



Universidade Nova de Lisboa
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente

Tecnologias de Informação Geográfica e Monitorização Ambiental em Contexto Africano

Por: Luís Filipe do Espírito Santo Correia Marques

**Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova
de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Ordenamento do Território e
Planeamento Ambiental na Perspectiva das Comunidades Europeias**

**Orientador Científico: Professora Doutora Cláudia Sousa
Co-Orientador: Professor Doutor João Farinha**

Lisboa

2009

Agradecimentos

Gostaria de deixar expressos os meus agradecimentos:

À Professora Doutora Cláudia Sousa, orientadora desta dissertação, pela disponibilidade, compreensão, apoio, crítica, sugestões e impressões imprescindíveis, bem como a toda a equipa do projecto ChimpGB, pelos dados GPS recolhidos no terreno e fotografias fornecidas;

Ao meu co-orientador, Professor Doutor João Farinha pelos inteligentes concelhos científicos, interesse e apoio manifestados no decorrer de toda a dissertação;

À Fundação para a Ciência e Tecnologia, que financiou o projecto ChimpGB (ref. POCI/ANT/57434/2004), no âmbito do qual esta dissertação foi elaborada;

À equipa do Instituto de Investigação Científica e Tropical e ao projecto CarboVeg-GB, especialmente à Doutora Maria José Vasconcelos, ao Doutor Luís Catarino, ao Mestre Viriato Cassamá, ao Eng. Duarte Oom, Eng. Joana Melo, pelo interesse, entusiasmo, cortesia e prontidão na partilha de dados e sugestões;

Ao Instituto da Biodiversidade e Áreas Protegidas da Guiné-Bissau (IBAP), pela informação textual dos limites do Parque Nacional de Cantanhez;

Ao Ministério do Ambiente de Portugal e ao Ministério do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais da Guiné-Bissau (projecto CarboVEG-GB);

Ao Professor Doutor José António Tenedório, pela troca de opiniões que ajudaram a anular as minhas incertezas e dúvidas, bem como a profunda admiração;

Ao Dr. João Vieira do Instituto de Habitação e Reabilitação Urbana e toda a equipa, pela compreensão e profissionalismo exemplar;

À Doutora Filipa Ramalhete, Mestre Jorge Rocha, Mestre Rossana Estanqueiro, Arq. Cláudia Morgado, Dr. Tiago Sousa, Dra. Raquel Reis e Dra. Carla Gomes pela amizade, crítica e sugestões;

À Santa Klavina pela paciência e compreensão e a todos aqueles que de uma forma ou de outra me apoiaram no decorrer da elaboração desta dissertação;

Agradeço ainda aos meus pais Luís Manuel Marques e Maria Olímpia Marques, por tudo o que me proporcionaram.

Sumário

A dissertação sustenta-se na *ideia* que as Tecnologias de Informação Geográfica, nomeadamente a Detecção Remota, o Sistema de Posicionamento Global, a Cartografia Digital e os Sistemas de Informação Geográfica são, actualmente, insubstituíveis na monitorização ambiental bem como noutros domínios com forte conotação espacial. Quando as acções de monitorização e de protecção ambiental decorrem em países em desenvolvimento, nomeadamente africanos, observa-se, regra geral, a insuficiência ou mesmo inexistência de informação geográfica para concretização de projectos.

Neste contexto, o recurso a informação partilhada disponível na internet requer as *operações* seguintes: identificação de servidores remotos que disponibilizam informação geográfica pertinente, avaliação da qualidade dessa informação, estruturação de informação multifontes em bases de dados com coerência e completude, identificação e aplicação de técnicas avançadas de análise.

Centrada na *ideia* e nas *operações* enunciadas, a dissertação desenvolve-se em torno duma proposta de modelo de infra-estrutura de dados espaciais baseado em informação partilhada em portais internet para dar resposta a um projecto relacionado com a distribuição das comunidades de chimpanzés (*Pan troglodytes verus*) na região da Guiné-Bissau e com a sua relação com as comunidades humanas locais. A informação geográfica inserida no modelo é trabalhada em Sistemas de Informação Geográfica de forma a ser visualizada na plataforma *Google Earth*.

Abstract

The dissertation is based on the *idea* that Geographic Information Technologies, especially Remote Sensing, Global Positioning System, Digital Cartography and Geographic Information Systems are currently irreplaceable in environmental monitoring and other areas with strong spatial connotation. When the monitoring and environmental protection takes place in developing countries, particularly African, there is generally insufficient or even lack of geographical information for projects completion.

Within this context, the use of shared information available on the Internet requires the following operations: identification of remote servers that provide relevant geographic information, quality assessment of this information, structuring information in multisource databases with consistency and completeness, identifying and applying advanced analysis techniques.

Centred on the *idea* and the *actions* listed, the dissertation is developed around a proposal of a spatial data infrastructure model, based on information shared on Internet portals as a response to a project related to the distribution of chimpanzees communities (*Pan troglodytes verus*) in the region of Guinea-Bissau and to its relationship with the local human communities. Geographic information inserted into the model is assembled in Geographic Information Systems in order to be viewed in Google Earth platform.

Siglas e Acrónimos

AGI	Association for Geographic Information
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AR4	Quarto Relatório de Avaliação do IPCC
ATO	African Timber Organization
CARBVEG-GB	Quantificação do stock de carbono e efeitos dos sumidouros nas florestas da Guiné-Bissau (Proj.)
CBD	Convenção sobre Diversidade Biológica das Nações Unidas
CDG	Conjunto de Dados Geográficos
ChimpGB	Distribuição das comunidades de chimpanzés (<i>Pan troglodytes verus</i>) na região da Guiné-Bissau e a sua relação com as comunidades humanas locais (Projecto)
CIN	Comité Intergovernamental de Negociação
CMP	Convenção do Património Mundial
CODI-Geo	Committee for Development Information's Subcommittee on Geo-information
CPM	Comité do Património Mundial
DA-UNL	Departamento de Antropologia/Faculdade Ciências Sociais Humanas/Universidade Nova de Lisboa
DR	Detecção Remota
DUE	Data User Element
e-Geo	Centro de Estudos de Geografia e Planeamento Regional
EOEP	Earth Observation Envelope Programme
ESA	European Space Agency
EU	União Europeia
EUOGI	European Umbrella Organisation for Geographic Information
FAO	Food and Agriculture Organization
FIRMS	The Fire Information for Resource Management System
FPM	Fundo do Património Mundial
GE	Google Earth
GEE	Gases de Efeito de Estufa
GMES	Global Monitoring for Environment and Security
GOFC-GOLD	Global Observation of Forest and Land Cover Dynamics
GPS	Sistema de Posicionamento Global
GSDI	Global Spatial Data Infrastructure
HSRC	Human Sciences Research Council
IA	Inteligência Artificial
IBAP	Instituto da Biodiversidade e Áreas Protegidas da Guiné-Bissau
ICCROM	Centro Internacional de Estudos para a Conservação e Restauro dos Bens Culturais
ICOMOS	Conselho Internacional dos Monumentos e Sítios
IES	Institute for Environment and Sustainability
IG	Informação Geográfica
IGD	Informação Geográfica Digital
IICT	Instituto de Investigação Científica e Tropical
IIED	Instituto Internacional para o Ambiente e Desenvolvimento
IMS	Internet Map Service

INHS	Illinois Natural History Survey
IP	Internet Protocol
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
ISDE	International Society for Digital Earth
ISO/TC211	International Organization for Standardization Technical Committee 211 – Geographic Information
ITTA	Acordo Internacional sobre Madeiras Tropicais
ITTC	Conselho Internacional das Madeiras Tropicais
ITTO	International Timber Trade Organization
IUCN	União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais
KP	Protocolo de Quioto
LVQ	Learning Vector Quantization
MAFA	Mapping África for África
NCGIA	National Centre of Geographic Information and Analysis
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NEPAD	New Partnership for África Development
OGC	<i>Open GIS Consortium</i> (actual <i>Open Geospatial Consortium</i>)
ONG	Organizações Não Governamentais
REC	Comunidades Económicas Regionais Africanas
RNA	Redes Neurais Artificiais
SDI	Infra-estruturas de Dados Geográficos (Spatial Data Infrastructure)
SBSTTA	Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SOM	Self-Organizing Map
STRP	Painel de Revisão Científica e Técnica
TESEO	Treaty Enforcement Services using Earth Observation
TIG	Tecnologias de Informação Geográfica
UN	Nações Unidas
UNCCD	Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação
UNCED	Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento
UNCTAD	Conferência das Nações Unidas para o Comércio e o Desenvolvimento
UNDP	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
UNECA	Economic Commission for África
UNEP	Programa das Nações Unidas para o Ambiente
UNFCCC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas
UNGIWG	Grupo de Trabalho de Informação Geográfica das Nações Unidas
UN-REDD	United Nations Collaborative Programme on Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries
USGS	United States Geological Survey
WCS	Web Coverage Service
WFS	Web Feature Service
WMS	Web Mapping Service
ZEC	Zonas Especiais de Conservação
ZPE	Zonas de Protecção Especial

Índice de Matérias

Índice de Figuras.....	9
Índice de Quadros	10
Introdução.....	11
Capítulo I – Ambiente, Ordenamento do Território e Informação Geográfica	13
1. Problemas ambientais, tratados internacionais e informação geográfica.....	13
1.1. Evolução das preocupações ambientais ao nível internacional.....	14
1.2. Tratados internacionais.....	17
1.3. Informação Geográfica (IG).....	18
1.3.1. Antecedentes	18
1.3.2. Conceitos	19
1.3.3. A informação geográfica e os problemas ambientais	20
2. Análise dos problemas ambientais, tratados internacionais e informação geográfica	22
2.1. Fragmentação de habitats e conectividade	22
2.1.1. Desflorestação	28
2.1.2. Perda de solo e desertificação.....	31
2.1.3. Águas interiores e zonas húmidas.....	35
2.2. Diminuição de biodiversidade.....	37
2.3. Emissão de Gases com Efeito de Estufa (GEE) e alterações climáticas	40
3. Reservas ambientais.....	42
4. Síntese.....	44
Capítulo II – Informação Geográfica em Ambiente e Ordenamento do Território	49
1. Sistema de Posicionamento Global (GPS)	49
2. Detecção Remota	51
2.1. Fundamentos.....	51
2.1.1. Energia e espectro electromagnético.....	52
2.1.2. Resoluções dos Sistemas Sensores	53
2.2. Satélites e sensores	55
2.3. Métodos e técnicas de classificação de imagens de satélite	63
2.3.1. Classificadores Assistidos, pixel a pixel	65
2.3.2. Classificadores Não Assistidos, pixel a pixel.....	66
2.3.3. Redes Neurais Artificiais (RNA).....	67
2.3.4. Classificação de imagens de satélite orientada ao objecto	68
3. Sistemas de Informação Geográfica (SIG).....	70
3.1. Abordagem à qualidade de informação geográfica	71
3.2. Meta-informação	74
3.3. Infra-estrutura de Informação Geográfica (SDI).....	75
4. Localização, manipulação e visualização de informação geográfica.....	77
4.1. Disponibilização de IG na Internet.....	77
4.2. Disponibilização de IG em “Globos Virtuais”.....	80
4.2.1. Geoscope.....	81
4.2.2. Digital Earth.....	82
4.2.3. Globos Digitais.....	83
4.2.4. Geo-Browsers	84
4.2.4.1. Google Earth (GE).....	85
4.2.4.1.1. A visão “Digital Earth” e o Google Earth.....	86
4.2.4.1.2. Os SIG e o Google Earth.....	87
4.3. Síntese.....	88
Capítulo III – Informação Geográfica e Ambiente em contexto africano.....	92
1. O continente africano e a IG.....	92
1.1. O valor da IG para o Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental no contexto africano	92
1.2. Défice de IG no contexto africano	94
1.3. Principais problemas no desenvolvimento de IG em África e medidas para a sua resolução.....	97
1.4. Multifontes de IGD	100
2. O modelo de procedimentos para a aquisição de IG ambiental para a Guiné-Bissau.....	102
2.1. Modelo de dados para a Guiné-Bissau.....	102

2.2. Procedimentos e pesquisa de fontes para a aquisição e gestão de dados vectoriais e raster para a Guiné-Bissau.....	109
2.3. Visualização dos dados e partilha de informação.....	114
2.4. Fundamentos para a modelação geográfica da presença de <i>Pan troglodytes verus</i>	141
Considerações Finais	147
Bibliografia.....	152
Recursos bibliográficos na <i>Internet</i>	161
Anexo I – Lista de exemplos de Satélites por programa / série	168
Anexo II – fontes de informação geográfica na web.....	169
Anexo III – CD-ROM com informação textual e gráfica.....	173

Índice de Figuras

Figura 1 – Sheffield, Inglaterra 1874. Ambiente densamente povoado e poluído, criado pelas cidades industriais	14
Figura 2 – Sistema de parques criados nos EUA (Olmsted e Vaux). Boston Emerald Necklace	14
Figura 3 – UNCED (ou Cimeira da Terra), Rio de Janeiro, Brasil, 1992	15
Figura 4 - Diagrama Temporal de acontecimentos relevantes no Ambiente, Ordenamento do Território e Informação Geográfica	16
Figura 5 – Interação da energia com a superfície dos corpos.....	52
Figura 6 – Espectro electromagnético (adaptado de Lillesand e Kiefer, 2000 in Tenedório, 2008)	53
Figura 7 – A mesma superfície em imagens de diferentes resoluções espaciais (adaptado de Jensen, 2007 in Tenedório, 2008).....	54
Figura 8 – Diferentes resoluções radiométricas: níveis de tom e bits (in CEP SRM).....	54
Figura 9 – exemplo de classificação através do K-Means (exemplo de 7 clusters e 500 elementos)	67
Figura 10 – Rede neuronal do tipo Feed-Forward.....	67
Figura 11- Ilustração abstracta de uma rede hierarquica de quatro níveis de objectos da imagem (in Benz, 2004).....	69
Figura 12 – Operações WMS.....	78
Figura 13 – Relação entre clientes/servidores e alguns protocolos com a OGC.....	79
Figura 14 – Diagrama temporal da cartografia global, apresentado por Grossener	80
Figura 15 – Factores de influência da Informação Geográfica para o desenvolvimento sustentável.	88
Figura 16 – EROS Datacenter (Sioux Falls) Fonte: USGS.....	101
Figura 17 – Visão esquemática do fluxo de IG na lógica da procura.....	107
Figura 18 – Mapa de grafos da localização física da IG disponibilizada e recolhida para a Guiné-Bissau (com base no quadro 5)	113
Figura 19 – Variação da ocupação do solo na Guiné-Bissau nos anos de 1990, 1994, 2002 e 2007	124
Figura 20 – Ninhos de Chimpanzés na região de Cantanhez, Tombali (GB).....	127
Figura 21 – Limite entre área florestal e savana na região de Cantanhez (GB)	127
Figura 24 – Savana Arborizada ardida na Guiné-Bissau.....	134
Figura 25 – Percentagem de classes de ocupação do solo em 2002, ardidas no período de 2002 a 2006..	138
Figura 26 – Percentagem de classes de ocupação do solo em 2007, ardidas no período de 2002 a 2006..	139

Índice de Quadros

Quadro 1 – Síntese dos principais tratados e informação geográfica.....	47
Quadro 2 – Principais satélites artificiais e sensores para a observação do planeta Terra.....	62
Quadro 3 – Diagrama conceptual, que identifica os processamentos de dados de detecção remota, analógico (visual) e digital, baseando-se na análise e interpretação dos elementos da imagem (adaptado de Jensen, 2005).....	64
Quadro 4 – Qualidade de um elemento ou sub-elemento na norma ISO 19113.....	72
Quadro 5 – Multifontes de IG para o desenvolvimento de SDI.....	112
Quadro 6 – Identificação do Path/Row das imagens de satélite e respectivas datas de aquisição.....	122
Quadro 7 – Variação da ocupação do solo na Guiné-Bissau durante o período de 1990 a 2007	125
Quadro 8 – Selecção de IG, de critérios e de ponderações para Análise Multicritério	143

Introdução

Os estudos orientados para a resolução de problemas ambientais, realizados para dar resposta aos diagnósticos sobre o ordenamento do território ou para propor medidas de planeamento ambiental, utilizam invariavelmente informação geográfica. Sempre assim foi mesmo quando a informação se estruturava em suportes analógicos como era o caso dos dados estatísticos, dos mapas, das fotografias aéreas, dos levantamentos aerofotogramétricos, da informação qualitativa de base documental. A evolução tecnológica, nomeadamente a partir da segunda metade do Séc. XX, introduziu a noção de informação geográfica em suporte digital. Desta nova realidade emergiu a versatilidade desse novo suporte, nomeadamente no que diz respeito à rapidez de actualização, à interoperabilidade e à mudança dos ritmos de decisão, à complexidade da modelação e da simulação espacial de cenários de evolução futura dos sistemas ambientais e territoriais.

Actualmente, o maior problema das organizações, públicas ou privadas é a qualidade da informação georreferenciada (tomada nesta dissertação como sinónimo de Informação Geográfica, abreviadamente IG). Em determinadas situações técnicas e científicas, como é o caso do presente trabalho académico, o problema que se coloca não é tanto o problema da escassez de IG mas sobretudo o da qualidade, que é medida pela completude, exactidão temática e posicional, rigor da descrição dos metadados e interoperabilidade. A criação de bases de dados gráficas e alfanuméricas, estruturadas de acordo com normas técnicas rígidas e tão universais quanto possível, não se compadece com a não harmonização de fontes e de dados, de proprietário ou partilhados na *internet*, conforme se deduz dos princípios de implementação de Infra-estruturas de Dados Espaciais ou Geográficos (SDI).

Dos dois argumentos que enquadram esta introdução, o argumento relativo à passagem da IG analógica para a IG digital e o argumento associado à qualidade dessa informação, decorrem as matérias mestras deste trabalho. A dissertação sustenta-se na *ideia* que as Tecnologias de Informação Geográfica (TIG), nomeadamente a Detecção Remota (DR), o Sistema de Posicionamento Global (GPS), a Cartografia Digital e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são, actualmente, insubstituíveis na monitorização ambiental bem como noutros domínios com forte conotação espacial. Quando as acções de monitorização e de protecção ambiental decorrem em países em desenvolvimento, nomeadamente africanos, observa-se, regra geral, a insuficiência ou mesmo inexistência de informação geográfica para concretização de projectos.

Neste contexto, o recurso a informação partilhada disponível na internet requer as *operações* seguintes: identificação de servidores remotos que disponibilizam informação geográfica pertinente, avaliação da qualidade dessa informação, estruturação de informação multifontes em bases de dados com coerência e completude, identificação e aplicação de técnicas avançadas de análise.

Centrada na *ideia* descrita e nas *operações* enunciadas, a dissertação desenvolve-se em torno duma proposta de modelo de SDI, baseado em informação partilhada em portais internet para dar resposta a um projecto relacionado com a distribuição das comunidades de chimpanzés (*Pan troglodytes verus*) na região costeira da Guiné-Bissau e a sua relação com as comunidades humanas locais. A informação geográfica inserida no modelo é trabalhada em SIG de forma a ser visualizada na plataforma *Google Earth*.

O Capítulo I enquadra a problemática da IG que sustenta os paradigmas vertidos nos tratados internacionais sobre a sustentabilidade dos sistemas ambientais, ora no que respeita aos marcos históricos ora no que define a essência da delimitação de reservas ambientais em todo o Mundo. A IG digital está, conforme se demonstra no decorrer deste capítulo, sempre presente nas políticas e nas acções que defendem as reservas naturais como repositórios biológicos e territoriais da memória e do equilíbrio biológico e ambiental. No Capítulo II a IG é colocada em relação com os conteúdos informativos ambientais e territoriais sobretudo colocando ênfase na aquisição de informação (GPS e DR), na classificação de dados espectrais por algoritmos avançados de análise de imagem, na estruturação de IG em SIG e na visualização e disponibilização de conteúdos informativos em “Globos Virtuais” e *Geo-Browsers*. No Capítulo III, a dissertação operacionaliza os conceitos e as técnicas decorrentes do Capítulo II: define e implementa um modelo de dados para uma SDI, concretiza uma metodologia de visualização e partilha de dados pertinentes para o conhecimento da distribuição espacial das comunidades de chimpanzés na região costeira da Guiné-Bissau e da sua relação com as comunidades humanas.

Utilizando a versatilidade da SDI para a Guiné-Bissau, estruturada com recursos a técnicas de aquisição, sobreposição, tratamento e integração de níveis de IG, estabeleceu-se um modelo de procedimentos para o levantamento e estruturação de IG, de produção de cartografia temática e de posterior visualização no software *Google Earth*. Com a utilização de ferramentas avançadas, com baixos investimentos em recursos técnico-financeiros, demonstra-se nesta dissertação que o conhecimento dos sistemas ambientais, nomeadamente a distribuição espacial de chimpanzés, bem como a sua monitorização e gestão dependem fortemente de IG de qualidade no sentido normativo do termo.

Capítulo I – Ambiente, Ordenamento do Território e Informação Geográfica

A utilização de IG tem registado nas últimas duas décadas um desenvolvimento considerável em praticamente todos os sectores de actividade e domínios científicos, especialmente em áreas como: Geografia, Economia, Biologia, Urbanismo, Arquitectura, Paisagista, Engenharias, Informática, Antropologia, entre outras. Actualmente os dados geográficos são utilizados em inúmeros sistemas (simples ou complexos) de informação, tendo-se tornado imprescindíveis no quotidiano da sociedade moderna, ao nível do ensino ou da investigação, quer nos sectores público e/ou privado.

Pela sua transversalidade e utilidade, os dados geográficos têm-se revelado fundamentais no âmbito do ambiente, planeamento e ordenamento do território, sendo muito frequente observar ou ver associado nestas áreas o recurso a técnicas e ferramentas que aplicam informação geográfica.

1. Problemas ambientais, tratados internacionais e informação geográfica

A dinâmica natural do planeta Terra (originada por fenómenos físicos e biológicos) acentua-se devido ao crescimento da acção humana no território. O ritmo de alterações tornou-se brusco e muitas vezes imprevisto. O progresso industrial e o consequente desenvolvimento tecnológico introduziram transformações profundas no planeta. Por um lado, a expansão da interferência do homem na natureza, provocou uma procura em progressão geométrica de recursos, com consequências negativas para o meio ambiente, tais como: a poluição, a fragmentação de habitats, da paisagem e da ocupação do solo, a diminuição da biodiversidade, a mudança de padrões climáticos, a introdução de espécies geneticamente modificadas, entre outros. No entanto, por outro lado, facultou o avanço de meios (tecnológicos e de conhecimento), que nos fornecem um conjunto de dados alargado, possibilitando uma maior compreensão do funcionamento dos (geo)sistemas, a sua monitorização e divulgação. Deste modo, o acesso à informação permitiu a tomada de consciência (de forma generalizada) da situação actual e da sua evolução futura, sucedendo-se diversas formas de cooperação para a minimização destes problemas.

1.1. Evolução das preocupações ambientais ao nível internacional

Numa perspectiva histórica, podem destacar-se vários momentos na política internacional de ambiente. Nos séculos XVIII, XIX e primeira metade do séc. XX, a protecção da natureza difundiu-se graças à preocupação com a destruição de espaços naturais através da industrialização e urbanização crescentes. Entendido como um problema pontual, seria pensado a uma escala circunscrita, através da protecção de áreas naturais seleccionadas. Na segunda metade do século XX, criaram-se movimentos ecológicos, com especial destaque para meados dos anos 60 nos países industrializados ocidentais, funcionando (assim como outros movimentos sociais), enquanto força inovadora favorável à mudança e uma resposta às consequências negativas (catástrofes ambientais), originadas pelo

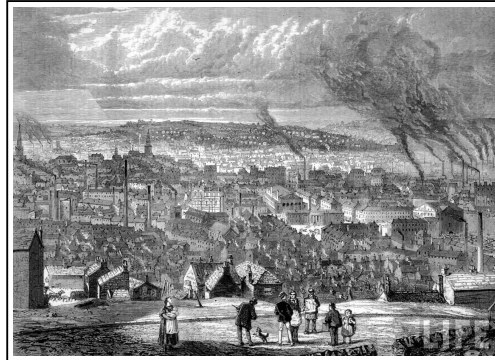


Fig. 1 – Sheffield, Inglaterra 1874. Ambiente densamente povoado e poluído, criado pelas cidades industriais. (Retirado de “Life Photographs”)



Fig. 2 – Sistema de parques criados nos EUA (Olmsted e Vaux). Boston Emerald Necklace. (Retirado de Marques, 2001)

crescimento económico e tecnológico (acção humana), acompanhado por um consumo crescente de recursos (ainda que muitas vezes com a necessidade de confirmação científica da relação causa/efeito). Durante este período as questões ambientais institucionalizam-se e afirmaram-se como um campo específico no âmbito da política. Em 1972, a ONU promove em Estocolmo a sua primeira grande conferência no plano internacional (sobre Ambiente Humano), que visou a criação de “princípios comuns e uma visão global, que servisse de inspiração e orientação para guiar os povos do mundo na preservação e na melhoria do meio ambiente”¹, tendo-se estabelecido o Programa de Ambiente das Nações Unidas (UNEP). O despertar da opinião pública sobre estas questões deveu-se também a uma série de publicações, onde se destaca: “Silent Spring” (Rachel Carson, 1962)² e “The Limits of Growth” (D. Meadows, 1971)³. Os meios

¹ Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (Declaração de Estocolmo)

² Obra de referência que detalha os efeitos adversos da utilização dos pesticidas e insecticidas químicos sintéticos (especialmente o DDT), iniciando o debate acerca das implicações da actividade humana sobre o ambiente e o custo ambiental dessa contaminação (Amazon.com). Com a publicação de “Primavera Silenciosa” o debate público sobre produtos agrícolas tóxicos continuou através dos anos 60 e algumas das substâncias listadas pela autora foram proibidas ou sofreram restrições.

de comunicação levantaram, também eles, críticas e o debate entre o crescimento tecnológico/económico versus meio ambiente.

As Organizações Não Governamentais (ONG), assim como outras organizações internacionais, empresas e associações, começam por definir e atribuir prioridades aos problemas ambientais, tentando ainda negociar a nível global com agentes múltiplos, estratégias de informação e actividades integradas em rede, desenvolvendo aquilo que se poderá chamar de uma política ambiental mundial. O relatório de Brundtland (1987) e a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (1992), são considerados marcos numa definição de políticas ambiente e a emergência da problematização da ecologia global. Mais recentemente, as alterações climáticas são um dos problemas ambientais que mais receios levanta pela comunidade científica e opinião pública, com consequências extremamente graves no contexto global. Como resposta a



estas preocupações, surge o Protocolo de Quioto (KP - 1997), que estabelece limites juridicamente vinculativos para as emissões de Gases de Efeito de Estufa (GEE). Evidencia-se, por um lado, que o clima está a mudar e, por outro, constata-se que este facto se acentua, devido à acção humana⁴. No Quarto Relatório de Avaliação (AR4) do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) são descritas a transição para um planeta com temperaturas médias mais elevadas e fenómenos extremos, incluindo ondas de calor, novos padrões de vento, seca ou precipitação agravada em algumas regiões, degelo dos glaciares e gelos do Ártico, bem como a subida média global do nível do mar⁵.

Na figura 4, sintetizam-se algumas das principais circunstâncias no âmbito da política internacional de ambiente, ordenamento do território e informação geográfica.

³ Segundo a autora "Se mantiverem as actuais tendências de crescimento da população mundial, industrialização, contaminação ambiental, produção de alimentos e esgotamento dos recursos, este planeta alcançará os limites de seu crescimento no curso dos próximos cem anos. O resultado mais provável será um súbito e incontrolável declínio tanto da população como da capacidade industrial." (pp. 40-41).

⁴ Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), 2008

⁵ Pela primeira vez, o relatório prova que o gelo da Antártida e Gronelândia estão lentamente a perder massa e a contribuir para a subida do nível do mar. (IPCC in UNEP Press Releases, 2007)



Figura 4 - Diagrama Temporal de acontecimentos relevantes no Ambiente, Ordenamento do Território e Informação Geográfica

1.2. Tratados internacionais

A “política de ambiente internacional”, materializa-se fundamentalmente sob a forma de conferências, tratados e acordos multilaterais ou bilaterais, podendo ter diversas escalas, do global ao local e que são colectivamente direccionadas a um assunto específico. Estas “políticas” são alvo de algumas críticas por serem ineficazes face às ameaças⁶, no entanto, deverá ser reconhecido que estabelecem a agenda internacional no esforço da conservação da natureza e providenciam referências para a conservação da biodiversidade independentemente das fronteiras nacionais⁷. Apesar de imperfeitas, encontram-se em desenvolvimento, originando mecanismos, cada vez mais significativos, para a cooperação e mitigação dos principais problemas.

De acordo com a União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN) estima-se um número de 300 tratados sobre ambiente (a diferentes níveis) e cerca de 138 tratados relacionados com ecossistemas e espécies, sendo que muitos destes tratados contêm premissas para a recolha de dados e para a monitorização do ambiente. Por outro lado, desenvolveram-se mecanismos para a obtenção de aconselhamento técnico/científico no que concerne a determinado tratado. Exemplos disso são a Convenção sobre a Diversidade Biológica que tem o corpo subsidiário SBSITTA (sigla em inglês para Corpo Subsidiário de Consulta Científica, Técnica e Tecnológica); e, no caso da convenção RAMSAR, o Painel de Revisão Científica e Técnica (STRP). Frequentemente, os diferentes parceiros designam organismos para o desenvolvimento de comités e estudos específicos no apoio da implementação do tratado, que por sua vez, estipulam grupos de trabalho que providenciam aconselhamento, baseado em IG. No entanto, interessa não só obter informação sobre as questões levantadas por determinado tratado, mas também aferir se este está a ser cumprido, ou compreender o impacto que este tem no território. Desta forma, revela-se duplamente relevante o acesso a bases de informação sobre os sistemas ambientais.

A colaboração na aquisição de informação e redes de monitorização poderá criar uma dinâmica e uma alteração nas prioridades definidas, tendo como objectivo a protecção do ambiente, assim como o melhoramento na eficácia das medidas adoptadas pelos tratados. Alguns destes acordos só conseguirão atingir os seus objectivos com sucesso desenvolvendo novas metodologias e aquisição de dados em IG⁸.

⁶ e.g. - A. Denny Ellerman, Mao Zedong's motto, David G. Victor *in* Nicholas Bakalar, National Geographic news sobre um artigo a ser publicado na revista science, 2005.

⁷ e.g. Competitive Enterprise Institute, 1999 / United Nations Environment Programme (UNEP, 2002)

⁸ e.g. Smith System Engineering *et al*, 1995 / Paul F. Uhler, 1995

1.3. Informação Geográfica (IG)

A IG tem um papel fundamental na apreensão das características biofísicas e antrópicas do território, tendo vindo a ter um papel cada vez mais relevante na sua aplicabilidade em outras áreas do conhecimento, além da geografia. Ao longo dos anos tem impulsionado ou adapta-se aos avanços da técnica, no que concerne aos métodos de recolha, produção, tratamento e disponibilização.

1.3.1. Antecedentes

As representações geográficas estão entre as mais antigas formas de comunicação do homem. A figuração de tarefas tão simples como a caça ou colecta de alimento, possibilitaram desde cedo aumentar a sua eficácia, desenvolvendo simultaneamente a capacidade de detalhe dessas mesmas representações. Muito antes da linguagem se tornar suficientemente sofisticada para passar a mesma informação através do discurso, foram encontradas construções de representações de diversas localizações ou mapas para orientação entre as sociedades primitivas, realizadas a partir de esquiços nas paredes das cavernas onde habitavam e muito provavelmente no solo⁹.

