalho, a realizarem-se apenas os trabalhos de manutenção da mesma (actualização dos dados), facto que fez com que a mesma fosse a base de estudo, em relação à distribuição das fontes e furos de água.

Na Tabela 5-a) é apresentada dados e informação referente às fontes e furos de água da província de Gaza, através da apresentação de parte (resumo) da ficha usada no levantamento dos dados espaciais das fontes e furos de água, e do relatório sobre o que foi planificado em termos de construção ou reabilitação de fontes de água dispersas, previstas no PES 2008¹⁶, em todo o país, produzido pelo Departamento de Água Rural, da DNA, e fornecido em tabelas de *MS Excel*, sendo na Tabela 5-b) apresentado o mapa que mostra a Distribuição espacial de fontes e furos de água também da província de Gaza, tendo também sido criado com o auxílio da ferramenta *OpenJump*, e cujas coordenadas geográficas fornecidas em tabelas de *MS Excel*.

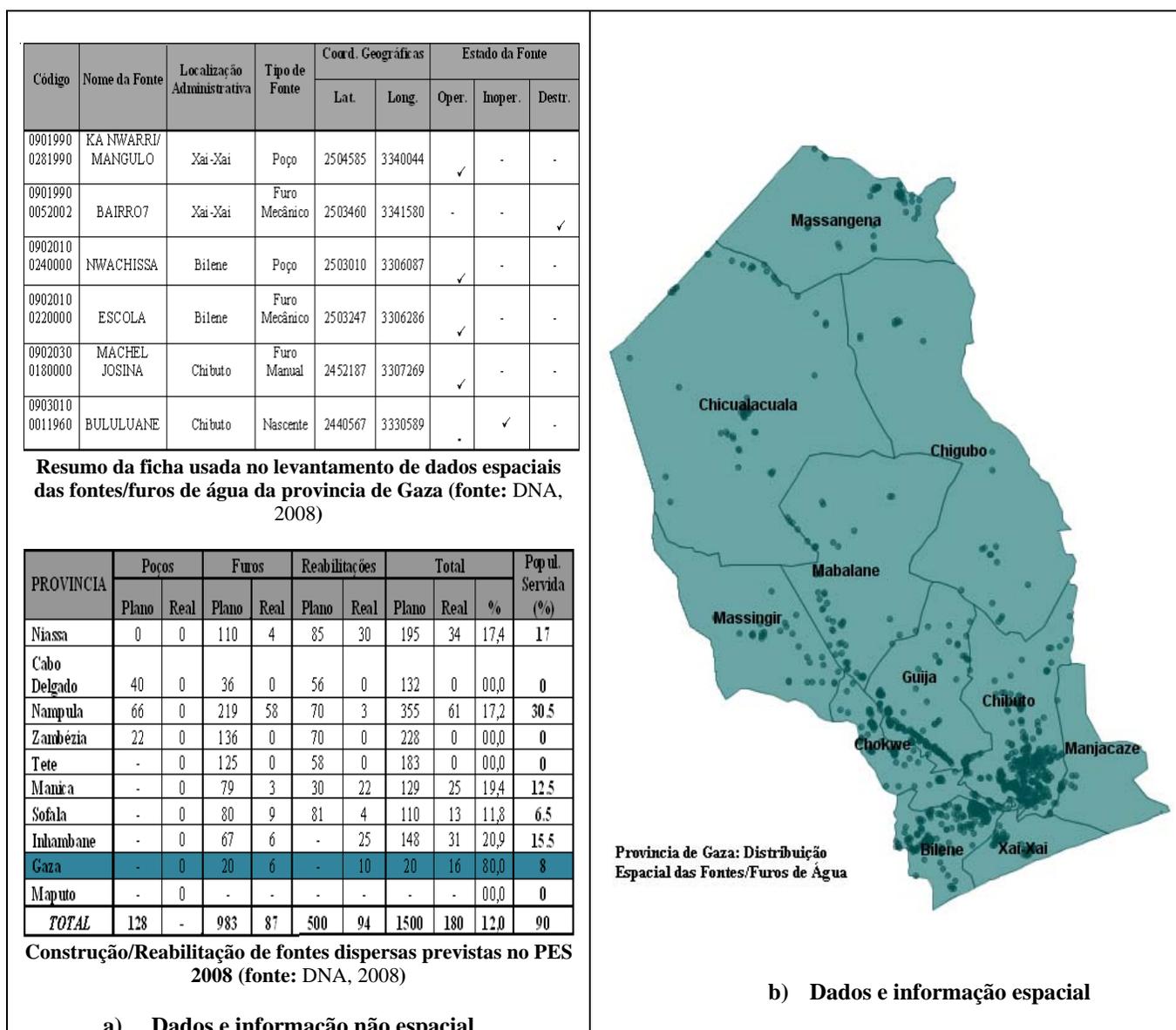


Tabela 5: Distribuição espacial de fontes/furos de água da província de Gaza.

¹⁶ PES 2008 – Plano Económico Social para o ano de 2008.

Para além da informação de base (BTS) proveniente do CENACARTA, a DNA também trabalha ou faz o uso dos dados e informação espacial ou geográfica provenientes do INE, MINED, MISAU, MAE, entre outras instituições, como por exemplo: a distribuição da população do país por zonas geográficas (aldeias), distribuição das infra-estruturas sociais (escolas, unidades sanitárias, etc.), códigos da estrutura administrativa, etc., nos seus processos decisórios, como por exemplo, decisão sobre a abertura ou não de furos de água potável numa dada zona ou localidade.

5.2 Análise dos dados

Para o desenvolvimento do modelo proposto no presente trabalho, foram fornecidos e usados os dados das províncias de *Inhambane* (dados das escolas), *Gaza* (dados das fontes e furos de água), *Manica* e *Zambézia* (dados das infra-estruturas sociais: unidades sanitárias, escolas, fontes e furos de água, etc.), e todas as províncias do país (dados de distribuição total da população por zonas geográficas – aldeias).

Não foi usado nenhum critério de selecção, pelo facto de essas serem as províncias, segundo os funcionários das instituições em estudo, que possuíam até ao momento da recolha dos dados, dados e informação, organizada e actualizada nas suas bases de dados, para além de encontrarem-se nas fases avançadas de implementação do projecto de criação das bases de dados e tratamento de dados espaciais.

Contudo, a escolha das províncias acima mencionadas, teve no geral os seguintes fundamentos, segundo os dados colhidos:

- São as províncias escolhidas na fase piloto dos projectos de desenvolvimento e criação das bases de dados geográficas ou espaciais nestas instituições (MINED e DNA);
- São as províncias que em termos de quantidade de dados geo-referenciados colhidos e armazenados nas bases de dados, possuem dados completos e mais actualizados em relação às restantes províncias;
- Existência de um número maior de coordenadas geográficas das escolas (Inhambane) e fontes de água (Gaza), já colhidas e armazenadas em cada uma das bases de dados.

Tanto os dados espaciais referentes as escolas, as fontes e furos de água, das infra-estruturas sociais e aldeias (distribuição da população do país), como alguns dos relatórios estatísticos produzidos pelos sistemas e softwares existentes nessas instituições, foram fornecidos por estas instituições em ficheiros

access e excel (.mdb e .xls, respectivamente), que são baseados em *MS Access* e *MS Excel*. Porém, para o caso dos dados fornecidos pelo CENACARTA, referente à BTS, os mesmos foram fornecidos em ficheiros *shapefiles (.shp)*.

Para além desses dados fornecidos pelas instituições, foram também analisados dados e informação obtidos das entrevistas realizadas, através dos quais foi possível conhecer as características dos dados espaciais produzidos, em termos de que dados são produzidos, os formatos dos dados produzidos e partilhados, e as ferramentas, ou seja, recursos tecnológicos ou não como: *programas de computador, equipamentos electrónicos, formulários mapas em papel, etc., usados* na produção dos mesmos dados.

Contudo, como resultado das entrevistas realizadas e análise da documentação facultada pelas instituições em estudo, apresenta-se na Tabela 6, de forma sistemática e comparativa os sistemas de coordenadas, os padrões, os modelos de dados, e as escalas em que se encontram os dados espaciais, que cada instituição (o INE e o MINED, por exemplo) produz e trabalha, por forma a identificar as diferenças quanto às características dos dados espaciais dessas instituições, que é o que dificulta em certa medida o processo de partilha destes mesmos dados:

Instituição	Sistema Referencial *	Modelo	Padrão*	Escala dos objectos*	Fontes de dado	Proveniência dos dados
INE	Sistema de Coordenadas Planas (UTM)	Raster e Vectorial	Padrões definidos pela CENACARTA	1:50000 (área Rural) e 1:250000 (área Urbana)	Fotografias aéreas, imagens de satélite, cartas topográficas, cartas geográficas, censos, fontes analógicas, etc.	CENACARTA, MISAU, MINED, MIC, MMCAS DNEP, DNA, etc.
MINED	Sistema de Coordenadas Geográficas	Raster e Vectorial	Não definidos (próprios)	Variam	Cartas topográficas, mapas digitais limpos, fontes analógicas, censos, etc.	CENACARTA, INE, MMCAS, MISAU, MIC, DNA, etc

Tabela 6: Comparação das Características dos dados espaciais produzidos pelo INE e MINED.

A comparação apresentada foi feita entre o INE e o MINED, pelo facto de a DNA usar ou trabalhar com os padrões de dados definidos pelo INE (que são os definidos pelo CENACARTA), para além de usar o mesmo sistema referencial ou de coordenadas (geográficas) e mesma forma de representação, por exemplo do objecto “fonte de água”, que é um tipo de dado colhido tanto pela DNA, pelo INE,

como também pelo MINED, mas com maior especificação ou detalhamento, em termos de atributos de dado, pela DNA.

A partir desta informação, é possível verificar que de facto cada instituição produz e formata os dados espaciais segundo as suas necessidades, o que torna difícil o compartilhamento ou intercâmbio dos mesmos. Esta diferença de padrões, escalas, modelos e fontes de dados verificada entre estas duas (2) instituições, de forma geral, é que faz com que os dados sejam convertidos, em algumas situações antes de serem usados pelas instituições, perdendo assim em alguns casos, as suas propriedades, comprometendo com isso, o seu devido uso e a qualidade dos mesmos.

Por outro lado, é possível verificar na Tabela 7, as características dos dados, quanto aos *formatos de dados usados* e as *ferramentas usadas* para a sua produção em cada instituição, sendo a partir dela possível conhecer e fazer uma comparação dos formatos dos dados espaciais destas instituições, por forma a analisar e avaliar até que ponto esses dados são compatíveis em termos de formatos de dados espaciais usados no ambiente de partilha entre estas instituições:

<i>INSTITUIÇÃO</i>	<i>Formato de Dados Usados (.shp, .map, .dbf,...)</i>	<i>Formato dos Dados Usados na Transferencia (.dbf, .arc export, MapInfo (.mif, .mid), ...)</i>	<i>Ferramentas de Produção de Dados Usados</i>
CENACARTA	.shp, .dbf, .jpg, .geoTiff	MapInfo (.mif, .mid,...)	ArcGIS, ArcView, MapInfo, Máquina GPS, Imagens de Satélite, Fotografias aéreas, Mapas analógicos, Formulários, LPS, etc.
INE	.shp, .map	-----	ArcGIS, MapInfo, MS Excel, MS Acces, Máquina GPS, Formulários, Mapas analógicos, etc.
MINED	.shp, .map, .dbf	-----	ArcGIS, MapInf, MS Access, MS Excel, Máquina GPS, Formulários, etc.
DNA	.shp, .dbf, .shx	-----	ArcView, Máquina GPS, MS Access, MS Excel, Formulários, etc.

Tabela 7: Resumo dos Formatos e Ferramentas usados na Produção dos Dados Espaciais.

Da tabela apresentada acima, é possível verificar que em termos de formatos de dados usados nestas instituições na produção de seus dados espaciais, existe uma certa semelhança entre elas, ou seja, no

geral os formatos usados são os *shapefile* (.shp) e *mapfile* (.map), e os formatos usados na transferência dos mesmos é o *MapInfo* (.mif, .mid, ...), usado pelo CENACARTA, facto esse que pode ser justificado pela existência das áreas de fotogrametria e teledetectecção, onde são feitos os processamentos de fotografias aéreas e o remote sensing, respectivamente. Quanto às ferramentas de processamento dos dados usados, pode-se verificar que no geral são usadas as mesmas ferramentas, as do pacote *ArcGIS* para o processamento dos dados espaciais que suporta o padrão *OpenGIS* para SIGs apresentado na secção 3.5 deste trabalho.

Contudo, os dados usados na aplicação desenvolvida, foram antes manipulados e transformados para o formato *shapefile* (.shp) e produzidos os *layers* ou *camadas de dados* necessários com a ajuda da ferramenta *OpenJump 1.3*, uma vez que os mesmos encontravam-se em ficheiros *MS Excel* e *MS Access* (formatos .mdb e .xls respectivamente). Por sua vez, os mesmos ficheiros *shapefiles*, foram convertidos em formato *KML* (.kml), um formato de dado espacial, facilmente convertido para outros formatos, e manipulado em muitos softwares e ferramentas GIS, como é o caso da proposta, e usada no presente trabalho, o *framework GeoExt* e o *GeoServer*.

O modelo WEB-GIS proposto neste trabalho como forma de contribuir para a partilha e intercâmbio de dados espaciais e redução dos custos de produção dos mesmos entre instituições que fazem o tratamento e uso de dados espaciais nos seus processos decisórios, ajuda na melhoria do ambiente de partilha de dados espaciais e, conseqüentemente, das decisões tomadas com auxílio desse tipo de dado e informação, quanto à questão do acesso e da qualidade dos mesmos, e não só, na medida que os mesmos passarão a encontrarem-se disponíveis, em tempo útil e nos formatos e padrões previamente definidos e conhecidos por todas elas.

5.2.1 Ambiente de partilha de dados espaciais - modelo actual

Tanto o INE, o MINED e a DNA, fazem o uso da BTS do CENACARTA, para além de que as mesmas instituições também partilham os seus dados entre si, sendo os mesmos dados usados na tomada de decisão. Contudo, o ambiente de partilha de dados espaciais entre estas instituições (o CENACARTA, o INE, o MINED e a DNA) do caso de estudo, pode ser representado de forma geral, através do esquema apresentado na Figura 12, de modo a se ter uma ideia do ambiente actual:

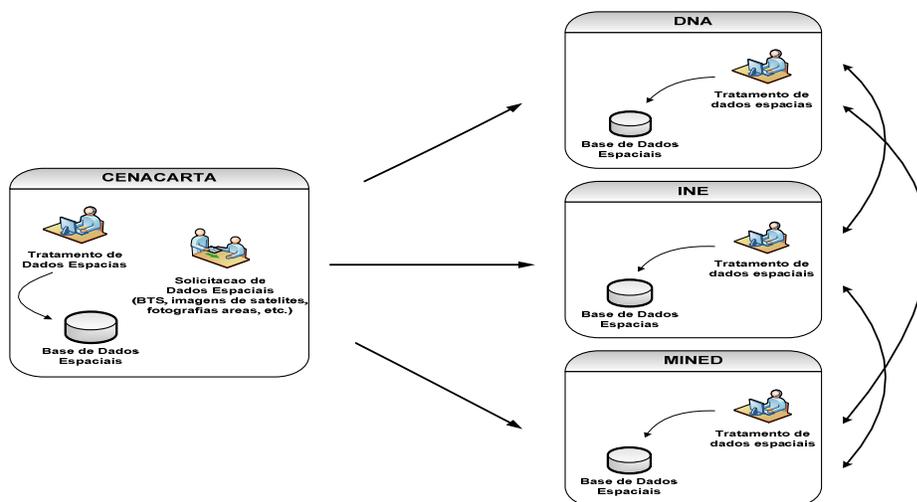


Figura 12: Esquema geral do ambiente actual de partilha de dados espaciais.

Embora a Figura 12 mostre claramente, a solicitação de dados espaciais sendo feita por outras instituições à CENACARTA, é de salientar que também entre elas (o INE, o MINED e a DNA) têm havido solicitações de dados espaciais. Estes dados são fornecidos tanto em formato analógico como digital, sendo transportados através de dispositivos de transporte como *CDs* (700Mb), *ZIP Drives* e, em alguns casos, os mesmos dados são obtidos nas páginas de internet das instituições (para o caso do CENACARTA e do INE).