Com a invenção da prensa (séc. XV), permitiu-se a duplicação de um elevado número de cópias para distribuição e pela primeira vez, idealizou-se a possibilidade de algo ser conhecido como parte da propriedade comum da humanidade. Por outro lado, aperfeiçoou-se o detalhe das representações numa matriz. Um dos principais períodos para as representações geográficas começou no século XV em Portugal, com a Era dos descobrimentos originando a acumulação de consideráveis quantidades de informação sobre as explorações então realizadas¹⁰. Os mapas tornaram-se uma forma de partilha de informação e administração de vastos impérios coloniais. No entanto, apenas com o advento da criação de livrarias públicas (séc. XIX) esta informação ficou virtualmente disponível para todos (Longley *et al.* 2005). Actualmente, com o advento dos computadores e o estabelecimento de redes de partilha de conhecimentos como a Internet (com aproximadamente 1.5 biliões de utilizadores no mundo¹¹), a IG no formato digital, assume um papel preponderante na rápida propagação de dados sobre o planeta. A Informação Geográfica Digital (IGD) possibilita uma maior interacção entre dados de diversas

⁹ <http://whc.unesco.org/en> (último acesso em Novembro de 2008)

¹⁰ <http://www.hidrografico.pt> (último acesso em Novembro de 2008); Goodchild, 2000

¹¹ <http://www.internetworldstats.com> (último acesso em Novembro de 2008)

proveniências e uma enorme redução de custos e tempo para a realização de cartografia e sistemas de gestão, dando resposta atempada às alterações (induzidas pelo homem), também elas, cada vez mais rápidas no planeta. Apenas a elevada capacidade analítica integradora dos sistemas informáticos permitem solucionar, de uma forma célere, as necessidades actuais de conhecimento para a correcta gestão do território. A tecnologia permitiu ainda, aumentar os métodos e a forma de aquisição de dados, nomeadamente através da DR e o recurso a ferramentas como os SIG. No entanto, subsistem ainda alguns cépticos em relação ao uso das até então chamadas TIG, especialmente no que concerne à tecnologia/*software* e à IG propriamente dita, no que respeita a métodos, técnicas, concepção e conceitos.

De qualquer forma é inegável que, para manter a qualidade da IG, e tendo em conta as necessidades de conhecimento, respondendo atempadamente às pretensões actuais, que estes métodos e sistemas são hoje uma afirmação comprovada e cada vez mais solicitada. Exemplos disso são os recentes produtos concorrenciais, atestados pelos investimentos a que se tem assistido pelas maiores corporações de disponibilização de conteúdos na Internet e produtoras de software do mundo¹². Por outro lado, a generalização dos aparelhos GPS/Navegadores tem potenciado a procura de informação geográfica ao nível das acessibilidades, elementos (biofísicos e antrópicos) e informação de base como imagens de satélite e fotografia aérea, com tendência para se generalizar também nos telefones móveis.

1.3.2. Conceitos

Informação Geográfica é definida como: os dados sobre objectos ou fenómenos que estão associados a uma localização relativa no planeta (Association for Geographic Information – AGI, adaptado). Informação organizada que regista e representa a forma de elementos biofísicos e antrópicos no planeta, podendo ainda incluir outros atributos que os identificam e caracterizam (Agência Portuguesa do Ambiente – APA, adaptado). O conjunto de dados relativos a uma localização espacial em quatro dimensões – na geometria e tempo (Groot, 2000).

A Informação Geográfica Digital é o conjunto de dados geo-espaciais codificados com recursos a computadores, normalmente aplicados para automatizar processos, tais como: armazenamento, transmissão, análise, interpretação, monitorização, gestão e a criação de modelos preditivos do território. Torna-se num importante suporte para muitas áreas de estudo, nomeadamente ambientais, de

¹² e.g. Microsoft (Virtual earth), Google (Google Earth e Google Maps), Yahoo (Yahoo Maps)

planeamento e ordenamento do território e a modelação espacial. A sua crescente importância deve-se muito ao desenvolvimento dos sistemas de apoio à decisão, rigorosos, de fácil actualização, bem como à massificação do acesso à informação, tornando essencial o carácter espacial dos dados. Este facto deve-se, entre outros, ao aparecimento de dados e *software* livres de custos (e.g. *open source*) e à utilização generalizada de aparelhos ou sistemas recorrentes a dados geográficos¹³. No entanto, será cada vez mais importante a normalização e padronização de nomenclaturas e a criação de uma “ordem mundial” na gestão da informação geográfica e dos metadados¹⁴, sob o risco da incompreensão de muitos desses dados e a incorrecções na sua divulgação.

1.3.3. A informação geográfica e os problemas ambientais

Acompanhando as mudanças nas ciências ligadas ao ambiente e os progressos tecnológicos e computacionais, os dados geográficos são, cada vez mais, empregues em análises e sistemas de monitorização ambiental, sendo actualmente fundamentais para o ordenamento do território e planeamento ambiental. A sua integração em sistemas de informação permite a gestão e a simulação da realidade através de modelos conceptuais de determinado fenómeno, bem como a maior compreensão dos riscos causados não só pela acção humana, mas também de origem natural.

Actualmente subsistem dois grandes conflitos que são contraditórios entre si: um é a explosão de IG devido ao rápido aperfeiçoamento da capacidade de aquisição e difusão; o segundo é a reduzida oferta, quando comparada com a elevada procura por utilizadores que se queixam da dificuldade em aceder ou obter IG, para as diversas aplicações de um universo enorme de dados disponíveis. Deste modo, subsiste a necessidade urgente de solucionar estes problemas partilhando dados, integrando as diferentes componentes e simultaneamente evitando o custo da duplicação de *data sets*.

A IG tem, cada vez mais, uma importância acrescida para o suporte de decisões e gestão de problemas ambientais ao nível local, regional, nacional e internacional, sendo uma ideia defendida por diversos autores¹⁵. No entanto, a IG necessária para a monitorização ambiental pode variar substancialmente de acordo com as características do lugar. Por outro lado, tradicionalmente, estes dados são mantidos, em suporte analógico ou digital por governos, instituições, companhias e sectores privados, independentemente. Deste modo, os dados geográficos, encontra-se muitas vezes inacessíveis para

¹³ Como os motores de busca gráficos (na *Internet*) ou os navegadores GPS

¹⁴ <http://inspire.jrc.ec.europa.eu> (último acesso em Novembro de 2008)

¹⁵ e.g. Conferência do Rio em 1992 ou na conferência das nações unidas em 1997 para a implementação da Agenda 21 local

diversas organizações, originando por um lado a escassez de informação sobre determinado fenómeno e por outro a duplicação de fontes. Como resultado, verifica-se um aumento de custo e redução de eficácia global. Perante esta situação, diversos países, regiões e organizações internacionais estão a desenvolver esforços para incrementar o acesso a IG, reduzindo a sua duplicação e custo de aquisição, apoiando a decisão.

A criação de bancos de IG a nível internacional começa a surgir gradualmente, permitindo o cruzamento de maiores quantidades de dados (cada vez com maior resolução e/ou grau de pormenorização), potenciando consequentemente a criação de nova informação, aumentando o conhecimento sobre os sistemas ambientais. Exemplos disso são os esforços de colaboração criados entre diversas entidades como a NASA (National Aeronautics and Space Administration) e a ESA (European Space Agency), com os diversos tratados e entidades envolvidas na sua implementação, no sentido de fornecer dados recolhidos a partir de satélite e financiando ainda alguns projectos. A ESA acreditando que a observação da terra por satélite pode desempenhar um papel preponderante para a concretização de metas estipuladas nos tratados e convenções, muitas vezes de difícil implementação, estabeleceu um programa designado TESEO¹⁶ (Treaty Enforcement Services using Earth Observation), que por sua vez faz parte da sua contribuição para o GMES (Global Monitoring for Environment and Security) na Europa. O TESEO tem como objectivo explorar o potencial da observação da terra, como suporte à implementação dos tratados ambientais internacionais, reunindo todas as entidades envolvidas, assegurando o uso de dados ambientais fornecidos por satélites¹⁷. Mais recentemente estas actividades foram assumidas pela DUE (*Data User Element*) que é a componente programática do EOEP (Earth Observation Envelope Programme), visando estabelecer a longo prazo as relações entre a comunidade de utilizadores e a observação da terra. O GMES é uma iniciativa europeia e que representa o esforço concertado para providenciar informação e as ferramentas em questões de segurança e ambiente. Fornece um conjunto de serviços a diversas entidades, para que estas se compreendam mutuamente e que partilhem dados nestas matérias. Baseado nos dados recebidos por satélite através da observação da terra e em IG de base, pretende apoiar decisões políticas e investimentos no território¹⁸.

¹⁶ <http://www.esa.int> (último acesso em Novembro de 2008)

¹⁷ Incide presentemente em quatro áreas de protecção ambiental: Poluição marítima (MARPOL 73/78 e as convenções regionais relacionadas com a poluição marítima); Áreas Húmidas (Convenção Ramsar); Monitorização da floresta (Convenção das Nações Unidas para as Alterações Climáticas e Protocolo de Quioto); e a desertificação (Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação).

¹⁸ <http://www.gmes.info> (último acesso em Novembro de 2008)

A disponibilização destes dados, apoios financeiros, assim como os avanços tecnológicos de *software* (muitas vezes a título gratuito) e *hardware*, auspiciam redes de informação complexas (eventualmente de permuta e cedência de dados) e a maior facilidade de processamento e utilização, que permitirão o seu uso generalizado e a contribuição para a prossecução dos objectivos dos tratados internacionais.

2. Análise dos problemas ambientais, tratados internacionais e informação geográfica

As questões ambientais tem uma amplitude vasta, pelo que se torna por vezes, difícil abordar o assunto sem referir demasiados aspectos que, ainda sendo relevantes, desvirtuam a temática principal. Deste modo pretende-se sintetizar alguns dos principais problemas ambientais e os acordos realizados a nível global ou supranacional que pretendem contribuir para a sua minimização. Pretende-se analisar de forma sintetizada alguns dos principais problemas ambientais a nível global, identificado conceitos a ameaça ou risco e suas causas, bem como os principais tratados internacionais para a sua minimização e o contributo ou importância da informação geográfica.

2.1. Fragmentação de habitats e conectividade

i) Problemas ambientais

O termo habitat tem sido reconhecido como o conceito chave em ecologia e na gestão das espécies e sua distribuição. “Habitat de um organismo é o local onde ele vive... de um organismo ou de um grupo de organismos (população) inclui outros organismos assim como o ambiente abiótico” (Odum, 1997). É ainda definido como a localização na qual determinada espécie se desenvolve naturalmente ou vive, num determinado momento. É o território de determinadas espécies, estando profundamente relacionado com a localização geográfica.

Os habitats (terrestres e marinhos) encontram-se ameaçados pela explosão demográfica, a expansão dos aglomerados urbanos ou o consumo de recursos exacerbado, à escala global. A destruição de habitats é o principal factor que origina o declínio das populações de determinadas espécies, levando eventualmente à sua extinção. Segundo Kayijamhe (2008), poderá ter diversas escalas: perda total (dos habitats); degradação (por exemplo: a erosão do solo ou remoção do coberto vegetal); Fragmentação

(quando as espécies ficam confinadas a determinados nichos de território inalterado, rodeados de espaços desbastados para agricultura ou outros propósitos). A perda de habitats, degradação ou fragmentação são os processos que mais contribuem para a diminuição da biodiversidade (causas fundamentais para o declínio e perda de espécies nativas¹⁹), sendo um dos principais problemas ambientais que o planeta atravessa. A fragmentação está intimamente relacionada com a conectividade e a manutenção intacta da paisagem: uma área intacta providencia habitats contínuos e uma área fragmentada tem uma conectividade fraca (interrupção do “*continuum naturale*” – Cabral, 1982; Telles, 1997). Estas alterações no coberto do solo podem ser resultado de diversos processos naturais (geralmente mais lentos), como acção hídrica, do fogo, do clima, entre outros. No entanto, no contexto da monitorização da biodiversidade, a fragmentação é frequentemente atribuída a causas antrópicas, como a desflorestação e o crescimento agrícola, urbano, de infra-estruturas, entre outros. Os impactos negativos da fragmentação incluem a alteração dos factores abióticos (elementos essenciais à vida, como exemplo, a água, os nutrientes, entre outros), potenciando a exposição a ameaças, mas também o decréscimo da mobilidade e dispersão de organismos (factores bióticos), por outro lado, aumenta a competição com espécies exóticas.

As necessidades humanas deverão ser satisfeitas minimizando os impactes nos sistemas ambientais, incluindo a interferência na conectividade para os organismos e factores destabilizadores, como: ocupação de áreas sensíveis do ponto de vista ecológico, pressões e presença humana, emissão de gases e partículas, caça, interferência com as funções ecológicas (migração, nidificação, etc), impermeabilização e erosão do solo, entre outros.

A desflorestação, a perda de solo e desertificação, a ameaça às zonas húmidas e aos recursos aquíferos, são alguns dos principais problemas que se verificam na destruição/fragmentação de habitats, pelo que se deverão ser tomadas medidas de mitigação, reduzindo os efeitos da acção humana.

ii) Tratados internacionais

Globais:

- **Convenção do Património Mundial (CPM)**²⁰ – Com vista a garantir a adequada identificação, protecção, conservação e valorização do património cultural e natural, os estados-membros da UNESCO adoptaram em 1972 a Convenção do Património Mundial. A Convenção criou o Comité do Património

¹⁹ Turner *et al.* 2003

²⁰ <http://whc.unesco.org/en/conventiontext/> (último acesso em Junho de 2009)

Mundial (CPM) e o Fundo do Património Mundial (FPM), que estão operacionais desde 1976. Até ao ano de 2007, cerca de 185 países tinham assinaram a convenção²¹. As organizações consultivas do Comité são o ICCROM (Centro Internacional de Estudos para a Conservação e Restauro dos Bens Culturais), o ICOMOS (Conselho Internacional dos Monumentos e Sítios) e a IUCN. O papel das organizações consultivas é, entre outros, ajudar na elaboração e aplicação da estratégia global para uma lista do património mundial representativa, equilibrada e credível, da estratégia global de formação, dos relatórios periódicos e nos esforços permanentes de reforço da utilização eficaz do FPM e vigiar o estado de conservação dos bens do património mundial, examinando ainda os pedidos de assistência internacional (art.º 14 da convenção).

A Convenção visa a identificação, protecção, conservação, valorização e transmissão às gerações futuras do património cultural e natural de valor universal excepcional (art.º 4 da convenção). Os critérios e condições para inscrição de bens na Lista do Património Mundial foram elaborados para avaliar o valor universal excepcional dos bens, e orientar os signatários na protecção e gestão dos bens do património mundial.

Os signatários da convenção são incentivados a assegurar a participação de uma ampla variedade de entidades envolvidas, incluindo gestores de sítios, autoridades locais e regionais, comunidades locais, ONG's, outras partes interessadas e parceiros, na identificação, na elaboração da proposta de inscrição e na protecção de bens do património mundial.

Os países são convidados a organizar, a intervalos regulares, a nível nacional, uma reunião dos responsáveis pelo património natural e cultural, para que possam discutir questões relativas à sua aplicação. Podem promover a participação de representantes das organizações consultivas e de outros especialistas, se tal se justificar.

Sem prejuízo do pleno respeito pela soberania dos estados em cujo território se situa o património cultural e natural, reconhece-se o interesse colectivo da comunidade internacional em cooperar na protecção desse património.

- **Programa homem e biosfera (MAB)**²² – Este programa foi criado como resultado da "Conferência sobre a Biosfera" realizada pela UNESCO em Paris em Setembro de 1968. O MAB foi lançado em 1971 e é um programa de cooperação científica internacional sobre as interações entre o

²¹ <http://whc.unesco.org/en/statesparties> (último acesso em Novembro de 2008)

²² http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=10891&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html (último acesso em Dezembro de 2008)

homem e o meio ambiente. Busca o entendimento dos mecanismos dessa convivência em todas as situações bioclimáticas e geográficas da biosfera, procurando compreender as repercussões das acções humanas sobre os ecossistemas mais representativos do planeta.

O objectivo central do Programa MAB é promover o conhecimento, a prática e os valores humanos para implementar as boas relações entre as populações e o meio ambiente a nível global.

O Programa MAB desenvolve, ao mesmo tempo, duas linhas de acção: O aprofundamento direccionado das pesquisas científicas, para o melhor conhecimento das causas da tendência de um aumento progressivo da degradação ambiental do planeta. A concepção de um instrumento de planeamento: as Reservas da Biosfera, para a promoção da conservação da natureza e o desenvolvimento sustentável²³.

Regionais:

- **Tratado da Antárctica**²⁴ – Em vigor desde 1961, estabeleceu como área de aplicação o sul do paralelo 60°S e definiu que essa região seria usada somente para fins pacíficos, com liberdade de pesquisa científica e promoção da cooperação internacional no continente. A XI Reunião Consultiva Especial do Tratado da Antárctica (1991), realizada em Madrid, aprovou o Protocolo sobre Protecção Ambiental, cujo documento consta de 27 artigos e 4 anexos referentes à Determinação do Impacto Ambiental, Conservação da Fauna e Flora Antárctica, Deposição e Gestão de Lixo, Prevenção da Poluição Marinha, bem como recomendações. Por ser um laboratório natural único, a Antárctica tem importância científica incontestável e o conhecimento de suas características e dos fenómenos naturais decorrentes. Pode esclarecer questões de importância regional como a viabilidade de exploração sustentável dos recursos vivos marinhos, ou de relevância global como as alterações climáticas.

- **Directiva Habitats**²⁵ – Nome pelo qual é conhecida a Directiva 92/43/CEE do Conselho da Europa de 1992, relativa à preservação dos habitats naturais e semi-naturais e da fauna e flora selvagens. Representa o principal acto comunitário (União Europeia - EU) no domínio da Conservação da Natureza, enriquecendo e completando a legislação já existente nesta matéria. A Directiva visa assegurar a biodiversidade através da conservação ou restabelecimento dos habitats naturais e semi-naturais e das espécies fauna e flora selvagens de interesse comunitário num estado de conservação favorável. Para tal,

²³ <http://portal.unesco.org/en> (último acesso em Novembro de 2008)

²⁴ <http://www.ats.aq> (último acesso em Novembro de 2008)

²⁵ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31992L0043:PT:HTML> (último acesso em Novembro de 2008)

aponta para a criação de uma Rede Ecológica Europeia de Zonas Especiais de Conservação (ZEC), denominada Rede Natura 2000 que englobará as Zonas de Protecção Especial (ZPE) da Directiva Aves.

iii) Informação geográfica

Os habitats devem ser monitorizados com recurso a IG, uma vez que estes se relacionam directamente a uma localização específica. Cada espécie habita no espaço de acordo com as condições biofísicas do território. Para compreender o habitat de uma espécie será necessário um conjunto de dados espaciais para dar resposta a questões fundamentais como: onde e de que se alimentam; onde e como se reproduzem; onde e como se desenvolvem; a sua tolerância aos elementos biofísicos, entre outros. Por outro lado, o estudo dos habitats deverá ainda conhecer as principais barreiras, factores limitantes e ameaças que interajam directa ou indirectamente com o natural desenvolvimento das espécies. Deste modo, procura-se responder à questão fundamental no estudo dos habitats, que é a identificação de áreas biogeográficas²⁶ ou a distribuição espacial de determinada espécie.

A produção de cartografia detalhada ao nível dos habitats, de comunidades ou espécies, nem sempre é fácil de conceber, devido ao acesso muitas vezes dificultado pelas condições de terreno, morosidade e custo. Por outro lado, torna-se difícil delimitar um habitat de uma espécie, que é dinâmico e com alterações entre os diferentes níveis tróficos, ou seja, as acções de determinada espécie têm repercussões em todo o ecossistema, encontrando-se em constante mutação. Desta forma, os dados recolhidos num determinado momento poderão encontrar-se desactualizados no momento seguinte, pelo que deverão obter-se periodicamente.

As ameaças aos habitats introduzem uma crescente procura de dados para o rápido diagnóstico para a gestão do território e planeamento ambiental. As fragmentações dos habitats são detectáveis através de dados recolhidos por sensores a bordo de satélites, ou pela sua informação derivada, como a realização sistemática de cartas de uso/ocupação do solo, amplamente utilizadas nos estudos de ordenamento do território e planeamento ambiental. As alterações do uso/ocupação do solo identificam espaços que sofreram transformações ao longo do tempo, possibilitando ainda determinar as principais ameaças e a previsão futura. O contraste entre, por exemplo, a vegetação nativa e o campo aberto permite ter no imediato um conjunto de dados sobre a fragmentação dos habitats. Esta é comumente aceite, como uma

²⁶ Ciência que estuda a distribuição geográfica dos seres vivos, procurando entender padrões de organização espacial e processos que resultaram em tais padrões. É uma ciência multidisciplinar que relaciona informações de diversas ciências, como: Geografia, biologia, climatologia, geologia, ecologia, entre outras (Brown *et al* Lomolino, 1998; Ebach *et al* Tangney, 2006)

das principais causas para a diminuição da biodiversidade, afectando ainda o funcionamento e os processos biofísicos nos restantes fragmentos. Por outro lado, as cartas de ocupação/uso do solo revelam ainda áreas que se mantêm inalteradas, onde poderão ser criadas medidas para a sua salvaguarda. Deste modo, consegue-se compreender num curto espaço de tempo, a evolução da paisagem, tendo uma noção mais aprofundada das ameaças aos habitats e a correcta gestão destes espaços. No entanto estes dados deverão ser complementados com outros elementos presentes no território.

A conjugação de diversos níveis de IG contribui para a melhor compreensão do geo-sistema²⁷. As condições edafo-climáticas originaram adaptações genéticas e consequentemente a diversidade biológica que, por sua vez, induz alterações no suporte físico do território. A acção humana é também ela influenciada e influencia o meio ambiente. Por outras palavras, os subsistemas abiótico, biótico e antrópico interagem entre si, resultando numa heterogeneidade de factores e complexidade. Assim, para espécies e locais distintos, existem habitats que deverão ser compreendidos nos seus diferentes subsistemas e interacções.

Grande parte dos tratados internacionais visa a salvaguarda de habitats (directa ou indirectamente) e valores naturais excepcionais, a diferentes escalas. Os acordos realizados para regiões com características semelhantes, partilham habitats, espécies e problemas parecidos, estabelecendo-se normas e limites de utilização específicos, assim com a criação de modelos de dados para a compreensão, gestão, salvaguarda e partilha de dados sobre os mesmos. Por outro lado, os tratados a nível global permitem, concertar problemas que, tendo consequências graves ao nível do planeta, ultrapassam as fronteiras políticas e estabelecem normas para os diferentes estados.

Para proteger os valores impostos por diversos tratados internacionais são necessários inventários das espécies, a delimitação dos seus habitats, assim como as especificidades do lugar. Terão, no entanto, de ser recolhidos sistematicamente para constituir um sistema de monitorização ambiental, permitindo a constante actualização e acompanhamento da evolução no tempo e no espaço. Estando estes dados afectos a uma localização, a IG torna-se imprescindível para cumprir as directivas dos tratados internacionais, no que concerne à análise, gestão e monitorização.

Ao longo do tempo, as entidades envolvidas nestes tratados têm identificado gradualmente a DR como uma ferramenta critica para medir e monitorizar o estado do ambiente. Neste sentido, diversas ONG, os secretariados dos tratados e agencias das Nações Unidas (UN), têm concertado esforços com

²⁷ Sochava, 1978 ; Bertrand, 1978; Bolos, 1992

organismos produtores de IG para a realização de eventos, com o intuito de discutir novos métodos e/ou o desenvolvimento de estudos, para a concretização dos objectivos dos tratados²⁸. Do mesmo modo, têm sido atribuídos diversos apoios financeiros a grupos de trabalho para o desenvolvimento de métodos baseados em IG, quer no que concerne a apoio directo ou indirecto, logístico ou na formação de técnicos para atingir alguns dos objectivos dos tratados internacionais²⁹.

A IGD permite ainda tratar os dados a uma escala local e a sua posterior integração em sistemas mais amplos e complexos, permitindo a sua partilha e divulgação a uma escala global, definindo prioridades de intervenção. Por outro lado, as normas exigidas ao nível global deverão ser cumpridas ao nível local.

2.1.1. Desflorestação

i) Problemas ambientais

A floresta, por ser um recurso fundamental à actividade humana, tem sido cobiçada ao longo dos tempos, provocando um corte intenso, sobretudo para o fornecimento de matéria-prima à indústria da madeira, mas também para a implementação de campos agrícolas (alterando a ocupação/uso do solo, muitas vezes, de forma permanente). Entre 1990 e 2005 estima-se que o ritmo de desflorestação foi em média de 13 milhões de hectares por ano³⁰, grande parte nos trópicos, o que equivale sensivelmente a uma vez e meia o território de Portugal.

A desflorestação tem consequências directas a diversos níveis: sociais, económicos e ambientais. A floresta para além do seu valor económico global, é ainda fonte de subsistência para diversos povos indígenas e desempenha funções ecológicas fundamentais, tendo uma importância extrema para um elevado número de espécies (como habitat) e a função de absorver dióxido de carbono, reduzindo um dos principais GEE: o Dióxido de carbono. Recentemente a floresta foi referida pelo Secretário-geral das Nações Unidas³¹ como “fundamental para a batalha contra as alterações climáticas”³². O programa UN-REDD (United Nations Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation), tem como

²⁸ <http://sedac.ciesin.org> ; www.wilsoncenter.org (últimos acessos em Dezembro de 2008)

²⁹ <http://www.unesco.org> ; www.nasa.gov ; <http://www.esa.int> ; <http://www.cbd.int> ; www.ngogateway.org (últimos acessos em Dezembro de 2008)

³⁰ <http://www.forestry.gov.uk/forestry> ; <http://www.un.org/News/Press/docs/2008> (último acesso em Dezembro de 2008)

³¹ Ban Ki-moon *in* <http://www.un.org> (último acesso em Dezembro de 2008)

³² <http://www.unep.org/Themes/climatechange/FocalAreas/REDD.asp> (último acesso em Maio de 2009)

objectivo favorecer a gestão sustentável das florestas, uma vez que o IPCC estima que actualmente o corte de florestas contribui para 20% do total de GEE na atmosfera³³.

ii) Tratados internacionais

Globais

Acordo Internacional sobre Madeiras Tropicais (ITTA)³⁴ – Este acordo começou a ser discutido na quarta sessão da Conferência das Nações Unidas para o Comércio e o Desenvolvimento (UNCTAD) em 1976. O resultado dessas negociações foi a ITTA, no início dos anos 80, tendo em consideração o futuro das florestas tropicais, após a exigência da tomada de acções, por parte da comunidade internacional. Na sequência da ITTA, é criada a Organização Internacional de Madeiras Tropicais (International Timber Trade Organization – ITTO)³⁵, que se confinava apenas a questões de comércio. No entanto, rapidamente tornou-se claro que a madeira tropical não poderia continuar a ser tratada apenas como mercadoria, uma vez que o seu corte tem consequências numa elevada variedade de espécies. Por esta razão, o Instituto Internacional para o Ambiente e Desenvolvimento (IIED) argumentou que este acordo não se poderia limitar apenas ao lado comercial e técnico da extracção de madeira, mas providenciar também aspectos ecológicos e genéticos promovidos pelas florestas. Após diversas etapas de negociações, as questões ambientais foram igualmente consideradas sendo a ITTO, entendida como uma oportunidade para reforçar a gestão sustentável da floresta.

Os objectivos da ITTA são o fomento da cooperação entre países, para a diversificação do comércio internacional de madeiras tropicais e melhorar as condições estruturais no mercado e a promoção e desenvolvimento da investigação, visando aperfeiçoar a gestão das florestas e a utilização da madeira, encorajando o desenvolvimento de políticas nacionais, com o objectivo do uso e conservação sustentável das florestas tropicais e os recursos genéticos, mantendo o equilíbrio ecológico nas regiões afectadas.

A ITTO é gerida pelo Conselho Internacional das Madeiras Tropicais (ITTC), que inclui 60 membros, entre duas categorias de membros: produtores e consumidores. O Conselho é suportado por quatro Comitês (abertos a todos os membros) para aconselhamento e assistência. Três destes Comitês tratam de políticas e projectos: Informação Económica e de Mercado, Gestão Florestal e Reflorestação e

³³ <http://www.un.org/News/Press/docs/2008> (último acesso em Dezembro de 2008)

³⁴ http://www.itto.int/direct/topics/topics_pdf_download/topics_id=1811&no=3 (último acesso em Junho de 2009)

³⁵ <http://www.itto.or.jp> (último acesso em Dezembro de 2008)

Indústria da Floresta. Um painel de especialistas apoia os Comitês e revê as propostas e projectos de acordo com os objectivos da ITTO. O quarto Comité, de Administração e Finanças, orienta o Conselho nas questões administrativas e de financiamento. O Conselho e Comitês têm o suporte de um secretariado liderado pelo director executivo, que é responsável pela administração e funcionamento do acordo.

Outros - Para promover a gestão sustentável da floresta, um dos instrumentos criados foi a “**certificação florestal**”³⁶, que permite a exportação de produtos florestais apenas das chamadas “florestas geridas de forma sustentável”.

Na sequência do **Programa UN-REDD**³⁷, a Organização para a Alimentação e Agricultura (FAO), o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (UNDP) e o UNEP irão juntar esforços no que concerne às capacidades técnicas e de conhecimento para a maximização do sucesso da sua implementação. Os países em desenvolvimento receberão contrapartidas financeiras significativas em compensação da redução do ritmo de desflorestação por ano³⁸.

Regionais

African Timber Organization (ATO)³⁹ – Conta com 13 países membros e visa promover a implementação sustentável da floresta, de acordo com as recomendações ao nível internacional (iniciada em 1993 – Gabão)⁴⁰.

iii) Informação geográfica

O rápido declínio e a degradação do coberto florestal, especialmente nas florestas húmidas, são entendidos como um problema global, com implicações sociais, económicas e ambientais. Existem diferentes intensidades de (des)florestação, onde o risco ou sua probabilidade é menor ou maior. A disponibilização de dados geográficos contribui para a tomada de consciência deste problema, por outro lado, originou a sua observação sistemática. As alterações verificadas na extensão das florestas são facilmente perceptíveis com recurso a imagem de satélite (mesmo imagens de baixa resolução, dependendo da escala de análise), permitindo ainda realizar a monitorização constante (em diversos

³⁶ <http://www.itto.int/en/feature12/> e www.pefc.org/internet/html/ (último acesso em Junho de 2009)

³⁷ United Nations Collaborative Programme on Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries URL: <http://www.un-redd.org/> (último acesso em Dezembro de 2008)

³⁸ Por exemplo: a Indonésia tem a capacidade de ser compensada com 1 bilhão de dollars por ano (valores US=1000 milhões), se a desflorestação for reduzida em 1 milhão de hectares anualmente (www.un.org/News/Press/docs/2008/envdev1005.doc.htm, último acesso em Dezembro de 2008)

³⁹ <http://www.fao.org/forestry/directory/1850/en> (último acesso em Junho de 2009)

⁴⁰ <http://www.fao.org/docrep/004/ac135e/ac135e03.htm> (último acesso em Junho de 2009)

tempos) da sua ocupação, forma e tipo, com resultados bastante aceitáveis, sobretudo quando os critérios são: celeridade, periodicidade, disponibilidade na obtenção de dados, assim como o seu custo. Exemplo disso é o projecto Global Observation of Forest and Land Cover Dynamics (GOFC-GOLD) auto designado como o esforço internacional coordenado, que se baseia na observação a partir do espaço e que visa fornecer dados das florestas e outros cobertos vegetais, para a gestão dos recursos terrestres⁴¹.

Actualmente, muitos técnicos estão envolvidos no desenvolvimento de modelos, procedimentos e *standards* para conceptualizar, operacionalizar e avaliar as florestas geridas de forma sustentável ao nível internacional, nacional e unidades de gestão florestal. Diversos autores e organizações internacionais recorrem à DR para identificar/delimitar espaços florestais em determinados períodos, tipo de vegetação arbórea (ex: folhosas e/ou resinosas) através da produção de clorofila⁴². No entanto, tem-se verificado que as florestas secundárias são mais difíceis de identificar e de distinguir das florestas primárias, mesmo assumindo que algumas das funções ecológicas originais tenham sido alteradas. Desta forma, deverá adaptar-se o tipo e o tratamento dos dados aos resultados pretendidos, aumentando a eficácia na monitorização. Como resultado, diversos modelos de gestão e diversas linhas de acção com diferentes critérios e indicadores foram desenvolvidos e recomendados, ainda que apresentando alguns problemas em termos de aplicação.

2.1.2. Perda de solo e desertificação

i) Problemas ambientais

A erosão é o fenómeno de desgaste da superfície terrestre provocado por forças ou agentes (erosivos) físicos ou biológicos (água, vento, temperatura, declive, tipo de vegetação e coberto vegetal, entre outros). Contudo, a acção humana sobre o meio ambiente contribui para a aceleração deste processo, provocando o assoreamento das linhas e planos de água e a sua conseqüente insalubridade, a perda de solo (entendido como elementos vivo), conduzindo à degradação e redução da produtividade global dos ecossistemas (terrestres e aquáticos). A destruição do coberto vegetal (desflorestação), as políticas de uso intensivo do solo, o aumento da população e expansão urbana, o consumo de água, as

⁴¹ <http://www.fao.org/gtos/gofc-gold/> (último acesso em Dezembro de 2008)

⁴² e.g. Martin, 1998; Cross, 1991; Nemani, 1993; Ribeiro, 2007; FAO; ITTO.

alterações climáticas, a área ardida, o sobrepastoreio e outras ameaças aos limites de capacidade de carga do território potenciam a perda de solo e a desertificação.

Segundo o art.º 1 da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD)⁴³, a desertificação é a forma de degradação da terra nas áreas, áridas, semi-áridas e sub-húmidas secas, resultante de vários factores, incluindo as variações climáticas e as actividades humanas. “O conceito de risco de desertificação resume a vulnerabilidade ou sensibilidade da terra a mais degradação ou desertificação de acordo com as características físicas, socioeconómicas e de gestão. A avaliação do risco é um pré requisito de qualquer sistema de aviso antecipado” (*Desertlinks*)⁴⁴. Klaus Toepfer, antigo director executivo do UNEP, refere que a desertificação é essencialmente derivada da acção humana. O Homem provoca a degradação do solo e, posteriormente, sofre as consequências dos seus actos. As práticas de gestão do solo, causadas por técnicas de cultivo inadequadas ou o incremento da população, criam a degradação da terra, especialmente nas zonas áridas⁴⁵. Relatórios das Nações Unidas indicam que cerca de 35 milhões de quilómetros quadrados estão sujeitos aos efeitos da desertificação (Hassan, 2004). A desertificação tem afectado cada vez mais o planeta (Jianjun, 2004). Um total de 250 milhões de pessoas em 110 países estão directamente afectadas e 750 milhões estão severamente ameaçadas (Sepehr, 2005).

Os aspectos teóricos e metodológicos têm sido, no entanto, motivo de controvérsias, que sugerem recomendações para sensibilizar a sociedade e os governos sobre a importância de orientar recursos para a prevenção, controle e recuperação de áreas em processo de desertificação. Deverá discutir-se e aprofundar-se o conhecimento teórico e metodológico sobre o problema, mesmo correndo o risco de introduzir elementos contraditórios e polémicos à compreensão dos decisores que poderão continuar a questionar a falta de informação adequada. Uma avaliação da produção teórica sobre desertificação mostra a pluralidade de métodos e sistemas de indicadores utilizados em todo o mundo, o que revela a dificuldade em estabelecer um consenso sobre um sistema básico de investigação sobre o fenómeno, que considere a multiplicidade de aspectos.

⁴³ <http://www.unccd.int/convention/text/convention.php> (último acesso em Junho de 2009)

⁴⁴ http://www.unibas.it/desertnet/dis4me/land_uses/land_uses_list_pt.htm (último acesso em Junho de 2009)

⁴⁵ <http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=204&ArticleID=2872&cl=en> (último acesso em Junho de 2009)

ii) Tratados internacionais

Convenção de Combate à Desertificação (UNCCD)⁴⁶ – Na Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), realizada no Rio de Janeiro, foi proposto à Assembleia Geral das Nações Unidas o estabelecimento de um comité intergovernamental de Negociação (CIN) que deveria preparar, até 1994, uma convenção de combate à desertificação nos países afectados por seca grave e/ou desertificação, particularmente em África. A Convenção compreende actualmente 191 membros signatários.

Os objectivos da convenção são “o combate à desertificação e a mitigação dos efeitos da seca grave e/ou desertificação. Estes objectivos deverão ser coerentes com a Agenda 21, através de uma acção eficaz a todos os níveis, apoiadas em acordos de cooperação internacional e de parceria, no quadro duma abordagem integrada, coerente, que tenta em vista contribuir para se atingir o desenvolvimento sustentável nas zonas afectadas. Exigirá a aplicação, nas zonas afectadas, de estratégias integradas de longo prazo baseadas simultaneamente, no aumento de produtividade da terra e na reabilitação, conservação e gestão sustentada dos recursos em terra e hídricos, tendo em vista melhorar as condições de vida, particularmente ao nível das comunidades locais”⁴⁷.

A convenção é implementada através de acções aos níveis nacional e local dos programas de combate à desertificação. Estas acções são desenvolvidas ao nível dos governos nacionais em cooperação com os proprietários, populações locais, das comunidades e das ONG. A UNCCD é notável na sua aproximação ao reconhecimento dos aspectos físicos, biológicos e socioeconómicos da desertificação, da importância na redistribuição de tecnologia e no envolvimento das populações locais no desenvolvimento de programas de acção nacionais.

iii) Informação geográfica

São diversos os documentos que referem a importância da IG para a identificação e acompanhamento da perda de solo e desertificação. No ponto III do relatório da Conferência das Partes (COP - UNCCD), realizada em 2001 em Génova, são relatados os métodos para a predição e de monitorização da desertificação, particularmente o método de análise de vulnerabilidade do solo, aos

⁴⁶ <http://www.unccd.int/convention/text/convention.php> (último acesso em Dezembro de 2008)

⁴⁷ Artigo 2º da CCD

níveis local, sub-nacional e nacional. O uso da DR e outros dados geográficos para a realização de indicadores que permitam identificar a precipitação, a vegetação e o uso/ocupação do solo são recomendados para compreender os efeitos da desertificação. É ainda referido que a análise de campo poderá ser usada independentemente na sua forma original ou para validação da informação adquirida remotamente, sendo ambas consideradas como fundamentais para a sua monitorização. Os procedimentos para a criação de indicadores do solo, modelação da erosão e a estrutura da vegetação deverão usar informação digital de séries cronológicas e imagens de satélite de alta resolução (dependendo da escala), contribuindo para a formulação de novas políticas. Neste relatório é ainda referido que deverá ser integrada informação socioeconómica, ainda que muitas vezes os seus custos sejam demasiado elevados, para muitos países em desenvolvimento.

O projecto da Comissão Europeia – *Desertlinks*, listou 150 indicadores para determinar o nível de desertificação, que envolve variáveis ecológicas, económicas, sociais e institucionais. Liu Yani (2004), refere a importância da informação sobre a evolução espaço-temporal da desertificação, para medir e confirmar esta ameaça e implementar medidas eficazes de macro-gestão. Viet Anh (2006) refere que dependendo do nível e a natureza da gestão do solo (e.g. as decisões tomadas e as políticas económicas) são requeridos diferentes tipos de informação.

A IG geralmente utilizada para a criação de cartas de susceptibilidade de erosão do solo (fundamentais para o ordenamento do território e planeamento ambiental) passa, sobretudo, pela análise de cada um dos agentes erosivos e das condições físicas do território, tais como: climatologia (precipitação, temperatura, vento...), hidrografia (compreender o ciclo da água, incluindo cabeceiras, linhas de água, o escoamento, etc), coberto vegetal, geologia, litologia, tipo de solo, uso do solo, altimetria, declives, entre outros, que é muitas vezes é complementada com informação derivada e/ou com maior ou menor detalhe. Desta forma, a IG no formato digital, poderá estabelecer um conjunto integrado de diversos níveis de informação geo-referenciada, a diferentes escalas, que permita identificar as áreas afectadas e monitorizar a sua evolução, possibilitando ainda a rápida transmissão entre entidades, de acordo com os objectivos da UNCCD. Exemplos disso são os inúmeros projectos para a monitorização da desertificação, utilizando a DR e informação geo-referenciada⁴⁸, para a sua minimização.

⁴⁸ <http://www.isro.gov> (último acesso em Dezembro de 2008), *in* Viet Anh (2006)

2.1.3. Águas interiores e zonas húmidas

i) Problemas ambientais

Segundo os artigos 1 e 2 da convenção Ramsar⁴⁹, entende-se como zona húmida: “zonas de paul, charco, turfeira, água, natural ou artificial, permanente ou temporária, com água estagnada ou corrente, doce, salgada ou salobra, incluindo águas marinhas cuja profundidade na maré baixa não exceda os 6 metros”. As águas interiores são um recurso fundamental, providenciando o elemento essencial à vida: a água. Deste modo, são o habitat natural para diversas espécies e portanto, uma das principais fontes de alimento para grande parte dos seres vivos, incluindo o Homem. Além destes factores, a vegetação das zonas húmidas desempenham ainda a função de protecção de dunas e das margens de planos de água, funcionando por vezes, como barreira a ameaças provocadas por fenómenos extremos como: enxurradas, marés vivas, pressão sobre áreas litorais e ribeirinhas e até tsunamis, entre outros.

Apenas 6% da superfície terrestre está coberta por ecossistemas de água doce, sendo que nestes se encontram grande parte da biodiversidade do planeta. No entanto, grande parte das espécies que habitam nestes espaços encontra-se ameaçada, não existindo ainda dados realizados de uma forma sistemática para a melhor percepção do risco. Por outro lado, a taxonomia ainda se encontra bastante incompleta: apenas recentemente foi disponibilizado uma base de dados global de anfíbios e das ameaças que estes enfrentam⁵⁰; Os recursos piscícolas de água doce correspondem aproximadamente a 30% dos vertebrados do planeta, no entanto ainda não se encontram bem discriminados. Várias espécies são descritas anualmente, ainda que a sua distribuição, ameaças, e dados históricos sejam muitas vezes mal compreendidos. Deste modo, poderá admitir-se que o número de espécies em perigo poderá ser superior ao conhecido, originando as recentes preocupações internacionais na questão da gestão das águas interiores e zonas húmidas.

ii) Tratados internacionais

Convenção Ramsar – Na década de 60, na Europa, grandes extensões de Zonas Húmidas estavam a ser drenadas ou destruídas, começando a observar-se o seu rápido desaparecimento. Alguns países,

⁴⁹ http://www.ramsar.org/key_conv_e.htm (último acesso em Junho de 2009)

⁵⁰ <http://www.globalamphibians.org>; <http://amphibiaweb.org/>

sensíveis à importância destes ecossistemas, especialmente como locais de reprodução, de alimentação e de repouso nas rotas de migração e conscientes da importância de uma abordagem global a esta problemática, propuseram a criação de uma Convenção internacional sobre Zonas Húmidas. Em Março de 1970, após um longo período de reuniões técnicas internacionais, um grupo de especialistas reuniu-se em Espoo (Finlândia) para discutir uma primeira versão da Convenção. Esse texto foi, um ano mais tarde, submetido a uma conferência na cidade iraniana de Ramsar, onde seria adoptado, dando origem ao tratado inter-governamental assinado por 18 países, a Convenção sobre Zonas Húmidas de Importância Internacional. Desde então, e até hoje, já assinaram esta Convenção cerca de 158 países (2008), estando designados cerca de 1600 sítios de importância internacional, cobrindo cerca de 134 milhões de hectares⁵¹.

A missão desta convenção é promover a “Conservação e utilização racional das zonas húmidas através de acções locais, regionais e nacionais e de cooperação internacional, como um contributo para alcançar o desenvolvimento sustentável em todo o mundo”⁵². Cada signatário deverá pelo menos inserir um sítio na lista Ramsar e promover a sua conservação, estabelecendo reservas naturais, quer estejam ou não inscritas na Lista.

A selecção das zonas húmidas deve fundamentar-se em critérios gerais e/ou específicos, em termos ecológicos, botânicos, zoológicos, imunológicos ou hidrológicos, dando-se prioridade àquelas áreas que sejam relevantes, em qualquer época do ano, para aves aquáticas, migratórias ou não. As partes contratantes procurarão incentivar a pesquisa e o intercâmbio de dados e publicações respeitantes a estas zonas e à sua flora e fauna. A cada três anos são realizadas convenções, aprovando resoluções, recomendações, decisões técnicas e planos estratégicos, dando continuidade à aplicação dos termos da Convenção.

iii) Informação geográfica

As zonas húmidas desempenham um papel vital no ambiente e na sociedade, no entanto, continuam a ser um dos principais ecossistemas ameaçados no planeta. Com o objectivo de implementar a Convenção Ramsar⁵³, um elevado número de estudos têm sido desenvolvidos com recurso a dados geográficos. Estes incluem a sua delimitação e caracterização, cartografia da distribuição das espécies, compreensão da hidrologia, desenvolvimento de planos de gestão, o zonamento para o seu uso racional,

⁵¹ <http://www.ramsar.org> (último acesso em Dezembro de 2008)

⁵² http://www.ramsar.org/about/about_brochure_2008_e.htm (último acesso em Maio de 2009)

⁵³ Tendo em vista os objectivos da Convenção da inserção de pelo menos um sítio na lista Ramsar

identificação de ameaças internas e externas, estabelecimento de *data set* e a monitorização das alterações da ocupação/uso do solo e a visão integrada e sistémica. O objecto destes estudos é facultar às entidades gestoras e aos técnicos metodologias e novas abordagens, identificando tipos de dados aplicados a diferentes sítios e para propósitos distintos. Por outro lado, fornecem um conjunto de fontes de informação, que combinam a aquisição de dados recolhidos remotamente com outros dados geográficos.

Em 2003 a ESA começou a desenvolver o projecto GlobWetland⁵⁴, com o propósito de facultar imagens de satélite e outros produtos especializados (como Modelos Digital de Terreno e dados biofísicos adquiridos por sensores multiespectrais), contribuindo para a minimização das ameaças às zonas húmidas, em colaboração com a Convenção. Três anos mais tarde, a comunidade científica reviu do papel das tecnologias de observação da terra na preservação das zonas húmidas no “*GlobWetland Symposium: Looking at wetlands from space*” em Frascati, Itália. Neste simpósio, são discutidos os recentes desenvolvimentos na observação da terra para a inventariação, monitorização e estudo das zonas húmidas, identificando questões-chave ao nível técnico e relevância política no futuro. Também na nona Conferência das Partes (COP) da Convenção Ramsar em Kampala, Uganda em 2005 foi estabelecido que a obtenção de dados para estudo tem um carácter de urgência, devendo ser recolhidos no menor espaço de tempo possível para a produção de resultados, que deverão ser fiáveis, com vista à aplicação aos propósitos definidos. Relativamente ao seu relatório é referido no ponto sobre a “compilação de dados / acesso aos dados” que as fontes de informação deverão incluir a IG e DR⁵⁵.

As zonas húmidas são geralmente de difícil acesso. A aquisição de dados no terreno implica muitas vezes processos demorados que passam pela formação de técnicos e a deslocação de equipas durante períodos de tempo continuados. Deste modo, este processo para além de complexo, torna-se muitas vezes bastante moroso e dispendioso. Os desafios de monitorização destes sítios tornam o uso de dados adquiridos remotamente, uma ferramenta imprescindível para colmatar as necessidades de informação. Os sistemas de informação integrados para o apoio à decisão são igualmente importantes, dada a complexidade de elementos geográficos em constante interacção e a urgência na gestão destes espaços.

2.2. Diminuição de biodiversidade

i) Problemas ambientais

⁵⁴ <http://www.esa.int> (último acesso em Fevereiro de 2009)

⁵⁵ <http://www.ramsar.org> (último acesso em Fevereiro de 2009)

No artigo dois da Convenção sobre Diversidade Biológica (CBD), a biodiversidade é definida como: "a variabilidade de organismos vivos de todas as origens, compreendendo entre outros, os ecossistemas terrestres, marinhos e outros ecossistemas aquáticos e os complexos ecológicos de que fazem parte; compreendendo ainda a diversidade dentro de espécies, entre espécies e de ecossistemas"⁵⁶.

O número de espécies existente no planeta é bastante elevado, sendo estimadas, num intervalo entre 5 a perto de 100 milhões de espécies existentes na Terra, sendo que o número 12,5 milhões, tem sido proposto como o mais razoável para referenciar a diversidade biológica no planeta⁵⁷. No entanto, “apenas” cerca de 1,7 milhões foram descritas ou estudadas (aproximadamente 10% do total)⁵⁸. A maior diversidade biológica centra-se na floresta tropical húmida que corresponde apenas a cerca de 8% da superfície terrestre, mas que pensa ser habitat de 50 a 90% das espécies no planeta⁵⁹.

A Biodiversidade é uma das propriedades fundamentais da natureza, responsável pelo equilíbrio e estabilidade dos ecossistemas. Cada espécie tem o seu valor intrínseco, mas desempenha também um importante papel funcional no ecossistema. Por exemplo, predadores regulam a população de presas, a fotossíntese das plantas participa do balanço de dióxido de carbono na atmosfera, entre outros. É também devido à diversidade biológica que são desenvolvidas inúmeras actividades: agrícola, pecuária, pesqueira e florestal e também a indústria da biotecnologia e prevenção de doenças. Por outro lado, são estas actividades e os seus impactos subsequentes que provocam a redução da biodiversidade (Millennium Ecosystem Assessment: 2005). A expansão urbana e o desenvolvimento de infra-estruturas infligem muitas vezes a perda ou fragmentação de habitats, reduzindo as populações locais e a diversidade biológica (Forman *et al.*, 2003), podendo mesmo potenciar o risco de desaparecimento de algumas espécies à escala regional, local ou global. No quarto relatório do IPCC (*in* Zimmer, 2008), estima-se que 20-30% das espécies referenciadas estão sujeitas ao perigo de extinção se a temperatura aumentar entre 1,5 e 2,5° C. No entanto, se este valor subir 3,5° C de temperatura média, as projecções apontam para um risco situado no intervalo de 40 a 70% das espécies do globo. De acordo com o IUCN (2008 *Red List - table 1*), das 44 mil espécies incluídas na lista vermelha, estavam, no ano de 1998, cerca de 10 mil espécies ameaçadas de extinção, número esse que dilatou para 17 mil em 2008.

⁵⁶ <http://www.cbd.int/convention/articles.shtml?a=cbd-02> (último acesso em Junho de 2009)

⁵⁷ <http://www.unep.org/GEO2000> (último acesso em Fevereiro de 2009)

⁵⁸ <http://www.iucnredlist.org> (último acesso em Fevereiro de 2009)

⁵⁹ <http://www.physicalgeography.net> (último acesso em Fevereiro de 2009)

O aumento da problemática do impacto humano no ambiente, despoletou a necessidade de compreender, analisar e solucionar o problema. A preservação da biodiversidade através da protecção de áreas sensíveis torna-se fundamental. No entanto, não será suficiente se estas não integrarem uma estratégia de gestão a diferentes escalas, do local ao global. A necessidade de ferramentas para o planeamento que integrem as questões ambientais tornou-se evidente com o incremento da pressão sobre o ambiente. A biodiversidade é actualmente um dos assuntos mais discutidos na agenda global sobre ambiente⁶⁰. Deste modo, os decisores precisam de dados sobre biodiversidade para formular políticas nacionais e internacionais sobre saúde, meio-ambiente, desenvolvimento auto-sustentável e segurança de alimentos.

ii) Tratados internacionais

A Convenção sobre Diversidade Biológica das Nações Unidas (CBD), foi negociada em resposta à perda global de biodiversidade, que significa uma importante ameaça para o ambiente global. Tendo sido adoptada em 1992 na UNCED, realizada no Rio de Janeiro (Brasil).

Os objectivos são a conservação da diversidade biológica, o uso sustentável dos seus componentes e a partilha justa e equitativa dos seus benefícios, incluindo o acesso aos recursos genéticos e a transferência apropriada de tecnologia e fundos relevantes.

Cada signatário deverá informar a forma como está a implementar o acordo e a sua eficácia em função dos objectivos da Convenção. Estes relatórios deverão ser submetidos ao COP, para o acompanhamento dos progressos realizados.

iii) Informação geográfica

Inúmeros tipos de bases de dados e outros sistemas de informação sobre espécies têm sido realizados, com um notável avanço de inventários populacionais de determinadas espécies. No entanto, é cada vez mais comum a representação da biodiversidade através de mapas da distribuição. Assim, de uma forma eficiente, pode traçar-se um quadro geral das espécies que ocorrem num determinado território e a sua área de distribuição, através de mapas associados a bases de dados, permitindo análises e cálculos de riqueza de espécies. Com a sobreposição de dados, análises mais refinadas poderão também ser feitas,

⁶⁰ Exemplo disso foi o congresso da IUCN sobre a conservação em Outubro de 2008 em Barcelona e que reuniu mais de 8000 especialistas de governos, ONG, universidades, grupos indígenas e a comunidade.

sendo importante referir que a eficiência destes dados só poderá ser consistente se devidamente actualizadas. O SBSTTA da CBD faz, no anexo I da recomendação X/5, o sumário dos principais indicadores para cumprir os objectivos da biodiversidade em 2010 ao nível global⁶¹. Nos indicadores “tendências da extensão de biomas, ecossistemas e habitats seleccionados” e “conectividade e fragmentação de ecossistemas”⁶², é referida a DR e diversos *dataset* nacionais como possíveis fontes de dados, reforçando a ideia da relevância destes dados para a monitorização e implementação de medidas de salvaguarda ambiental.

2.3. Emissão de Gases com Efeito de Estufa (GEE) e alterações climáticas

i) Problemas ambientais

O clima refere-se às características da baixa atmosfera para uma determinada localização (e as flutuações dessas condições em períodos de tempo). No entanto, as diferentes componentes do geo-sistema têm igualmente um papel determinante na formação do sistema climático⁶³.

As mudanças climáticas referem-se à variação, ao longo do tempo, do clima a duas escalas: global e o regional e pode ser originado por forças naturais e antrópicas. De acordo com o IPCC⁶⁴, a maioria do aumento médio da temperatura verificado desde meados do século XX, também designado por aquecimento global, é muito provavelmente resultado das actividades humanas, sobretudo devido à queima de combustíveis fósseis e desflorestação, que têm aumentado a quantidade de GEE, excedendo muitas vezes os valores limites, tolerados por diversos organismos.

As alterações climáticas poderão ocasionar ou agravar fenómenos meteorológicos irregulares e/ou extremos (tempestades, ciclones, inundações, seca, entre outros), não só quanto à intensidade, mas também ao aumento da sua frequência. Como consequência, afectam todo o sistema terrestre: degelo, o aumento do nível médio do mar, recursos marinhos e costeiros; a disponibilidade de água, a infiltração, erosão, fertilidade, produtividade e uso do solo; incidência de doenças, perda da biodiversidade; o funcionamento natural dos habitats e ecossistemas, migrações, disponibilidade de alimento, entre outros. Estas consequências originam mais desequilíbrios em todo o sistema climático, potenciando o seu grau de

⁶¹ <http://www.cbd.int/recommendations> (último acesso em Maio de 2009)

⁶² <http://www.cbd.int/doc/gbo2/cbd-gbo2-po.pdf> (último acesso em Maio de 2009)

⁶³ FAO - Interdepartmental Working Group on Climate Change

⁶⁴ <http://www.ipcc.ch> (último acesso em Maio de 2009)

perigosidade e risco. Por outro lado, o aumento populacional e a fixação em áreas que anteriormente estavam inabitadas duplicam o risco e a vulnerabilidade a estes fenómenos, com consequências graves para a infra-estrutura, os bens materiais, a saúde e a natureza.

ii) Tratados internacionais

Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas (UNFCCC) – É um tratado internacional que foi resultado da UNCED em 1992, tendo sido assinado pela maioria dos países do globo e que conta actualmente com 192 países (2008). Visando tratar o problema das alterações climáticas, entrou em vigor em Março de 1994 e tem como objectivo a estabilização das concentrações na atmosfera de GEE. Esta Convenção obriga todos os seus signatários a estabelecer programas nacionais de redução das emissões de GEE e a apresentar relatórios regulares, exigindo também que os países signatários industrializados, por oposição aos países em desenvolvimento, estabilizem até 2000 as suas emissões de GEE aos níveis de 1990 (não sendo vinculativo). No entanto, foi largamente reconhecido que os compromissos iniciais da UNFCCC não seriam suficientes para sustentar o aumento global das emissões de GEE⁶⁵.

Protocolo de Quioto (KP) – Assinado em Dezembro de 1997, entrou em vigor em Fevereiro de 2005, tendo sido ratificado por 184 países⁶⁶. O KP estabelece limites juridicamente vinculativos para as emissões de GEE em países industrializados e prevê mecanismos de implementação com vista a conter as emissões a um nível tão baixo quanto possível.

Ao abrigo do KP, os países industrializados devem reduzir as suas emissões de seis GEE (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorcarbonetos, perfluorcarbonetos e hexafluoreto de enxofre) em média de 5,2% relativamente aos níveis de 1990 durante o primeiro período de compromisso (de 2008 a 2012). Não são fixados objectivos em matéria de emissões para os países em desenvolvimento.

iii) Informação geográfica

A climatologia estuda o estado físico médio da atmosfera, através da pressão atmosférica, a temperatura, o vento, a humidade, a precipitação, a insolação, entre outros. Por outro lado, analisa a sua

⁶⁵ <http://unfccc.int> (último acesso em Maio de 2009)

⁶⁶ http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php (último acesso em Junho de 2009)

variação, no tempo e no espaço⁶⁷. A climatologia recorreu desde sempre a mapas e a localizações precisas para determinar estes padrões, sendo, por sua vez, objecto de estudo da geografia⁶⁸. O valor padrão de um elemento meteorológico, considerando a média de sua ocorrência num determinado local (supostamente invariável em longitude, latitude e altitude), por um número determinado de anos é reconhecido como normal climatológica. No entanto, estes registos apenas começaram a ser obtidos de forma generalizada, pela maioria dos países no séc. XX, ou com recurso a datação de elementos (abióticos e bióticos) da paisagem. As alterações climáticas e as suas causas não são ainda totalmente conhecidas e conclusivas. Estas poderão dever-se a múltiplos factores, alguns destes constituindo, *per si*, um grave problema ambiental global.

A UNFCCC e o KP constituem um enquadramento de referência internacional. Pretende-se quantificar e cumprir os compromissos estabelecidos legalmente, para limitar ou reduzir os GEE para níveis de 1990 e permitir que as emissões de carbono sejam equilibradas pelos “sumidouros de carbono”. A potencial rectificação do protocolo por parte dos estados (criando estímulos para a partilha de informação, quer em dados de arquivo, actuais e futuro) e a sua necessidade de obtenção de dados (para medir e monitorizar), sobretudo o coberto vegetal e as emissões de GEE, originou o debate sobre a adequação das metodologias assentes em IG⁶⁹.

Sendo o clima um sistema complexo, com inúmeras variáveis, a sua compreensão deve apoiar-se na análise de um enorme conjunto de dados biofísicos actualizados. Para o seu processamento serão necessários poderosos recursos de *hardware*, *software* e sistemas de informação geo-referenciados, ligados a processos de aquisição célere de dados (automática ou semi-automática), de forma sistemática, que aliados a algoritmos e modelos matemáticos nos fornecerão padrões que permitam simular a realidade, possibilitando a sua gestão, monitorização e previsões futuras.

3. Reservas ambientais

A CBD estabelece o conceito de área protegida como “uma área geograficamente definida que tenha sido designada ou regulamentada e gerida para alcançar objectivos específicos de conservação”⁷⁰. Estes objectivos atingem a preservação de espécies em perigo ou paisagens até a protecção de

⁶⁷ <http://www.meteofrance.com/FR/glossaire> (último acesso em Fevereiro de 2009)

⁶⁸ <http://www.fcsh.unl.pt/cursos> (último acesso em Dezembro de 2008)

⁶⁹ <http://sedac.ciesin.org/rs-treaties> (último acesso em Fevereiro de 2009)

⁷⁰ <http://portal.icnb.pt/NR/rdonlyres/EE42F640-B75F-4010-8E07-730412D1C05C/4189/CDBio.pdf> (último acesso em Maio de 2009)

ecossistemas naturais. O sistema mundial de áreas protegidas (parques e reservas) tem crescido exponencialmente nas últimas décadas, especialmente nos países em vias de desenvolvimento, onde a diversidade biológica é maior. Actualmente mais de 100 000 áreas protegidas foram estabelecidas, ocupando 17,1 milhões de km², correspondendo a 11,5% da superfície do planeta (Naughton-Treves, 2005). A gestão das áreas protegidas, especialmente nos países em desenvolvimento é um enorme desafio, dada a generalidade de condições de pobreza, aumento populacional e instabilidade política. Para além das questões locais e endógenas, existem ainda os interesses dos recursos destes espaços, bem como outras pressões exógenas. A globalização introduziu profundas reformas nas áreas protegidas, com a transferência de fundos para os países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, no entanto, da mesma forma, tem introduzido também novos conflitos, como a exploração de recursos, como a extracção de inertes e o abate de árvores. As organizações internacionais de conservação da natureza procuram estabelecer alianças entre as áreas protegidas e as comunidades vizinhas, protegendo simultaneamente os recursos e as populações, promovendo a sustentabilidade ao nível regional e nacional. Apesar de ainda não existir um consenso sobre prioridades geográficas para delimitação de áreas protegidas, muitos autores⁷¹ concordam que deverão existir mais áreas protegidas. Muitos locais com endemismos ou com elevada diversidade não dispõem de qualquer protecção, por outro lado as alterações de ocupação do solo têm aumentado (um terço do território do planeta tem sido convertido para áreas agrícolas ou urbanas). Grande parte dos parques não é suficientemente abrangente para a manutenção de populações adequadas, de ecossistemas e a sustentabilidade da biodiversidade. A maioria das áreas protegidas é menor que 10 000 hectares (aproximadamente 80% do total - IUCN), desempenhando um papel relevante a nível local. No entanto, para a prevenção da perda de espécies a longo prazo, terão que ser mais extensas.

As áreas protegidas deverão ser estabelecidas, geridas e monitorizadas de acordo com o seu valor intrínseco. Muitas vezes surgem conflitos com base em fronteiras políticas, tornando-se essencial a criação de mecanismos de cooperação transfronteiriça, assegurando a conservação a longo prazo. Esta cooperação requer informação integrada e normalizada nas suas diferentes fases e escalas, ajudando a compreender o potencial de conservação. A pressão sobre os habitats naturais e a biodiversidade tem tendência a intensificar-se com o aumento populacional, o consumo de recursos à escala global, conflitos políticos e alterações climáticas. Estas questões permitem-nos tomar a consciência de que será, cada vez

⁷¹ e.g. UNEP *et* World Conservation Monitoring Center *in* World resources institute (WRI), 2002; Ceballos and Ehrlich *in* Bridges, 2006; Ramade *in* science magazine, 2003

mais, fundamental recorrer e desenvolver técnicas assistidas por computadores, baseadas em dados geográficos, tecnologias de informação geográfica, aplicados à monitorização e gestão dos sistemas ambientais, que permitam a construção de cenários, definição de prioridades e a correcta delimitação de áreas protegidas, tendo em atenção à dinâmica das populações nelas circunscritas, assim como corredores de ligação entre si.

4. Síntese

A acção humana no território contribui para o agravamento de alguns dos principais problemas ambientais actuais, com especial incidência a partir da revolução industrial. As consequências deste processo tornaram-se evidentes, desenvolvendo-se uma consciencialização comum (e global) da interdependência dos geo-sistemas, da sua fragilidade, bem como a “crescente escassez de recursos” (Partidário, 2006).

Nas últimas décadas, as fronteiras políticas têm-se tornado mais permeáveis e assiste-se à multi-territorialidade⁷² de uma série de processos económicos, sociais, políticos, culturais e ambientais. Para além destes processos, a incerteza, a insustentabilidade ambiental e socioeconómica, tornaram premente o desenvolvimento concertado, transversal e multidisciplinar de medidas de reflexão e de acção globais⁷³.

Para a compreensão da dinâmica do planeta, será necessária a obtenção de dados periódicos, a criação de modelos e a confirmação dos resultados, permitindo conhecer a situação actual, a sua evolução, os comportamentos dos sistemas e a previsão futura, funcionando como as bases fundamentais para a mitigação dos problemas ambientais, onde a informação geográfica contribui de uma forma preponderante: “Grande parte da informação produzida pelo sector público (mais de 35%) é informação geográfica”(EUOGI)⁷⁴; “A Informação Geográfica, oferece uma poderosa ferramenta de gestão para medir as alterações ambientais e prever os impactos da actividade humana” (Cefas)⁷⁵; “É crucial na identificação dos problemas e sugerindo possíveis soluções” (FAO⁷⁶). O quadro I sintetiza alguns dos principais tratados, objectivos, compromissos e informação geográfica fundamental para a sua adopção.