Contudo, é apresentada na Tabela 8, de uma forma sistemática, alguns dos dados espaciais partilhados entre estas instituições, e que foram seleccionados como referência para o presente estudo. São eles, dados espaciais referentes às escolas (MINED), fontes de água (DNA), distribuição da população por aldeias e infra-estruturas sociais (INE), e a informação de base (a BTS) do CENACARTA:

INSTITUIÇÃO	DADOS ESPACIAIS PRODUZIDOS/PARTILHADOS			
	Base Topográfica Simplificada	População e Infraestruturas Sociais	Escolas	Fontes de Água
CENACARTA	√	----	----	----
INE	√	√	√	√
MINED	√	√	√	√
DNA	√	√	√	√

Tabela 8: Grupo de dados espaciais produzidos e partilhados entre as instituições.

Porém, como qualquer outro processo normal, este não está alheio a falhas ou problemas, o que faz com que o mesmo não corra com a eficácia que se pretende ou se deseja, influenciando deste modo não só a qualidade dos dados ou informação produzida, como também a qualidade das decisões tomadas com base nestes.

Neste contexto, é apresentada a seguir os problemas e constrangimentos que os responsáveis pela produção, actualização e uso dos dados espaciais enfrentam no geral. É de salientar que este conjunto de problemas, foi o motivo pelo qual, no presente trabalho foi desenvolvido e apresentado um modelo, que se acredita que irá auxiliar e contribuir na melhoria deste processo de partilha e, a consequente, redução dos custos de produção dos dados espaciais por parte destas, e outras instituições que partilham o dado e informação espacial.

5.2.2 Problemas do modelo actual de partilha e actualização dos dados espaciais

Acredita-se que para qualquer proposta de solução de um problema, deve-se partir por regra de uma identificação e análise do problema em todos os seus aspectos.

Assim, das entrevistas efectuadas aos vários intervenientes no processo de produção dos dados e tomada de decisão nas instituições de caso de estudo, bem como da análise dos documentos existentes e facultados pelos entrevistados (fichas para a colheita dos dados e os relatórios produzidos pelos sistemas e softwares existentes nestas instituições), foram identificados e compreendidos vários factores que contribuem para existência de dificuldades no processo de produção e intercâmbio ou partilha de dados espaciais, que são usados pelos responsáveis pela tomada de decisão nestas instituições.

Como resultado da análise das informações colhidas nas entrevistas realizadas, foi possível perceber a grande necessidade e esforço destas instituições em introduzirem o uso de SIGs no suporte aos seus processos decisórios, através da criação de bases cartográficas e uso de informação geo-referenciada, facto esse verificado tanto no Departamento da Planificação e Estatística do MINED, como o Departamento da Água Rural, da DNA, pois para os responsáveis desses sectores, a informação geo-referenciada ou espacial tem um carácter estratégico que se acentua com a sua informatização, através da melhoria principalmente da forma de apresentação e consequente análise da mesma.

No MINED, como forma de satisfazer a essa necessidade e fazer o uso do grande valor que tem a informação geo-referenciada na tomada de decisão, foi criado e implementado o projecto denominado de CartaEscolar em 1998, encontrando-se actualmente na fase de implementação.

Por outro lado, verifica-se uma crescente vontade e necessidade de criação de uma base cartográfica nacional e padronizada, facto esse manifestado pelos responsáveis pela produção de dados espaciais

nessas instituições, e que a mesma estivesse sob a responsabilidade de uma das instituições, o CENACARTA, por essa ser a instituição que tem como responsabilidade principal, o tratamento oficial de dados e informação geográfica do país. Esta instituição seria a responsável pela criação e definição dos padrões e formatos para os dados espaciais produzidos em todas outras instituições do país, e iria também regularizar e controlar a distribuição e acesso aos mesmos.

Embora a forma como é feito o tratamento de dado e informação geo-referenciada do país pelo CENACARTA, reflecte em parte o ambiente e a situação desejada, na medida que as informações gerais e de base do país já se encontram armazenadas na BTS, na escala 1:50.000 e disponibilizadas pela Internet para o acesso às outras instituições do país, quer públicas ou privadas, fazendo o uso dela para a produção da informação necessária aos seus processos decisórios, como por exemplo, a produção de mapas temáticos, esta mesma BTS data do tempo colonial, carecendo de actualização dos dados e informação nela existente.

Contudo, decorre o processo de actualização dos dados da BTS embora de forma lenta, isto devido à aspectos de vária ordem, que têm dificultado o andamento do processo, dos quais se destacam alguns, segundo um dos responsáveis do CENACARTA:

- Falta de pessoal técnico capacitado, como técnicos de teledetecção, fotogrametria, cartógrafos, geógrafos, entre outros;
- Mecanismos deficientes de recolha, processamento e actualização dos dados, devido à falta de tecnologias e equipamentos adequados (hardware e software actuais) para o uso nas áreas de cartografia, teledetecção, fotogrametria, etc., os existentes datam dos anos 60 e encontram-se ultrapassados para os desafios actuais;
- Recolha imprecisa e incompleta dos dados, o que acaba influenciando na qualidade dos dados e da informação produzida;
- Existência de cartas topográficas desactualizadas (criadas à mais de 40 anos), tendo a base topográfica simplificada do país sido actualizada pela última vez em 1999 e levado o processo cerca de 3 meses;
- Uso de processo manual na produção de mapas, devido à falta de equipamentos específicos, levando cerca de 90 dias ao invés de 3 dias, a produção de um simples mapa;

- Existência de poucos *pontos geodésicos*¹⁷ no país (um em Tete e outros na zona sul);
- Dificuldade de actualização da base topográfica existente, devido à exiguidade de recursos materiais e humanos, e a falta de financiamentos para os projectos de actualização;
- Dificuldades na obtenção de fundos do Estado para a realização das actividades de actualização dos dados e informação existente, devido ao burocratismo existente no processo;
- A não correspondência entre o valor de produção e o de venda dos mapas produzidos;
- Existência de poucas cartas topográficas do país, existindo actualmente um pouco menos de 1207 cartas na escala de 1:50.000, devido à falta de financiamentos para os projectos de produção de mais cartas topográficas (futuramente na escala de 1: 25.000);
- Existência de normas desactualizadas que regulam a produção e difusão dos dados e informação geo-referenciada no país.

Entretanto, dentre os problemas e constrangimentos identificados e que são de uma forma geral comuns nas instituições em estudo, se destacam os seguintes:

- Existência de dados ou informação não actualizada, ou seja, atraso na actualização dos dados nas bases de dados, devido à forma como é feita a actualização dos dados através do uso de dispositivos de transporte de dados (ZIP Drives, CDs, etc.) dos níveis mais baixo para os mais altos;
- Recolha imprecisa ou incompleta de dados, tornando-os pouco fiáveis para suporte à tomada de decisão;
- Pouca disponibilidade de recursos materiais e humanos (técnicos capacitados);
- Incompatibilidade de padrões e formatos de dados (escala, modelos, etc.) utilizados;
- Perda da qualidade dos dados devido ao processo de conversão a que são sujeitos em certos casos antes da sua utilização;
- Diferentes formas de tratamento de dados espaciais ou geo-referenciados nessas instituições, o que dificulta a comunicação ou intercâmbio dos mesmos;
- Falta de confiança nos dados produzidos e fornecidos por outras instituições, pelo facto dessas definirem seus próprios padrões e formatarem segundo as suas necessidades;
- Uso de sistemas pouco flexíveis, baseados em *Microsoft Excel* e *Access* para obtenção de informação (parte dela) necessária à tomada de decisão;

¹⁷ *Pontos geodésicos*, pontos de referência usados na recolha das coordenadas dos objectos geográficos.

- Dificuldade de actualização dos dados e informação existente, justificada pela falta de disponibilidade de recursos, principalmente financeiros.
- Falta de definição e uso de padrões e formatos de dados espaciais comuns pelas instituições, bem como de normas actuais que regulam a produção e difusão desses mesmos dados.

Apesar desses todos problemas e constrangimentos, foi possível constatar que existe nestas instituições, uma grande consciencialização por parte dos agentes decisórios sobre a importância do tratamento e uso do dado e informação espacial ou geo-referenciada, para suporte aos seus processos de tomada de decisão, facto esse justificado pela introdução ao uso de ferramentas GIS e criação de bases de dados espaciais nas instituições. Segundo os entrevistados, essa necessidade surge das vantagens que o uso destas ferramentas oferece, que vão desde o conhecimento da localização exacta dos objectos ou problemas em estudo, até às possibilidades e facilidades de análises dos mesmos.

Porém, essa introdução, tratamento e crescente uso de dados espaciais nessas instituições é feita de forma desordenada, ou seja, não regrada ou padronizada, na medida que cada instituição produz e formata os dados de forma diferente, dificultando deste modo o intercâmbio e uso destes, caso esses queiram ser combinados com outros dados. Este facto, faz com que exista redundância dos dados produzidos pelas instituições, duplicação de esforços e desperdício de recursos, pois várias instituições acabam produzindo o mesmo dado e informação espacial, embora em alguns casos com maiores detalhes em relação a outra.

Como exemplo, temos o caso do INE e do MINED, em que cada uma delas produz os dados espaciais referentes à educação (o objecto escola), mas a diferença é que o MINED produz uma informação mais detalhada ou pormenorizada.

Estes e outros problemas foram solucionados com o desenvolvimento de uma aplicação WEB-GIS que permite não só mostrar a aplicação do *framework GeoExt*, na integração de dados espaciais, através da possibilidade de combinação de diversas fontes e origens de dados, e em diferentes formatos, bem como a possibilidade de realização de diversas consultas, quer por atributos, quer por camadas de dados, obtendo deste modo, os melhores resultados em termos de qualidade e diversidade de mapas e relatórios pré-formatados, e em tempo útil.

O modelo desenvolvido é direccionado, principalmente para os agentes decisores destas instituições, ajudando-os a responder a questões do tipo:

1. “Qual a rede de distribuição de escolas, fontes de água potável, população no país?”;
2. “Onde construir mais escolas e que tipo de escolas construir, tendo em conta os recursos humanos (população em idade escolar, etc.) e naturais (fontes/furos de água potável, etc.)?”;
3. “Em que zonas são necessárias a abertura de novas fontes de água, tendo em conta a população existente?”; etc.

5.3 Modelo de integração de dados espaciais – Modelo Proposto

Nesta secção, será mostrada a aplicação do *framework GeoExt* na integração de dados espaciais provenientes de instituições públicas do país, o MINED, o INE e a DNA, sobre a Base Topográfica Simplificada (BTS) do CENACARTA, informação essa, referente à localização geográfica das escolas, fontes e furos de água e a distribuição da população por zonas geográficas. Para tal, será apresentado e implementado um novo modelo de partilha de dados e informação espacial, com o auxílio das ferramentas WEB-GIS. Como resultado, ter-se-á um modelo WEB-GIS, que possibilita visualizar os dados espaciais de forma integrada, a partir de uma interface amigável, através do uso do *framework GeoExt*, e com o propósito de ajudar na melhoria da forma de acesso dos dados e informação espacial e dos processos de tomada decisão.

A tecnologia usada para o desenvolvimento do modelo proposto, foi o *GeoServer*, baseado no conceito de *Webmapping*, na medida que esta possibilita desenvolver aplicações avançadas para ambientes WEB, do tipo aplicações WEB-GIS, pois estas têm por característica, oferecer aos utilizadores capacidades de manipulação, visualização, interacção, actualização e disseminação de dados e informações geográficas de diversas fontes pela Internet, através das especificações do OGC de interoperabilidade.

Das arquitecturas de SIG apresentadas na secção 3.3, no modelo proposto foi usada a *arquitectura integrada*, por esta permitir armazenar todo o dado espacial em um SGBD (tanto a componente espacial como a parte alfanumérica), utilizando os recursos de um SGBD para controlo e manipulação de dados espaciais, o que permitirá manipular dados de diferentes fontes e origens, para além de a mesma oferecer recursos para a criação de novos tipos de dados e utilizar extensões espaciais desenvolvidas sobre SGBDs objectos-relacionais. Essas características fazem com que, este modelo consiga atender,

em grande parte, as exigências impostas pelos SIG's em geral, e o problema em estudo em particular, se comparado com a arquitectura dual, que é baseada em sistemas de arquivos para guardar as representações geográficas, não sendo muito eficaz para o que se pretende alcançar neste trabalho.

O modelo proposto será implementado segundo uma arquitectura *cliente-servidor* e *multi-camadas*, que pode ser melhor compreendido com o auxílio da Figura 13. O seu funcionamento baseia-se em conjunto de aplicações (interfaces) como o *metadados.groovy*, *MozGISIntegrado.js* e *consultarMetadados.html*, criadas com o auxílio das ferramentas WEB-GIS, e acedidas através do ficheiro *index.html*, que juntas disponibilizam alternativas de consulta e manipulação de dados espaciais, de uma forma mais interactiva e rica em termos de dados e informações disponibilizados, através de visualizações gráficas (na forma de mapas e tabelas de dados) completas e complexas, que reflectem melhor o estado actual do problema em estudo, oferecendo aos agentes decisores (planificadores e decisores) destas instituições dados e informações precisos e diversificados, para os seus processos decisórios.

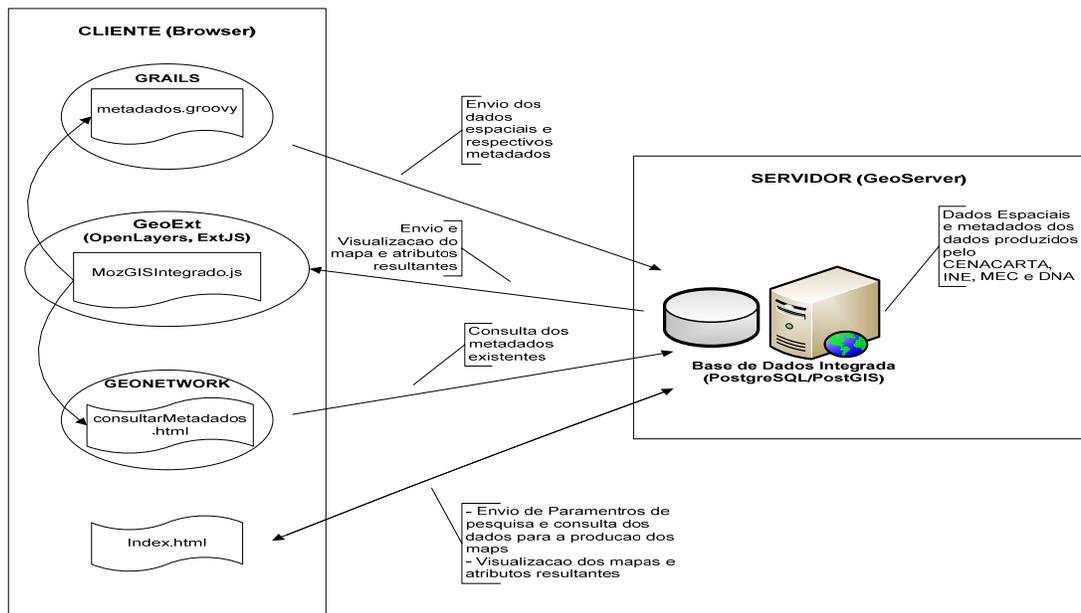


Figura 13: Esquema da Arquitectura do Modelo Proposto.

Conforme o esquema da Figura 13 acima, pode-se verificar que passará a existir uma Base de Dados Integrada, onde são armazenados tanto os dados espaciais produzidos por cada instituição, bem como a informação dos metadados dos dados, que poderão ser fornecidas e consultadas através de interfaces específicas acedidas através da interface principal (*index.html*) do lado do *cliente browser*, e que encontra-se localizada num servidor *GeoServer*, que suporta as especificações *WMS*, *WFS* e *WCS* de

interoperabilidade em ambiente WEB para a troca e intercâmbio de dados espaciais, sob a gestão do SGBD *PostgreSQL/PostGIS* para a manipulação dos dados espaciais.

A *Base de Dados Integrada*, contém os principais dados partilhados entre as instituições, isto é, armazena todos os dados produzidos por cada instituição, sendo a sua actualização feita na altura em que cada instituição produz e disponibiliza os ficheiros de dados por ela produzidos, através da plataforma WEB e por meio de uma interface específica, permitindo assim que cada uma das instituições aceda os dados de que necessita em tempo útil e actualizados, e faça as combinações e análises dos mesmos conforme as suas necessidades, por meio de uma interface própria.

Esta base de dados integrada proposta, pode encontrar-se fisicamente instalada no CENACARTA, uma vez que esta é por natureza a instituição oficial do país, com a responsabilidade de fazer o tratamento dos dados e informação geo-referenciada do país, produzindo e mantendo actualizada a cartografia de base, passando deste modo a controlar e a coordenar a produção de dados e informação espacial, através da criação e definição de padrões e formatos de dados espaciais para o país, e actualizando a base de dados integrada, à medida que os ficheiros de dados vão sendo enviados por cada instituição.