⁷² Barel, 1986 in Identerra – V congresso da geografia portuguesa, 2004. “Multiterritorialidade” aparece como uma resposta a esse processo identificado por muitos como “desterritorialização”: Haesbaert, 2005

⁷³ 114th assembly and related meetings - Inter-Parliamentary Union / UNDESD - United Nations Decade of Education for Sustainable Development / Kyoto Protocol

⁷⁴ Pira in newsletter n. 3 da European Umbrella Organisation for Geographic Information

⁷⁵ Cefas (centro de investigação e assessoria na gestão das pescas e protecção do ambiente; Agência Executiva do Departamento de Meio Ambiente do Governo do Reino Unido)

⁷⁶ Food and Agriculture Organization of the United Nations

Ano	Tratado	Objectivos	Compromissos	Informação geográfica fundamental
Adopção: 1971 Em vigor: 1981	Convenção Ramsar	A Convenção de Ramsar protege indirectamente as aves aquáticas através da protecção dos seus "habitats" constituídos pelas zonas húmidas tal como definidas no seu art. 1º, aliás em conformidade com o segundo considerando que afirma que as Partes Contratantes reconhecem as funções ecológicas fundamentais das zonas húmidas enquanto reguladoras dos regimes de água e enquanto "habitats" de uma flora e fauna características, especialmente de aves aquáticas.	Promove a conservação das zonas húmidas, principalmente as de importância internacional. A Convenção de Ramsar inclui águas doces, estuários e habitats costeiros marinhos. Os países que assinaram a Convenção de Ramsar concordaram em conservar e proteger as respectivas zonas húmidas e designar para conservação pelo menos uma zona húmida com significado internacional.	• Rede hidrográfica; • Zonas húmidas (paul, sapal, mangal...) • Fauna e flora; • Habitats; • Áreas protegidas; • Ocupação do solo; • Património natural; • Cartografia de base.
Adopção: 1972 Em vigor: Div.	Convenção para a protecção do património mundial, cultural e natural	Responsabilidade dos signatários em monitorizar e de providenciar relatórios periódicos do estado de conservação e a consistência com os princípios da convenção. Os signatários podem requerer ao aconselhamento do secretariado ou do IUCN.	Integrar a protecção do património nos programas de planeamento, designar serviços para a protecção de património, desenvolver estudos técnico científicos e determinar as necessidades legais, científicas, administrativas e financeiras para a protecção do património	• Inventário de património (natural e edificado/paisagem); • Recursos culturais e naturais; • Áreas sensíveis do ponto de vista patrimonial quer natural, quer antrópico; • Instrumentos de gestão do território; • Cartografia de base.
Adopção: 1992 Em vigor: 1994	Convenção da diversidade biológica	A conservação da diversidade biológica, a utilização sustentável dos seus componentes e a partilha justa e equitativa dos benefícios que advêm da utilização dos recursos genéticos, inclusivamente através do acesso adequado a esses recursos e da transferência apropriada das tecnologias relevantes, tendo em conta todos os direitos sobre esses recursos e tecnologias, bem como através de um financiamento adequado	Cada signatário deve: -Identificar o processo e a categoria de actividades que poderá ter um impacto adverso na conservação e uso sustentável da biodiversidade; -Estabelecer um sistema de áreas protegidas ou áreas com a necessidade de estabelecer medidas especiais para a conservação da diversidade biológica -Estabelecimento e manutenção de programas para a educação de medidas para a identificação, conservação e uso sustentável da biodiversidade e os seus componentes -Promover, entre os signatários, a cooperação técnica e científica na implementação da convenção.	• Áreas protegidas; • Património natural; • Fauna e flora; • Habitats; • Uso/ocupação do solo; • Capacidade de carga dos ecossistemas; • Hidrografia, Disponibilidade hídrica; • Cartografia de base.

Ano	Tratado	Objectivos	Compromissos	Informação geográfica fundamental
Adopção: 1994 Em vigor: 1996	Convenção das Nações Unidas sobre o Combate à Desertificação Desertificação nos países afectados por seca grave e/ou desertificação, particularmente em África	Combate à desertificação e a mitigação dos efeitos da seca nos países afectados por seca grave e/ou desertificação, particularmente em África, através da adopção de medidas eficazes em todos os níveis, apoiadas em acordos de cooperação internacional e de parceria, no quadro duma abordagem integrada, coerente com a Agenda 21, que visa contribuir para o desenvolvimento sustentável nas zonas afectadas [artigo 2].	Países afectados: -Prioridade ao combate à desertificação e à mitigação dos efeitos da seca. Atacar as causas profundas da desertificação e dar especial atenção aos factores socioeconómicos; -Prioridades no quadro dos seus planos e/ou políticas de desenvolvimento sustentável; Países desenvolvidos: -Proporcionar recursos financeiros substanciais; -Facilitar o acesso dos países afectados, particularmente aqueles em desenvolvimento, à tecnologia, aos conhecimentos gerais e aos conhecimentos técnicos adequados.	• Climatologia (radiação solar, pluviosidade, temperatura, vento...); • Geologia, Litologia e Solos; • Relevo/declive; • Pressão antrópica sobre o território (capacidade de carga do território, uso/ocupação do solo, demografia, condição socioeconómica...); • Coberto vegetal; • Cartografia de base.
Adopção: 1994 (CQNUAC) e 1997 (PQ) Em vigor: 2005	Protocolo de Quioto à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas	Estabelecer compromissos quantificados de limitação e redução das emissões de gases de estufa, a fim de promover o desenvolvimento sustentável	-Desenvolver, actualizar periodicamente, publicar e facultar à Conferência das Partes, os seus inventários nacionais de emissões antropogénicas por fontes, assim como da remoção pelos sumidouros de todos os gases com efeitos de estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal. -Desenvolver e elaborar planos apropriados e integrados contemplando a gestão das zonas costeiras, dos recursos hídricos e da agricultura e na protecção e reabilitação de áreas, atingidas pela seca e pela desertificação, assim como por inundações; -Ter em conta as alterações climáticas, tanto quanto possível, nas suas acções e políticas sociais, económicas e ambientais relevantes; -Promover e cooperar na investigação científica, tecnológica, técnica, socioeconómica e outras, na observação sistemática e no desenvolvimento de arquivos de dados relativos ao sistema climático e destinados a aumentar a compreensão e a reduzir ou eliminar as incertezas subsistentes quanto às causas, efeitos, amplitude e dimensão temporal das alterações climáticas e quanto às consequências económicas e sociais das várias estratégias de resposta;	• Dados climáticos médios anuais (radiação solar, pluviosidade, temperatura, vento...); • Fontes de emissão de GEE; • Índices de poluição; • Evolução de frentes costeiras e ribeirinhas (linha de costa); • Uso/ocupação do solo; • Cartas de risco do território (causas e efeitos de riscos antrópicos e naturais: risco de cheia, aumento médio do nível do mar, risco de erosão...); • Instrumentos de gestão do território; • Cartografia de base.

Ano	Tratado	Objectivos	Compromissos	Informação geográfica fundamental
Adopção: 2000 Em vigor: 2003	Protocolo de Cartagena sobre Biosegurança	Assegurar um nível adequado de protecção no domínio da transferência segura, manuseamento e utilização de organismos vivos modificados resultantes da biotecnologia moderna que possam ter efeitos adversos na conservação e utilização sustentável da diversidade biológica, tomando também em consideração os riscos para a saúde humana e com particular enfoque no movimento transfronteiriço.	As Partes deverão assegurar que a produção, manuseamento, transporte, utilização, transferência e libertação de qualquer organismo vivo modificado, sejam realizados de forma a prevenir ou reduzir os riscos para a diversidade biológica, tomando também em conta os riscos para a saúde humana.	• Flora e fauna; • Uso / ocupação do solo (especial atenção ao uso agrícola e florestal); • Cartografia de base.

Quadro 1 – Síntese dos principais tratados e informação geográfica.

Com o propósito de promover o conhecimento das alterações induzidas no planeta, a cooperação ao nível internacional é de vital importância, não só no sentido da representação de diversos países, mas também de uma colaboração e partilha transnacional de dados e informação geográfica, suportada por decisores políticos, cientistas, técnicos e agentes. No quarto comité da sexagésima segunda assembleia-geral das Nações Unidas foi promovido o debate em torno da cooperação internacional no domínio do Espaço, as ferramentas e as soluções para as alterações climáticas⁷⁷. Nessa mesma discussão foi proferido diversas vezes que a “tecnologia espacial tornou-se crucial para recolher dados críticos ao nível dos oceanos, superfície terrestre e atmosfera”... “Os satélites de observação da terra foram os únicos meios necessários para obter uma cobertura global e seria o contributo mais importante para a observação das alterações climáticas”⁷⁸. Também o Grupo de Trabalho de Informação Geográfica das Nações Unidas (UNGIWG)⁷⁹, estabelecido em Março de 2000, tem como um dos principais objectivos: “desenvolver e manter uma base de dados geográficos comum, criando a capacidade fundamental, para reforçar normas, programas e capacidades operacionais, de forma eficiente no seio das Nações Unidas”.

A acção de diversos organismos supra-governamentais e de redes de conhecimento internacionais desenvolve uma visão multilateral e multidisciplinar dos problemas globais baseada em princípios de interdependência e solidariedade e ética internacional.

A interligação de uma rede global de partilha de dados estruturada pode favorecer a disseminação de uma cultura que privilegie novas formas de conduta e entendimento, abrindo espaço para uma nova forma de consciencialização e de concertação de medidas para a resolução de determinados problemas.

⁷⁷ Soluções para as alterações climáticas, igualdade de acesso às tecnologias de base espacial (Assembleia Geral das Nações Unidas - GA/SPD/379).

⁷⁸ <http://www.un.org/News/Press/docs/2007/gaspd379.doc.htm> (último acesso em Maio de 2009)

⁷⁹ <http://www.ungiwg.org> (último acesso em Fevereiro de 2009)

Capítulo II – Informação Geográfica em Ambiente e Ordenamento do Território

1. Sistema de Posicionamento Global (GPS⁸⁰)

Originalmente designado NAVSTAR (o acrónimo para *Navigation Satellite with Timing and Ranging*), o Sistema de Posicionamento Global (GPS) foi desenvolvido, para providenciar capacidades de navegação, inicialmente com aplicação militar (através do Departamento de Defesa dos EUA). Este sistema consiste numa constelação de 24 satélites, que se deslocam a velocidades de cerca de 11 300 km/h, a orbitas aproximadas de 20 000 km de altitude, o que permite circular o planeta a cada 12 horas⁸¹.

Os primeiros satélites GPS foram lançados no espaço em 1978, tendo-se completado o sistema em 1994 (entrando oficialmente em actividade em 1995). A incorporação de painéis solares, permite captar a energia do sol para o seu funcionamento, ainda que em alternativa, poderão ser servidos por baterias de suporte, para os manter operacionais. Possuem ainda pequenos foguetes para a manutenção e correcção das órbitas.

Cada um dos satélites emite sinais rádio codificados, que possibilita aos receptores determinar a sua posição. O aparelho GPS recolhe dois tipos de informação⁸²:

- Dados de “almanaque”, características aproximadas das órbitas dos satélites, que são actualizadas periodicamente;
- Dados de “efemérides”, dados corrigidos e exactos de posicionamento num instante t , validados pela estação de controlo principal a cada 4 a 6 horas.

O processo de funcionamento deste sistema deve-se ao cálculo das distâncias que separam os satélites do aparelho receptor, considerando o tempo dispendido entre a emissão e a recepção dos sinais rádio. Estes intervalos de tempo, para serem aferidos com maior precisão, recorrem a relógios atómicos, equacionando ainda os atrasos que os sinais sofrem até atingirem o receptor.

Um receptor GPS poderá determinar a sua posição utilizando apenas três satélites (triangulação), ainda que a captação de sinais de quatro ou mais satélites, reduz substancialmente o erro. As causas de

⁸⁰ Global Positioning System

⁸¹ <http://msl.jpl.nasa.gov/Programs/gps.html> (último acesso em Julho de 2009)

⁸² http://www8.garmin.com/manuals/GPSGuideforBeginners_Manual.pdf (último acesso em Julho de 2009)

erros possíveis são: atrasos devido à troposfera e ionosfera, percurso múltiplo do sinal, erros do relógio do receptor, erros orbitais, número de satélites visíveis, geometria do satélite/Sombra e a degradação intencional dos sinais de satélites⁸³.

Os satélites estão dispostos nas suas órbitas de modo a que um receptor GPS na superfície terrestre possa sempre receber sinal de, pelo menos, quatro desses satélites em qualquer momento. Deste modo e em suma, poderemos dizer que os segmentos do sistema são os seguintes:

- Espacial – (21+3) satélites dispostos nas suas órbitas que transmitem sinais de rádio de baixa potência em várias frequências;
- Controlo – estações de monitorização efectuam o rastreio dos dados e reenviam a informação corrigida;
- Utilizador e receptor GPS – capta e processa os sinais rádio dos satélites GPS, para determinar e expor a sua posição entre outras informações⁸⁴.

Existem diferentes tipos de receptores desde as unidades básicas de levantamento, que poderão fornecer precisões até um metro, até outros aparelhos (mais dispendiosos) que fornecem precisões ao centímetro (e.g. GPS diferenciais – que consistem na compensação de erros do sistema através de correcções nas coordenadas de posição ou outras variáveis de interesse).

Para além deste sistema americano, existe ainda o GLONASS da antiga URSS (projecto iniciado em 1976, teve o primeiro lançamento em 1982, com a finalização da constelação de 24 satélites em 1997)⁸⁵, sendo actualmente operado pelo governo russo, que se comprometeu a restaurar o sistema, com a colaboração da Índia (com cobertura global prevista para 2009); o Sistema Galileo da União Europeia e da ESA (ainda em desenvolvimento e com actividade prevista para 2013) e que pretende inter-operar com os sistemas GPS e GLONASS, tendo sido lançado em 2005 o primeiro satélite experimental (GIOVE-A) e que irá desenvolver uma constelação de 27 satélites, mais 3 sobresselentes, ainda que activos; Por fim, está também em desenvolvimento o sistema COMPASS da China, que prevê uma constelação de 35 satélites, sendo que destes, cinco terão uma órbita geo-estacionária e os restantes 30 terão uma órbita média para a cobertura total do planeta (em 2007 foi lançado o Compass M1 para a realização de testes).

⁸³ http://www8.garmin.com/manuals/GPSGuideforBeginners_Manual.pdf (último acesso em Julho de 2009)

⁸⁴ http://www8.garmin.com/manuals/GPSGuideforBeginners_Manual.pdf (último acesso em Julho de 2009)

⁸⁵ <http://iglcnass.com/> (último acesso em Julho de 2009)

2. Detecção Remota

Segundo Lillesand E Kiefer (1994), Detecção Remota pode ser definida como a ciência e arte de se obter informações sobre um determinado objecto, área ou fenómeno, através da análise dos dados adquiridos por um dispositivo, que não esteja em contacto com o objecto, área ou fenómeno em estudo. O processamento de imagens digitais iniciou-se na década de 1960, com a análise de imagens obtidas (sobretudo) a partir de aviões ou satélites. No entanto, é após meados da década de 1980 (com o progresso dos equipamentos informáticos), que se verifica um desenvolvimento importante (Jensen, 1996; Lillesand e Kiefer, 2000). A detecção remota é na sua maioria realizada a partir de plataformas orbitais ou sub-orbitais, utilizando instrumentos que medem a radiação electromagnética reflectida ou emitida a partir da superfície terrestre (Jensen, 2005). Os algoritmos de classificação de imagens digitais, com registo de múltiplas bandas espectrais (algumas das quais fora do espectro visível), possibilitam ultrapassar as capacidades do olho humano na distinção dos objectos, pela sua assinatura espectral e assim tirar mais partido da informação registada nessas imagens (Richards, 1986; Richards e Jia, 1998; Eastman, 2001).

2.1. Fundamentos

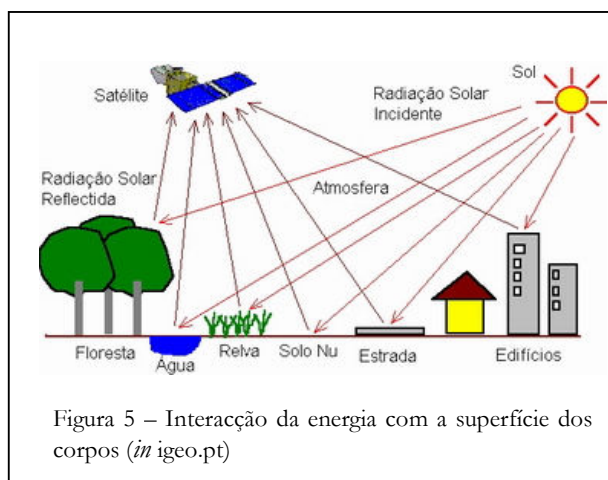
A cartografia temática é uma ferramenta indispensável tanto em estudos ambientais, como para apoio à tomada de decisão, quer ao nível do desenvolvimento de planos de ordenamento e planeamento do território, quer na definição de políticas de gestão de recursos naturais (Cihlar, 2000). Por outro lado, subsistem diversas barreiras como cartografia a diferentes escalas e datas (muitas vezes desactualizada), ausência, ocultação e/ou excesso de dados, com custos elevados, metodologias e critérios distintos, que prejudicam a compreensão, monitorização e a tomada de decisões para a resolução diversos problemas, sobretudo nos contextos ambiental e global.

A DR fornece um cobertura multi-temporal para praticamente todas as regiões de interesse. Os dados de satélite tornaram-se uma autêntica fonte de dados para uma área e período determinados, que pode ser reutilizada para a verificação e reavaliação (Ahmed, 2006).

O uso de imagens de satélite para a produção de cartografia apresenta como vantagens, para além de todas as associadas aos dados digitais, a consistência e qualidade dos dados⁸⁶, a aquisição periódica e a cobertura de grandes áreas (global) a custos relativamente baixos (Caetano e Santos, 2001). A detecção remota baseada nos dados espaciais é uma parte integrante de alguns programas de investigação/pesquisa (processos físicos, químicos e biológicos que regulam o sistema terrestre), uma vez que providencia a observação dos ecossistemas a nível global (consistentemente e sinopticamente)⁸⁷. Para tal, a aquisição frequente e actualização dos dados são muito importantes (Jensen, 1996 *in* Ahmed, 2006).

2.1.1. Energia e espectro electromagnético

A energia electromagnética, também designada por radiação electromagnética, é o suporte de toda a informação em DR (Tenedório, 2008). A sua propagação faz-se através de ondas electromagnéticas sem necessidade de suporte físico, a velocidades da ordem de 300 000 km/s (Oliveira *et al.*, s/ data). A onda electromagnética é composta por um campo eléctrico e por um campo magnético, apresentando um padrão que se repete enquanto se propaga: o comprimento de onda, medindo-se em metros (m). A frequência, representa o número de ciclos da onda num ponto do espaço em cada segundo, medindo-se em Hertz (Hz). O comprimento de onda e a frequência estão interligados entre si, através da velocidade de propagação da luz⁸⁸. Em espaço aberto, as ondas electromagnéticas propagam-se em linha recta, no entanto, na presença de objectos, a direcção de propagação pode ser alterada por reflexão, ou por difracção (Oliveira *et al.* s/ data). Por sua vez, poderão ocorrer a partir da energia incidente, três tipos de interacções: absorção; reflexão e transmissão, dependendo das características físicas do objecto, o ângulo de incidência e o comprimento de onda. O espectro electromagnético representa uma larga gama de frequências e comprimentos de onda da radiação



⁸⁶ Jensen 1996 *in* Ahmed, 2006

⁸⁷ Jensen, 2005

⁸⁸Relação: $\lambda f = C$, em que λ -comprimento de onda; f -frequência; C -velocidade da luz (Tenedório, 2008)

electromagnética. Cada parte do espectro electromagnético tem aplicações que lhe estão associadas, cujas características particulares das ondas electromagnéticas determinam as suas propriedades e aplicações (Oliveira *et al.* s/ data). A Assinatura espectral é a intensidade relativa com que cada corpo reflecte ou emite a radiação electromagnética nos diversos comprimentos de onda, sendo única para cada substância funcionando como uma impressão digital que permite sua identificação. Essa curva ao ser comparada com a assinatura padrão determina e tipifica a composição do objecto. Deste modo, através da sua reflectância e/ou emissividade, conseguem-se tipificar remotamente parcelas de ocupação/uso do solo e objectos (Classificação orientada a objecto).

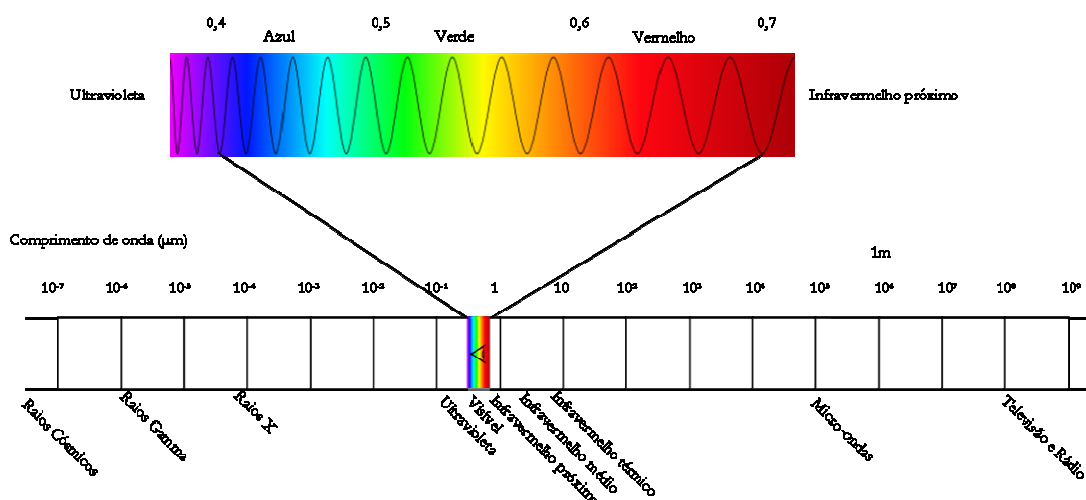


Figura 6 – Espectro electromagnético (adaptado de Lillesand e Kiefer, 2000 *in* Tenedório, 2008)

2.1.2. Resoluções dos Sistemas Sensores

Em DR o termo resolução desdobra-se em quatro categorias independentes: resolução espacial, resolução espectral, resolução radiométrica e a resolução temporal.

Resolução espectral – Diz respeito à quantidade (número) e à amplitude das bandas (Intervalo de comprimento de onda) registadas pelo sensor (adaptado de Tenedório, 2008). O sensor recebe a radiação reflectida ou emitida pela superfície terrestre, sendo responsável pela sensibilidade e pelo intervalo espectral de cada banda⁸⁹. Um sensor pode ser sensível a uma parte do espectro electromagnético, mas ter baixa resolução se compreender um pequeno número de largas bandas; Outro sensor pode ser sensível à

⁸⁹ Guia do ENVI, 2000

mesma porção do espectro electromagnético, mas ter muitas bandas “finas”, tendo assim maior resolução espectral. A quantidade de informação captada pelo sensor é proporcional à detecção de características únicas dos objectos⁹⁰.

Resolução espacial – É a medida da mínima distância entre dois objectos, que permitirá a sua distinção na imagem (adaptado de Sabins, 1987 e Jensen, 2007 *in* Tenedório, 2008). Capacidade do detector em distinguir objectos na superfície terrestre. O tamanho do *pixel* da imagem varia consoante a resolução espacial⁹¹.

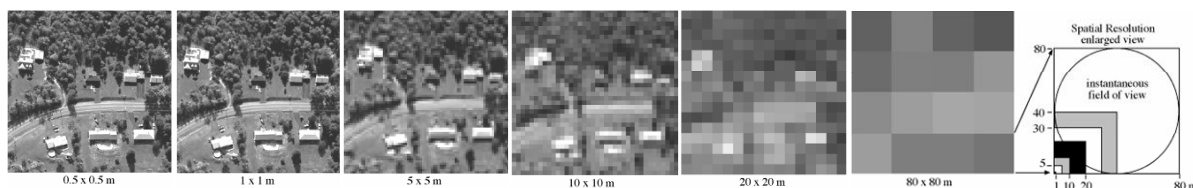


Figura 7 – A mesma superfície em imagens de diferentes resoluções espaciais (adaptado de Jensen, 2007 *in* Tenedório, 2008)

Resolução radiométrica – É definida como a sensibilidade do sensor à recepção de energia. Essa sensibilidade determina o número de valores que podem ser registados pelo sensor (Tenedório, 2008). A resolução radiométrica é dada pelo número de valores digitais (*digital numbers* - dn), representando diferentes níveis, usados para expressar os dados captados pelo sensor. Quanto maior o número de valores, maior é a resolução radiométrica. O número de níveis é comumente expresso em função do número de dígitos binários (bits) necessários para armazenar, em forma digital, o valor do nível máximo⁹². O valor em bits é sempre uma potência

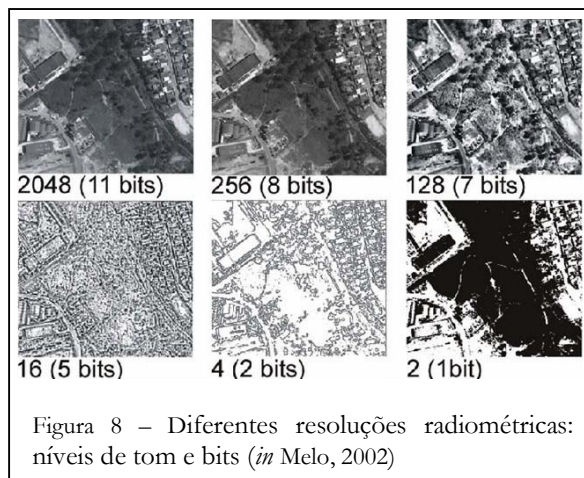


Figura 8 – Diferentes resoluções radiométricas: níveis de tom e bits (*in* Melo, 2002)

de 2 (exemplo: 8 bits significam $2^8 = 256$ níveis). As imagens a 1 bit são definidas com 0 ou 1 (com 2 níveis) e as imagens com 8 bit têm 256 níveis diferentes.

⁹⁰ Adaptado de Tenedório, 2008

⁹¹ Guia do ENVI, 2000

⁹² Guia do ENVI, 2000

Resolução Temporal ou Frequência de Captação – Refere-se à frequência, segundo o tempo, com que um sensor observa o mesmo ponto (nadir) da terra (adaptado de Tenedório, 2008). Periodicidade de captação de dados numa mesma área⁹³.

2.2. Satélites e sensores

A informação obtida por DR constitui uma fonte fundamental de dados sistemáticos sobre o planeta, potenciando o conhecimento sobre os sistemas biofísicos e antrópicos, servindo ainda como elemento base para a produção de cartografia temática.

As imagens de satélite têm vindo a impor-se como a informação de base, por excelência, para a produção de cartografia. As principais vantagens deste tipo de dados estão relacionadas com a sua forma de aquisição, geralmente de grandes áreas, de forma sistemática, a baixos custos (variando consoante o tipo de imagem) e em formato digital, possibilitando a utilização de métodos automáticos, como uma possível alternativa aos processos morosos e dispendiosos do levantamento e interpretação tradicionais/visuais⁹⁴ (Caetano e Santos, 2001 - adaptado). A informação espectral contida em imagens de satélite constitui uma potencial fonte de dados para projectos que envolvam estudos quantitativos ou qualitativos, a escalas locais, regionais ou globais. São diversos os satélites artificiais lançados com o objectivo de observar o planeta: atmosfera, a superfície terrestre e os oceanos (Anexo I). Da lista de satélites de observação da terra e divulgados, alguns são usados mais frequentemente nas questões ambientais e para a realização de cartografia. De seguida apresenta-se em quadro alguns exemplos, com a indicação do sensor, resolução espectral, espacial, frequência de captação, exemplos de dados captados e aplicações (quadro 2).

⁹³ Guia do ENVI, 2000

⁹⁴ Porém a produção automática a partir de imagens de satélite pode ser prejudicada pela confusão espectral e a resolução da imagem / escala / objecto de estudo

Plataforma	Sensor	Resolução espectral (em µm)	Resolução espacial	Resolução Temporal	Objectos / ocupação detectada		Exemplo de aplicação (Tratado)
					Espacial	Temporal	
Landsat 4 e 5 (1,2,3 e 6 estão inactivos)	MSS	4 bandas 1: 0,5-0,6 2: 0,6-0,7 3: 0,7-0,8 4: 0,8-1,1	80m; Image Swath (IS): 185 km	16 dias	Cartografia da linha de costa, estradas e áreas urbanas. Estudos de vegetação.	Desflorestação; Desenvolvidos Urbanos e subúrbano	CBD, Ramsar, WHC, UNCCD, UNFCCC, KP, MAB, Directiva Habitats, ITTA, UN-REDD, ATO...
	TM	7 bandas 1: 0,45-0,515 2: 0,52-0,60 3: 0,63-0,69 4: 0,75-0,90 5: 1,55-1,75 6: 10,40-12,5 7: 2,09-2,35	30m; 120m (térmico); IS: 185 km	16 dias	Fronteiras de vegetação e tipo de solo, cartografia de áreas costeiras e vegetação. Espécies de vegetação, análise de biomassa e de neve/nuvens. Cartografia geológica e temperatura	Alterações nos padrões do coberto vegetal e na ocupação/uso do solo	CBD, Ramsar, WHC, UNCCD, UNFCCC, KP, MAB, Directiva Habitats, ITTA, UN-REDD, ATO...
Landsat 7	ETM+	7+1 bandas 1: 0,45-0,515 2: 0,52-0,60 3: 0,63-0,69 4: 0,75-0,90 5: 1,55-1,75 6: 10,40-12,5 7: 2,09-2,35 Pan: 0,52-0,90	30m; 15m pancromática; 60m (térmico); IS: 185 km	16 dias	Grandes e principais vias; Grandes edifícios, coberto florestal, Avanço e recuo da linha de costa, parcelas agrícolas; cobertura de gelo.	Alterações nas infra-estruturas humanas; Padrões de migração, agricultura e a inter relação urbano/rural	CBD, Ramsar, WHC, UNCCD, UNFCCC, KP, MAB, Directiva Habitats, ITTA, UN-REDD, ATO...

Plataforma	Sensor	Resolução espectral (em µm)	Resolução espacial	Resolução Temporal	Objectos / ocupação detectada		Exemplo de aplicação (Tratado)
					Espacial	Temporal	
SPOT 1,2 e 4 (3 está inactivo)	(SPOTs 1,2,3) HRV	1: 0,50-0,59 2: 0,61-0,68 3: 0,79-0,89 Pan: 0,51-0,73 <u>SPOT 4</u> (1,2,3) Igual SWIR: 1,58-1,75 Pan: 0,61-0,68	20m; 10m pancromática IS: 60 km	26 dias	Agricultura (cartografia de recursos, gestão de produção, classificação de culturas); Uso / ocupação do solo (espaços artificializados: espaço urbano e suburbano, energia, infra-estruturas); Oceanografia (qualidade da água); recursos aquíferos; aplicações geológicas; aplicações em engenharia (análises de terreno, estudo de transportes, construção de infra-estruturas)	Desflorestação; outras alterações do uso/ ocupação do solo (Urbano e suburbano, desenvolvimento residencial, áreas costeiras, planos de água...); poluição; gestão e monitorização; gelo e neve; previsões de colheitas; monitorização de perigos potenciais.	CBD, Ramsar, WHC, UNCCD, UNFCCC, KP, MAB, Directiva Habitats, ITTA, UN-REDD, ATO...
	(SPOT 5) HRVIR	(1,2,3) Igual SWIR: igual Pan: 0,48-0,71	10m; 2,5m (pancromática) IS: 60 km	26 dias			
	Vegetation (SPOT 4 e 5)	0: 0,43-0,47 2: 0,61-0,68 3: 0,78-0,89 SWIR : igual	1,15km; IS: 2250 km	diário			
IKONOS 1 e 2	MMS	1: 0,45-0,53 2: 0,52-0,61 3: 0,64-0,72 4: 0,76-0,88 Pan: 0,45-0,90	4m; 1m (pan); IS: 11 km	26 dias	Estradas, veículos, edifícios, infra-estruturas (pan) Uso/Ocupação do Solo, uso agrícola, vegetação	Alterações nos padrões de uso/ocupação do solo; desenvolvimento de infra-estruturas; alterações nas migrações; variação agrícola; alterações no espaço urbano/rural.	CBD, Ramsar, WHC, UNCCD, UNFCCC, KP, MAB, Directiva Habitats, ITTA, UN-REDD, ATO...
	MS	1: 0,45-0,52 2: 0,52-0,60 3: 0,63-0,69 4: 0,76-0,99 Pan: 0,45-0,90	2,44m; 61cm (pan) IS: 16,5 km	1-3,5 dias			
Quickbird							

Plataforma	Sensor	Resolução espectral (cm μ m)	Resolução espacial	Resolução Temporal	Objectos / ocupação detectada		Exemplo de aplicação (Tratado)
					Espacial	Temporal	
NOAA -7 (desactivado em 1986 devido a uma falha de energia)	AVHRR	1: 0,58-0,68 2: 0,72-1,10 3: 3,53-3,93 4: 10,3-11,3 5: 11,5-12,5	4,4km (global) 1,1km (local) IS: 2800km	Duas vezes por dia	Nuvens; superfície da terra e água, temperatura, condições de neve e gelo	Alterações no clima e na temperatura global do mar e terra; alterações no coberto de neve e gelo	UNCCD, UNFCCC, KP, MAB...
AVIRIS (a bordo de aviões)	Hyperspectral Airborn e Sensor	Contém 224 detectores diferentes, cada um com um comprimento de onda de 10 μ m (cobertura entre 0,4 e 25 μ m)	20m (alta altitude); 4m (baixa altitude) IS: 11km	Voos programados	Ecologia (clorofila, água, celulose, pigmentação...); Geologia (mineralogia, tipo de solo); nuvens e estudos atmosféricos (vapor de água, nuvens, gases...); oceanografia/costa/águas interiores (sedimentos e elementos orgânicos dissolvidos, batimetria, clorofila...); Gelo e neve; fogos (fumo, combustão...); ambiente; perigos naturais e antrópicos; comércio	Neve e gelo (cobertura de gelo e neve); comercial (correção agrícola); ecologia (alterações na vegetação...); Oceanografia (alterações no plâncton e clorofila); fogos florestais.	CBD, Ramsar, WHC, UNCCD, UNFCCC, KP, MAB, Directiva Habitats, ITTA, UN-REDD, ATO...

Plataforma	Sensor	Resolução espectral (em μm)	Resolução espacial	Resolução Temporal	Objectos / ocupação detectada		Exemplo de aplicação (Tratado)
					Espacial	Temporal	
ERS2 (European Remote Sensing)	AMI	5,3 GHz 13,5 GHz	30m SAR 50km; IS: 80-100km (SAR-Image); 5km (SAR-Wave); 500km (scatterometer)	3, 35 dias, ou 168 ciclos diários	Instrumentos de estado do tempo; ondas dos oceanos (altura e comprimento); vento (velocidade e direcção); parâmetros de gelo, superfície do mar e temperatura do topo das nuvens e vapor de água atmosférico	Alterações e observação no oceano, terra, gelo, atmosfera e clima; actividade dos oceanos, zonas costeiras e áreas cobertas por gelo; inundações	Ramsar, UNFCCC, KP, MAB...
	ATSR-M	1,6 3,7 11 12	1km (IR) 22km(Microondas) IS: 500 km				
	GOME	1: 0,24-0,295 2: 0,29-0,405 3: 0,40-0,605 4: 0,59-0,79	40x2km 40x320km IS: 960km				
	AATSR	0,65 0,85 1,27 1,6	0,5km IS: 500km				
SEASTAR	SeaWiFS	1: 0,402-0,422 2: 0,433-0,453 3: 0,480-0,5 4: 0,5-0,520 5: 0,545-0,565 6: 0,66-0,68 7: 0,745-0,785 8: 0,845-0,885	1,1km 4,5km IS: 285km	1dia	Cor do oceano e clorofila Correcção atmosférica Superfície do mar Temperatura	Alterações no fitoplankton Desenvolvido para fornecer dados globais dos oceanos, segundo uma base regular	CBD, UNFCCC, KP, MAB...

Plataforma	Sensor	Resolução espectral (cm µm)	Resolução espacial	Resolução Temporal	Objectos / ocupação detectada		Exemplo de aplicação (Tratado)
					Espacial	Temporal	
TERRA	ASTER	14 bandas (0,52-11,65)	15m (VNIR), 30m (SWIR) 90m (TIR) IS: 60 km	4-16 dias	Grandes eixos viários e edifícios Parcelas agrícolas Espaços florestais Avanço de linha de costa Topografia acidentada Cobertura de gelo	Alterações nas infra-estruturas Desenvolvimento urbano (Des)florestação Colheita/abandono agrícola Movimentos de massa e deslizamentos, áreas inundadas	CBD, Ramsar, WHC, UNCCD, UNFCCC, KP, MAB, Directiva Habitats, ITTA, UN-REDD, ATO...
	MODIS	36 bandas (0,405-14,38)	250m (banda 1-2), 500m (banda 3-7), 1000m (8-36) IS: 2330x10	1-2 dias	Medir actividade fotossintética das plantas marinhas e terrestres; medir a temperatura de superfície; (des)florestação; estrutura do coberto vegetal; agricultura a larga escala; água; partículas atmosféricas; cobertura de neve; temperatura do oceano; factores extremos	Ideal para alterações na biosfera a larga escala; fogos florestais; culturas agrícolas(ciclos); plâncton; sedimentos; cobertura de neve e gelo; condições extremas	CBD, Ramsar, WHC, UNCCD, UNFCCC, KP, MAB, Directiva Habitats, ITTA, UN-REDD, ATO...
	MISR	4 bandas (0,44-0,86)	275m IS: 360km	9 dias	Quantidade de luz solar; partículas atmosféricas; nuvens (tipo e cobertura); tipo de vegetação	Qualidade do ar (regional); clima regional; estrutura florestal	CBD, Ramsar, CPM, UNCCD, UNFCCC, KP, MAB, Directiva Habitats, ITTA, UN-REDD, ATO...
	CERES	Onda curta (0,3-5) Onda comprida (8-12) Total: 0,3->200	20 km	Diário (cobertura global a cada hora)	Medição do fluxo de radiação/nuvens para a criação de modelos de energéticos (atmosféricos e oceânicos); Medição da radiação da terra; medição da precipitação	Contribui para uma previsão alargada do tempo	Ramsar, UNFCCC, KP, MAB...

Plataforma	Sensor	Resolução espectral (em μm)	Resolução espacial	Resolução Temporal	Objectos / ocupação detectada		Exemplo de aplicação (Tratado)
					Espacial	Temporal	
TERRA	MOPI 'TT	2,3 (CH ₄); 2,4 e 4,7 (CO)	22km (horizontal); 3km (vertical) IS: 640 km	3-4 dias	Medição da poluição na troposfera; Usado para determinar a quantidade de monóxido de carbono e metano na atmosfera	Alterações de partículas e gases na atmosfera	UNFCCC, KP, MAB...
AQUA	MODIS	(igual ao TERRA/MODIS)					
	CERES	(igual ao TERRA/CERES)					
	AMSR /E	12 canais e 6 frequências (6,925; 10,65; 18,7; 23,8; 36,5; 89 GHz)	56km (6,925 GHz) 5,4km (89 GHz) IS: 1445 km	diário	Propriedades das nuvens; fluxo de energia radiativo; precipitação; humidade na superfície terrestre; gelo e neve; temperatura e vento da superfície do mar	Contribui para a previsão do estado do tempo e modelos climáticos	UNFCCC, KP, Ramsar, MAB...
	AIRS	2300 canais espectrais (0,4-1 e 3,4-15,4)	13,5 km (IR) e 2,3km (VIS/NIR) IS: 1650 km	diário	Medição da humidade e temperatura atmosférica; temperatura de superfície (mar e terra); propriedades das nuvens; fluxo de energia radiativo		
	AMSU	15 canais discretos (50-89 GHz)	40km IS: 1650 km	diário	Medição da temperatura e humidade atmosférica		
	HSB	4 canais: 1 (150 GHz); 3 (183 GHz)	13,5km IS: 1650 km	diário	Objectivo de obter perfis de humidade na atmosfera		

Plataforma	Sensor	Resolução espectral (em µm)	Resolução espacial	Resolução Temporal	Objectos / ocupação detectada		Exemplo de aplicação (Tratado)
					Espacial	Temporal	
ENVISAT	MERIS	15 bandas espectrais programáveis (0,390 to 1,04)	1200 m IS: 1150 km	3 dias	Cor do oceano e das zonas costeiras; Clorofila e sedimentos em suspensão	Ciclo do carbono e a produtividade destas regiões; caracterização das propriedades atmosféricas; evolução do ambiente terrestre; parcela da radiação solar usada efectivamente pelas plantas no processo da fotossíntese	CBD, Ramsar, WHC, UNCCD, UNFCCC, KP, MAB, Directiva Habitats, ITTA, UN-REDD, ATO...
	AATSR	VIS - NIR: 0,555; 0,659; 0,865; SWIR: 1,6; MWIR: 3,7; TIR: 10,85- 12	1km IS: 500km	3 dias	Oceano e Costa (Temperatura da superfície); Atmosfera (gases); Nuvens; Terra (vegetação)	Medir a temperatura de superfície do mar; Gases na atmosfera	
	ASAR	Microondas – banda C Com a escolha de 5 modos de polarização	<u>Image Mode:</u> 30m IS: (Diferentes): IS1-105km / IS2-105km / IS3-82km/ IS4-88km / IS5-64km / IS6-70km/IS7 – 56km <u>Wide Swath Mode:</u> 150m IS: 400m	35 dias	Investigação, monitorização e vigilância terra, mar, gelo e neve (correntes e topografia)	Topografia; camadas de gelo e neve; oceanos e costa; cartografia; deformação superfície; previsão da produção de culturas; vegetação; planeamento urbano; erosão costeira	

Quadro 2 – Principais satélites artificiais e sensores para a observação do planeta Terra⁹⁵

⁹⁵ sedac.ciesin.columbia.edu (http://sedac.ciesin.columbia.edu/tg/guide_print.jsp?rd=rs&ds=6, último acesso em Abril de 2009) / Jensen, 2005 / ESA / NASA

2.3. Métodos e técnicas de classificação de imagens de satélite

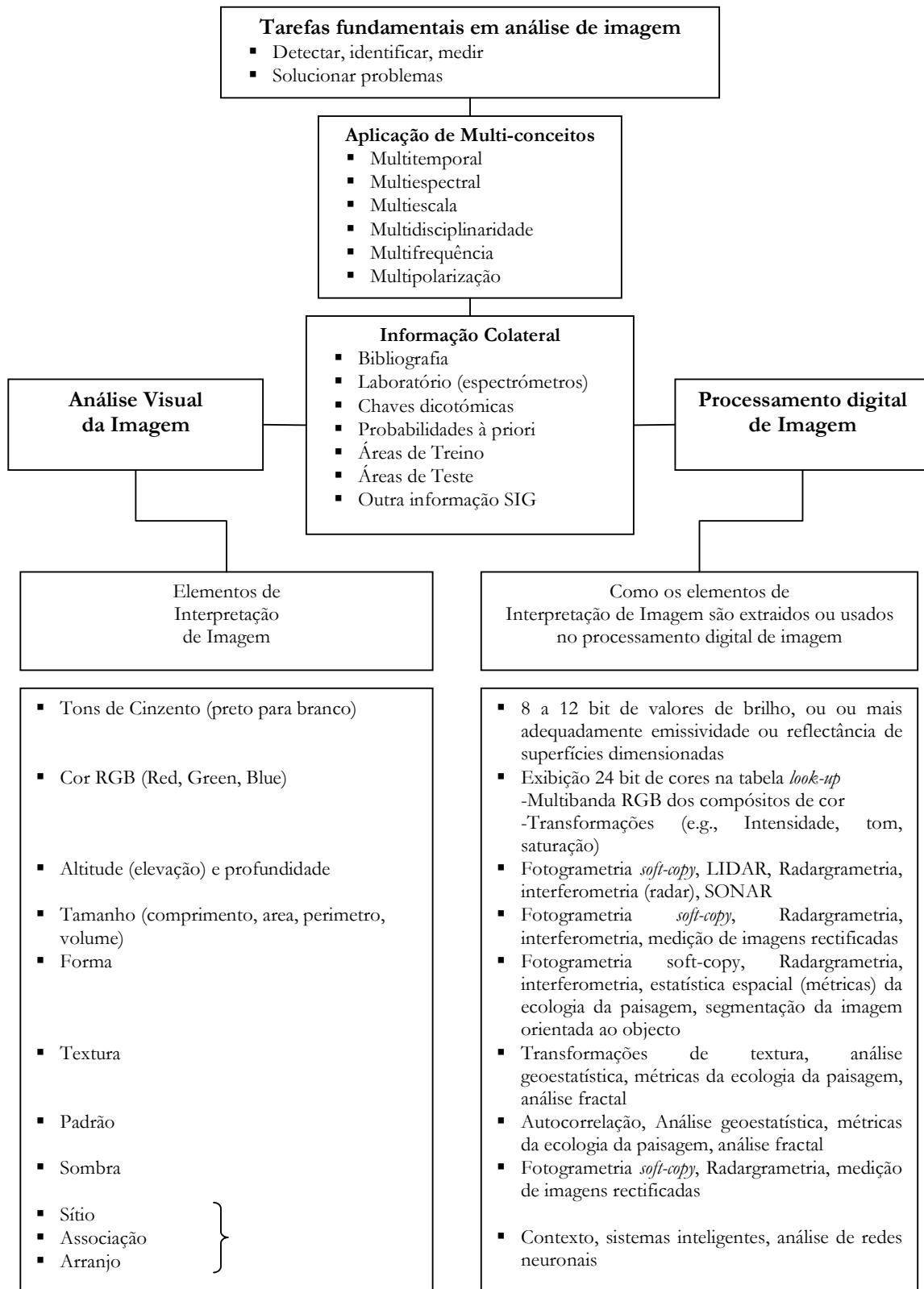
A informação da superfície terrestre é crucial para o conhecimento, planeamento e suporte à decisão. A sua representação poderá basear-se na classificação de imagens e tem sido realizada de acordo com a análise visual ou semi-automática a diversas escalas espaciais e temporais. A classificação de imagens de satélite é amplamente utilizada para a identificação do uso/ocupação do solo, podendo ser utilizadas como base para diferentes aplicações. Na realidade, acredita-se que as alterações do uso/ocupação do solo tenha, ao nível global, um impacto talvez maior que as alterações climáticas (Skole, 1994 e Foody, 2001).

A análise dos dados adquiridos remotamente é realizada utilizando uma variedade de técnicas de processamento de imagem (quadro 3)⁹⁶. A análise analógica (visual) e digital de imagens, procura detectar e identificar fenómenos, objectos, ou áreas, que são geralmente medidos e utilizados para a resolução de problemas (Lillesand E Kiefer, 1994; Estes *et al.*, 1983; Haack *et al.*, 1997 *in* Jensen, 2005).

Tanto a análise digital como a analógica têm os mesmos objectivos gerais, ainda com processos distintos (Jensen, 2005). No processamento analógico (visual), o Homem, utiliza elementos fundamentais da interpretação da imagem, incluindo: tom, cor, elevação, tamanho, forma, sombra, textura, local, associação e arranjo⁹⁷. No processamento digital de imagem têm sido realizados avanços significativos para a formulação de hipóteses (Estes *et al.*, 1980; Estes e Jensen, 1998; Townshend and Justice, 2002; Kraak, 2003 *in* Jensen, 2005). A maioria dos tipos de processamento digital de imagem inclui pré-processamento de imagem (correção radiométrica e geométrica), melhoramento da imagem, reconhecimento de padrões, processamento de fotogrametria a partir de pares estereoscópicos, inteligência artificial, sistemas inteligentes e redes neuronais, análise hiperespectral e detecção de alterações.

⁹⁶ Jensen, 2005

⁹⁷ A mente humana é extraordinariamente boa no reconhecimento e associação destes elementos complexos numa imagem ou fotografia (jensen, 2005)



Quadro 3 – Diagrama conceptual, que identifica os processamentos de dados de detecção remota, analógico (visual) e digital, baseando-se na análise e interpretação dos elementos da imagem (adaptado de Jensen, 2005)

O processo de classificação procura criar classes ou categorias, agrupando dados da superfície terrestre detectados remotamente, de acordo com a sua similitude espectral ou de padrões. Os classificadores podem ser agrupados em grandes grupos de algoritmos que permitem a classificação de imagens de satélite de forma: Assistida, Não Assistida ou Semi-automática (ao nível do *pixel*), Classificação Orientada a Objecto e Redes Neurais Artificiais (RNA).

2.3.1. Classificadores Assistidos, pixel a pixel

Na classificação supervisionada, o utilizador especifica informação/descriptores sobre as classes em que se pretende categorizar os dados. Realiza amostras (conhecidas como áreas de treino) da realidade, assumindo classes modelo representativas da imagem. Para a realização desta classificação, o utilizador necessita de desempenhar variadas tarefas e dispor de um conjunto de valências, tais como: conhecer as características do sensor, da imagem e da área captada; deverá ainda reconhecer elementos básicos com base na textura, cor, forma, padrões, resposta espectral, localização, associação, altura, sombras de objectos, entre outros. Quatro dos algoritmos de classificação supervisionada são: o método da distância mínima à média mais próxima (Minimum-Distance-to-Means) que atribui a cada pixel a classe cuja média é a mais próxima deste; o método paralelepípedo (Parallelopiped Classifier) que considera uma área na forma de quadrado ou paralelepípedo ao redor da amostra de treino, os lados constituem os chamados limites de decisão (o *pixel* é classificado se pertencer à gama/região de decisão, ou não é classificado se não intersectar qualquer região); o método da máxima verosimilhança (Maximum Likelihood - mais utilizado e com melhores resultados) que utiliza a média e co-variância das amostras calculando a probabilidade de um *pixel* desconhecido pertencer a uma ou outra classe (Lillesand and Keiffer: 1994 e Smith: 1997); e o Classification and Regression Tree (CART) que pode ser descrito como o conjunto de técnicas não parametrizada, que pode seleccionar de entre um grande número de variáveis, quais as interações mais relevantes na determinação do resultado (Yohannes, 1999). Utiliza informação histórica para construir *decision trees* (Permite classificar nova informação, sendo necessário um determinado número de classes à priori)⁹⁸.

⁹⁸ Timofeev, 2004

2.3.2. Classificadores Não Assistidos, pixel a pixel

Devido à crescente disponibilidade de grandes massas de dados armazenados em computadores, a necessidade de métodos que possam analisá-los de forma semi-automática, ou não supervisionada, torna-se cada vez maior. Aplicações podem ter diferentes objectivos, como por exemplo, a determinação de objectos que sejam semelhantes ou o enfoque em uma determinada classe de objectos. A generalização de *hardware* com baixos custos, e *software*⁹⁹, têm possibilitado o aumento explosivo de aplicações nas mais variadas áreas. A maioria dos trabalhos publicados na área de Classificação Automática poderia ser categorizado em duas grandes classes de métodos, os algoritmos hierárquicos e os não hierárquicos¹⁰⁰. Na classificação não supervisionada, os dados da imagem são agregados em função apenas da sua similaridade espectral; é necessário determinar o nº de *clusters* espectrais (dados pelo utilizador ou assumidos automaticamente). Três dos algoritmos mais conhecidos de classificação não supervisionada são: (1) K-Means, que compara cada valor por meio da distância e gera diferentes classes além de classificar as ocorrências. Geralmente, para calcular a que distância uma ocorrência está da outra, é utilizada a distância euclidiana. A forma de calcular esta distância depende da quantidade de atributos. Após o cálculo das distâncias o algoritmo calcula centróides para cada uma das classes. Conforme as interações do algoritmo, o valor de cada centróide é refinado pela média dos valores de cada atributo de cada ocorrência. Com isso, o algoritmo gera K centróides e coloca as ocorrências de acordo com sua distância. O objectivo do algoritmo é minimizar a variância dos atributos dos pontos que estão dentro de um determinado segmento. Matematicamente podemos dizer que o K-Means minimiza a função erro quadrático. Funciona de acordo com os seguintes passos (ver figura 9): Escolhe k pontos como centróides; Associa cada ponto ao centróide mais próximo; Actualiza o centróide; Repete os passos até que nenhum ponto mude de centróide ou um número máximo de interações seja executado. (2) Fuzzy C Means, muito semelhante ao K-Means, mas que incorpora a lógica fuzzy. (3) ISODATA, é um algoritmo que deriva do K-Means, mas

⁹⁹ Muitos dos quais pacotes de métodos de análise multivariada, incluindo várias rotinas de análise de dados e classificação

¹⁰⁰ Os algoritmos hierárquicos não exigem o conhecimento antecipado do número de *clusters* a formar. Considerando um algoritmo aglomerativo, a divisão em *clusters* é efectuada através da formação de pares de observações que possuem uma maior semelhança entre si, mas que ainda não pertencem ao mesmo *cluster*, de modo a que estas passem a formar um novo *cluster*. Posteriormente unem-se os pares mais próximos obtendo menos grupos e com maior dimensão. Este processo é repetido iterativamente até que todas as observações estejam reunidas num só *cluster*. (bastante populares nas áreas biológicas, sociais e psicologia, devido à necessidade de se construir taxionomias)

Os algoritmos não hierárquicos baseiam-se na obtenção de um número predefinido de *clusters*, *k*, que conterão todos os casos observados. Ou seja, em vez de se combinarem grupos semelhantes entre si de forma hierárquica, procura-se encontrar os *k clusters* que melhor solucionam o problema juntando unidades ao grupo mais próximo (com frequência maior em engenharia onde soluções com uma única partição são importantes) Fernandes, 2003.

que pode ajustar o número de *clusters* conforme as operações de *Merge*, *Split*, e *Delete* nos *clusters* formados. A quantidade de parâmetros a ser tratada é maior que no K-Means. É uma técnica interactiva de análise de dados auto-organizável¹⁰¹.

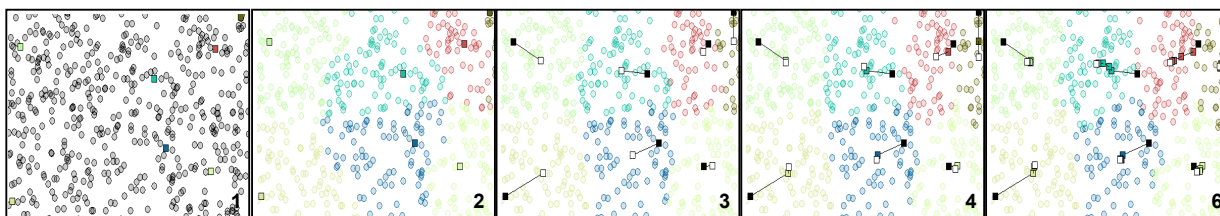


Figura 9 – exemplo de classificação através do K-Means (exemplo de 7 clusters e 500 elementos)¹⁰²

2.3.3. Redes Neurais Artificiais (RNA)

São sistemas estruturados numa aproximação à computação baseada em ligações de nós simples que são interligados para formar uma rede de nós. A inspiração original para essa técnica advém do exame das estruturas do cérebro, em particular do exame de neurónios. No campo da Inteligência Artificial (IA) e da informática, as RNA são sistemas não lineares que imitam o mecanismo de processamento do cérebro humano. O objectivo da IA é o desenvolvimento de paradigmas e algoritmos para realizar tarefas cognitivas, as quais são actualmente realizadas através dos seres humanos (Estanqueiro, 2007).

O processo de aprendizagem de uma rede neuronal artificial pode também ser

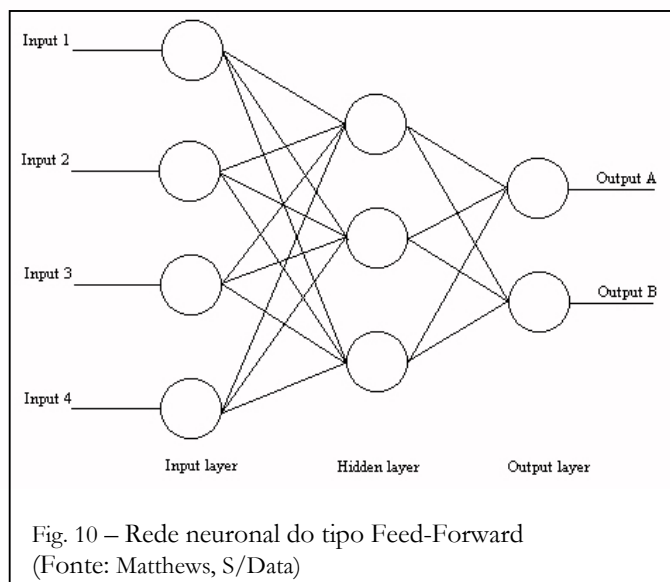


Fig. 10 – Rede neuronal do tipo Feed-Forward
(Fonte: Matthews, S/Data)

realizado de forma assistida (supervisionada). Neste tipo de aprendizagem são conhecidas a priori as respostas correctas correspondentes a um certo conjunto de dados de entrada. A aprendizagem não supervisionada é aplicada essencialmente em sistemas de memória associativos e de reconhecimento de

¹⁰¹ Andrew W. Moore's *in* <http://www.cs.cmu.edu> (último acesso em Abril de 2009)

¹⁰² <http://www.dei.polimi.it> (último acesso em Abril de 2009)

padrões. Nestas redes a aprendizagem é realizada sem se conhecer antecipadamente as respostas consideradas correctas (Moreira, 1997). Exemplos disso são os algoritmos: (1) Backpropagation – É o método mais utilizado para o treino de redes neuronais e enquadra-se na aprendizagem supervisionada. Normalmente é aplicado a redes com múltiplas camadas do tipo feed-forward. A ideia básica do Backpropagation é actualizar os pesos da última camada de acordo com a regra delta e para as outras camadas ir propagando o erro para trás (da saída para a entrada). O erro é propagado para trás na rede alterando os pesos de acordo com a influência destes na saída¹⁰³. (2) Learning Vector Quantization (LVQ) – É um algoritmo de classificação supervisionada, precursor do Self-Organizing Map¹⁰⁴ (SOM) para o reconhecimento de padrões, onde são seleccionados um número fixo de vectores referenciais para cada classe, denominados protótipos e que são actualizados durante as diversas fases do algoritmo. O objectivo é de determinar um número de protótipos que melhor representam cada classe¹⁰⁵. (3) Kohonen ou Self-Organizing Map ou SOM pode ser caracterizado como uma rede neuronal não supervisionada, encarada como uma projecção não linear de dados multidimensionais, estando por esta razão completamente livre para se ajustar aos dados de input. De forma a processar os dados há que começar por ajustar os parâmetros, como o raio de vizinhança topológica, o número de neurónios, e a taxa de aprendizagem. As possibilidades de análise que os outputs fornecidos permitem, entre as quais as matrizes U, constituem ferramentas de inestimável valor na compreensão da estrutura interna dos dados (Vesanto, 1999 *in* Loureiro, 2004).

2.3.4. Classificação de imagens de satélite orientada ao objecto

A abordagem orientada por objectos assemelha-se à percepção humana, na forma como a visão extrai informação (BLASCHKE *et al.*, 2000 *in* Estevan, 2006). A percepção de áreas homogéneas, ou objectos, são posteriormente caracterizadas por uma rede complexa de experiência e conhecimento (Estevan, 2006). Deste modo, a principal característica é o facto de extrair da imagem a dimensão do

¹⁰³ Brito, S/ Data (comunicação apresentada sobre redes neuronais artificiais. URL:

http://paginas.fe.up.pt/~col/IIA/trabalhos/97_98/RNPREV/1.html, último acesso em Abril de 2009)

¹⁰⁴ Segundo Bação, Lobo e Painho (2005) o termo Self-Organizing Map poderá igualmente designar-se como Kohonen's Self Organizing Map (SOM), ou «...“Kohonen Neural Networks” (Fu 1994), “Self Organizing Feature Maps-SOFM”, “Topology preserving feature maps” (Kohonen 1995) ...» (Bação, Lobo e Painho *in* Estanqueiro, 2007)

¹⁰⁵ <http://www.willamette.edu/~gorr/classes/cs449/Unsupervised/competitive.html> (último acesso em Abril de 2009)

objecto e da semântica. Nesta lógica, o elemento construtor do significado da imagem é o objecto, entendido como unidade mínima de análise, sendo o *pixel* apenas utilizado para a construção desse mesmo objecto (Encarnação: 2004).

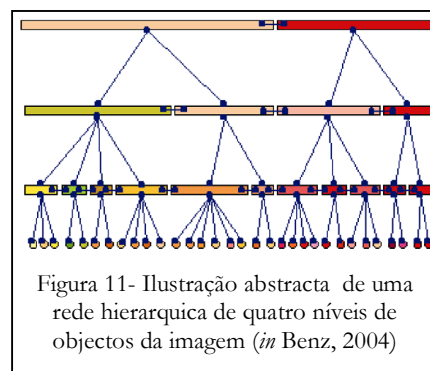
A análise orientada por objectos é executada em duas etapas: a segmentação e a classificação. O primeiro passo em análise de imagem é, geralmente, a segmentação. Esta subdivide uma imagem em regiões ou objectos (GONZALEZ e WOODS, 1992 *in* Estevan, 2006). Consiste na partição em zonas homogéneas e uniformes em função de um determinado atributo dos elementos da imagem (Fonseca, 2004). Os métodos de segmentação por regiões utilizam propriedades espaciais da imagem para a partição da imagem¹⁰⁶. Os métodos de segmentação por detecção de fronteiras baseiam-se em algoritmos de detecção de fronteiras radiométricas, que testam a diferença entre elementos de imagem consecutivos, numa determinada direcção e substituem o elemento de imagem por um Nível Radiométrico (NR), baixo, intermédio ou alto, se a diferença for negativa, nula ou positiva (Fonseca, 2004).

Na segmentação inicial da imagem, são criados os aglomerados de elementos de imagem (objectos), em função de um critério de homogeneidade e posterior vectorização desses objectos¹⁰⁷. Uma função de pertença de objectos a uma classe é uma função construída sobre uma banda original ou sintética e que permite associar a cada objecto um determinado grau de pertença à classe (Fonseca, 2004).

Segundo Benz (2004), os objectos da imagem podem ser ligados a uma rede hierárquica, onde são atribuídas características espaciais, como os dados estatísticos do objecto e a textura, a forma e as características topológicas dos objectos.

O aumento da resolução espacial das imagens de satélite tem vindo a tornar esta técnica cada vez mais precisa, pelo que

cada vez mais poderá contribuir para uma maior precisão na classificação automática ou semi-automática das imagens de satélite (Rekha, 2005).



¹⁰⁶ e.g. – Método de Divisão e Fusão, que se baseia numa representação da imagem em árvores de quadrados. Se não houver homogeneidade, os quadrados continuam a ser dividido e assim sucessivamente. Outro método é o de segmentação em objectos homogéneos, em que os elementos de imagem são aglutinados em função de um critério de homogeneidade espectral, ou de homogeneidade de forma dos objectos a gerar (Fonseca, 2004).

¹⁰⁷ Na fase de segmentação é associado a cada objecto um Nível de Intensidade que é a média dos Níveis radiométricos dos elementos de imagem que lhe deram origem (Fonseca, 2004).

3. Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

São muitas as definições do conceito de SIG: exemplo disso é a estabelecida, em 1990, pela NCGIA¹⁰⁸, como “um sistema de hardware, software e de procedimentos para facilitar a gestão, manipulação, análise, modelação, representação e visualização de dados geo-referenciados para a resolução de problemas complexos em matéria de planeamento e gestão dos recursos”. Para Reis Machado (2000) os SIG são “concebidos e desenvolvidos para proporcionar aos utilizadores a integração de informação geo-referenciada de natureza multidisciplinar e multi-regional num único sistema informático, permitindo a criação de uma nova informação, em resposta às necessidades específicas de cada utilizador. A nova informação cria mais-valias, sendo gerada através de operações de inquirição espacial (*queries*), de cruzamento de dados e de outras análises espaciais”. Goodchild (2001) refere que os SIG “(...) aplicam a tecnologia informática a tarefas de captura, armazenamento, manipulação, análise, modelação e visualização de informações sobre a superfície terrestre e a distribuição de fenómenos. Emergiram como uma forma distinta de utilização do computador, com a sua própria indústria do software e variedade de produtos (...)”; Longley *et al.* (2001) considera ainda “Uma ferramenta para realizar operações (...)”. A INHS¹⁰⁹ interpreta os SIG como: “Um conjunto integrado de hardware, software, dados geográficos e pessoal técnico, designado para capturar, armazenar, actualizar, manipular, analisar e disponibilizar todos os tipos de informação geo-referenciada”.

Os SIG são particularmente úteis para a gestão do território, uma vez que permitem a análise e avaliação, em tempo útil, de grandes quantidades de dados multidisciplinares, relacionáveis entre si (através de uma referência espacial), tornando possível executar um elevado número de tarefas, que até à algum tempo atrás eram muito morosas. Deste modo, será possível detectar padrões, simular a realidade, antecipar ocorrências e determinadas evoluções (a partir de modelos), facultando aos agentes, meios para prever e acautelar soluções. Admitem a desagregação da informação por níveis, podendo ser tratados independentemente dos restantes. Este facto permite que se torne possível a observação de diferentes fenómenos e a sua área de influência de acordo com a escala apropriada (adaptado de Marques, 2001).

¹⁰⁸ National Centre of Geographic Information and Analysis *in* <http://www.sli.unimelb.edu.au/gisweb/GISModule/GISTheory.htm> (último acesso em Junho de 2009)

¹⁰⁹ Illinois Natural History Survey URL: <http://www.inhs.uiuc.edu/cwe/research/groups/gis.html> (último acesso em Junho de 2009)

Hoje, a indústria dos SIG envolve vários milhões de dólares, com elevados investimentos anuais em aquisição de dados e disseminação, desenvolvimento de software e aplicações. Têm penetrado praticamente em todas as disciplinas que se relacionam de alguma forma com a superfície da Terra ou na sua proximidade (da ciência meteorológica à oceanografia, da criminologia à história). A cada ano, são administrados dezenas de milhares de cursos no âmbito dos SIG e muitos mais utilizadores recorrem a tecnologias ou serviços baseados em dados espaciais. O crescimento dos SIG provocou uma enorme popularização dos métodos recorrentes a IG, revelando-se ambos, cada vez mais, essenciais na criação de novos tipos de dados, realização de análises, verificação de novas teorias, formulação de hipóteses e a criação de modelos (Goodchild, 2004).

Existem múltiplas vertentes e aplicações que se poderão ser descritas sobre a temática dos SIG. Muitas destas foram já amplamente discutidas e retratadas por diversos autores em inúmeros projectos, artigos ou teses, contribuindo para o conhecimento científico¹¹⁰. Sendo este um domínio lato pretende-se, no âmbito desta tese, salientar os principais tópicos que sustentam o terceiro e último capítulo.

3.1. Abordagem à qualidade de informação geográfica

Os SIG possibilitam estudos impensáveis, há apenas uma dezena de anos. Para proceder a investigação, todavia, coloca-se a necessidade de obter dados o mais rigorosamente possível (Ervideira, 2005).

Ao nível internacional, os esforços iniciais de padronização dentro cartografia e geografia foram lentos e difíceis. Diversas organizações nacionais e internacionais preocuparam-se na elaboração de normas para a transferência/intercâmbio de dados geográficos entre sistemas informáticos. Em 1995, emerge a definição de normalização dos dados geográficos pela *International Organization for Standardization Technical Committee 211 – Geographic Information* (ISO/TC211)¹¹¹ e o *Open GIS Consortium* (actual *Open*

¹¹⁰ e.g. – Actas dos diversos autores (investigação do sector público ou privado, entre outros) disponíveis nos vários encontros promovidos pela associação dos Utilizadores de Sistemas de Informação Geográfica (ESIG - dez até ao ano de 2008); Actas apresentadas nas sessões do GIS day; colóquios de geografia, entre muitos outros certames promovidos pelos diversos produtores de software SIG, de Informação Geográfica, de decisores e investigadores.

¹¹¹ Importa referir que a CEN/TC 287 (European committee for Standardization/Technical Committee) irá suportar o uso consistente de IG para a Europa em colaboração com a ISO/TC211 (<http://www2.nen.nl>) e a directiva INSPIRE do Parlamento Europeu (2007) estabelece uma infra-estrutura de informação espacial na Comunidade Europeia (<http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>, último acesso em Maio de 2009)

Geospatial Consortium - OGC¹¹², desenvolvendo uma parte proeminente da agenda internacional da IG, (com a obtenção do reconhecimento internacional e aceitação pelas comunidades geográfica e cartográfica da necessidade e do valor da padronização da IG). De uma forma geral, a OGC desenvolve especificações de interface de software, enquanto a ISO/TC 211 desenvolve a padronização de dados geográficos, cujos objectivos gerais são: i) aumentar a compreensão e uso da informação geográfica; ii) aumentar a disponibilidade, acesso, integração e a partilha de IG; iii) Promover a eficiente, eficaz e económica utilização de IGD, e sistemas de hardware e software associado; iv) Contribuir para uma abordagem unificada para enfrentar os problemas ambientais e humanitários ao nível global.¹¹³

As componentes da qualidade de dados desenvolvidos pela ISO/TC211, são os seguintes: completude, consistência, exactidão posicional, exactidão temporal e exactidão temática (Quadro 4).

Componente	Significado	Sub-elementos	Significado
Completude	Presença ou ausência de elementos, atributos e relacionamentos	Comissão	Excesso de dados num <i>dataset</i>
		Omissão	Ausência de dados num <i>dataset</i>
Consistência Lógica	Grau de correspondência às regras lógicas da estrutura de dados, atribuições e relacionamentos	Conceptual	Correspondência a regras de um esquema conceptual
		Domínio	Correspondência de valores a um valor dominante
		Formato	Grau com que o dado é armazenado de acordo com a estrutura física do <i>Dataset</i>
		Topológica	(verificação) Correções de características topológicas explicitamente codificadas num <i>dataset</i>
Exactidão Posicional	Precisão da posição dos elementos	Absoluta ou externa	Proximidade no registo de valores de coordenadas, com valores aceites como valores verdadeiros
		Relativa ou interna	Proximidade da posições relativas de elementos num <i>dataset</i> à respectiva posição relativa aceite como verdadeira
		Dado posicional da malha de coordenadas	Proximidade da posição de dados <i>grid</i> a valores aceites como verdadeiros
Exactidão Temporal	Precisão temporal dos atributos e das relações entre elementos	Exactidão de uma medição de tempo	Exactidão das referências temporais de um elemento
		Consistência temporal	Exactidão de eventos ordenados ou sequências (se registados)
		Validade temporal	Validade de dados em relação à data (tempo)
Exactidão Temática	Precisão dos atributos quantitativos e não-quantitativo, das classificações e suas relações	Correcção de Classificações	Comparação de classes assumidas aos elementos (<i>features</i>) ou atributos
		Exactidão de Atributos não quantitativos	Exactidão de atributos não quantitativos.
		Precisão de atributos quantitativos	Precisão de atributos quantitativos.

Quadro 4 – Qualidade de um elemento ou sub-elemento na norma ISO 19113¹¹⁴

¹¹² Fundado em 1994 o *Open Geospatial Consortium* passou a partir de 2004 a ser conhecido por *Open GIS Consortium*

¹¹³ ISOTC211, 2005

¹¹⁴ Jakobsson *et al*, 2007 in www.eurogeographics.org (último acesso em Maio de 2009)

Consideramos então as componentes fundamentais da qualidade dos dados:

Compleitude – Tendo em conta as regras de selecção de informação consideradas, conhecer se a informação que devia ser representada está efectivamente representada (completa). Deste modo a informação será avaliada, analisando os erros de omissão e comissão dos elementos e atributos, representados em relação às especificações exigidas para determinado *dataset*, através da elaboração de uma carta teste ou por comparação directa (adaptado de Matos, 2001 e Fonte, 2007).

Consistência Lógica – A consistência lógica compreende os erros topológicos, que consistem basicamente na não correspondência entre a estrutura topológica dos objectos e a natureza das entidades que representam. Os exemplos típicos são o de polígonos que não se chegam a formar devido ao facto de os arcos componentes não formarem um circuito. Outro exemplo é o de conectividade não existente entre arcos de uma rede (Matos, 2001). Para garantir uma boa consistência lógica há que verificar se as intersecções são intencionais ou acidentais (Ervideira, 2005)¹¹⁵.

Exactidão posicional – A exactidão posicional traduz a proximidade entre a posição em que um objecto ou elemento gráfico é representado na carta-objecto e a posição de referência na carta de teste (Matos, 2001). O erro posicional mede-se, assim, pela diferença entre as coordenadas geográficas do objecto representado na carta e as coordenadas geográficas reais do objecto. A resolução efectiva do projecto deve ter em consideração a escala a que o projecto foi elaborado e não aquela em que é apresentado ou visualizado¹¹⁶

Exactidão temporal – Indica a exactidão das propriedades temporais de um *dataset* (Matos, 2007). Uma das dificuldades da avaliação da exactidão temporal é que na maior parte dos casos não é associada a informação temporal ao Conjunto de Dados Geográficos (CDG). A actualização da informação representada é uma forma de avaliar a exactidão temporal relativamente ao tempo presente (Fonte, 2007).

¹¹⁵ <http://ervideira.com.sapo.pt> (último acesso em Maio de 2009)

¹¹⁶ A Sociedade Americana de Fotogrametria e Detecção Remota (ASPRS) considera que uma raiz do erro médio quadrático na exactidão espacial planimétrica em 95% dos casos inferior a 2.5 m é tolerável para os projectos de cartografia à escala 1:10 000 (Ervideira, 2005).

Exactidão temática – Descreve a exactidão das propriedades temáticas de um *dataset* (Matos, 2007). A Exactidão temática está relacionada com a classificação de tipos de objectos independentemente da sua exactidão posicional ser correcta¹¹⁷. Deste modo, quando dois objectos, que na realidade são da mesma classe, são identificados como pertencendo a classes diferentes, poderá cometer-se um erro que faz diminuir a exactidão temática. Também é de salientar que, muitas vezes, o erro de classificação é apenas parcial, ocorre em apenas partes do objecto e não na sua totalidade acrescentando à determinação da exactidão temática ainda maior complexidade (Ervideira, 2005).

A qualidade da IG e as regras de normalização deverão ser aplicadas pelos utilizadores ao identificam objectos geográficos dentro de suas aplicações e ao interpretar os dados geográficos. Estes princípios poderão ser, também, utilizados pelos técnicos que desenvolvem o software, projectando ferramentas para a criação e manutenção de esquemas de classificação (adaptado de GDSI, 2004)¹¹⁸.

3.2. Meta-informação

Uma série de estudos têm demonstrado que, embora o valor de dados geográficos seja amplamente reconhecido, a sua utilização eficaz é inibida pelo (des)conhecimento da existência de dados e informações sobre conjuntos de dados mal documentados e incoerentes (adaptado de GDSI, 2004).

Sendo a informação geográfica um recurso dispendioso, convém maximizar a sua utilização, a partir do momento em que é produzida e se torna disponível. Para ser utilizada, a informação tem que ser conhecida. É aqui que se inicia o papel da meta-informação geográfica (Burnhill, 1991; Cornelius, 1991; Göbel and Lutze, 1998). A meta-informação (Gilliland-Swetland, 2000; Taylor, 2003) é comumente entendida como informação acerca de informação¹¹⁹.

Os metadados são uma descrição textual da informação geográfica (de forma normalizada). São um conjunto de características que permitem ao utilizador pesquisar, conhecer e avaliar a utilidade e qualidade

¹¹⁷ Num contexto vectorial, os erros de classificação surgem não só quando ocorre um erro de classificação propriamente dito, mas também sempre que ocorrem erros posicionais (Matos, 2001)

¹¹⁸ <http://www.gsdi.org/docs2004/Cookbook/cookbookV2.0.pdf> (último acesso em Maio de 2009)

¹¹⁹ In Rocha, 2005

de IG existente, transmitindo a localização para o acesso a esses dados (Lillywhite, 1991)¹²⁰. A normalização dos metadados proporciona a correcta caracterização da IG e facilita a partilha dos dados entre organizações e computadores. Dada a natureza dinâmica da IG, num ambiente de rede, os metadados tornam-se um requisito essencial para localizar e avaliar a sua disponibilidade (GDSI, 2004). A reforçar papel da meta-informação está o interesse que este assunto tem invariavelmente em todos os encontros organizados pela GSDI¹²¹.

3.3. Infra-estrutura de Informação Geográfica (SDI)

A disponibilização de forma descontrolada ou simples de IG, não será suficiente, se o utilizador não tiver como avaliar se os dados atendem ou não às suas necessidades. Segundo Noguera (2005) a meta-informação desempenha um papel fundamental, na criação de Infra-estruturas de Dados Geográficos (SDI na língua inglesa)¹²².

O termo SDI é frequentemente utilizado para identificar o conjunto relevante de tecnologias, políticas e acordos institucionais que facilitam a disponibilização e o acesso a dados espaciais, fornecendo os instrumentos necessários à descoberta e avaliação dos dados a utilizadores e produtores de diferentes níveis da administração pública, comunidade científica, sector privado, organizações com fins não lucrativos e os cidadãos em geral (adaptado de GSDI, 2004)¹²³.

Do ponto de vista meramente técnico, esta infra-estrutura poderá ser simplesmente um catálogo, que descreve com rigor a informação existente, com o objectivo principal de maximizar o uso da informação geográfica (Masser, 2005, citado por Julião *et al.*, 2008). Pretende responder a questões como: onde está, integração com outros dados, condições de acesso e adequação aos objectivos, entre outras. Depois de encontrada a informação pertinente, o utilizador será encaminhado para o produtor da respectiva informação (que poderá estar ou não disponível na Internet, com ou sem custos de aquisição).

A criação de uma infra-estrutura global começou timidamente na Alemanha em 1996, tendo mais recentemente, um importante papel no desenvolvimento de uma consciência no que diz respeito às

¹²⁰ Adaptado de Rocha, 2005 e Silva, 2008

¹²¹ <http://www.gsdi.org> (último acesso em Maio de 2009)

¹²² Spatial Data Infrastructure

¹²³ <http://www.gsdi.org/docs2004/Cookbook/cookbookV2.0.pdf> (último acesso em Maio de 2009)

políticas de IG, fornecendo orientações e práticas sobre o estabelecimento de infra-estruturas espaciais. Essas orientações sublinham a importância de padronização global e o estabelecimento das normas ISO, como base de trabalho (actualmente, existem mais de cinquenta nações a desenvolver infra-estruturas nacionais de dados espaciais). A Global Spatial Data Infrastructure (GSDI) foi definida na quinta Conferência GSDI em Maio de 2001, como: "...acções coordenadas de países e organizações que promovam a sensibilização e implementação de políticas complementares, normas comuns e mecanismos eficazes para o desenvolvimento e disponibilidade de dados geográficos digitais e tecnologias de apoio à decisão em todas as escalas e para múltiplas finalidades"...” incentivar o crescimento das Infra-estruturas de Dados Espaciais compatíveis, capazes de suportar a colaboração em questões de importância regionais e globais”¹²⁴.

A GSDI trabalha também em estreita colaboração com as Nações Unidas, tendo em consideração o interesse assumido da ONU em IG. A ONU formou recentemente o UNGIWG, com vista a atender as necessidades de: acções de manutenção da paz, promover o desenvolvimento sustentável e erradicar a pobreza. Tanto a GSDI como a UNGIWG, têm revelado uma vontade de trabalhar de uma forma ainda mais próxima, com a norma ISO/TC211 através acordos cooperativos, que permitam o reforço das capacidades em matéria de normas, através da educação, formação e transferência de tecnologia.

Recentemente, a Comissão Europeia através da “DG Environment e Eurostat, com o apoio do Institute for Environment and Sustainability (IES) do Joint Research Center (JRC) e da Agência Europeia do Ambiente, lançou em 2001, a iniciativa INSPIRE (entrada em vigor em Maio de 2007), que pretende promover a disponibilização de informação de natureza espacial, utilizável na formulação, implementação e avaliação das políticas da União Europeia. O seu objectivo é estabelecer um enquadramento legal para a criação gradual e harmonizada de uma infra-estrutura europeia de informação geográfica¹²⁵. Esta permitirá a disponibilização junto dos utilizadores, de serviços integrados de informação de natureza espacial baseados na existência de uma rede distribuída de bases de dados, ligadas com base em standards e protocolos comuns assegurando a sua compatibilidade. Estes serviços deverão permitir a qualquer utilizador identificar e aceder a informação geográfica proveniente de diversas fontes, desde o nível local

¹²⁴ <http://www.isotc211.org/opensdoc/211n1847/211n1847.doc> (último acesso em Maio de 2009)

¹²⁵ Incidirá inicialmente nas necessidades de informação geográfica para as políticas ambientais, expandindo-se gradualmente para os outros sectores (SNIG/IGP, s/data)

até ao nível global, de um modo interoperável e para uma grande variedade de utilizações.” (SNIG/IGP, s/data e ISO/TC211, 2005)¹²⁶

4. Localização, manipulação e visualização de informação geográfica

4.1. Disponibilização de IG na Internet

A Internet rapidamente se tornou o meio preferencial para disseminação de informação. O seu acesso (praticamente) comum, associado a custos cada vez mais baixos, originou o desenvolvimento de toda uma nova abordagem aos sistemas de informação. Os dados geográficos não são excepção e desde cedo se observou a disseminação directa de mapas digitais no formato imagem, com um nível de interactividade nulo, sendo no entanto, possível a consulta de cartografia temática (Davis, 2005). Posteriormente verificou-se a necessidade de o utilizador produzir o seu próprio mapa, pelo que surgiram formulários de preenchimento (*queries*), sendo a informação transmitida a um servidor que selecciona os dados necessários e representa-os num mapa final, no entanto, este produto revela-se ainda, relativamente estático, uma vez que necessita de regeneração a cada nova solicitação (alteração das condições de pesquisa). Outra alternativa à disponibilização de dados geográficos na Internet é o recurso a mapas-chave onde o utilizador selecciona a área pretendida, a inclusão ou não de determinada informação (ex: *labels*, rios, limites administrativos, grelhas, entre outros). A utilização de dados vectoriais permitiu não só a determinação pelo utilizador dos níveis de informação, escala e área de trabalho pretendidos, como possibilitou a consulta de atributos alfanuméricos e aceder directamente para outras páginas da Internet. Esta forma de disponibilização de dados geográficos recorre a *plug-in*¹²⁷, uma vez que os *browsers* actuais não estão preparados para apresentar informações neste formato. Estes *plug-in* estão geralmente apetrechados de ferramentas que permitem realizar determinadas funções, operações e pesquisas (adaptado de Davis, 2005). Exemplos disso são os visualizadores e plataformas (WebGIS)¹²⁸

¹²⁶ Sistema Nacional de Informação Geográfica e URL: <http://snig.igeo.pt/Inspire/Noquee.asp?menu=1> ; ISO/TC211, URL: http://isotc.iso.org/livelink/livelink/fetch/2000/2122/687806/ISO_TC_211_Geographic_information_Geomatics_.pdf?nodeid=1002196&vernum=0 (último acesso em Maio de 2009)

¹²⁷ Programa instalado no computador que permite a visualização dos dados

¹²⁸ Para definir o conceito WebGIS, podemos utilizar a mesma definição para SIG, no entanto necessitamos de adicionar a componente web: Um sistema complexo com acesso à Internet, para capturar, armazenar, integrar, manipular, analisar e difundir dados, relacionados com localizações sem a necessidade de ter software SIG proprietário. (Painho *et al.*, 2001); SIG distribuído através de um ambiente informático em rede, para integrar, disseminar e comunicar visualmente a IG na Internet (Gillavry, 2000).

desenvolvidos pelos principais fornecedores de *software*. Apesar dessa forte tendência, constata-se uma grande variedade de estilos de implementação, recursos tecnológicos e arquitecturas, cada qual reflectindo um conjunto de preocupações e voltada para um nicho de aplicação mais ou menos específico. Existe ainda uma alternativa (*applet*¹²⁹), que evita a instalação no computador de um plug-in, transmitida e executada no momento do acesso e desactivada no fim do processo.

Mais recentemente, os Geo-Web Services tornaram-se numa peça fundamental na criação de uma plataforma aberta e distribuída de localização, manipulação e visualização de informação geográfica (Rocha, 2005). O serviço Web Mapping Service (WMS) oferece uma forma normalizada de requisitar mapas a diferentes fornecedores, identificando um conjunto de camadas pela designação ou outros parâmetros¹³⁰. “No essencial, a especificação WMS define a forma de criação e visualização de mapas geo-referenciados a partir de diversas fontes de dados distribuídas e heterogéneas. Os mapas são uma representação visual e bidimensional da informação em formato *raster*”¹³¹. Os mapas produzidos são representações geradas em formato de imagem, como PNG, GIF e JPEG¹³². “Este conjunto de serviços é composto principalmente por três tipos de serviços de acesso a IG: WMS, Web Feature Service (WFS) e Web Coverage Service (WCS)¹³³. “Cada um dos serviços fornece um conjunto de operações que devem ser executadas pelas aplicações clientes. Este conjunto de operações indica o modo como as aplicações clientes podem executar as operações disponibilizadas pelo servidor e o formato dos resultados que estas devolvem” (Painho *et al.*, 2002 *in* Furtado 2006).

Na especificação de implementação do OGC/WMS, estão definidas três operações¹³⁴:

- **GetCapabilities** – destina-se à disponibilização da meta-informação do serviço no formato XML (descrição do serviço, enumerando as operações disponíveis e respectivos parâmetros).
- **GetMap** - disponibiliza o mapa solicitado (uma imagem), atendo aos parâmetros definidos no pedido.

¹²⁹ “Criados em 1995, são geralmente usados para adicionar interatividade a aplicações web que não podem ser geradas pelo HTML” (*in* wikipédia.org). Requerem poucos recursos de memória para serem executados. Os applets escritos (codificados) em linguagem computacional Java são os mais populares. (*in* <http://www.profanderson.net/applets.html>, último acesso em Maio de 2009)

¹³⁰ e.g. o tamanho da imagem, o sistema de projecção, etc.

¹³¹ IGP, s/data; URL: <http://mapas.igeo.pt/igp/wms.html> (último acesso em Maio de 2009). Importa referir que o serviço Internet Map Service (IMS), também fornece serviços de pacotes de dados (no software ESRI).

¹³² ou em formatos imagem/vectoriais, como o SVG (*Scalable Vectorial Graphics*) adaptado de Vasconcelos *et al.*, s/data

¹³³ Furtado, 2006

¹³⁴ Adaptado de La Beaujardièrre, 2004; IGP, s/data e Rocha, 2005 URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/wms#overview> (último acesso em Maio de 2009)

- **GetFeatureInfo (opcional)** – devolve informação sobre entidades geográficas apresentadas pelo mapa

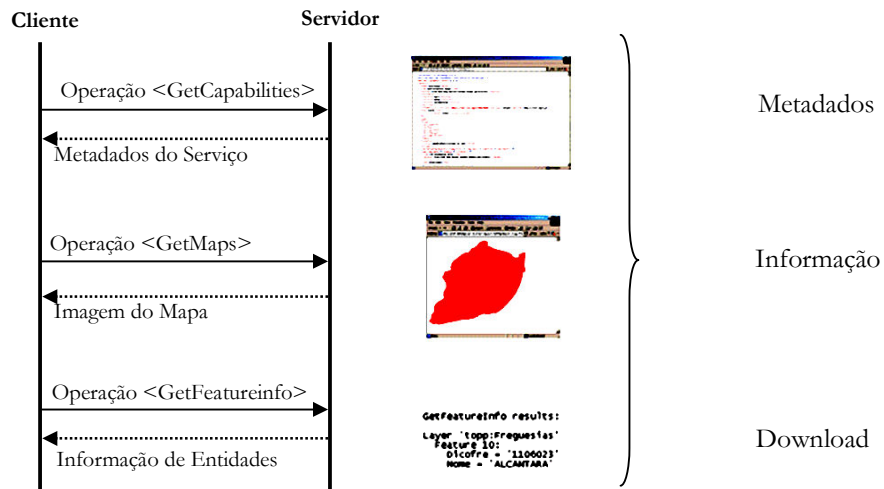


Figura 12 – Operações WMS (adaptado)¹³⁵

O Open GIS Consortium, Inc. (OGC) é uma organização internacional, sem fins lucrativos e voluntária, que lidera o desenvolvimento de normas para serviços geo-espaciais e de localização. Congrega actualmente (2009) mais de 380 empresas, agências governamentais e universidades trabalhando em conjunto para desenvolver especificações de interoperabilidade entre sistemas que geram IG. Tem como principal intuito a realização dos benefícios socio-económicos e científicos da integração da IGD em processos globais, servindo como um fórum para a colaboração de utilizadores e produtores de produtos e serviços de dados espaciais. Por outro lado pretende avançar no desenvolvimento de normas internacionais para a interoperabilidade geoespacial¹³⁶.

¹³⁵ <http://mapas.igeo.pt/igp/wms.html> (último acesso em Maio de 2009)

¹³⁶ Adaptado de OGC, s/data; URL: <http://www.opengeospatial.org/ogc> (último acesso em Maio de 2009)

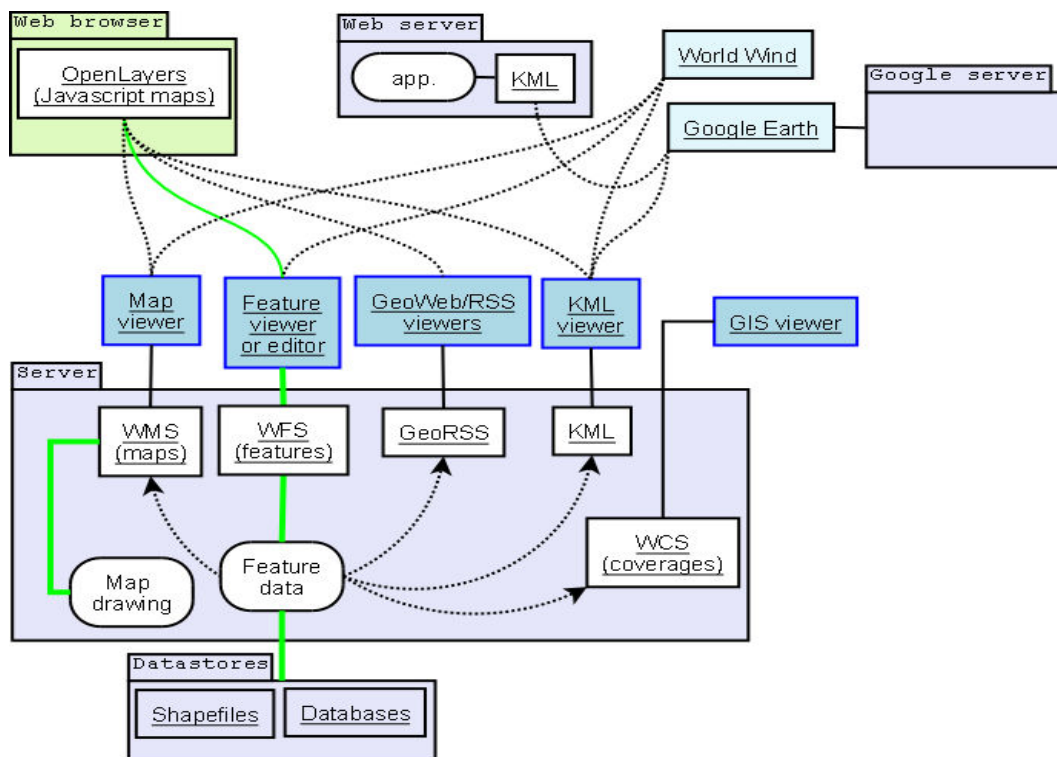


Figura 13 – Relação entre clientes/servidores e alguns protocolos com a OGC¹³⁷

O OGC estabelece uma relação estreita com a norma ISO/TC 211¹³⁸. No entanto, tem ainda correspondência com outras normas e entidades internacionais¹³⁹.

4.2. Disponibilização de IG em “Globos Virtuais”

São vários os momentos na história que indiciam o desejo do Homem desenvolver uma ferramenta com informação global e multidisciplinar sobre o planeta Terra. Exemplos disso são descritos em 2006 por Grossener (Figura 14) como: O globo de Mercator (1541), a International Map of the World (1913-1986), o Fuller Geoscope, a Digital Chart of the World (DCW, VMAP - 1990), a *Federal Geographic Data Committee* (FGDC - 1990), o Open GIS Consortium (OGC - 1994), a The International Steering Committee for Global Mapping (ISCGM/GMW - 1996), a Interagency Digital Earth Workgroup (IDEW - 1998), a International Society for Digital Earth (ISDE - 1998), entre outros.

¹³⁷ http://en.wikipedia.org/wiki/Open_Geospatial_Consortium (último acesso em Maio de 2009)

¹³⁸ Os padrões OGC Web Map Service, GML Simple Features e Access são normas ISO

¹³⁹ e.g. - CEN/TC 287, W3C, OASIS, WfMC e IETF (URL: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=29191&format=pdf, último acesso em Maio de 2009 e ISO/TC 211, 2005)

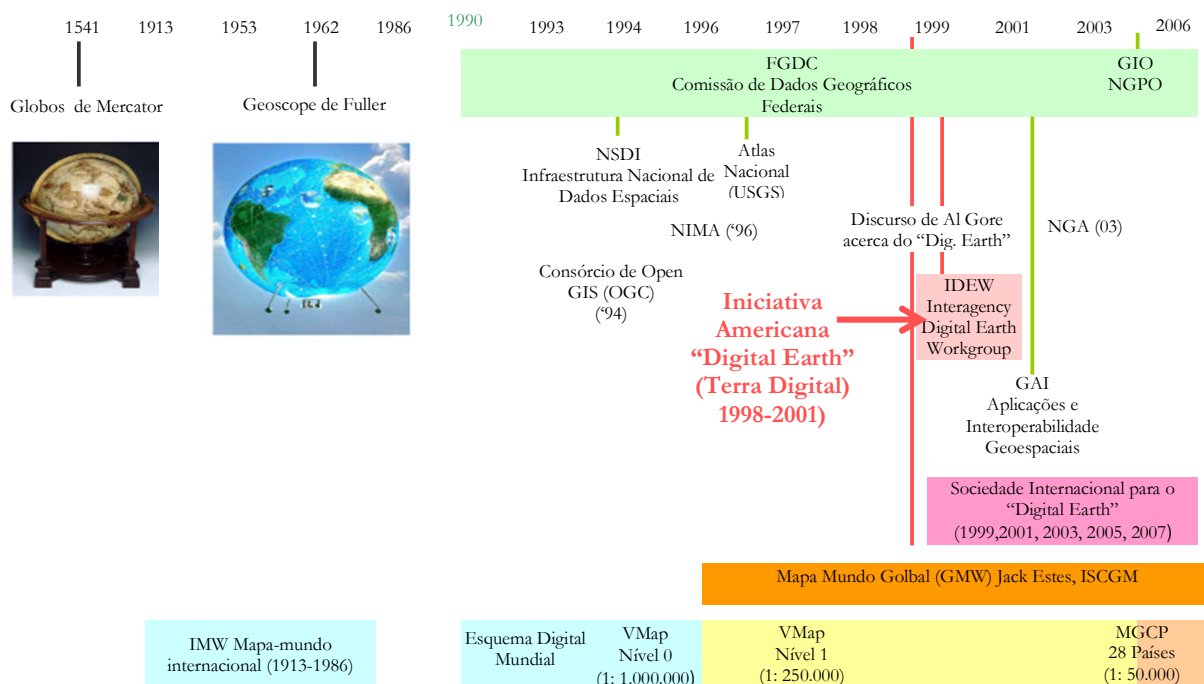


Figura 14 – Diagrama temporal da cartografia global, apresentado por Grossener (Adaptado)¹⁴⁰

4.2.1. Geoscope

Em 1962, R. Buckminster Fuller publicou os seus planos para a criação de uma “miniatura da Terra, a mais exacta representação global do nosso planeta alguma vez realizada, com aproximadamente 61 metros de diâmetro.” O Geoscope seria uma das primeiras ferramentas para a representação do planeta, num enorme ambiente 3-D educativo, utilizando uma variedade de computadores e bases de dados para a visualização em tempo real e os dados históricos sobre (quase) qualquer situação mundial¹⁴¹. A realização deste projecto pretendia recorrer à produção de uma imagem de superfície contínua, igual em detalhe à resolução a uma impressão de imagem *half-tone*¹⁴² ou de uma excelente imagem omnidireccional

¹⁴⁰ <http://www.geog.ucsb.edu/~kclarke/G176B/DigitalEarth.ppt#256> - The Rise and Fall (and rise again?) of Digital Earth (último acesso em Junho de 2009); GIO: Geo Integration Office, MGCP: Multinational Geospatial Co-production Program, NGA: National Geospatial Intelligence Agency, NGPO: National Geospatial Program Office, NIMA: National Imagery and Mapping Agency

¹⁴¹ <http://www.earthscope.com/geoscope.html> (último acesso em Junho de 2009)

¹⁴² Padrão de pontos usando um pouco de tinta para cada cor, variando somente o tamanho e/ou densidade de pontos de tinta ou toner (método de impressão de imagens)

(Fuller, 1962)¹⁴³. No entanto, o Geoscope nunca seria totalmente concretizado durante o seu período de vida.