O Diagrama de Classes do modelo proposto, pode ser visualizado no esquema da Figura 14, onde são apresentadas as principais entidades e as relações entre elas:

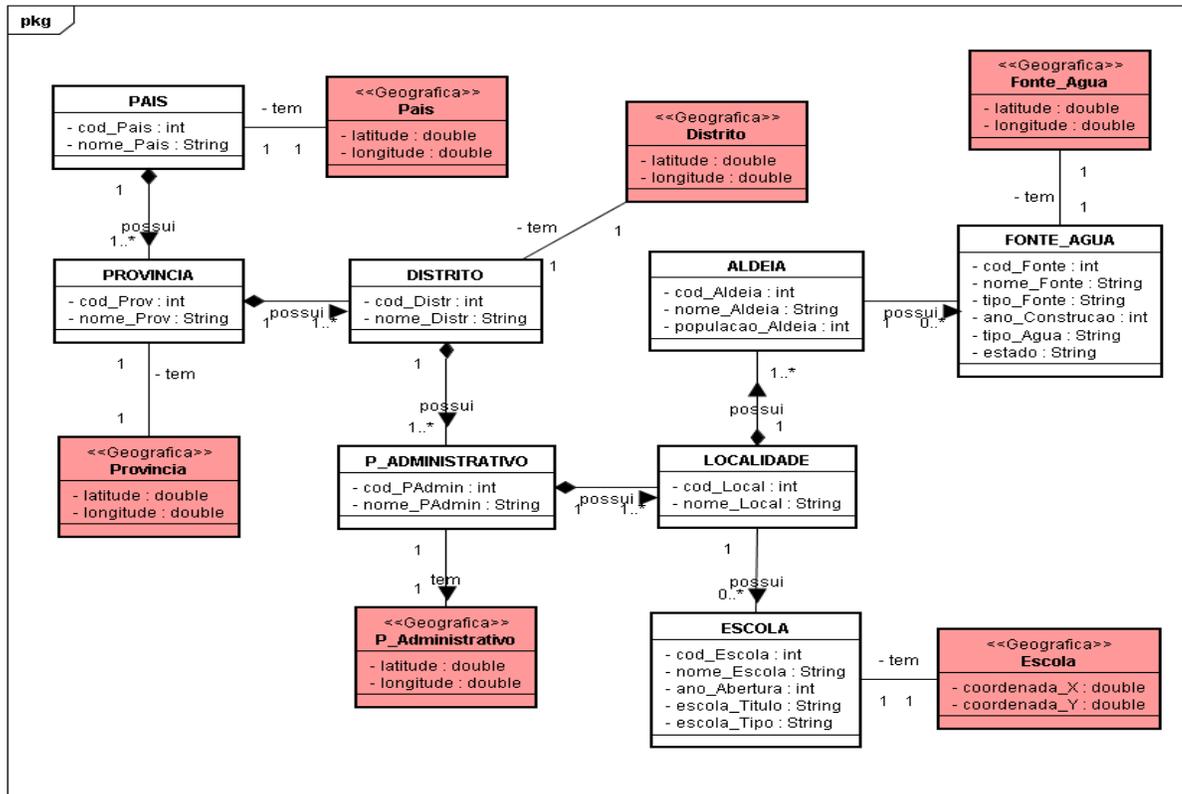


Figura 14: Diagrama de Classe da Base de Dados Integrada – Visão Geral.

As entidades apresentadas com a cor vermelha, correspondem as entidades espaciais (ponto, linha, área ou polígono), ou seja, as geometrias dos respectivos objectos. É possível verificar que as componentes ou entidades espaciais dos objectos Localidade e Aldeia não se encontram representadas no Diagrama de Classe apresentado anteriormente, devendo-se ao facto de não existirem suas referências nos dados espaciais (coordenadas geográficas) colhidos nas instituições em estudo, e usados no presente trabalho. Contudo, o esquema da base de dados espacial integrada onde as informações alfanuméricas e geográficas são geridas por um programa específico, o SGBD *PostgreSQL* com extensão *PostGIS*, pode ser visualizado através da Figura 15:

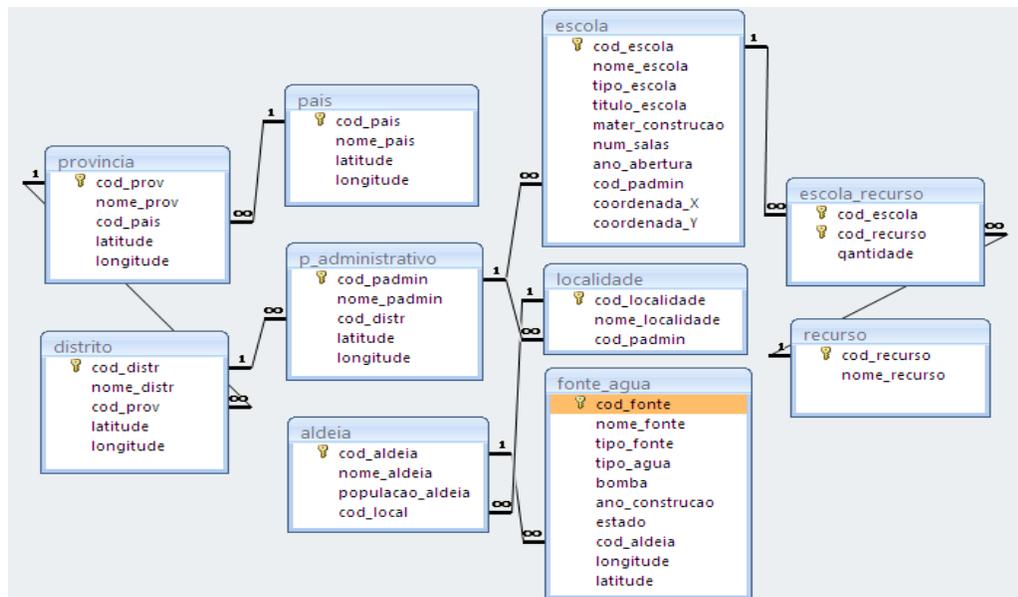


Figura 15: Esquema de Tabelas da Base de Dados Espacial Integrada – Visão Geral.

5.3.1 Fluxo e actualização de dados e informação no modelo proposto

No modelo proposto neste trabalho, a actualização dos dados e informação passará a ser feita com o auxílio da plataforma WEB, através de interfaces específicas. Contudo, neste novo modelo, os dados colhidos e produzidos por cada uma das instituições, independentemente do nível (distrital, provincial ou central) em que se encontram ou são produzidos, serão enviados, num formato previamente definido e usado por todos (por exemplo, o *shapefile*) para o CENACARTA, onde estará localizada fisicamente a base de dados dos metadados e os ficheiros *shapefiles* de cada instituição, sendo o CENACARTA responsável pelo controlo, gestão e disponibilização dos referidos dados.

Para tal, foi criada uma interface WEB, com a ajuda da ferramenta *Grails*, em que através dela os responsáveis pela produção e tratamento de dados espaciais nas instituições poderão fornecer informação dos metadados dos dados espaciais produzidos por si, bem como fazer o *upload* e o envio, do respectivo ficheiro de dado espacial, eliminando deste modo, o uso de dispositivos de armazenamento e transporte de dados como os *CDs*, *ZIP Drives*, etc.

O *Grails* é um *framework OpenSource* para a construção de aplicações WEB através da linguagem de programação *Groovy* (uma linguagem dinâmica baseada na plataforma Java), podendo ser usada como um ambiente de desenvolvimento independente, que oculta todos os detalhes da configuração, devido à utilização do paradigma da programação por convenção que preserva o desenvolvedor dos detalhes de

configuração, tornando o desenvolvimento de aplicações o mais simples e rápido possível, e a criação de interface amigáveis.

Uma vez os dados armazenados na base de dados dos metadados, os mesmos dados, depois do processo de análise e compilação ao nível do CENACARTA, poderão ser disponibilizados (por exemplo, os ficheiros *shapefiles* e informação dos metadados: que dados são, quem os colheu ou produziu, qual a fonte, em que formato se encontra, qual é o padrão e o formato usado, qual é a escala, quando foram actualizados, etc.) aos usuários finais ou agentes decisórios das instituições que necessitam deles para a tomada de decisão, nos diferentes níveis de decisão, e ao público em geral, através da plataforma WEB, em que qualquer um poderá consultá-los e visualizá-los.

Estes dados e informação serão disponibilizados e consultados através de uma interface específica, desenhada e criada para tal, com o auxílio da ferramenta *OpenSource GeoNetwork*, sendo possível através dela consultar toda informação referente aos metadados dos dados espaciais produzidos e fornecidos por cada instituição, e existentes na base de dados geral ou integrada.

O *GeoNetwork* é um projecto ou aplicação WEB, baseado em padrões abertos e usado para catalogação dos objectos ou recursos referenciados espacialmente, sendo um catálogo de informações de localização orientada. Também conhecido como portal para dados e informação espacial, o *GeoNetwork* foi projectado para permitir o acesso à bases de dados geo-referenciados, cartográficas e produtos relacionados com metadados de uma variedade de fontes, sendo visto como um padrão de gestão descentralizada de informação espacial, servindo contudo como reforço à troca de dados e informação espacial, e permitindo de uma maneira fácil, a partilha de dados espaciais e informações temáticas geo-referenciadas entre as várias organizações e o público em geral, pela WEB.

Através dessas interfaces WEB, ou seja, das aplicações específicas dos usuários, os dados e informação espacial, bem como a informação dos metadados, de qualquer uma das instituições poderão ser actualizadas, disponibilizadas e acedidas pelos usuários ou agentes decisores, que se encontram em qualquer um dos níveis (distrital, provincial ou central), em tempo hábil e de uma forma integrada, utilizando os recursos da Internet. Deste modo, os usuários poderão, antes de fazer o uso dos mesmos, ter acesso aos dados e a informação dos metadados dos dados espaciais existentes e disponíveis, de cada uma das instituições, nos seus processos de tomada de decisão e decidir sobre a necessidade de

produção ou não dos mesmos tipos de dados e informação espacial, reduzindo deste modo a duplicação dos mesmos e gasto dos poucos recursos existentes para a sua produção.

O diagrama da Figura 16 mostra de modo geral, o processo de consulta e actualização dos dados e informação dos metadados, no modelo proposto:

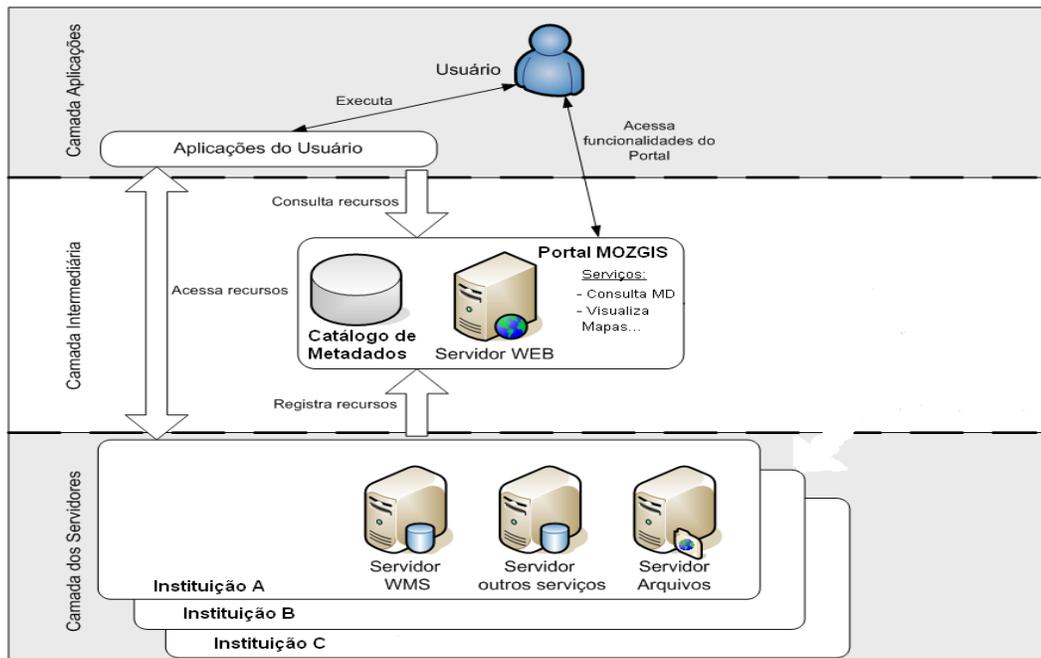


Figura 16: Diagrama de consulta e actualização de dados e metadados no modelo proposto.

Neste diagrama destacam-se três (3) camadas ou níveis: a **camada de aplicação** (composta pelos *browsers* ou por aplicações que se situam no domínio do cliente, por exemplo o *index.html*); a **camada intermediária** (com diversas funções, como a de gestão e controlo do acesso às informações armazenadas na base de dados do Catálogo de Metadados); e a **camada de servidores** (constituída pelos diversos servidores, sob a responsabilidade das diversas instituições que produzem e tratam os dados espaciais e integram a base de dados global ou geral).

5.3.2 Funcionalidades gerais do modelo proposto

A implementação do modelo proposto, funciona em um servidor no qual foram instalados os seguintes softwares apresentados nos subcapítulos anteriores: o *SGBD PostgreSQL 8.4* com extensão espacial *PostGIS 1.5*; o Sistema Operativo *Windows XP*, as linguagens de programação padrão da WEB (o HTML), o *Java 1.6* e o servidor de mapas *GeoServer 2.0* (conceito de Webmapping), sendo a aplicação desenvolvida, baseada na plataforma *J2EE* e o *framework GeoExt*, que apresenta um conjunto de

funcionalidades permitindo aos seus utilizadores efectuarem várias consultas cartográficas, sobre os objectos ou variáveis: *escola, fonte de água e população*, analisando a sua distribuição pelo território nacional (província e distrito) e a relação existente entre elas; informação esta, útil ao processo de tomada de decisão, na medida que as mesmas poderão ser combinadas e cruzadas num mesmo ambiente de trabalho.

A página principal da aplicação desenvolvida pode ser visualizada a seguir, na Figura 17:



Figura 17: Página principal da aplicação desenvolvida no modelo proposto.

A partir desta página, cada instituição poderá fazer a actualização dos dados e informação espacial produzidos por si, com o envio do respectivo ficheiro de dados (*shapefile, kml, etc.*) e fornecimento dos metadados, através de uma interface específica (MetadadoGIS.groovy) criada para tal, com auxílio do *framework Grails*, e acessada a partir do link **ACTUALIZAR DADOS**, cuja interface pode ser visualizada na Figura 18:

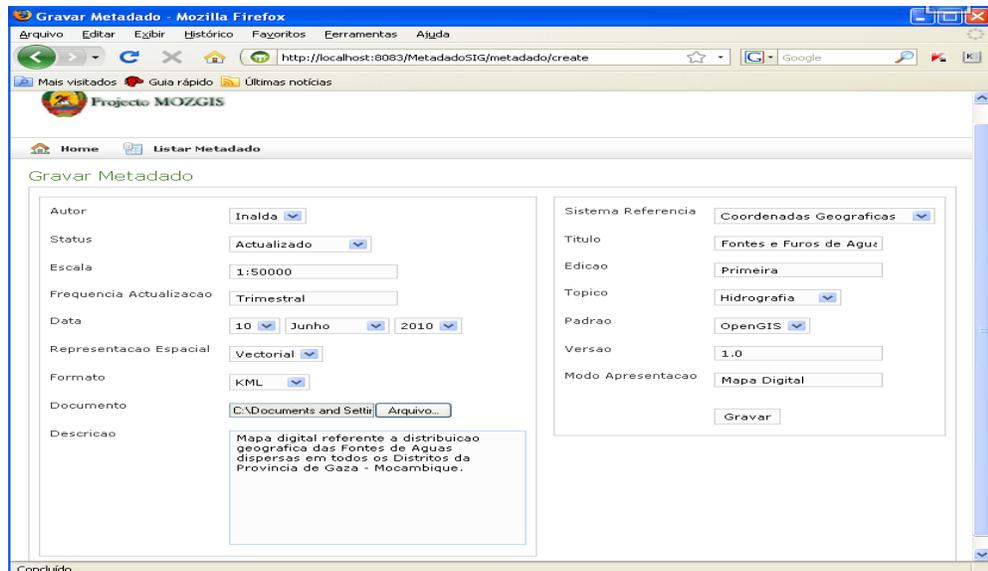


Figura 18: Interface para o envio dos dados espaciais e respectivos metadados.

Contudo, os mesmos metadados podem ser consultados e visualizados também através duma interface específica (consultarMetadados.html), criada com o auxílio do *framework GeoNetwork*, acedida através do link **CATÁLOGO DE MATADADOS**, cuja interface pode ser visualizada na Figura 19:



Figura 19: Interface para consulta dos dados e informação espacial – metadados.

As funcionalidades cartográficas gerais implementadas no modelo proposto, e acedidas a partir do *link DADOS INTEGRADOS*, podem ser testadas na página de consultas e análises, criada com auxílio do *framework GeoExt*, onde todos os dados espaciais armazenados na base de dados integrada podem ser consultados e visualizados. Algumas das seguintes pesquisas cartográficas podem ser efectuadas:

- ✓ Consulta da camada da informação de base do país (a BTS), como a divisão administrativa do país (províncias e distritos):

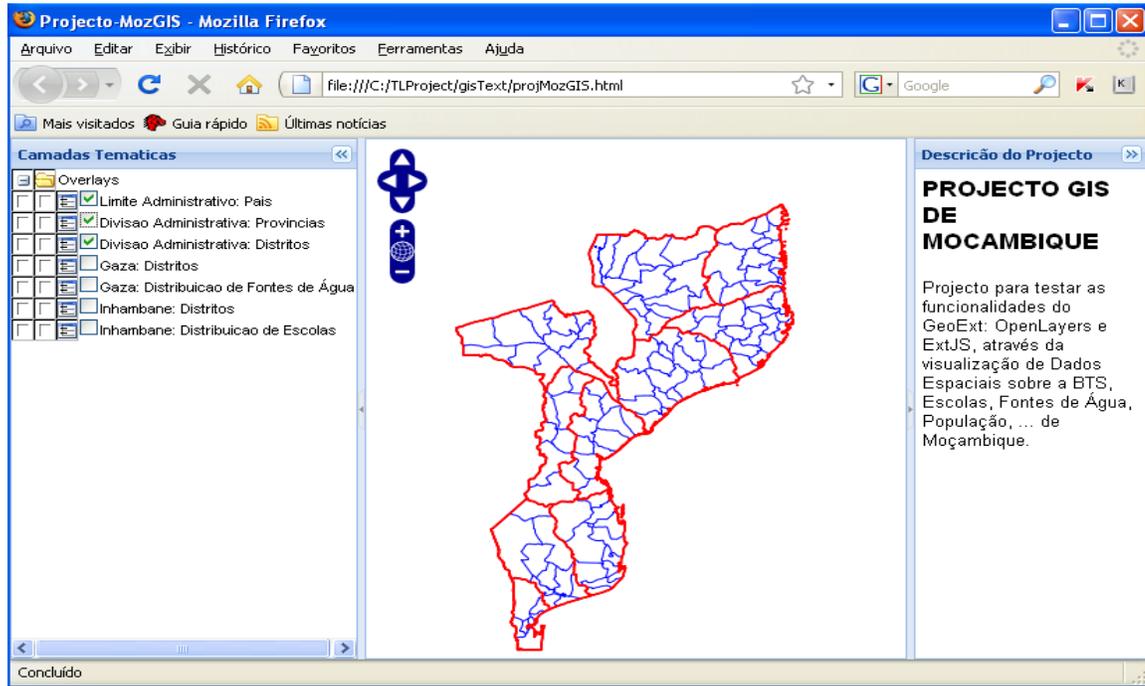


Figura 20: Resultado da consulta dos limites/divisão administrativa do país: Distritos do país.

- ✓ Consulta da camada de Distribuição de Fontes e Furos de Água (província de Gaza):

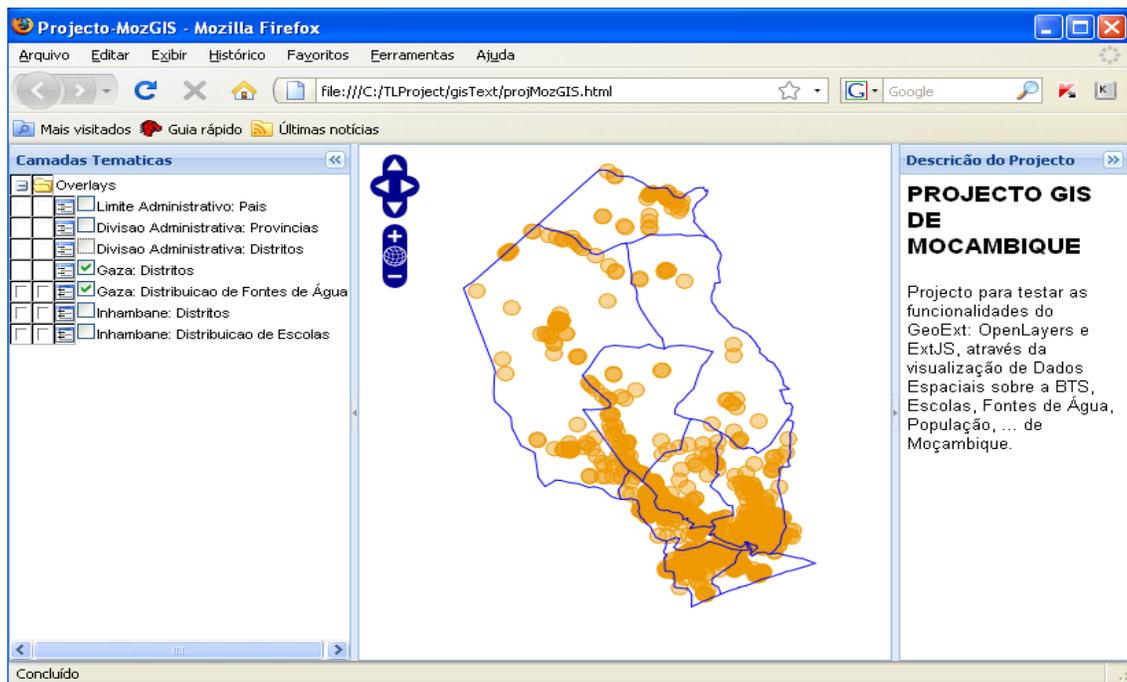


Figura 21: Distribuição de Fontes/Furos de Água da província de Gaza

- ✓ Consulta da camada de Distribuição de Escolas (província de Inhambane):

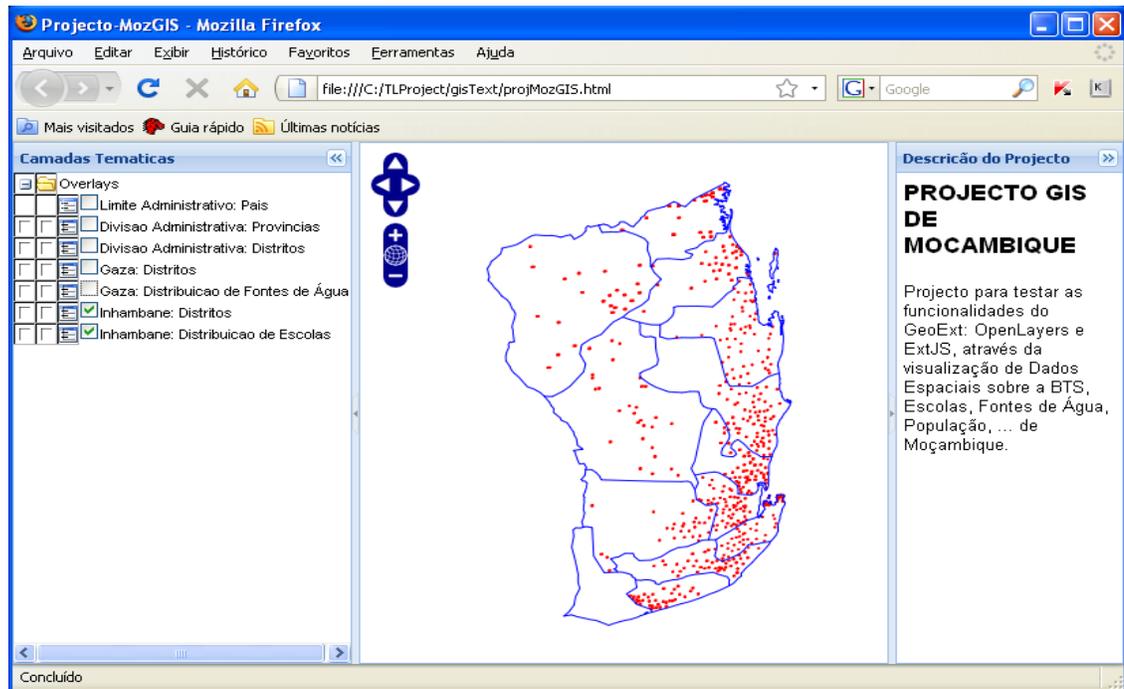


Figura 22: Distribuição de Escolas da província de Inhambane

- ✓ Consulta das camadas temáticas Províncias, Distritos, Distribuição de Fontes e Furos de Água (Gaza), e Distribuição de Escolas (Inhambane):

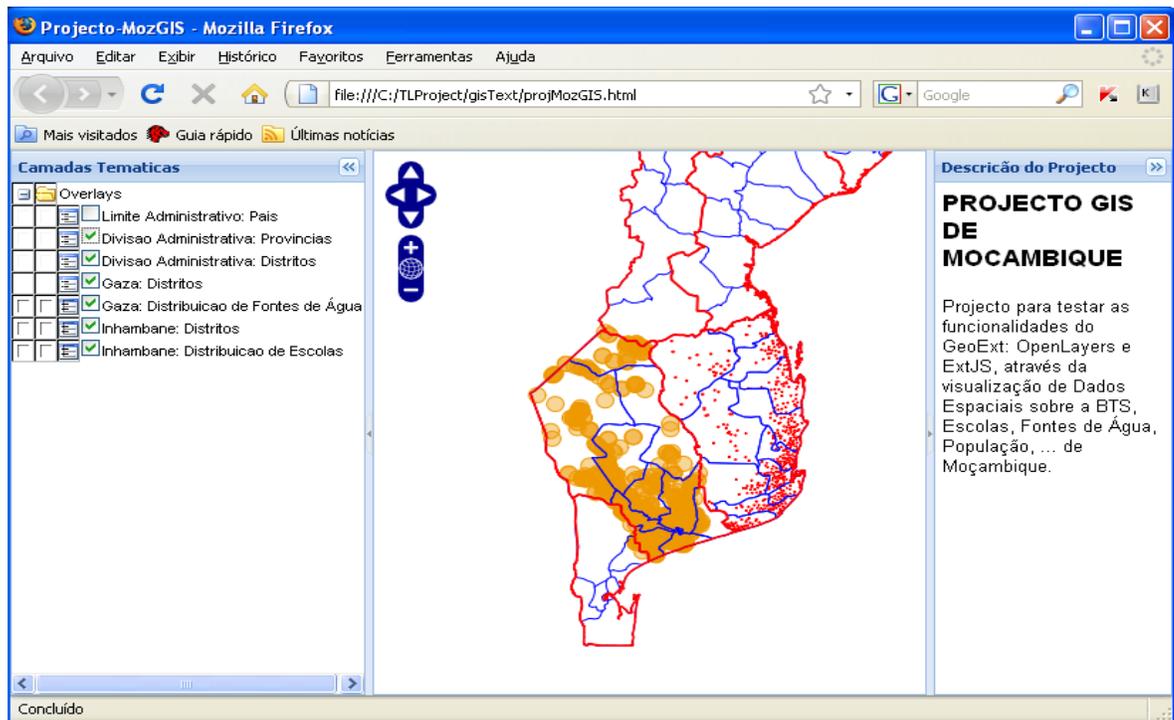


Figura 23: Distribuição de Fontes/Furos de Água e de Escolas

5.3.3 Avaliação da Aplicabilidade do modelo proposto

Avaliando a aplicabilidade deste modelo, cujos resultados podem ser visualizados no protótipo funcional, pode-se afirmar que o modelo proposto neste trabalho oferece inúmeras vantagens quanto à disponibilização e uso de dados espaciais pelas instituições públicas do país, contribuindo para uma melhoria principalmente do ambiente actual de partilha e intercâmbio de dados espaciais, a medida que a partilha e intercâmbio passarão a serem feitos com maior facilidade e flexibilidade entre estas instituições, reduzindo os custos de produção dos mesmos e aumento da qualidade dos dados disponibilizados.

A implementação e uso de um sistema baseado na WEB para o intercâmbio de dados, garantirá que todos os dados e informação espacial produzidos e tratados por qualquer uma das instituições, em qualquer um dos níveis (distrital, provincial, ou central) sejam actualizados, disponibilizados e acedidos por qualquer outra instituição, bem como a actualizada da base de dados integrada, o que permitirá o acesso dos mesmos por todas as instituições que desejem fazer o uso dos mesmos, em tempo hábil para a tomada de decisão.

No modelo proposto, a grande melhoria ou vantagem pode ser observada no aspecto relacionado com melhoria no ambiente de partilha dos dados e a consequente redução dos custos de produção de dados espaciais, na medida em que existirá:

- Actualização descentralizada dos dados;
- Maior disponibilização e uso de dados espaciais actualizados pelas instituições e demais intervenientes, em tempo hábil para a tomada de decisão, através da Internet;
- Redução significativa da necessidade do uso de dispositivos de armazenamento e transporte dos dados (ZIP Drives, CD's de 700 MB, etc.), usados na partilha de dados, de uma instituição para a outra e dos diferentes níveis, pois a mesma passará a ser feita através da plataforma WEB;
- Maior disponibilização dos dados espaciais (em formatos e padrões pré-definidos) e respectivos metadados;
- Melhoria do ambiente de partilha e intercâmbio de dados e informação espacial entre as instituições, através da plataforma WEB;
- Eliminação da existência de dados duplicados e incompatíveis em várias instituições, isto é, mesmos dados em formatos e padrões diferentes, pois cada instituição passará a dedicar-se apenas a produção de dados e informação espacial que lhe diz respeito (escola, fontes e furos de

água, etc.), fazendo o uso de outros dados e informação espacial produzidos por outras instituições e que lhes são úteis nos seus processos decisórios;

- Qualquer usuário de cada uma das instituições, e o público em geral, poderá consultar a informação dos metadados dos dados espaciais disponíveis na base de dados integrada, de modo a avaliar se os mesmos satisfazem as suas necessidades, antes de fazerem o seu uso, através da plataforma WEB, contribuindo assim para uma redução significativa dos esforços e custos de produção de dados pelas instituições que fazem o tratamento e uso de mesmos tipos de dados espaciais.

O facto do modelo proposto ter sido desenvolvido com auxílio de ferramentas *openSource*, constitui uma mais valia, na medida que não existirão custos de licença de software para a sua implementação, oferecendo o mesmo desempenho que as ferramentas comerciais, o que poderia constituir um grande obstáculo para a sua implementação devido ao custo de aquisição das mesmas.

Contudo, acredita-se que a grande desvantagem da sua implementação poderá residir na existência ou não de infra-estruturas tecnológicas, o caso concreto da plataforma WEB, pois conhecendo a realidade do nosso país, no que concerne a questão de acesso à Internet, quer ao nível distrital, provincial bem como central, especialmente nos sectores públicos, em que este ainda constitui um luxo, acredita-se que este facto irá dificultar a implementação e uso do mesmo nas instituições, sendo necessário que se criem nas instituições, as condições mínimas necessárias de acesso à Internet, desde o nível distrital ao central.

Constituem desafios de implementação e uso do modelo proposto neste trabalho, o facto de se garantir por um lado, que todas as instituições sigam os padrões e formatos de dados acordados na organização e disponibilização de seus dados espaciais, e por outro lado, garantir também que os dados existentes em cada instituição sejam actualizados e a sua descrição em termos de informação dos metadados, disponibilizada para os demais intervenientes.

As conclusões e recomendações tiradas do presente estudo, são trazidas no sexto capítulo (último) deste trabalho, que é o que se segue, sendo apresentado já mais para o fim, a bibliografia referenciada e os anexos.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os SIGs são uma importante ferramenta para a integração de informação sobre vários factores, com vista a uma tomada de decisão sustentável, pela capacidade que oferecem de integrar os dados e os atributos de dados, numa mesma base de dados.

Uma das potencialidades destas ferramentas GIS apresentada por Benhardson (1998), é a capacidade que oferece de se efectuar análises espaciais complexas por múltiplos critérios, o que com o protótipo desenvolvido é também possível efectuar, através da possibilidade de combinação e sobreposição de várias camadas de dados, permitindo assim uma melhor análise e tomada de decisão, como por exemplo, sobre a construção de uma escola ou a abertura de uma nova fonte de água.

6.1 Conclusão

A metodologia apresentada e usada neste estudo mostrou-se adequada aos procedimentos usados na fase de recolha de dados, por fornecer informações úteis ao desenvolvimento do modelo proposto, na medida que foi possível alcançar todos os objectivos traçados.