4.2.2. Digital Earth

A 31 de Janeiro de 1998, num discurso proferido, pelo então vice-presidente dos estados Unidos: Al Gore, intitulado de “The Digital Earth¹⁴⁴: Understanding our planet *in* the 21st Century”¹⁴⁵, foi salientado que “Uma nova onda de inovação tecnológica é o que nos permite capturar, armazenar, processar e exibir uma quantidade de informação sem precedentes sobre o nosso planeta e uma ampla variedade de fenómenos ambientais e culturais. Grande parte dessa informação será «geo-referenciada», isto é, irá referir-se a algum lugar específico na superfície da Terra. A parte mais difícil de tirar proveito desta avalanche de informação geoespacial será fazer com que esta faça sentido (transformando dados brutos em informações compreensíveis). Hoje, muitas vezes descobrimos que temos mais informação do que o que sabemos fazer com esta. O programa Landsat, concebido para nos ajudar a compreender o ambiente global, é um bom exemplo...”¹⁴⁶. Nesse mesmo discurso Al Gore dá o exemplo de uma criança que recorre a uma ferramenta que lhe possibilita visualizar o planeta a diferentes escalas espaciais e temporais, inter-operando com múltiplas informações e dados provenientes de diversos contributos¹⁴⁷.

Desta forma, o conceito Digital Earth foi popularizado, como uma representação virtual do planeta Terra a 3 dimensões. Esta visão seria precursora da reprodução de IG, interligada com arquivos digitais de todo o planeta com vastas quantidades de informação científica, natural e cultural para descrever e

¹⁴³ <http://www.bfi.org/node/564> (último acesso em Junho de 2009)

¹⁴⁴ Digital Earth referido por Al Gore em 1992 na *Earth in the balance: Ecology and the human spirit*

¹⁴⁵ Apresentado no *California Science Center* em Los Angeles, Califórnia (EUA)

¹⁴⁶ *In* The fifth international symposium on Digital Earth, 2007; URL: http://www.isde5.org/al_gore_speech.htm (último acesso em Junho de 2009)

¹⁴⁷ “Imagine, for example, a young child going to a Digital Earth exhibit at a local museum. After donning a head-mounted display, she sees Earth as it appears from space. Using a data glove, she zooms in, using higher and higher levels of resolution, to see continents, then regions, countries, cities, and finally individual houses, trees, and other natural and man-made objects. Having found an area of the planet she is interested in exploring, she takes the equivalent of a “magic carpet ride” through a 3-D visualization of the terrain. Of course, terrain is only one of the many kinds of data with which she can interact. Using the systems’ voice recognition capabilities, she is able to request information on land cover, distribution of plant and animal species, real-time weather, roads, political boundaries, and population. She can also visualize the environmental information that she and other students all over the world have collected as part of the GLOBE project. This information can be seamlessly fused with the digital map or terrain data. She can get more information on many of the objects she sees by using her data glove to click on a hyperlink. To prepare for her family’s vacation to Yellowstone National Park, for example, she plans the perfect hike to the geysers, bison, and bighorn sheep that she has just read about. In fact, she can follow the trail visually from start to finish before she ever leaves the museum in her hometown. She is not limited to moving through space, but can also travel through time. After taking a virtual field-trip to Paris to visit the Louvre, she moves backward in time to learn about French history, perusing digitized maps overlaid on the surface of the Digital Earth, newsreel footage, oral history, newspapers and other primary sources. She sends some of this information to her personal e-mail address to study later. The time-line, which stretches off in the distance, can be set for days, years, centuries, or even geological epochs, for those occasions when she wants to learn more about dinosaurs.” *In* http://www.isde5.org/al_gore_speech.htm (último acesso em Junho de 2009)

compreender o globo, os seus sistemas e actividades (humanas). As tecnologias necessárias para o desenvolvimento deste tipo de ferramentas foram citadas no mesmo discurso como: ciência informática (computadores); informação digital; imagens de satélite; redes de banda larga; interoperabilidade e meta-informação. As possíveis aplicações do uso de IG seria limitado à nossa imaginação, sendo no entanto referido que serviria para a condução de uma diplomacia virtual, combater o crime, preservar a biodiversidade, prever as alterações climáticas e aumentar a produtividade agrícola¹⁴⁸.

A filosofia do Digital Earth compreendia que, qualquer cidadão do planeta poderia estar ligado, através da Internet, devendo ser capaz de aceder livremente a um mundo virtual de informação e de conhecimento. A convergência dos avanços tecnológicos e o reconhecimento da necessidade primordial para o ser humano para entender melhor a Terra e seus sistemas favoreceu o desenvolvimento de ferramentas para a compreender esta dinâmica. Em 1999, no 2º “Interagency Workshop” foi adoptada uma definição consensual para o conceito Digital Earth “será uma representação virtual do nosso planeta permitindo a uma pessoa explorar e interagir com uma vasta quantidade de informação natural e cultural sobre a Terra” (Grossener, 2006).

De 1998 a 2001, a NASA liderou a iniciativa Digital Earth em cooperação com outras agências governamentais¹⁴⁹, da indústria e universidades. O principal objectivo seria o de “Acelerar as áreas chave da tecnologia e de políticas, bem como infra-estruturas associadas que dificultavam a plena realização da visão da Digital Earth”. Procuravam “melhorar a integração e a aplicação de dados geoespaciais para visualização, suporte para a decisão e análise” (Grossner, 2006 e ISDE, 2007)¹⁵⁰

4.2.3. Globos Digitais

A visão da Digital Earth parecia na época praticamente impossível de alcançar, dadas as exigências implicadas no acesso a ciclos de tratamento informático, sobretudo a organização, armazenamento e recuperação dos dados, a *Internet* de banda larga e a interoperabilidade de sistemas. Com a tecnologia

¹⁴⁸ In http://www.isde5.org/al_gore_speech.htm (último acesso em Junho de 2009)

¹⁴⁹ Incluíram representantes de: NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration), USGS (US Geological Survey), USACE (US Army Corps of Engineers), EPA (Environmental Protection Agency), USDF (US Department of Agriculture); NSF (National Science Foundation), FGDC (Federal Geographic Data Committee) ; e as Principais associações envolvidas na normalização da IG, que incluíram a OGC (OpenGIS Consortium), o GSDI (Global Spatial Data Infrastructure) e da ISO (Organização Internacional de Normalização).

¹⁵⁰ In http://www.ucgis.org/summer2006/studentpapers/grossner_final.pdf; <http://www.isde5.org/history.htm> (últimos acessos em Junho de 2009)

disponível à data, seriam necessários mais de 100 anos para transferir os dados necessários, para cobrir a superfície da Terra com um metro de resolução e mais que a esperança média de vida para os visualizar (Goodchild, 2001 e 2007).

Dez anos mais tarde, muitos dos elementos referidos no conceito do Digital Earth, não só se encontram disponíveis, como são utilizados diariamente por centenas de milhões de pessoas no mundo inteiro, graças à forma inovadora de organizar e apresentar os dados, assim como aos rápidos avanços da tecnologia¹⁵¹. São vários os Globos Digitais produzidos por diversas companhias para diferentes fins¹⁵².

4.2.4. Geo-Browsers

O Geo-browsing (navegação através da Internet de IGD)¹⁵³ tem vindo a tornar-se uma grande indústria, tendo introduzido novidades na exploração de dados (ao nível geográfico), permitindo a visualização de diversos níveis de informação (por sobreposição), fornecidos pelos sectores públicos e privado, bem como pelos cidadãos que voluntariamente introduzem novos dados (Goodchild, 2007).

O desenvolvimento de geo-browsers (e.g. Google Earth, Microsoft Virtual Earth, NASA WorldWind, ESRI ArcGIS Explorer) que usam o globo como mecanismo para a realização de funções na superfície terrestre como: *pan*, *zoom* e *fly over*, para determinadas áreas de interesse, assemelham-se à visão original da Digital Earth. Associadas a estas representações tridimensionais da Terra estão também as aplicações a duas dimensões como: (Google Maps, a Microsoft Live Search Maps, Yahoo Maps, entre muitos outros) que permitem aos utilizadores adicionar e partilhar informações através de simples APIs (Application Programming Interfaces)¹⁵⁴. Além da visualização, os geo-browsers tornaram-se “aplicações

¹⁵¹ Não só ao nível do *hardware* e *software*, mas também nas técnicas aplicadas na captura de dados

¹⁵² e.g. Grifnor, GeoVirtual, Earthsim, Virtual Terrain Project, Talent Cruiser, PYXIS, Virtual Spectator, Gaia, Viewtec TerrainView, GeoVirtual GeoShow3D, Hipparchus (~1992), Blue Marble's Talking Globe CD (2D)(1994), Deutsche Telekom's T-Vision (1995 demonstrado em Siggraph em Agosto, não se baseando no entanto na Internet), Mark Pesce's WebEarth (1995), Planet 9's VirtualEarth (1995), Microsoft MapPoint Virtual Globe (1998 actual Windows Live Local), Lunar Software Earthbrowser (1998), SRI Terravision (2000), GeoFusion GeoPlayer (company formed 2001), Skyline Software TerraSuite (~2001), Celestia (2001), SINTEF Virtual Globe (2001/actualmente Norkart Virtual Globe, desde 2006), Keyhole Earthviewer (June 2001/actualmente Google Earth), Eingana (2000 to ~2003), NASA World Wind (2003), ESRI ArcGlobe (2003), osgPlanet (2004), EarthSLOT (2004), Ping 3map (2005), Punt (2005), Global-i (~2005), Google Earth (2005), Erdas Imagine Virtual GIS (2005), Volvo Ocean Race Virtual Spectator (2005), ESRI ArcGIS Explorer (2005), 3D Weather Globe & Atlas by Software MacKiev (2005), Wayfinder Earth (beta, 2006), Dapple Earth Explorer (July 2006), Microsoft VE (2006), Nintendo Wii Weather Channel (2006), CitySurf Globe, entre outros (*in* URL: <http://geography2.blogspot.com/2005/11/listing-of-virtual-globes.html>, último acesso em Junho de 2009)

¹⁵³ Análogo ao Browser - Navegador. É um programa cliente que permite a visualização de páginas Web, alojadas e disponibilizadas por um servidor Web. Geo-browser poderá ser entendido como Navegador Geográfico, referente a dados espaciais. / Módulo para a navegação em IG URL: <http://drupal.org/project/geobrowser> (último acesso em Junho de 2009).

¹⁵⁴ Interface de Programação de Aplicações – É um conjunto de funções que estão em conformidade com as convenções de um determinado sistema operativo (e.g. Windows) que permite ao utilizador aceder programaticamente à funcionalidade de um outro programa. Por exemplo, o kernel do STATISTICA (Neural Networks) pode ser acedido por outros pacotes de programas (por exemplo, Visual Basic, STATISTICA BASIC,

cliente”¹⁵⁵ para o acesso a uma infra-estrutura mais complexa, procurando responder a um objectivo mais amplo como: organizar a informação do mundo por níveis de IG (Jones, 2007, *in* Goodchild, 2008).

Não pretendendo fazer uma caracterização exaustiva de todos os softwares e aplicações, serão referidos alguns dos principais e mais importantes geo-browsers actualmente utilizados. A Keyhole Earthviewer's¹⁵⁶ e o GeoFusion GeoPlayer, surgiram em 2001, enquanto que o World Wind da NASA foi lançado em 2003. No entanto, todos eles contavam com uma reduzida comunidade de interesses. Quando em Outubro de 2004, a Google adquiriu Keyhole Corporation, prefigurou-se um desenvolvimento importante. Em Junho de 2005 a versão do Google Earth é lançada, conquistando de imediato um enorme interesse devido, sobretudo, ao facto de ser: (1) livre de custos; (2) rápido; (3) deter a sua própria linguagem (KML)¹⁵⁷, que permitiu a qualquer pessoa, apresentar e partilhar facilmente os seus próprios dados, sendo ao mesmo tempo, (4) divertido. O resultado é um interface fácil de usar, com imagens de elevada qualidade, rapidez na utilização e uma crescente variedade de conteúdos interessantes. No entanto, o Google Earth fica, muito aquém da visão “Digital Earth”, apesar da sua óbvia relação (discutida por Grossner e Clarke, 2007 *in* Goodchild, 2008).

4.2.4.1. Google Earth (GE)

O Google Earth (GE) permite a visualização de qualquer parte do planeta Terra, recorrendo a imagens de satélite, mapas, modelos digitais de terreno e edifícios em 3 dimensões, interagindo com dados que vão desde o Espaço, até ao fundo dos oceanos (versão 5.0), a diferentes escalas. Possibilita ainda explorar conteúdos geográficos complexos, cujas localizações poderão ser identificadas ou delimitadas e guardadas, tornando viável a partilha com outros softwares e utilizadores” (adaptado de Google, 2009)¹⁵⁸. A versão 5.0, lançada a Fevereiro de 2009, permite também consultar dados geográficos do passado, recuando no tempo, podendo facilmente compreender-se a expansão urbana, o desaparecimento de

Delphi, C, C + +) numa variedade de formas. URL: [http://www.babylon.com/definition/Application_Programming_Interface_\(API\)/English](http://www.babylon.com/definition/Application_Programming_Interface_(API)/English) (último acesso em Junho de 2009)

¹⁵⁵ Aplicações cliente – são programas que permitem explorar outros recursos

¹⁵⁶ Demonstrou a viabilidade técnica de providenciar uma visão global do mundo utilizando imagens em computadores pessoais, sendo reforçada pela maior disponibilidade de poderosas placas gráficas em PC standard. (Goodchild, 2008)

¹⁵⁷ O arquivo KML especifica um conjunto de elementos (marcadores, imagens, polígonos, modelos 3D, descrições textuais, etc) para visualização no Google (Earth, Maps e móvel), ou qualquer outro geobrowser. A Keyhole Markup Language (KML) também se tornou uma poderosa forma de documentar e indexar informações com uma referência geográfica, e exibi-las em interfaces de mapas ou globos. O objectivo declarado do Google não é, portanto, organizar Infra-estruturas de Informação Geográfica (como nas SDI), mas utilizar a geografia como uma forma de pesquisa e visualização de informações com referência espacial (Goodchild, 2008)

¹⁵⁸ URL: <http://earth.google.com/intl/pt/> (Último acesso em Junho de 2009)

glaciares e calotes de gelo, ou a erosão costeira, recorrendo a um catálogo de imagens de satélite de diferentes anos.

4.2.4.1.1. A visão “Digital Earth” e o Google Earth

O lançamento do GE surpreendeu de forma francamente positiva pela sua funcionalidade, em muito semelhante, ao "tapete mágico" referido no discurso de Al Gore em 1998. O seu interesse tem aumentado e progressão geométrica, sobretudo, nos sistemas de referência (no mercado), que contêm IG.

Para alguns, a ideia do Digital Earth parece estar praticamente retratada no GE. Trata-se afinal de uma “versão 3D do planeta disponível e pesquisável a diversos níveis de resolução”. Muito embora, exibida num ecrã a duas dimensões, qualquer pessoa com um PC poderá “navegar utilizando cada vez maiores níveis de resolução (variação de escala), permitindo ver continentes, regiões, países, cidades e, finalmente, casas, árvores e outros objectos naturais e artificiais”, tal como descrito por Al Gore. Ao mesmo tempo, funciona até certo ponto, como uma plataforma para a partilha de informação, representando um grande avanço para um interface digital da superfície terrestre (Grossner, 2006).

O que Tim Foresman (2006) da International Society for Digital Earth (ISDE), intitula o "carismático conceito Digital Earth", envolve a integração "de toda a gama de dados sobre o nosso planeta e a nossa história" (Gore, 1998), acessível a poucos cliques do rato, num complexo de aplicações distribuídas massivamente para o ensino e a investigação. O Google Earth é divertido, e detém uma tecnologia inovadora com excelente potencial, mas não corresponde a esta visão. No entanto, Goodchild refere que o uso de globos virtuais introduz, um novo ímpeto no sonho de Al Gore (Butler, 2006 *in* Grossner, 2006)

Segundo Grossner, 2006, o GE até ao momento, é um globo virtual que permite a visualização de dados geográficos. A crescente centralização de dados, compreendendo actualmente imagens (satélite e fotografias aéreas), Modelos Digitais de Terreno, fronteiras administrativas, topónimos, características hidrológicas e de transporte, bem como uma variedade de *placemarks* para o público e entidades comerciais de vários tipos, é limitada em comparação com as “grandes quantidades” de informação e partilha sugeridas para o Digital Earth. Por outro lado, esta cobertura varia consoante o tipo de recurso, sendo

desigual a nível global. As imagens de alta resolução e outros níveis de IG cobrem desproporcionalmente o hemisfério norte (América do Norte e Europa) e o hemisfério sul.

4.2.4.1.2. Os SIG e o Google Earth

Os SIG são muitas vezes apresentados como uma tecnologia integradora de dados, com base na referenciação espacial (como mecanismo de integração). A representação de níveis de informação (*layers*) distintos e a sua superposição alcançaram um estatuto icónico ao longo dos anos. O GE implementa basicamente o mesmo conceito, mas num sentido muito mais restrito. As imagens de satélite ou fotografias aéreas e os dados sobre a elevação (Modelo Digital de Terreno), são os elementos fundamentais de base, tendo ao mesmo tempo a possibilidade de sobrepor um conjunto de outros *layers*, muitas vezes para uma única função apenas, que é a percepção visual, sem qualquer tipo capacidade de análise (Goodchild, 2008). No entanto, a sobreposição de camadas de informação pode ser, se pretendido, realizada de forma semi-transparente, possibilitando a percepção destes dados e a sua correspondência com a base de imagens do GE, ficando, ainda assim, muito aquém das capacidades equivalentes de um SIG (Goodchild, 2008)¹⁵⁹. No entanto, “o Google Earth vai além dos tradicionais SIG, na facilidade com que os dados podem ser integrados *on the fly*” (Goodchild, 2008).

Em vez da criação de *overlays* topológicos, o GE utiliza scripts escritos na linguagem Keyhole Markup¹⁶⁰, sobre estruturas de duas ou três dimensões na sua base (Goodchild, 2008). De facto, um factor-chave para a explosão de popularidade do software deve-se ao lançamento e constantes aperfeiçoamentos da linguagem KML (Grossner, 2006). Esta linguagem foi ainda recentemente (2008) aprovada pela OGC, como “Open Standard”, para a “codificação e partilha de conteúdos geográficos, nos mapas baseados na web e disponíveis on-line, bem como nos browsers geo-espaciais (actuais e futuros), como o Google Earth”¹⁶¹.

O GE aloja um repositório público de informação multidisciplinar com colecções de dados e muitos *links* para janelas e sites informativos externos. Exemplo disso é a lista de património mundial da

¹⁵⁹ Exemplo disso são as limitações do GE na incapacidade de sobreposição por *overlay* através da topologia, para a combinação lógica e aritmética, entre outros conceitos básicos de análise em SIG; ou a praticamente total ausência de procedimentos analíticos dos SIG, com a excepção de algumas ferramentas de medição.

¹⁶⁰ Keyhole Markup Language (KML)

¹⁶¹ <http://www.opengeospatial.org/pressroom/pressreleases/857> (último acesso em Junho de 2009)

UNESCO no GE, publicado no site da UNESCO¹⁶²; a disponibilização de catálogos de IG (e.g. Imagens diárias MODIS) e/ou cartogramas (alguns com links directos para download em arquivos FTP), publicados no site da NASA¹⁶³; a delimitação das áreas protegidas do globo, disponibilizadas pelo UNEP¹⁶⁴; ou o lançamento de um Atlas Global¹⁶⁵ para a plataforma GE¹⁶⁶; entre muitos outros bancos de informação geográfica, que vão surgindo, com um maior grau de sofisticação (Grossner, 2006).

O Google Earth, embora não sendo o primeiro geo-browser, tem sido de longe o mais bem sucedido. Em Junho de 2006, a empresa reivindicou 100 milhões de activações do produto (Grossner, 2006). De facto, o GE pretende ser uma ferramenta acessível a todos, possibilitando a uma criança de dez anos aprender e realizar alguma coisa útil em dez minutos (Al Gore também associava uma criança na sua visão do DE, em 1998)¹⁶⁷. O Google impressionou centenas de milhões de utilizadores, muitos dos quais nunca tinham tido nenhuma experiência prévia com as sofisticadas Tecnologias de Informação Geográfica - TIG (Butler, 2006 *in* Goodchild, 2008). Desta forma, o surgimento do Google Earth poderá ser denominado como a "democratização do SIG" (Butler, 2006 Goodchild em 2008).

4.3. Síntese

O pensamento geográfico altera-se com as necessidades da própria condição humana e as relações com o meio, a tecnologia e os fenómenos que ocorrem na superfície terrestre. A figura 15 demonstra a evolução da IG e a sua convergência com diversos períodos, eventos e avanços da segunda metade do século XX.

¹⁶² <http://whc.unesco.org/en/list/kml> *in* Grossner, 2006

¹⁶³ e.g. URL: <http://onearth.jpl.nasa.gov/KML.html> (último acesso em Junho de 2009)

¹⁶⁴ <http://dewa03.unep.org/live-sdi/?q=node/52> (último acesso em Junho de 2009)

¹⁶⁵ Global Adaptation Atlas (Vajjhala, 2009) *in* www.un.org

¹⁶⁶ http://www.un.org/esa/dsd/susdevtopics/sdt_pdfs/meetings/egm0409/doc_Adaptation_Atlas_Illustrated_Summary.pdf (último acesso em Junho de 2009)

¹⁶⁷ Adaptado de Goodchild, 2008

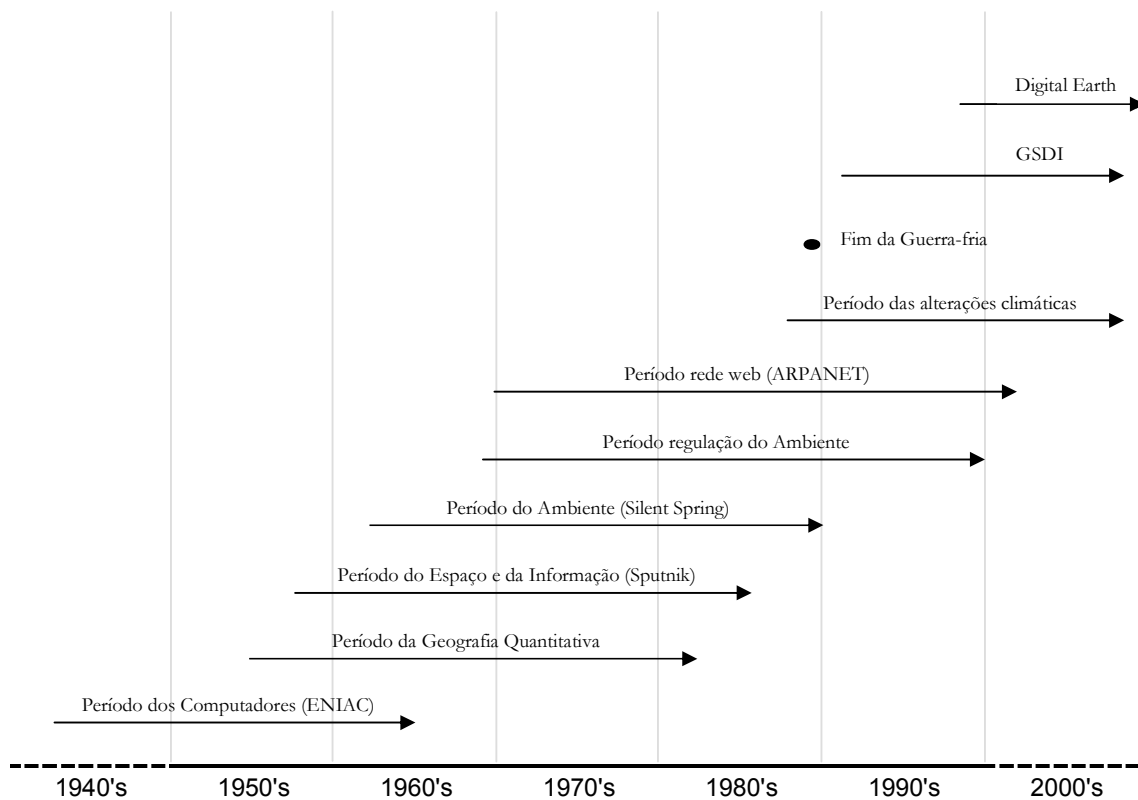


Figura 15 – Factores de influência da Informação Geográfica para o desenvolvimento sustentável¹⁶⁸.

Actualmente a IG tem sido gradualmente cada vez mais solicitada e exemplo disso são os muitos geo-portais em todo o mundo, fornecendo pontos de entrada para SDI's (Maguire e Longley, 2005). Por muito úteis que sejam, exibem, muitas vezes um fundo cartográfico a duas dimensões, por outro lado, as camadas de SIG tornam estes SDI's pouco atractivos para não-especialistas e distanciam-se da visão do Digital Earth e da experiência da utilização de geo-browsers (Goodchild, 2008).

Plataformas como o Google Maps e o Microsoft Live Search Maps tornaram possível a publicação e a pesquisa geográfica de conteúdos produzidos pelo utilizador, a um ritmo sem precedentes. Iniciativas como Wikimapia e o OpenStreetMap, demonstram como poderão estar organizados, os dados produzidos voluntariamente, com qualidade e acessíveis a todos, desafiando mesmo, alguns produtores de IG tradicionais. Conforme observado por Goodchild, o potencial de 6 bilhões de “sensores” humanos para monitorar o estado do ambiente, ou a validação com o conhecimento local dos modelos globais,

¹⁶⁸ Adaptado de Foresman in URL: <http://www.gsdidocs.org/gsdiconf/GSDI-7/papers/IItf.pdf> (último acesso em Junho de 2009)

fornecendo ainda informações que só os seres humanos podem captar (por exemplo, emoções e percepções como: o medo do crime) é um campo vasto e que tem ainda de ser plenamente explorado (Goodchild, 2008).

Embora os geo-browsers tenham tornado mais “democrático” o acesso à informação organizada (geograficamente), têm começado a orientar-se cada vez mais para o mercado de massas, o que significa que se encontram menos preocupados com os domínios científico e político. Por conseguinte, não suportam uma compreensão do estado actual do planeta, as suas mudanças e causas ao longo do tempo e as relações entre os fenómenos físicos e actividades humanas. As noções de um laboratório de ciência multidisciplinar e uma ponte entre a ciência e a sociedade, não estão entre os seus objectivos. Este argumento sustenta a ideia para o desenvolvimento de múltiplos Digital Earth’s interoperacionais, que abordem diferentes públicos, tendo a capacidade de comunicar, partilhar e aprender uns com os outros (Goodchild, 2008).

A difusão de SDI’s e os esforços da GEOSS, do OGC, da ISO/TC 211, da ISDE, entre muitos outros organismos, indústrias e sociedade civil, têm contribuído para responder a diversas questões críticas. No entanto, até ao momento nenhum destes conseguiu atingir os objectivos da visão do Digital Earth, apresentados há mais de 10 anos. Neste momento torna-se fundamental estabelecer metas para os anos que se seguem, desenvolvendo e incrementando o que existe actualmente, colmatando as lacunas e ultrapassando as limitações identificadas (Goodchild, 2008). Modelos do comportamento dinâmico de fenómenos espaciais poderão ser implementados em servidores, iniciados pelos utilizadores e alimentando os geo-browsers, com os seus resultados. Nenhum SIG conseguiu atingir a mesma facilidade no acesso, utilização e caracterização de IG como o GE ou outros geo-browsers. As dificuldades dos períodos de pesquisa, licenciamento, transferência, conversão e importação de formatos, que seriam necessários para a integração em SIG, são de certa forma suprimidos, através de um serviço gratuito, integrado e de certa forma actualizado, num único servidor e disponível em questão de segundos. Deste modo, tornam-se cada vez mais visíveis, múltiplos acordos entre organismos públicos e governos e geo-browsers, para a

utilização deste tipo de plataformas (nos serviços públicos) para incorporar IG¹⁶⁹. Este tipo de acordos, permite reduzir tempos de resposta, beneficiando o cidadão (Julião, 2008)¹⁷⁰

Os diferentes utilizadores têm encontrado usos para os geo-browsers, muito díspares das aplicações típicas de SIG. Estes não detêm o poder analítico ou de modelação dos SIG, estando muito orientado apenas para a visualização (também esta muito limitada). No entanto a utilização de geo-browsers supera os SIG, no que concerne ao leque de utilizadores, na facilidade de utilização e disponibilização de dados no domínio dos conceitos espaciais, que poderão ser poderosos auxiliares para a compreensão e introspecção (adaptado de Goodchild, 2008).

O valor da IG integrada, acessível e os usos que as pessoas fazem destas ferramentas são alvo de reflexão. Para além de dispensarem longas formações prévias (com custos), a geração actual dos geo-browsers encontra-se aquém a visão de Al Gore em vários aspectos importantes, sendo, no entanto estimulante, interessante e significativo para o reforço de definições para as próximas gerações (Goodchild, 2008).

¹⁶⁹ e.g. Microsoft Virtual Earth e o Instituto Geográfico Português / Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional; URL: <http://www.maotdr.gov.pt/Admin/Files/Documents/IGP-microsoft.pdf> (último acesso em Junho de 2009)

¹⁷⁰ <http://www.maotdr.gov.pt/Admin/Files/Documents/IGP-microsoft.pdf> (último acesso em Junho de 2009)

Capítulo III – Informação Geográfica e Ambiente em contexto africano

Conforme foi descrito no primeiro capítulo, a IG poderá contribuir de forma preponderante para a minimização dos principais problemas ambientais no planeta, possibilitando a monitorização e gestão estratégicas, que preconizam o desenvolvimento sustentável e o conhecimento sobre os sistemas ambientais. Segundo Goodchild (2000), as Tecnologias de Informação Geográfica (TIG) são hoje amplamente aceites, como ferramentas indispensáveis na gestão ambiental. A produção, actualização, distribuição, acesso e processamento de IG tornam-se fundamentais para o apoio à decisão.

1. O continente africano e a IG

1.1. O valor da IG para o Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental no contexto africano

A crescente utilização, interesse e heterogeneidade da IG disponível sobre o ambiente tem conduzido um vasto número de iniciativas, a nível internacional (incluindo no continente africano¹⁷¹). Estas procuram defender o papel estratégico da gestão adequada, o processamento de dados e a importância da harmonização das infra-estruturas concebidas para monitorar e gerir o meio ambiente. No entanto, a vasta amplitude e a multi-dimensionalidade da informação sobre os sistemas ambientais disponíveis à escala global, representam um grande desafio para investigadores, cientistas e agentes, na adequação de soluções eficazes, para providenciar o acesso a padrões de dados, dentro de um vasto e elevado fluxo de informação (dinâmicos)¹⁷².