No que diz respeito às dificuldades de partilha e intercâmbio de dados espaciais entre as instituições em estudo, é possível concluir que as mesmas devem-se, principalmente ao facto de cada instituição formatar os dados espaciais que produz, conforme os seus interesses, em termos de padrão, formato, escala, sistemas de coordenadas, critérios de qualidade, etc., necessitando assim de uma transformação ou conversão por parte das outras instituições que desejem fazer o uso dos mesmos nos seus processos decisórios, o que tem reduzido a qualidade dos mesmos.

Uma outra questão, está relacionada com os sistemas de informação e os mecanismos que estas instituições utilizam para actualização de dados (sistemas baseados *MS Excel*, *MS Access*, etc.), que em muitos casos são fontes de erro e dificultam o acesso à dados ou informação em tempo útil.

Com o objectivo de mostrar a aplicação do *framework GeoExt* na integração de dados espaciais partilhados entre instituições públicas de Moçambique, como o CENACARTA, o INE, o MINED e a DNA, foi desenvolvido um protótipo de uma aplicação WEB-GIS, como solução às dificuldades enfrentadas no processo de partilha de dados espaciais. Esse protótipo possui as características dos

Sistemas de Apoio à Decisão Espacial (SADE), o que permitirá melhorar, por exemplo a forma como a decisão sobre o espaço é tomada pelos agentes decisórios.

Considerando a natureza e as características do problema de partilha de dados espaciais apresentadas no presente estudo, procurou-se elaborar uma proposta que ajudasse a minimizar o problema, esperando que a mesma venha a ser uma solução para o actual problema de partilha e intercâmbio de dados espaciais em Moçambique.

A solução proposta neste estudo, constitui uma ferramenta bastante útil na disseminação das tecnologias GIS em Moçambique, representando uma contribuição na área das tecnologias GIS no país. O estudo apresenta um conjunto de inovações em termos de ferramentas e plataforma tecnológica usada no desenvolvimento da solução proposta, comparado aos trabalhos realizados nesta área, pelos autores Juvane (2007) e Muianga (2006), por exemplo, podendo o mesmo ser visto como uma contribuição e continuação dos trabalhos anteriormente desenvolvidos nesta área de GIS.

Para além disso, o protótipo desenvolvido foi também uma forma de obtenção de experiência na área das tecnologias GIS, através da obtenção dos conceitos principais e componentes básicos de aplicações WEB-GIS, bem como das outras arquitecturas apresentadas no presente estudo, como o *GeoExt*, o *ExtJS*, o *OpenLayers*, o *GeoServer*, a plataforma Java e o *PostgreSQL/PostGIS*.

O modelo proposto e desenvolvido baseou-se em ferramentas de código aberto (Open Source), úteis e fáceis de usar segundo os seus utilizadores, o que permitiu desenvolver um modelo WEB-GIS estável e seguro, pelo facto de serem ferramentas com capacidades de suporte no desenvolvimento e criação de aplicações *Webmapping* avançadas, que permitem manipular grandes volumes de dados e informação, como é o caso do SGBD *PostgreSQL/PostGIS*, embora sejam de distribuição livre (não possui custos de aquisição), encontrando-se disponível e gratuitamente na Internet, bem como também toda a documentação para a sua aprendizagem e uso.

A ferramenta ou *framework* *GeoExt* usada para o desenvolvimento do protótipo da solução, por suportar os serviços ou padrões como o WMS, WMF, WCS, etc., com a conversão automática dos formatos originais das fontes de dados para o formato GML baseados em XML, se mostrou adequada para a implementação da proposta de solução apresentada neste trabalho, sendo uma solução aceitável, capaz de cumprir e satisfazer os requisitos para a qual foi concebida: permitir a visualização ou

publicação de dados espaciais de forma integrada, melhorando o ambiente actual de partilha ou intercâmbio de dados e informação espacial.

Acredita-se que a implementação de um modelo que oferece uma visão integrada dos dados espaciais com a ajuda das ferramentas GIS tornará possível a realização de diversas análises espaciais, desde as mais simples às mais complexas, visto que a mesma conterà uma diversidade de dados espaciais, o que possibilitará a criação de mapas de diversos temas, permitindo assim melhorias na forma de abordar a questão do entendimento e da gestão do espaço, por um lado.

Por outro lado, acredita-se também, que quanto à implementação e uso do modelo proposto pelas instituições do caso em estudo, não existirá grandes problemas de aceitação e adesão ao mesmo, visto que as instituições já fazem o uso das tecnologias GIS no seu dia-a-dia, tendo já consciência do seu potencial no suporte ao processo de tomada de decisões, para além de que os responsáveis pelo tratamento de dados espaciais nestas instituições, aquando do processo de recolha de dados e informação através das entrevistas, mostraram-se interessados e, com esperança, nas melhorias que este modelo poderá trazer nas suas actividades.

A existência de uma base de dados comum, acedida por cada uma das instituições, e onde são armazenados todos os dados produzidos, de forma específica e detalhada através da disponibilização da informação dos metadados dos dados existentes e que podem ser consultados antes da sua utilização pelos seus usuários, de forma a saber se os mesmos satisfazem às suas necessidades, quer por exemplo, em termos de qualidade, através do uso da plataforma WEB e de interfaces próprias, permite que haja uma melhoria significativa no ambiente de partilha de dados, à medida que cada uma das instituições produzirá somente os dados espaciais com características específicas, tendo em conta a sua natureza, e que os outros tipos de dados que lhes são úteis poderão ser obtidos de outras instituições, nos formatos e padrões previamente definidos e acordados por elas, reduzindo deste modo, os custos de produção dos dados e informação espacial.

6.2 Recomendações

Devido a existência de dificuldade de partilha e combinação dos diversos dados espaciais que se relacionam e que são produzidos e armazenados em instituições distintas, para uma melhor tomada de decisão, recomenda-se que se criem mecanismos de compatibilidade (padrão, formato, escala, etc.) dos

dados produzidos e usados entre estas instituições, bem como o acesso aos mesmos em tempo útil, nos seus processos de tomada de decisão.

Assim recomenda-se o uso do modelo proposto e desenvolvido no presente trabalho, como uma alternativa de solução aos problemas enfrentados pelos agentes decisórios e produtores de dados espaciais das instituições em estudo, aquando do processo de produção e partilha dos seus dados, para dissipar a existência de diferentes formatos e padrões de dados definidos e usados por elas.

Uma vez que, as instituições já trabalham com as tecnologias GIS e os seus agentes decisórios têm consciência do seu potencial e da necessidade de explorá-la no suporte à tomada de decisão, o protótipo desenvolvido pode ser implementado numa primeira fase em forma de teste nas instituições do caso em estudo e, mais tarde, às demais instituições públicas podem ser abrangidas, desde que reúnam as condições básicas exigidas para tal: Internet, recursos humanos capacitados em tecnologias GIS e recursos computacionais, como computadores em condições mínimas para suporte das tecnologias WEB-GIS, para além de adopção de mecanismos de segurança, como por exemplo, os anti-vírus.

Devido a existência de diferentes formas de codificação dos dados ou informação, o que dificultou em certa medida a percepção, extracção e análise dos dados contidos nos relatórios produzidos por estas instituições com auxílio dos sistemas de informação usados, recomenda-se que sejam definidos e usados padrões comuns na codificação dos dados ou objectos geográficos como escola, fontes e furos de água, etc., nas instituições públicas do país.

Uma vez que, a implementação do modelo proposto sobre uma base de dados rica e completa em termos de diversidade de dados espaciais, pode tornar-se numa poderosa ferramenta de apoio à tomada de decisão aos vários níveis e em várias áreas de estudo, recomenda-se que se dê continuidade ao desenvolvimento do modelo proposto, explorando na totalidade as potencialidades das várias ferramentas WEB-GIS aquí usadas, em particular o *GeoNetwork*, que pouco foi explorado neste trabalho (a conexão com a base de dados PostgreSQL), mas que é também de grande importância para o sucesso da implementação e uso do modelo proposto.

BIBLIOGRAFIA

- BARBOSA, A. (2001). *Middleware para Integração de Dados Heterogêneos Baseado em Composição de Frameworks*. Tese de Doutorado. Departamento de Informática. Rio de Janeiro. Obtido em ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/theses/01_PhD_barbosa.pdf - consultado no dia 3 de Dezembro de 2008.
- BERNHARDSEN, T. (1999). **Geographic Information Systems: An introduction**. 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc.
- BONI, V. & QUARESMA, S.(2005). *Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais*. Revista Electrónica. Obtido de UFSC, em http://www.emtese.ufsc.br/3_art5.pdf - consultado no dia 19 de Novembro de 2007.
- BORGES, K., DAVIS JR., C. & LAENDER, A. (2005). *Modelagem Conceitual de Dados Geográficos*. Obtido de MundoGEO, em <http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/cap3.pdf> - consultado no dia 7 de Fevereiro de 2008.
- CALADO, S., FERREIRA, S.(2005). *Metodologia de Investigação I. Análise de documentos: Método de recolha e análise de dados*. DEFCUL.
- CÂMARA, G. (2005), *Representação computacional de dados geográficos*. Obtido de MundoGEO, em <http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/cap1.pdf> – consultado no dia 7 de Fevereiro de 2008.
- CAMARA, G., CASANOVA, M., HEMERLY, A., MAGALHÃES, G. & MEDEIROS, C. (1996). *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica*. Obtido de INPE, em <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/anatomia.pdf> - consultado no dia 19 de Novembro de 2007.
- CÂMARA, G. & QUEIROZ, G. (2007). *Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica*. Obtido de INPE, em <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap3-arquitetura.pdf> - consultado no dia 21 de Novembro de 2007.
- CARVALHO, S. & SILVA, B. (2006). *Os Sistemas de Informação Geográfica e a Questão Geográfica*. Geonordeste.

- CASANOVA, M., BRAUNER, D., CÂMARA, G. & JÚNIOR, P. (2005). *Bancos de Dados Geográficos: Integração e interoperabilidade entre fontes de dados geográficos*. Cap. 9. Brasília, EMBRAPA. Obtido de INPE, em www.dpi.inpe.br/livros/bdados/cap9.pdf - consultado no dia 6 de Junho de 2008.
- FALSARELLA, O & CHAVES, E. (2004). *Sistema de Informação e Sistema de Apoio à Decisão*. Obtido em <http://chaves.com.br/TEXTSELF/COMPUT/sad.htm> - consultado no dia 19 de Novembro de 2008.
- HEYWOOD, I., CORNELIUS, S., CARVER, S. (1998). **An Introduction to: Geographical Information Systems**. Pearson Education Inc, New York.
- JUVANE, M.(2007). **Avaliação de alternativas de solução dos problemas enfrentados pelos agentes decisórios dos centros de formação recorrendo aos Sistemas de Informação Geográfico** – Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Ciências, Departamento de Matemática e Informática.
- JÚNIOR, A. & LEAL, E. (2006). *Banco de Dados Geográficos: Estudo das Arquitecturas Existentes*. Laboratório de Banco de Dados e Engenharia de Software – Centro Universitário Luterano de Palmas/Universidade Luterana do Brasil (CEULP/ULBRA). Obtido em <http://inf.unisul.br/~ines/workcomp/cd/pdfs/2336.pdf> - consultado no dia 27 de Abril de 2009.
- LIMA, P.(2002). *Intercâmbio de Dados Espaciais: Modelos, Formatos e Conversores*. Obtido de INPE, em http://www.dpi.inpe.br/teses/lima/dissertacao_lima.pdf - consultado no dia 3 de Dezembro de 2008.
- LIMA, P., CÂMARA, G., QUEIROZ, G.(2002). *GeoBR: Intercâmbio Sintáctico e Semântico de Dados Espaciais*. Obtido de INPE, em http://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/geobr_geoinfo2002.pdf - consultado no dia 3 de Dezembro de 2008.
- MACOME, E. (1995), **Introdução a Metodologia de Investigação**, 1ª Edição, UEM.
- MUIANGA, H. (2006). **Modelo de Sistema de Informação Geográfico baseado na WEB para suporte à Tomada de Decisão no Sector da Saúde** – Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Ciências, Departamento de Matemática e Informática.

- PEEC. (2006). **Plano Estratégico da Educação e Cultura 2006-2010/2011** - Ministério da Educação.
- PEREIRA, J. L. (2006). **Tecnologias de Bases de Dados**, 3ª Edição. Lisboa: FCA.
- RIBEIRO, M. (2006). *Os sistemas de informação geográfica na actividade das seguradoras*. Universidade de Aveiro. Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial.
- ROSA, R.(2004). *Sistema de Informação Geográfico*. UFU, Uberlândia.
- SARAIVA, L. (2005). *Interoperabilidade de Banco de Dados e Sistemas Heterogeneos*. Capítulo 2. Obtido em http://www.cin.ufpe.br/~if696/referencias/integracao/Interoperabilidade_de_Banco_de_Dados_e_Sistemas_Heterogeneos.pdf – consultado no dia 18 de Outubro de 2009.
- SERRANO, A., CALDEIRA, M., GUERREIRO, A.(2004). **Gestão de Sistemas e Tecnologias de Informação**. FCA, Lisboa.
- SUDER, R. & DORNELES, C. (2006). *Integração de Dados em múltiplos níveis*. Curso de Ciência da Computação – Universidade de Passo Fundo (UPF). RS, Brazil. Obtido em <http://www.upf.br/erbd/download/16194.pdf> - consultado no dia 3 de Dezembro de 2008
- VENNEMANN, K. (2008). *Implementing WebGIS Solutions using open source software*. Obtido em www.waurisa.org/.../2008/.../open_wed_Vennemann_terra_gis.pdf - consultado no dia 19 de Fevereiro de 2009.
- WIKIPÉDIA (2008). *Browser*. Obtido em <http://en.wikipedia.org/wiki/Browser> - consultado no dia 6 de Junho de 2008.
- WIKIPÉDIA (2009). *Carta Topográfica*. Obtido em http://pt.wikipedia.org/wiki/Carta_topografica - consultado no dia 19 de Março de 2009.
- WIKIPÉDIA (2008). *Framework*. Obtido em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Framework> - consultado no dia 6 de Junho de 2008.

- WIKIPÉDIA (2008). *HTML*. Obtido em <http://pt.wikipedia.org/wiki/HTML> - consultado no dia 6 de Junho 2008.
- WIKIPÉDIA (2009). *Interface*. Obtido em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Interface> - consultado no dia 17 de Agosto de 2009.
- WIKIPÉDIA (2009). *Web*. Obtido em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Web> - consultado no dia 17 de Agosto de 2009.

ANEXOS

Anexo 1: Manual de Utilizador

Nesta secção, descreve-se o funcionamento do sistema proposto, através do manual do utilizador com vista a apresentar as funcionalidades do sistema e facilitar a navegação e a compreensão dos utilizadores do mesmo.

(a) Introdução

O Projecto MozGIS de Integração de Dados Espaciais é um sistema (protótipo) SIG com suporte Web, concebido para facilitar o processo de partilha e intercâmbio de dados espaciais ou geográficos entre as instituições públicas do País (principalmente os agentes de decisão destas instituições) e o público em geral.

O sistema permite efectuar o envio, a divulgação e a consulta de dados espaciais produzidos e disponibilizados pelas respectivas instituições envolvidas (o CENACARTA, o INE, o MEC e a DNA) em tempo útil, através de interfaces específicas. Permite aos utilizadores cadastrarem os tópicos ou temas para os dados espaciais disponibilizados, divulgar e visualizar em ambiente próprio os referidos dados e seus metadados, efectuar consultas e análises espaciais. Possui uma área administrativa, acedida apenas por aqueles que tenha sido concedido os privilégios, e uma outra área destinada ao utilizador comum (público em geral).

O sistema permite também consultar os metadados e visualizar os dados espaciais disponibilizados, podendo assim o utilizador sobre o uso ou não do mesmo, aceder as páginas de internet das instituições envolvidas, actualizar os dados espaciais e disponibilizar os dados espaciais em tempo real.

(b) Estrutura do sistema

O sistema foi concebido para ser usado pelos seguintes utilizadores:

- Administrador do sistema;
- Funcionários ou Técnicos Cartográficos das instituições;
- Público em geral.

O administrador é responsável pela manutenção do sistema, disponibilização dos dados e seus respectivos metadados, e configuração geral do mesmo, possuindo acesso a todos menus do sistema. Este utilizador não participa activamente nas actividades do sistema, estando sempre pronto a intervir

quando surgem imprevistos. Os restantes utilizadores, possuem privilégios definidos segundo as suas actividades dentro do sistema.

Para aceder o sistema, basta apenas introduzir a URL num browser, e caso deseje efectuar actividades específicas, como a submissão ou actualização dos dados e respectivos metadados, a consulta e visualização dos dados espaciais (mapas) e os seus respectivos metadados, bem como a manipulação e análise dos mesmos, existindo os respectivos links na página inicial ou principal:



Figura 1: Página Inicial/Principal do Sistema.

Caso o utilizador deseje visitar a página de internet de cada uma das instituições envolvidas no projecto ou que disponibilizam os dados espaciais e respectivos metadados, pode fazê-lo, clicando nos links de cada uma das instituições (**CENACARTA**, **INE**, **MEC** ou **DNA**), sendo-lhe levado para a página de internet respectiva da instituição. Em relação aos outros links, o **CATÁLOGO DE METADADOS**, **ACTUALIZAR DADOS** e o **DADOS INTEGRADOS**, estes direccionam o utilizador para interfaces específicas, desenhadas para tal.

Caso o utilizador (funcionário ou técnico cartográfico da instituição) deseje partilhar os dados espaciais produzidos e tratados na sua instituição, actualizando assim a base de dados integrada, pode fazê-lo

clicando no link **ACTUALIZAR DADOS**, que carrega um pequeno módulo desenvolvido com o auxílio da ferramenta Grails e a linguagem de programação Groovy, sendo logo apresentado a página de “Login” (Figura 2), onde é convidado a introduzir seu “username” e “password”, confirmando, afim de aceder as funcionalidades do sistema, considerando que tenha sido antes cadastrado pelo Administrador do sistema.

Uma vez efectuado o “login”, o utilizador (técnico cartográfico), tem acesso ao painel (Figura 2) que mostra um “menu” de opções, sendo o de criar ou fornecer novo Metadado e respectivas características, e o de criar ou definir novo Tópico, onde para cada existe uma interface específica:

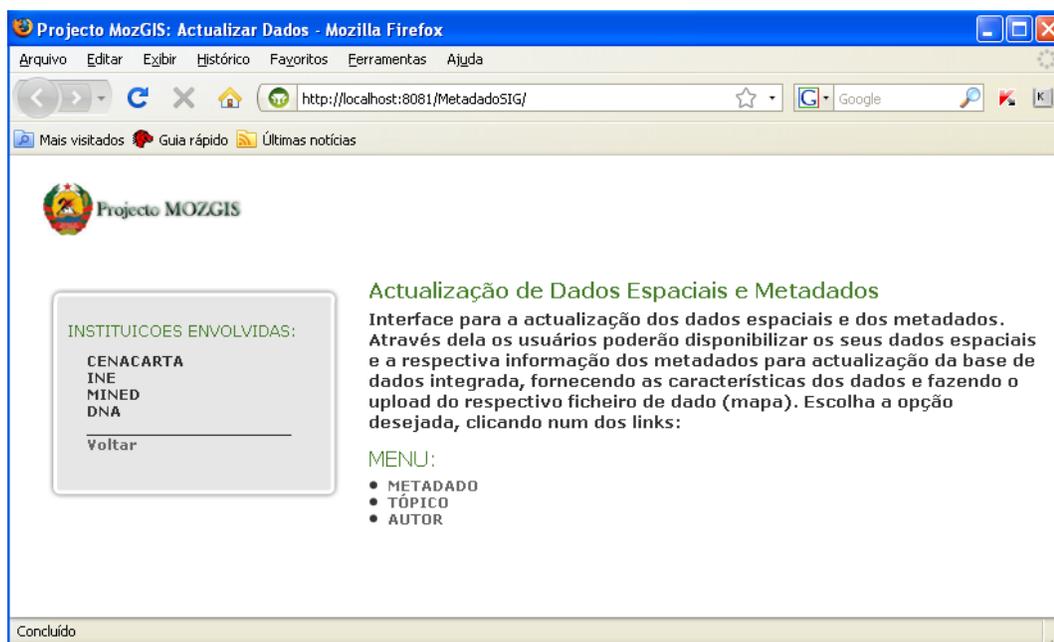


Figura 2: Página de selecção do tipo de registo: Metadado/Tópico.

Clicando no “menu” Metadado, abre a página ou interface que lhe permite fornecer/registar dados do novo Metadado (Figura 3), bem como anexar o respectivo ficheiro de dado/mapa, o utilizador deve preencher os seguintes dados referentes aos metadados: o estado, a escala, a frequência de actualização, a data, o tipo de representação espacial (raster/vectorial), o formato, a descrição do ficheiro, o sistema de referência, o título do mapa, a edição, o tópico, o padrão do dado, a versão e o modo de apresentação do mapa, e clicar no botão Gravar.

Figura 3: Criação do Metadado

Clicando no “menu” Topico, abre a página ou interface que lhe permite criar/registar um novo tópico (Figura 4), para os metadados que pretende enviar ou disponibilizar, devendo preencher a seguinte informação: código para o novo tópico e o nome ou descrição do tópico, e clicar no botão Gravar.

Figura 4: Cadastro de um novo Tópico.

Depois de cadastrado, é possível visualizar os todos tópicos criados e existentes na base de dados, através de uma listagem dos mesmos (Figura 5):

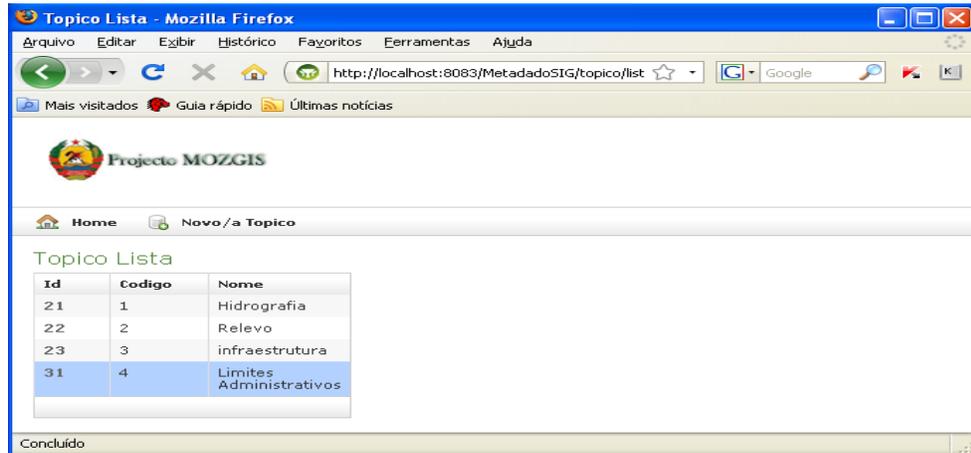


Figura 5: Listagem dos Tópicos dos Metadados.

A interface para o cadastro de um utilizador (autor dos metadados) pertencente a uma das instituições envolvidas e criado pelo administrador do sistema, pode ser visualizada na Figura 6, onde são preenchidos os seguintes dados: o código do utilizador, o nome, o cargo e a organização ou instituição a que pertence:

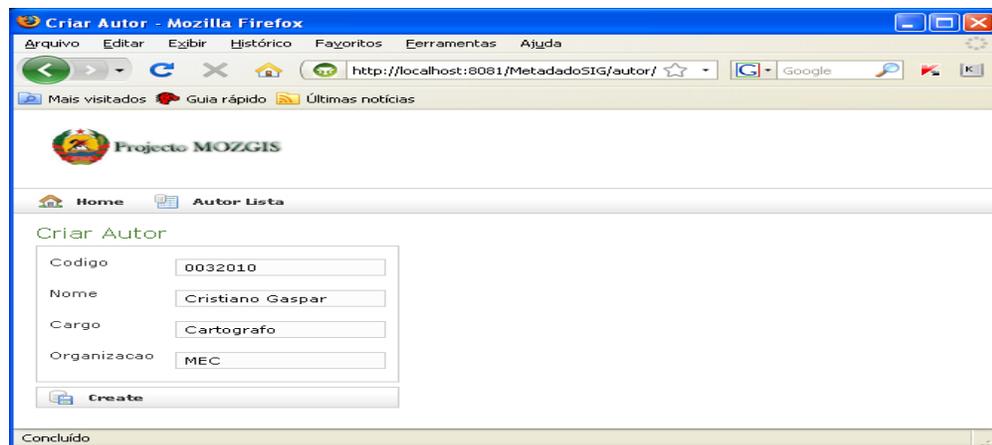


Figura 6: Cadastro dos Autores dos Metadados.

Voltando à Página Inicial/Principal do projecto, qualquer utilizador pode clicar no link **CATÁLOGO DE METADADO** para consultar os dados espaciais (mapas) e respectivos metadados disponíveis, já fornecidos e disponibilizados para consulta pelo administrador do sistema, abrindo uma interface ou página específica, desenvolvida com auxílio da ferramenta GeoNetwork, que funciona como um portal de dados e informação espacial entre as instituições e o público em geral; permite consultar os dados

(mapas) e respectivos metadados produzidos e disponibilizados pelas instituições (Figura 7), podendo fazer o download dos mesmos, caso satisfaçam os seus propósitos ou necessidades:

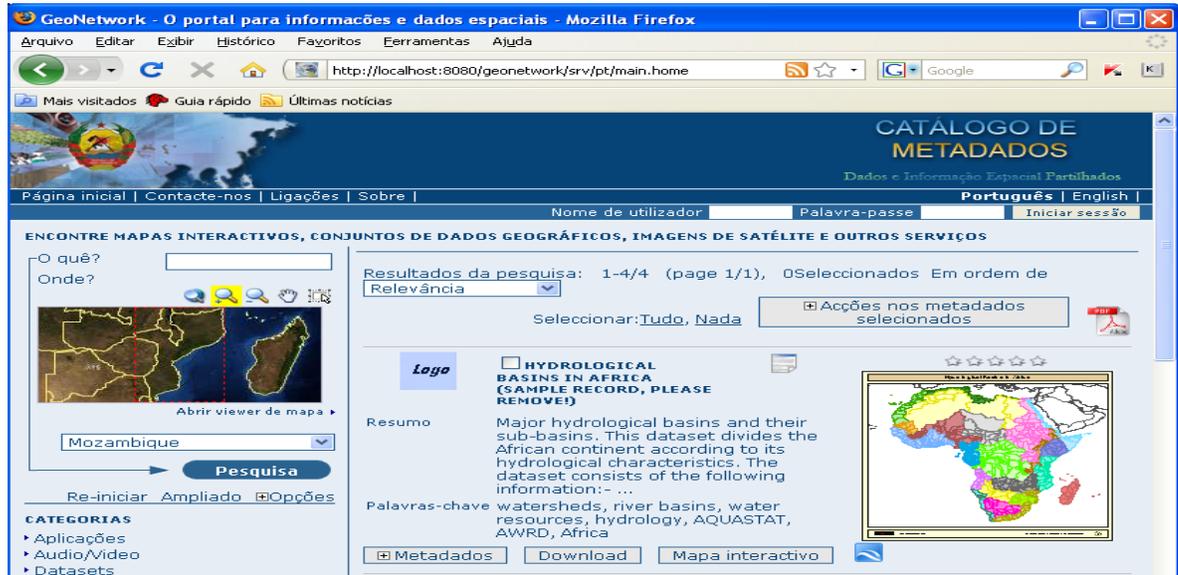


Figura 7: Página para consultar download dos dados e Metadados.

A página (Figura 8) para o Administrador do sistema disponibilizar os dados e metadados (características) enviados pelas instituições envolvidas e armazenados na base de dados, depois de efectuada a sua autenticação, permite que este possa criar novo metadado, editar ou apagar algum metadado já disponibilizado, definir privilégios e categorias respectivamente, bastando apenas clicar nas opções correspondentemente:

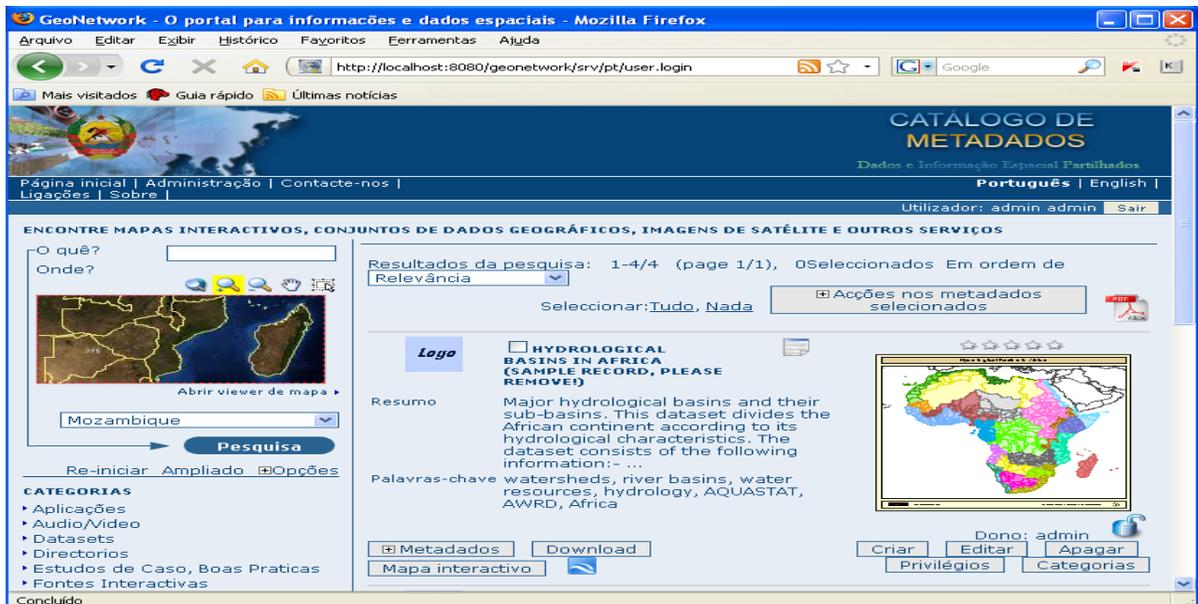


Figura 8: Página de criação e alteração dos dados e metadados disponibilizados.

Ao clicar no botão “editar” metadado (Figura 9), abre a página que permite alterar ou actualizar alguma informação referente ao Metadado que já tenha sido criado em algum momento e disponibilizado, clicando depois no botão “re-iniciar”, “gravar”, “gravar e sair”, “gravar e avaliar”, “pré-visualização” ou “cancelar”.



Figura 9: Página de edição do Metadado.

Uma vez os dados (mapas) e os respectivos Metadados disponibilizados e consultados através da interface específica, que é portal para informação e dados espaciais, e que pode ser acediada por qualquer dos utilizadores, os mesmos poderão fazer as análises espaciais específicas, através da combinação de várias camadas de dados espaciais (mapas) produzidos pelas instituições envolvidadas, num ambiente único, que oferece uma visão integrada dos dados, bastando para tal, apenas clicar no link **DADOS INTEGRADOS**, na página Principal da aplicação.

Clicando neste link, a aplicação direcciona o utilizador para interface ou página específica (Figura 10), onde a mesma encontra-se dividida em três (3) áreas: a área lateral à esquerda, onde são apresentadas as opções das camadas de dados e informação espacial que podem ser pesquisadas (camadas temáticas); a área central, onde são apresentados os resultados das pesquisas efectuadas, oferecendo a mesma mecanismos de *zoom in* e *zoom out* dos mapas, e direccionamento do mapa; e a área lateral à direita, onde é apresentada uma breve descrição do projecto:

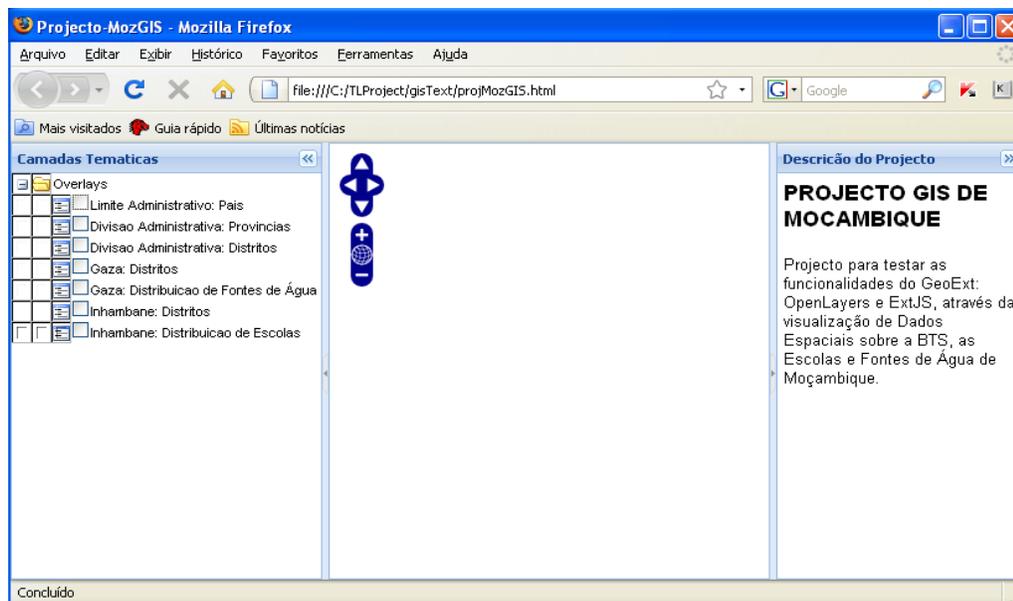


Figura 10: Página para Visualização dos Mapas.

Estando nesta página, o utilizador pode fazer as consultas e as respectivas visualizações dos mapas resultantes das suas pesquisas, bastando apenas seleccionar as opções desejadas, clicando no “checkbox” correspondente.

A seguir, é apresentado figuras (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18) que ilustram exemplos de resultados de algumas pesquisas ou consultas que podem ser realizadas e visualizadas através dessa interface:

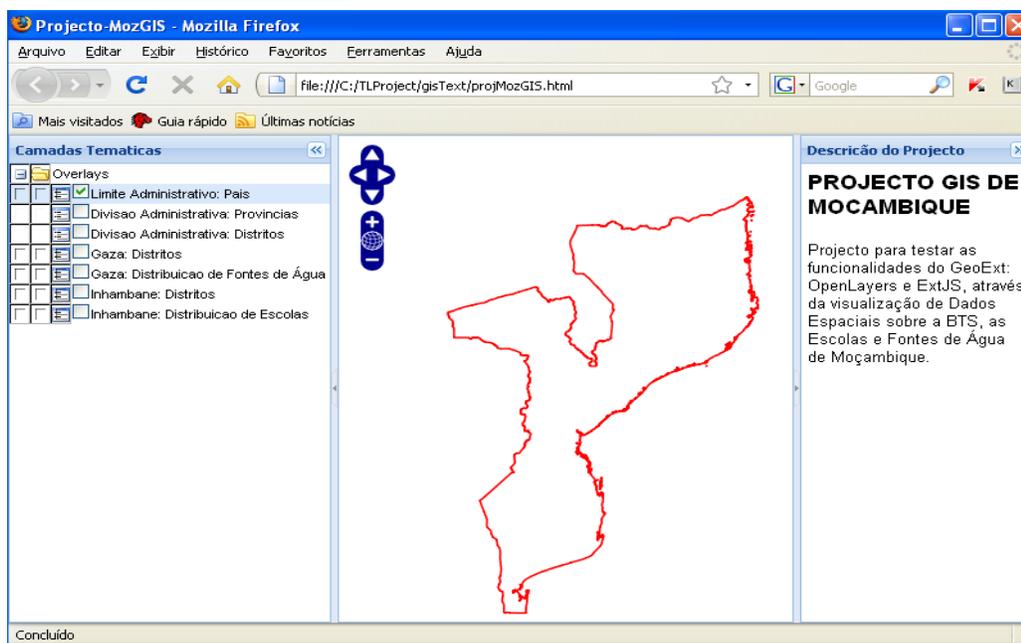


Figura 11: Resultado da pesquisa Limite Administrativo: País.

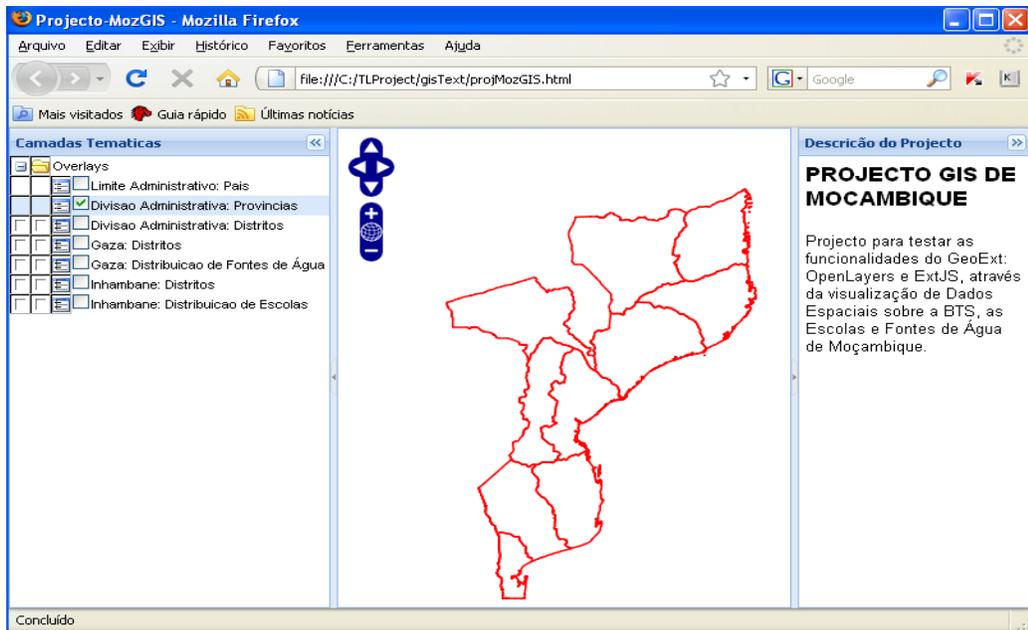


Figura 12: Resultado da pesquisa Divisão Administrativa: Províncias.

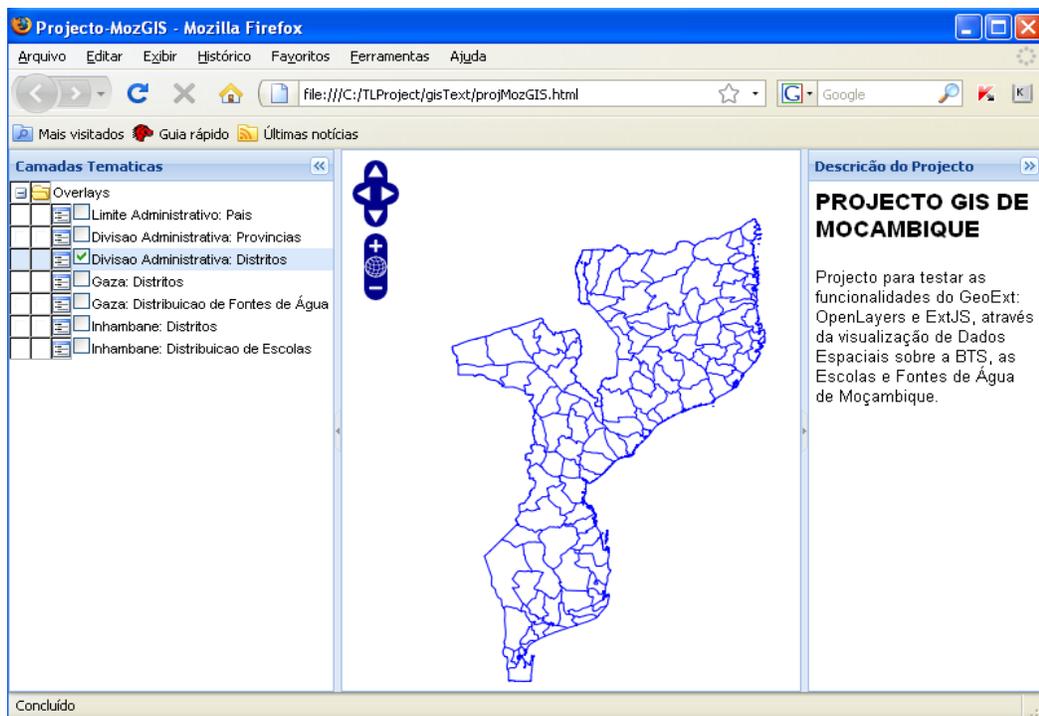


Figura 13: Resultado da pesquisa Divisão Administrativa: Distritos.

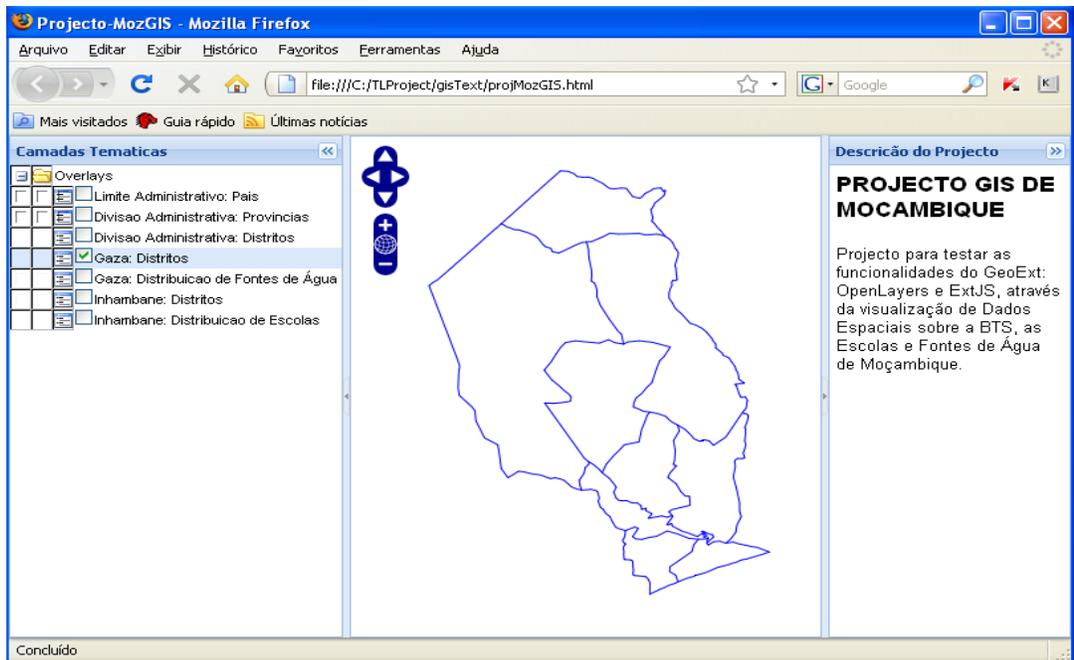


Figura 14: Resultado da pesquisa Gaza: Distritos.

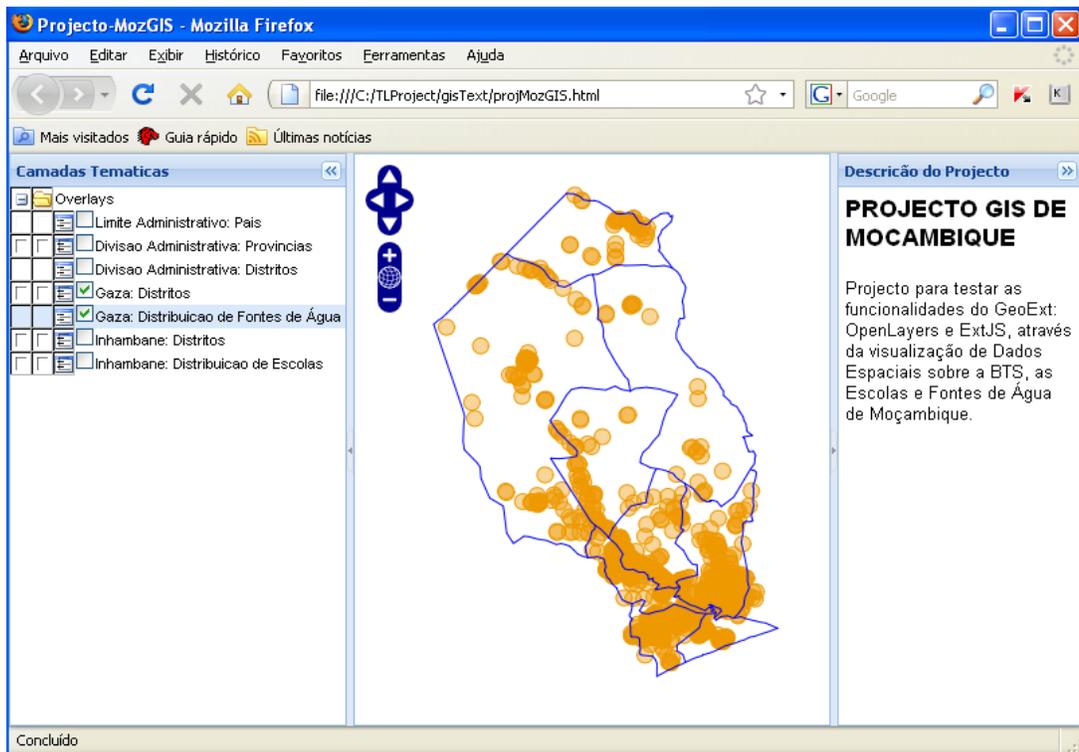


Figura 15: Resultado da pesquisa Gaza: Distritos e Distribuição de Fontes de Água.

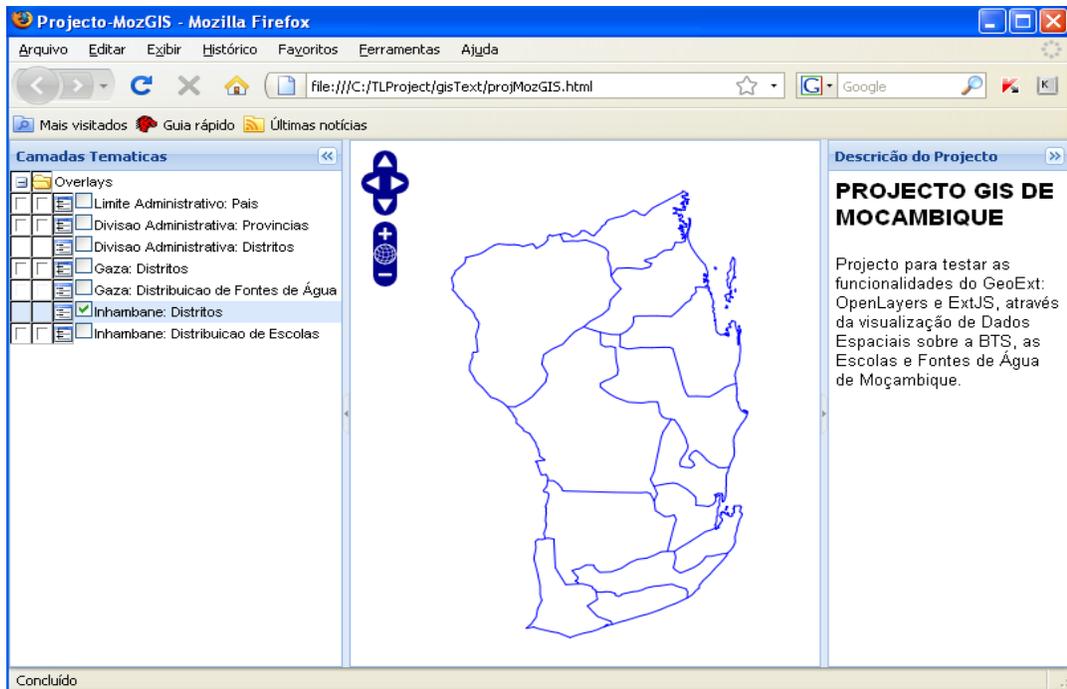


Figura 16: Resultado da pesquisa Inhambane: Distritos.

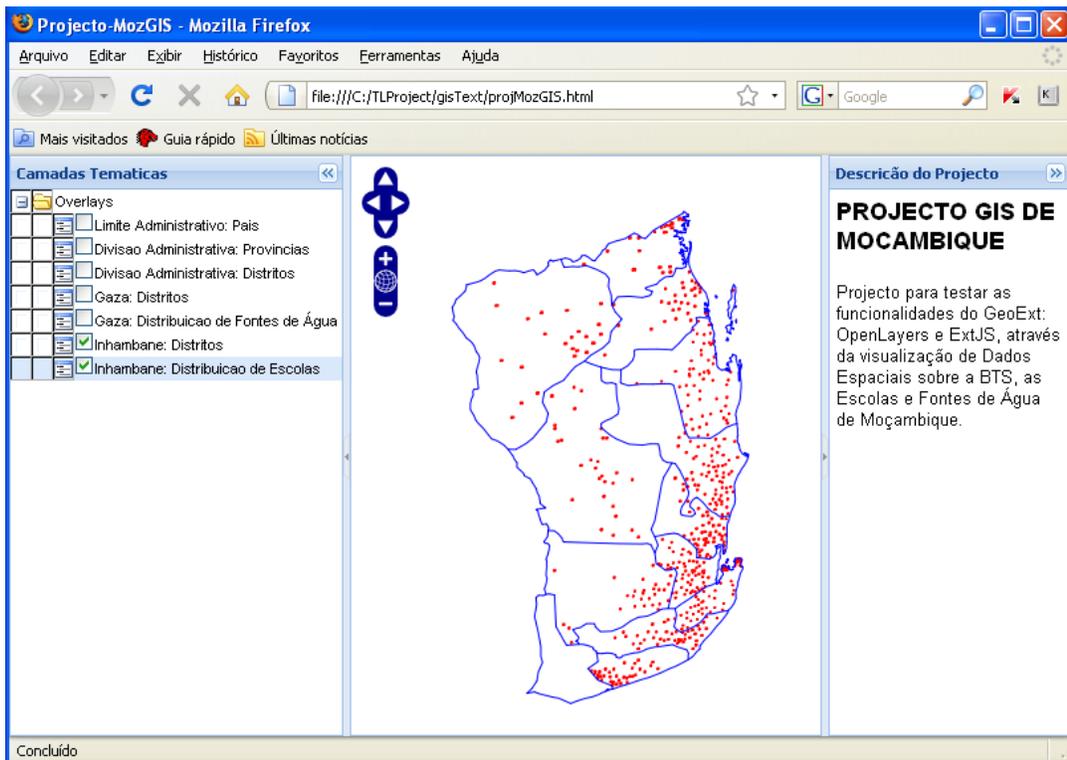


Figura 17: Resultado da pesquisa Inhambane: Distritos e Distribuição de Escolas.

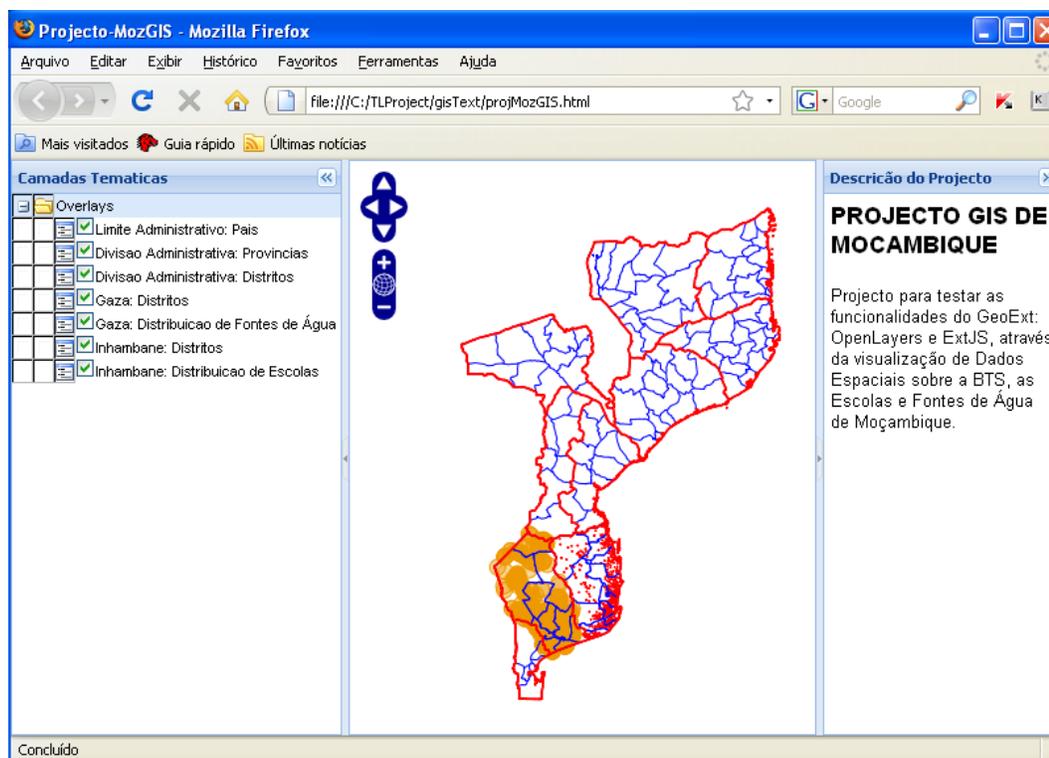


Figura 18: Resultado da pesquisa de todas as camadas temáticas.

Outras combinações de camadas de dados (mapas) e análises espaciais podem ser realizadas dependendo da necessidade da quantidade de dados disponibilizados e do utilizador, ajudando assim na tomada de decisão.

Anexo 2: Guiões de Entrevista**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE****FACULDADE DE CIÊNCIAS****Departamento de Matemática e Informática****Guião de Entrevista**

O presente guião de entrevista serve para a recolha de dados no CENACARTA, que serão usados na elaboração do trabalho de Licenciatura em Informática que tem como tema “*Modelo de Integração de Dados Espaciais*”, da estudante Inalda Marina Pereira Ernesto afecta ao Departamento de Matemática e Informática da Universidade Eduardo Mondlane. Neste contexto, garanto que toda a informação que me for facultada não será para outro fim senão o que foi mencionado acima. Agradeço desde já a vossa atenção e preciosa colaboração que for prestada.

Dados do Entrevistado

Nome:		
Cargo/Função:		
Departamento:		
Hora de início:	Hora de fim:	Data:

Questões a levantar durante a entrevista

1. O que é o CENACARTA?
2. Com que informação ou dado o CENACARTA trabalha?
3. Que meios ou formas o CENACARTA usa para a recolha de dados ou informação que necessitam?
4. Que sistemas de informação possuem (algum Sistema Informático)?
5. Que softwares utilizam nesses sistemas informáticos?
6. Trabalham com algum sistema de Informação Geográfica?
7. Que dados processam nesse sistema?
8. Como processam esses dados?
9. Que dados ou informação produzem?
10. Em que formato encontram-se os dados que vocês produzem?
11. Sobre os dados espaciais:
 - Em que escala se encontram?
 - Quais os padrões de dados que usam?
12. Sobre os dados e informação que produzem:
 - Para quê são usados?
 - Que tipo de análises são feitas e que relatórios são produzidos?
 - Que instituições solicitam-vos dados ou informação?
 - Que dados vos são solicitados?
13. Como e quando actualizam os dados que vocês recolhem e processam?



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE CIÊNCIAS
Departamento de Matemática e Informática

Guião de Entrevista

O presente guião de entrevista serve para a recolha de dados na <instituição>, que serão usados na elaboração do trabalho de Licenciatura em Informática que tem como tema “*Modelo de Integração de Dados Espaciais*”, da estudante Inalda Marina Pereira Ernesto afecta ao Departamento de Matemática e Informática da Universidade Eduardo Mondlane. Neste contexto, garanto que toda a informação que me for facultada não será para outro fim senão o que foi mencionado acima. Agradeço desde já a atenção e colaboração que for prestada.

Dados do Entrevistado

Nome:		
Cargo/Função:		
Departamento:		
Hora de início:	Hora de fim:	Data:

Questões a levantar durante a entrevista

1. Quem é <instituição>?
2. Com que tipo de dado e informação trabalha?
3. Que meios usa para o processo de recolha de dados ou informação que necessitam?
4. Que dificuldades tem enfrentado neste processo de recolha de dados, em particular o espacial?
5. Que Sistemas de Informação o possui?
6. Que Sistemas de Informação Geográfica possuem?
7. Que softwares ou ferramentas de processamento geográfico utilizam nesses sistemas?
8. Tem encontrado alguma dificuldade no uso destas ferramentas?
9. Que dados processam nesses sistemas?
10. Sobre os dados espaciais que produzem e partilham:
 - Com que sistemas de coordenadas, formatos, modelos e escalas de dados trabalham?
 - Com são processados esses dados?
 - Como esta estruturada a vossa base de dados espacial ou geográfica?
 - Com que instituições trocam ou partilham os dados espaciais? Que dados?
 - Utilizam ou seguem algum padrão pré-definido para a recolha desses dados? Quais?
 - Quais as características dos dados que vos são fornecidos pelas outras instituições?
 - Quais as dificuldades no processo de partilha desses dados?
 - Existe alguma necessidade de se fazer conversão dos dados de outras instituições? Que tipo de conversões fazem e porquê?
 - Que meios ou mecanismos de conversão de dados espaciais utilizam?
 - Como e quando actualizam os dados que vocês recolhem e processam, ou sejam, os dados da base cartográfica?
 - Que desafios esperam na questão de partilha e intercâmbio de dados espacial?

2. MEC

 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO CARTA ESCOLAR CADASTRO DE ESCOLAS	ANTIGO CÓDIGO DA ESCOLA				NOVO CÓDIGO DA ESCOLA				LOCAL (1)
	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA (COORDENADAS GEOGRÁFICAS)								
Latitude (SUL)				Longitude (ESTE)				Altitude	
GRAUS MINUTOS SEGUNDOS				GRAUS MINUTOS SEGUNDOS				METROS	

1. Identificação, ano de abertura, telefone e tipo de escola (ou escola anexa)

Nome da escola	Ano de abertura	Telefone	Tipo de escola (marque com X)		
		()	Pública	Comunitária	Privada

2. Localização administrativa da escola (ou escola anexa) e ZIP a que pertence

Distrito	Posto Administrativo	Localidade
Cidade, vila ou aldeia (se aplicável)	Bairro (se aplicável)	Nome da ZIP a que a escola pertence

3. Disponibilidade de água na escola (ou escola anexa)

Tem água?		Se TEM água assinale com X as opções apropriadas							
		Fonte de água (marque com X)					Qualidade da água (marque com X)		
Sim	Não	Rede pública	Cisterna	Furo (com bomba)	Poço	Outra fonte	Potável	Não potável	Não sei

4. Disponibilidade de energia eléctrica na escola (ou escola anexa)

Tem electricidade?		Se TEM electricidade assinale com X as opções apropriadas					
		Fonte de energia eléctrica (marque com X)			Estado de conservação da instalação eléctrica		
Sim	Não	Rede pública	Gerador	Solar	Boa	Razoável	Má

5. Casas de professores existentes na escola (ou escola anexa)

NÚMERO de casas de professores existentes						
Total	NÚMERO de casas quanto ao tipo de casa			NÚMERO quanto ao estado de conservação		
	Precária	Melhorada	Alvenaria	Boa	Razoável	Má

6. Cantina, casas de banho, latrinas e urinóis (tradicionais) na escola (ou escola anexa)

Tem cantina?		Se SIM, marque com X as opções apropriadas					NÚMERO de casas de banho existentes					
		Funciona?		Qualidade			Total	Funcionam (Nº)		NÚMERO segundo a Qualidade		
Sim	Não	Sim	Não	Boa	Razoável	Má		Sim	Não	Boa	Razoável	Má

NÚMERO de latrinas existentes						NÚMERO de urinóis (tradicionais) existentes					
Total	Funcionam (Nº)		NÚMERO segundo a Qualidade			Total	Funcionam (Nº)		NÚMERO segundo a Qualidade		
	Sim	Não	Boa	Razoável	Má		Sim	Não	Boa	Razoável	Má

7. Outras infra-estruturas existentes na escola (ou escola anexa)

Tem Campo Polivalente? (marque com X)		Tem Ginásio? (marque com X)		Tem internato? (marque com X)		Se tem internato indique	
Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Capacidade	Ano de abertura

ATENÇÃO: Se a escola possui internato entregue à escola o formulário sobre internatos e lares.

Registo de fotografias tiradas na escola (ou escola anexa)

Nº da foto	Autor	Descrição

MODELO RE-01

 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO CARTA ESCOLAR CADASTRO DE ESCOLAS	ANTIGO CÓDIGO DA ESCOLA				NOVO CÓDIGO DA ESCOLA				LOCAL (a)		
	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA (COORDENADAS GEOGRÁFICAS)										
	Latitude (SUL)					Longitude (ESTE)					Altitude
	GRAUS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRAUS	MINUTOS	SEGUNDOS	GRAUS	MINUTOS	SEGUNDOS	METROS	

1. Identificação, ano de abertura, telefone e tipo de escola (ou escola anexa)

Nome da escola (ou escola anexa)	Ano de abertura	Telefone	Tipo de escola (marque com X)		
	()	()	<input type="checkbox"/> Pública	<input type="checkbox"/> Comunitária	<input type="checkbox"/> Privada

2. Localização administrativa da escola (ou escola anexa) e ZIP a que pertence

Distrito	Posto Administrativo	Localidade

Cidade, vila ou aldeia (se aplicável)	Bairro (se aplicável)	Nome da ZIP a que a escola pertence

3. Número de alunos e turmas por classe na escola (ou escola anexa)

	Classes												Total
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	11ª	12ª	
Alunos													
Turmas													

ATENÇÃO: Se a escola não possuir "salas anexas" indique o número de alunos existentes na escola. Se a escola possui salas anexas constituindo uma ou mais "escolas anexas" terá que preencher um formulário para a escola sede e tantos formulários quantas as "escolas anexas" que dependem da escola. Neste caso indicará no quadro acima o número de alunos e turmas por classe para o local a que se refere este formulário.

4. Percurso (somente de ida) efectuado pelos alunos e professores da escola (ou escola anexa)

Tempo	Lugar de origem (Indique o nome da localidade / aldeia / bairro ...)	Alunos	Professores
MENOS DE 20 MINUTOS A P.E.			
DE 20 A 40 MINUTOS A P.E.			
DE 40 A 60 MINUTOS A P.E.			
MAIS DE 60 MINUTOS A P.E.			
TOTAL (o total de alunos tem de ser igual ao total de alunos constante no quadro 3.)			

MODELO RE-02 (1/14)

3. DNA

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS E HABITAÇÃO
 Direcção Nacional das Águas
 Departamento de Água Rural

Ficha de levantamento de uma fonte de água **Identificação da fonte**

Código anterior: _____ Código actual: _____

Nome da fonte: _____

Localização geográfica

Folha N°: _____ Longitude: _____ Latitude: _____ Cota: _____

Província: _____ Distrito: _____ Posto Adm.: _____

Vila: _____ Localidade: _____ Bairro/Aldeia: _____

Data da entrega	
Financiador:	
Empreiteiro:	
Fiscal	
Custo total da obra:	

Tipo de fonte

Poço Revestimento N° de manilhas: _____ Filtro

diam. Int. Manilhas (cm): _____

altura das manilhas (cm): _____

Furo Tubagem Tipo de tubo liso diam. int. inicial(cm): _____

ranhura diam. int. final (cm): _____

Filtrante altura filtrante (m): _____ Método de perfuração: _____

Captação de nascente

Captação em rio / riacho

Fonte recuperada

Tipo de intervenção: Limpeza Desinfecção Reabilitação

Levantamento / Medições

Data do levantamento/medição: __/__/__

Estado

Operacional Funcionamento parcial Inoperacional Abandonado

Destruída Reabilitação em curso

Qualidade da água

PH: _____ Água doce

I. INTRODUÇÃO

O presente relatório destina-se, em geral, aos intervenientes do sector de água em particular aos do sub-sector de Abastecimento de Água Rural (AAR). Nele são reportadas as principais realizações do sub-sector no 1º Trimestre do ano de 2008. Os tópicos abordados são:

- Acções do plano corrente;
- Avaliação da execução do PES 2008;
 - Projectos de AAR;
- Conclusões;
- Propostas de solução.

O Departamento de Água Rural não recebeu relatórios das Províncias de Maputo, Zambézia e Tete.

II. TÓPICOS A ABORDAR**II.1. ACÇÕES DO PLANO ECONÓMICO SOCIAL 2008**

O Plano Quinquenal do sector de águas define para o sub-sector de AAR para o período 2005-2009, as seguintes acções:

- a) Assegurar o aumento da cobertura em fontes de abastecimento de água potável para, pelo menos, 55% da população rural (servindo a, pelo menos, 8 milhões de pessoas) em 2009;
- b) Disseminar a Política Nacional de Águas (PNA) e suas estratégias;
- c) Assegurar a sustentabilidade e gestão local das fontes de AAR.

Para a concretização das acções acima, o Departamento de Água Rural estabeleceu no PES 2008:

1. Construir/reabilitar 1,500 fontes de AAR, de modo a permitir a elevação da cobertura em, pelo menos, 03% (de 48.5 % para 51.0%); A distribuição das fontes por província é mostrada na tabela 1.

Tabela 1. Construção/reabilitação de fontes dispersas previstas no PES 2008

Província	Construção		Reabilitação		Total Fontes
	Furos	Poços	Furos e Poços		
Niassa	110	0	85		195
C.Delgado	115	-	17		132
Nampula	257	52	46		355
Zambézia	136	22	70		228
Tete	155	0	28		183
Manica	79	-	50		129
Sofala	80	-	30		110
Inhambane	31	-	117		148
Gaza	20	-	0		20
Maputo	-	-	-		-
Total	983	74	443		1.500

2. Elaborar Projectos Executivos para a Reabilitação e Expansão de 20 PSAA's e realizar as obras de Reabilitação de 17 PSAA's. A distribuição dos Sistemas por província é mostrada na tabela 2.