¹⁷¹ Exemplos disso são: Map Africa 2008, the third Annual African Conference and Exhibition on Geographical Information Technology and Applications, Realizada em Agosto de 2008 na Cidade do Cabo na África do Sul (URL: <http://gislounge.com/map-africa-2008-cape-town-south-africa-august-25-to-26>, último acesso em Junho de 2009), sendo referido pelo Director-Chefe da *Surveys and Mapping* da África do Sul, Dr. Derek Clarke, que o seu staff iria participar na construção do seu conhecimento para a utilização da informação geo-espacial para o desenvolvimento de África (já agendada nova edição para Setembro de 2009 em Joanesburgo, África do Sul); O workshop GMES Africa Action Plan (JRC, Ispra – Itália) de 9 a 12 de Março de 2009 na estratégia e prioridades nos próximos 10 anos no fornecimento de serviços de informação baseados na observação da Terra, relacionados com o ambiente e segurança para o suporte de decisões políticas (URL: http://www.servir.net/africa/index.php?option=com_mamblog&task=show&action=view&id=372&Itemid=54, último acesso em Julho de 2009); A conferência Geospatial Africa 2009 em Julho de 2009 em Joanesburgo, África do Sul (URL: <http://www.b2bsolutions.co.za/doc/GIS.pdf>, último acesso em Junho de 2009); a Conferência internacional AfricaGIS 2009 – Geo-Spatial information & Sustainable development in Africa; Facing Challenges of Global Changes a ser realizado em Kampala, Uganda de 26 a 30 de Outubro de 2009 (URL: <http://www.africagis2009.org>, último acesso em junho de 2009), entre outros.

¹⁷² Goodchild, 2000 (adaptado)

Segundo a EIS-Africa¹⁷³, a IG é um recurso essencial para enfrentar os problemas como a pobreza, a doença, a degradação ambiental e desordenamento em África. A necessidade de IG foi claramente reconhecida na conferência no Rio de Janeiro em 1992, sendo referida como fundamental na abordagem às questões ambientais globais (Clarke *et al.*, 1999 *in* EIS-Africa, 2006). Actualmente, é cada vez mais perceptível que o fácil acesso a IG, por parte de políticos, administradores e gestores, é um factor relevante para o desenvolvimento sustentável de uma nação. As SDI perspectivam o apoio e a melhoria na tomada de decisões, na gestão dos recursos e, consequentemente, no crescimento socioeconómico e qualidade ambiental.

Em África, a IG é reconhecida como um contributo crítico para atingir os objectivos do “Millennium Development Goals” das Nações Unidas¹⁷⁴ e a efectiva implementação da “New Partnership for África Development” (NEPAD)¹⁷⁵. É ainda considerada vital para a prossecução dos objectivos da Agenda 21 e para o ordenamento do território e planeamento ambiental, na perspectiva do desenvolvimento sustentável. No entanto, a IG deverá encontrar-se acessível, contribuindo para a resolução de problemas e assertividade das decisões, com impactos positivos no nível das condições de vida e do meio ambiente (EIS-Africa, 2006).

A informação torna-se mais valiosa se estiver disponível quando é necessária¹⁷⁶. Para Derek Clarke (2008)¹⁷⁷, a disponibilidade de IG e utilização das TIG são fundamentais para o sucesso de variados projectos, que promovem o desenvolvimento, desde os cuidados primários de saúde, a segurança alimentar, a antecipação e planeamento de riscos (catástrofes), à gestão da água e do ambiente. Esta tecnologia poderá também ser potenciada, para a monitorização das alterações no clima, pluviosidade, erosão e a estrutura do solo. Cerca de oitenta por cento das deliberações realizadas são baseadas, em aspectos geográficos (Malczewski, 1999 e Ostensen, 2001 *in* Clarke, 2008)¹⁷⁸. A IG, quando disponível desempenha um papel preponderante na melhoria de vários aspectos das sociedades. Exemplo disso é o

¹⁷³ EIS-África (Rede cooperativa e de gestão de informação sobre ambiente em África) *in* URL: <http://www.eis-africa.org/EIS-Africa/> (último acesso em Julho de 2009)

¹⁷⁴ Que visam de reduzir para metade a pobreza extrema, travar a propagação do HIV / SIDA, promover cuidados de saúde e fornecer educação primária universal, até ao ano de 2015. URL: <http://www.un.org/millenniumgoals/bkgd.shtml> (último acesso em Julho de 2009)

¹⁷⁵ O quadro estratégico da NEPAD, resulta de um mandato conferido ao início cinco chefes de Estado (Argélia, Egipto, Nigéria, Senegal, África do Sul) pela Organisation of African Unity (OAU) para desenvolver uma abordagem integrada do desenvolvimento socioeconómico para a África. URL: <http://www.nepad.org/2005/files/inbrief.php> (último acesso em Julho de 2009)

¹⁷⁶ http://www.unep.org/Dewa/Africa/docs/en/AEIN_framework_Document.pdf (último acesso em Julho de 2009)

¹⁷⁷ Director-Chefe da *Surveys and Mapping* da África do Sul e presidência do *Working Group on Mapping Africa for Africa*. Adaptado de URL: <http://www.scidev.net/en/new-technologies/opinions/african-development-needs-good-geo-spatial-informa.html> (último acesso em Junho de 2009)

¹⁷⁸ <http://www.gisdevelopment.net/magazine/years/2005/feb/mapuse.htm> (último acesso em Julho de 2009)

apoio na adaptação das práticas agrícolas, com meio ambiente (adaptado de Clarke, 2008 citado por Mannak, 2008)¹⁷⁹. Também Anneliza Collett (2008)¹⁸⁰, refere que são necessários dados sobre recursos naturais, a erosão e a adequação das culturas agrícolas aos tipos de solo, reiterando a ideia que os SIG são cruciais para a gestão de território, uma vez que combinam todas as variáveis relevantes e necessárias, num único sistema visual.

Clarke (2008) refere que o continente africano deverá tornar mais fácil, o acesso e partilha de IG. O desenvolvimento de um território está intimamente relacionado com o seu conhecimento, sendo necessária informação apropriada, nomeadamente IG. A ausência de dados dificulta o recurso a ferramentas (como os SIG), para a realização de projectos para a avaliação das necessidades e a monitorização de resultados, fornecendo elementos que suportem a decisão, contribuindo para o correcto ordenamento do território e planeamento ambiental.

1.2. Défice de IG no contexto africano

Apesar da IG e as TIG serem poderosas ferramentas para o conhecimento, o desenvolvimento e o apoio à decisão, são ainda escassas em África. No reduzido universo de países africanos que utiliza estes recursos, a sua aplicação é muitas vezes, esporádica (Clarke, 2008). Às carências de hardware, software, redes de banda larga, meios técnicos e financiamento, acresce o défice de IG, identificado, como um dos principais entraves ao desenvolvimento das TIG em África. O acesso a dados espaciais (fundamentais a qualquer aplicação SIG) continua a ser difícil e dispendioso, constituindo um problema transversal a todos os sectores de actividade, ainda que existam semelhanças nos requisitos de IG, nos diferentes domínios científicos e institucionais. A partilha de recursos de IG e TIG poderia proporcionar benefícios substanciais. No entanto, grande parte dos esforços de recolha de dados espaciais tem sido conduzida de forma descentralizada e descoordenada (Tanser, 2002).

Para Nyapola (2005)¹⁸¹, os *datasets* de IG desenvolvidos pelos países africanos, continuam a ser apenas impulsionados pelo sector público, sendo ainda bastante inefficientes. As instituições nacionais

¹⁷⁹ <http://ipsnews.net/news.asp?idnews=43685> (último acesso em Julho de 2009)

¹⁸⁰ Do Ministério da Agricultura da África do Sul (URL: <http://ipsnews.net/news.asp?idnews=43685>, último acesso em Junho de 2009)

¹⁸¹ Haggai Nyapola – antigo Vice-presidente da International Cartographic Association, ICA (2003-2007), Working Group on Mapping Africa for Africa (URL: <http://www.gisdevelopment.net/magazine/years/2005/feb/mapping.htm>, último acesso em Junho de 2009)

(africanas) de cartografia, não dispõem de financiamentos ajustados, tendo como consequência a escassa revisão de *datasets* básicos (com a agravante de em alguns casos, serem imprecisos).

As prioridades da maioria dos países africanos são incompatíveis com a necessidade de se centrarem no desenvolvimento de IG, dando como exemplo, muitos outros problemas prementes que afectam a população em África, como: a pobreza, epidemias (e.g. SIDA), a seca ou a fome. Por outro lado, o desenvolvimento dos *datasets* de IG é tecnicamente exigente do ponto de vista dos recursos humanos. Clarke (2008) reforça esta ideia afirmando que, dos países (africanos) que dispõem de IG, subsistem frequentemente, elevados graus de desactualização ou imprecisão dos dados, apontando como principais causas, a falta de meios humanos e financeiros, acrescentando ainda, a inexistência de uma abordagem programática para a recolha e manutenção da IG.

Os trabalhos que recorrem às TIG em África são frequentemente iniciativas financiadas ou apoiadas por agências internacionais e muitos destes projectos, são experiências piloto ou de investigação, por oposição aos sistemas operacionais. Estes tendem a ser controlados por estrangeiros e não por cientistas africanos. Segundo Clarke, as empresas privadas, geralmente, recolhem dados apenas com valor comercial e, mesmo no seio de algumas organizações internacionais, a IG é tratada para projectos específicos, sem a intenção (de fundo) de manter ou potenciar a IG, como activos nacionais.

Os técnicos locais, que compreendem a tecnologia e o contexto do território, deverão acompanhar os projectos e dar continuidade ao trabalho produzido (Tanser, 2002). Para atingir este nível, serão necessários técnicos qualificados, que trabalhem nos organismos das respectivas estruturas nacionais. No entanto, a realidade neste continente é bastante díspar desta perspectiva. Em muitos serviços públicos, o recrutamento para os actuais lugares de cartografia está congelado, devido a restrições orçamentais. Além deste facto, são ainda poucos os países em África que oferecem cursos de ciências ligadas à geo-informação, desenvolvendo-se muito lentamente a constituição de uma massa crítica de profissionais das ciências ligadas à IG, que o continente necessita (Clarke, 2008).

Em África, muitos elementos básicos da superfície terrestre não estão cartografados. Apenas quarenta e cinco por cento dos endereços e das áreas populacionais estão tratadas e muitos países não dispõem, sequer, da linha de costa (Clarke, 2008)¹⁸². Para aprofundar o conhecimento sobre o grau de

¹⁸² <http://www.pryroda.gov.ua/en/index.php?newsid=5000131> (último acesso em Junho de 2009)

cobertura de IG e saber as principais carências de IG em África, foram realizados dois projectos¹⁸³, no âmbito da iniciativa Mapping África for África (MAFA)¹⁸⁴, com o apoio do “Committee for Development Information's Subcommittee on Geo-information” (CODI-Geo), uma estrutura da UN “Economic Commission for África” (UNECA). O primeiro projecto pretendeu determinar, através da análise das necessidades do utilizador, a IG fundamental que poderá estabelecer a base de *datasets* para África. O segundo, constitui-se num catálogo de *datasets* de IG fundamental¹⁸⁵ e disponível, quer a nível nacional ou internacional. Os resultados destes projectos, confirmam em parte, uma estrutura deficiente de IG no continente africano. Por outro lado, demonstraram ainda que existem lotes de dados disponíveis, mas pouco fiáveis (considerando que muitos se encontram desactualizados ou imprecisos), tendo sido, na maioria das vezes, recolhidos e cartografados pelas antigas potências coloniais¹⁸⁶.

Actualmente, estão a ser desenvolvidos alguns *datasets* de IG em diversos países africanos. No entanto, torna-se cada vez mais premente, a realização de um programa sistemático de disponibilização dos dados geográficos para o continente como um todo¹⁸⁷. As iniciativas de colaboração inter-sectorial deverão ser implementadas e apoiadas financeiramente, podendo ser bastante úteis para o desenvolvimento de projectos como o “Global Spatial Data Infrastructure” (no âmbito da construção de uma SDI para África), a diferentes escalas e para múltiplos fins (Tanser, 2002).

Outro grande desafio na utilização dos recursos de IG em África é a localização e o acesso aos dados disponíveis, acarretando custos de tempo muito consideráveis. Deste modo, subsistem várias questões que poderão ser levantadas: (i) que informação existe? (ii) onde está? (iii) qual a sua qualidade? (iv) qual o seu grau de actualização? e (v) como se pode ter acesso a esta? (adaptado de Clarke, 2008 e AEIN¹⁸⁸, s/data). Os detentores de IG deverão fazer esforços de partilha de informação, convenientemente documentada, sobretudo através dos metadados (respondendo a questões como a qualidade da informação e outras características da IG). Deste modo, facilita-se o acesso ao conjunto de dados necessários, poupando tempo, esforço e dinheiro, evitando ao mesmo tempo a duplicação de

¹⁸³ <http://www.eis-africa.org/EIS-Africa> (último acesso em Junho de 2009)

¹⁸⁴ International Cartographic Association (ICA), iniciou o Working Group on Mapping Africa for África em 2003, em resposta à Iniciativa com o mesmo nome. Desde então tem vindo a trabalhar estreitamente com a Sub-comissão CODI-Geo com o fim de implementar a Declaração de Durban on Mapping Africa for África. (URL: [http://www.geoconnexion.com/geo_news_article/Mapping-Africa-for-Africa-\(MAFA\)-Working-Group/2744](http://www.geoconnexion.com/geo_news_article/Mapping-Africa-for-Africa-(MAFA)-Working-Group/2744), último acesso em Julho de 2009)

¹⁸⁵ O amplo consenso sobre a definição de *datasets* de IG fundamentais, torna-se necessário para assegurar que este suporte é atribuído às entidades de cartografia nacionais, na recolha e manutenção de IG.

¹⁸⁶ <http://www.pryroda.gov.ua/en/index.php?newsid=5000131> (último acesso em Julho de 2009)

¹⁸⁷ Um exemplo seria digitalizar a cartografia 1:250 000 e 1:50 000.

¹⁸⁸ Africa Environmental Information Network, URL: <http://www.necr.org.zm/acin/docs/AEIN%20Implementation%20Guide.pdf> (último acesso em Julho de 2009)

datasets. Esta economia poderá ser aplicada na recolha de novos dados e na actualização e/ou diminuição do erro, favorecendo a qualidade da IG (adaptado de Clarke, 2008). Clarke defende que os governos africanos deverão reconhecer que a IG é um activo nacional que está subjacente ao desenvolvimento.

1.3. Principais problemas no desenvolvimento de IG em África e medidas para a sua resolução

Segundo Woldai (2002)¹⁸⁹, os países africanos, muitas vezes em consonância com o seu grau de desenvolvimento, gerem e utilizam os seus recursos de forma distinta, afectando consecutivamente os investimentos e soluções tecnológicas. Deste modo, as formas de produzir, aceder e gerir IG são também elas distintas, a nível supra-nacional e nacional, operando muitas vezes isoladamente, subsistindo lacunas nas relações ao nível inter ou intra-organizacional. Os sentimentos de jurisdição e uma cultura de sigilo dos dados tornam difícil a consideração dos sistemas existentes e adopção, pelas diferentes comunidades, destes dados como fontes credíveis para a disponibilização de IG. Esta situação coloca um grande obstáculo à fundação de SDI bem estruturadas, fiáveis, sistemáticas e de fácil acesso, que contribuam para a resolução de problemas de ordenamento do território e planeamento ambiental, numa perspectiva de desenvolvimento sustentável.

Para além do défice de informação geográfica e dos diversos problemas já referidos, Woldai (2002)¹⁹⁰ sintetiza os diversos conflitos para a prossecução desejável de bancos de dados espaciais em África, destacando-se:

- Inexistência ou deficiências na realização de cartografia de base oficial em digital;
- Inconsistência de grande parte dos dados disponíveis. Subsiste uma elevada complexidade no tratamento de IG, muitas vezes por falta de *standards*. A integração de dados provenientes de diversas fontes é, por isso difícil, tendo como consequência diferentes escalas, formatos, projecções, classificações e codificações de IG. A Normalização da IG torna-se por isso fundamental;

¹⁸⁹ Da International Institute for Geo-information Science & Earth Observation (ITC)

¹⁹⁰ <http://www.itc.nl/library/Papers/WOLDAI.pdf> (último acesso em Julho de 2009)

- Os mecanismos para a compreensão da qualidade, precisão, dimensões espaciais e temporais e sistemas de referências espaciais utilizados são insuficientes ou mesmo inexistentes;
- Formato dos dados. Na maioria dos casos a informação disponível só existe em suporte analógico;
- Inadequação da segurança no suporte físico dos dados;
- Pertença e acessibilidade à informação. Nem sempre é claro saber a quem pertencem os dados e como os obter. De um modo geral, não existem centros ou mecanismos para dar conhecimento do paradeiro de determinadas aplicações ou dados;
- Relutância na partilha e acesso à informação por parte dos países e organizações (especialmente IGD);
- Raro aproveitamento de iniciativas e projectos. É frequente assistir-se à duplicação de esforços, não só de IG, mas também de equipamentos e meios humanos;
- A implementação de metadados adequados em África requer uma vontade política, com sólidas infra-estruturas baseadas sob políticas, directivas e medidas administrativas, normas técnicas, dados fundamentais, bem como meios de divulgação de IG.

Segundo a AEIN¹⁹¹, a normalização e o acesso à informação, assim como a construção de um mecanismo para se conseguir atingir a IG são críticos para o sucesso das políticas de ambiente e partilha de IG. Para tal deverão ser consideradas as seguintes medidas:

- Definição, compreensão e aceitação da importância e salvaguarda dos dados;
- Desenvolvimento e adopção de uma arquitectura de base de informação comum;
- Utilização de sistemas de referência espaciais, *standard*;
- Harmonização dos sistemas de classificação, codificação e visualização, assim como a utilização de nomenclaturas e toponímia padrão;
- Estabelecimento e adopção de procedimentos de catalogação de dados normalizados;
- Desenvolvimento e adopção de *standards* para a qualidade dos dados e na realização de metadados;
- Estabelecimento e utilização de padrões de intercâmbio de Informação normalizada;
- Selecção e utilização de sistemas compatíveis (hardware, redes de comunicações e software);

¹⁹¹ Adaptado de AEIN in <http://www.necz.org.zm/aein/docs/AEIN%20Implementation%20Guide.pdf> (último acesso em Julho de 2009)

- Definição de questões relativas à privacidade, à confidencialidade e ao direito de acesso à informação;
- Condições de acesso à informação e mecanismos de *copyright*;
- Prioridades de investimento para a construção e manutenção de uma SDI;
- Mecanismos de recuperação de custos e envolvimento do sector privado;
- Prioridades para a formação de técnicos.

Em Fevereiro de 2006 foi publicado o resultado do estudo “*Determination of the Fundamental Geo-spatial Datasets for Africa Through a User Needs Analysis*”¹⁹². Este projecto, gerido pela HSRC¹⁹³ e pela EIS-África, teve como principal objectivo a avaliação das necessidades dos utilizadores (de IG) das organizações internacionais e africanas, de variados sectores económicos, das cinco Comunidades Económicas Regionais Africanas (REC)¹⁹⁴. Deste modo, pretendeu-se determinar:

- O que estas organizações definem como *datasets* geoespaciais fundamentais, aos níveis: nacional, regional e sub-regional e que critérios serão usados para realizar estas decisões?
- Que informação espacial e atributos associados, serão necessários na recolha e manutenção da informação. Qual o nível de detalhe (e.g. escala, resolução espacial, semântica) e a precisão?
- Quais os metadados necessários a ser recolhidos e mantidos na IG?
- Detalhes sobre aspectos temporais do *dataset* de IG serão também recolhidos (e.g. data e intervalos de tempo).

Os resultados desta avaliação das necessidades do utilizador foram desenvolvidos em consonância com o que foi realizado no passado, a nível internacional e em África. Pela primeira vez, os utilizadores de IG no continente africano tiveram a oportunidade de contribuir, para a definição e identificação de critérios e para o estabelecimento de uma lista de IG fundamental para África¹⁹⁵.

¹⁹² Entendido como: A Determinação de *Datasets* de IG Fundamentais para África, Através da Análise da Necessidade dos Utilizadores, disponível em URL: <http://www.eis-africa.org/EIS-Africa/> (último acesso em Julho de 2009)

¹⁹³ Human Sciences Research Council (organismo sul africano de investigação que pretende estabelecer a crítica e o conhecimento independente relativo a todos os aspectos do desenvolvimento humano e social) in URL: <http://www.hsrc.ac.za/> (último acesso em Julho de 2009)

¹⁹⁴ REC - Regional Economic Communities [Norte, Sul, Este, Central e Oeste – dividido entre “Oeste 1”- Regional Centre for Training in Aerospace Surveys (RECTAS) e “Oeste 2” - Centre Régional AGRHYMET]

¹⁹⁵ Este estudo identificou e definiu temas, que constituem os datasets de IG fundamental para cada uma das regiões REC (colaboração com parcerias regionais) e para a totalidade do contexto africano, demonstrando que não são totalmente coincidentes. Para África foram identificados hierarquicamente: (1) Rede de controle de geodesia; (2) Imagens detectadas remotamente (e.g. fotografia aérea e imagem de satélite); (3) Hipsometria (e.g. MDT, Curvas de nível); (4) Hidrografia (e.g. planos de água, rios); (5) Limites administrativos (e.g. internacionais, regionais); (6)

O Projecto providenciou uma base a partir da qual poderão ser desenvolvidos um inventário e um catálogo de *datasets* de IG fundamental. A participação dos utilizadores em diferentes partes de África, foi a chave e permitiu os resultados apresentados no relatório, que refere, no entanto, que teria sido melhor, se um maior número de instituições de todo o continente africano participasse no estudo (EIS-Africa e HSRC, 2006).

Em África, elevadas quantidades de recursos cartográficos e IG são realizados e mantidos, fora dos respectivos países. Segundo a AEIN, pretende-se iniciar o processo para a identificação, documentação e garantia ao acesso a estes dados, para a partilha de recursos de IG, para aplicações em África (com um catálogo de metadados disponível para todos os países africanos, onde será indicada também, a forma como poderão obter estes *datasets*). A inventariação, compilação e transferência de pacotes de dados nacionais sobre ambiente será suportada pela AEIN (UNEP, 2003).

1.4. Multifontes de IGD

A Internet tem vindo a tornar-se, gradualmente, no principal meio de partilha de informação e comunicação global¹⁹⁶, com um aumento exponencial do número de *datacenters*, informação e utilizadores. Considerando estes factos, facilmente se compreende a crescente procura e até alguma agressividade da utilização deste meio, ao nível comercial, sobretudo para a promoção e venda *on-line*. O incremento de fluxos de informação tem potenciado a frequência de dispersão das pesquisas, muitas vezes redireccionadas para fontes pouco rigorosas e de credibilidade duvidosa. Deste modo, os motores de busca têm vindo a desenvolver algoritmos cada vez mais complexos, evidenciando-se uma individualização por pesquisa e tipologia de informação¹⁹⁷.

A quantidade de fontes de IG existentes na Internet é actualmente, bastante elevada (e.g. anexo II). No entanto, subsistem lacunas de metadados, que dificultam a tarefa de pesquisa e avaliação da sua qualidade, podendo mesmo implicar, a parcial ou total inutilidade dos dados disponibilizados. Por outro

Toponímia; (7) Áreas/unidades de gestão; (8) Transportes; (9) Serviços e utilidades; (10) O ambiente natural. Para o Oeste de África (por exemplo) foram indicados: (1) Limites administrativos; (2) aglomerados populacionais; (3) topografia; (4) Hidrografia; (5) transporte.

¹⁹⁶ São vários os artigos que indicam a tendência de a internet superar os outros meios de comunicação como os jornais, a rádio ou televisão, quer em número de utilizadores, quer em volume de negócios (e.g. publicidade) URL: <http://www.independent.co.uk/news/business/news/burgeoning-online-ad-spend-will-pass-tv-next-year-says-wpp-768108.html> (último acesso em Julho de 2009)

¹⁹⁷ Exemplo disso são alguns browsers como o Google com a constituição de diferentes de motores de pesquisa, como: Académico, Imagens, Mapas, Notícias, Livros, Grupos, entre outros. Por língua, país ou universo web.

lado, mesmo as fontes mais credíveis de IG, disponibilizam conjuntos de *datasets*, por diversas ocasiões com temas repetidos, explicado pela lógica de conjunto de dados, mas que por vezes, dificulta a pesquisa, avaliação e constituição de uma infra-estrutura de IG em função de um determinado espaço geográfico.

A problemática que persiste é onde poderemos encontrar IGD e SDI acessíveis e com o grau quantitativo e qualitativo adequados ao projecto que se pretende realizar.

As preocupações relativamente à incerteza e dispersão de alguns dados na Internet têm favorecido a realização de diversas iniciativas, relativamente aos conteúdos de IG (já abordadas no segundo capítulo)¹⁹⁸. Pretende-se constituir infra-estruturas que permitam aceder aos dados de uma forma integrada, organizada e informada (estabelecimento de normas e metadados). Desta forma, possibilita-se a rápida localização, identificação e avaliação das fontes de informação. No entanto, a realização destas tarefas pensadas à escala global, não será certamente simples.

De acordo com um estudo realizado por Crompvoets (2002), existem mais de 120 países a trabalhar em SDI (*in* Furtado, 2006). Actualmente, têm proliferado diversos portais, catálogos e compilações de dados¹⁹⁹ que permitem fazer a ponte entre os diferentes produtores de IG e o utilizador. Também os *Web Services* disponibilizam diversos *datasets* sendo, muitas vezes, sistematicamente actualizados. Deste modo, a partir do momento que é estabelecida uma ligação ao servidor da fonte de IG, torna-se possível ter acesso directo aos produtores de IG. Muitos dos dados disponibilizados na Internet, recorrem, como principal fonte de dados, aos sistemas de observação da terra e a DR, considerada como um dos principais fontes de dados, para o estabelecimento de SDI's de IGD ao nível global. No entanto,



Fig. 16 – EROS Datacenter (Sioux Falls) Fonte: USGS

apesar destes exemplos constituírem importantes contributos para a aquisição de IG (independentemente da existência ou não de custos), mantêm-se ainda alguns problemas consoante o contexto onde são requeridos. As disponibilidades financeiras, de utilizadores com capacidade técnica, de acesso a redes de

¹⁹⁸ e.g. Iniciativa INSPIRE

¹⁹⁹ e.g. Conservation Maps (URL: <http://www.conservationmaps.org/Portal/ptk?command=openchannel&channel=266>, último acesso em Julho de 2009)

banda larga ou o conhecimento básico de diferentes idiomas²⁰⁰ não são, como já foi referido anteriormente, semelhantes no contexto global.

2. O modelo de procedimentos para a aquisição de IG ambiental para a Guiné-Bissau

2.1. Modelo de dados para a Guiné-Bissau

No contexto da parceria entre o DA-UNL²⁰¹ e o e-Geo²⁰², para o desenvolvimento de cartografia temática para o projecto: “ChimpGB - Distribuição das comunidades de chimpanzés (*Pan troglodytes verus*) na região da Guiné-Bissau e a sua relação com as comunidades humanas locais (ChimpGB)”²⁰³, tornou-se necessário realizar o levantamento, tratamento, integração e visualização de diversos níveis de dados e IG para a Guiné-Bissau, uma vez que se partia apenas de informação recolhida no campo, com recurso a aparelho GPS. Deste modo, procedeu-se à definição das seguintes fases:

1ª Fase: Análise do projecto

Nesta fase foram definidos os objectivos, bem como a adequação do método aos resultados pretendidos. Foram ainda estabelecidas tarefas, calendarização de procedimentos e a definição de estratégias, prioridades, critérios e recursos necessários à prossecução dos objectivos. Deste modo, evitam-se dificuldades de entendimento e deficiências de informação. Por outro lado, facilitou-se a sincronização entre as fases subsequentes do estudo. A análise do projecto traduziu-se sobretudo em três tarefas fundamentais:

- Compreensão dos objectivos propostos;
- Adequação metodológica aos objectivos pretendidos;

²⁰⁰ Nomeadamente o inglês, para a pesquisa e comunicação com as diversas entidades (fontes), que muitas vezes solicitam um registo ou a indicação do fim para o qual se destina a informação, cedendo ou não a respectiva autorização de utilização

²⁰¹ Departamento de Antropologia da Universidade Nova de Lisboa, URL: <http://www.fcsh.unl.pt/deps/antropologia/> (último acesso em Julho de 2009)

²⁰² Centro de Estudos de Geografia e Planeamento Regional, URL: <http://e-geo.fcsh.unl.pt> (último acesso em Julho de 2009)

²⁰³ Que tem como objectivo fundamental, estudar a densidade das populações de chimpanzés e a sua distribuição geográfica. Por outro lado, tenta compreender a relação entre as comunidades humanas locais e sobretudo os chimpanzés e as florestas circundantes. Pretende ainda estabelecer as áreas prioritárias para a conservação dos chimpanzés, podendo transformar-se num recurso económico para as comunidades locais. Ambiciona ainda servir de input para outras oportunidades de investigação. Interessa ainda salientar que este projecto é financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia URL: http://www.fct.mctes.pt/projectos/pub/2004/painel_result/vglobal_projecto.asp?idProjecto=57434&idElemConcurso=56 (último acesso em Julho de 2009)

- Identificação dos níveis de informação fundamentais (gráficos e alfanuméricos), Software e Hardware para a concretização dos principais objectivos e produtos finais.

2ª Fase: Recolha e tratamento de dados e níveis de informação

Depois de estabelecidos os objectivos, o método e os níveis de informação fundamentais, a pesquisa dos dados e a sua avaliação (qualidade) caracterizaram-se como procedimentos inevitáveis, para a constituição de um banco de IG. É necessário ter presente os objectivos a atingir, para a informação recolhida ser a mais indicada. Torna-se também importante, a comparação entre o estado anterior e a situação actual, permitindo o conhecimento da evolução e as possíveis causas dessa evolução. No entanto, será aqui importante salientar que esta é uma tarefa, muitas vezes, de difícil concretização, especialmente quando consideradas as questões abordadas nos pontos 1.1, 1.2, 1.3 deste capítulo. Nesta fase foram realizadas as seguintes tarefas:

- Avaliação da informação existente e sua utilização:
 - Levantamento da informação existente em formato digital e analógico;
 - Validação e avaliação da sua qualidade e utilidade (análise aos metadados);
- Conversão de diversos formatos de dados para uma infra-estrutura uniformizada de dados geográficos (mesmo formato de dados - ESRI-SHP e sistema de coordenadas);
- Definição do sistema de coordenadas a utilizar;
- *Scan*, tratamento e posicionamento de cartografia no formato analógico (não foi necessário a tarefa de *scanerização*, considerada a disponibilização da cartografia 1: 500 000 e 1:50 000, *on-line*).

3ª Fase: Tratamento dos dados adquiridos recorrendo a GPS, DR e SIG

Considerando a pesquisa e aquisição de dados da fase anterior, tornou-se necessária a compatibilização e tratamento dos diversos dados recolhidos. Muitos dados são adquiridos em “bruto”, sendo necessário o seu tratamento [exemplos: definição da estrutura da informação raster (TIF, JPG, GRID, entre outros) e da informação vectorial (Ponto, Linha ou Polígono); conversão de formato de dados para adequação os objectivos pretendidos; realização de legendas; classificação de imagens de satélite e aplicação de filtros; extracção de *layers* de *dataset* disponíveis através de *Web-services* para formatos

residentes nos projectos SIG, entre outros]. Nesta fase foi ainda definida a estrutura de dados tratados e integrados num único suporte (disco rígido externo)²⁰⁴. Assim realizaram-se as seguintes funções:

- Tratamento e validação da informação recolhida com o aparelho GPS (equipa do DA-UNL no terreno). Conversão para *shapefile* dos dados recolhidos por três tipos de formatos GPS distintos (dois Garmin e um Magellan);
- Tratamento e avaliação de dados de satélite;
- Tratamento dos dados Raster, Vectorial e WMS (Criação de *layers*, extracção de informação, criação de base de dados, entre outros procedimentos). Integração dos diversos formatos de IG (vectorial, raster e WMS), para um repositório central de IGD.

4ª Fase: criação de um Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Depois de tratados os dados (terceira fase), que foram recolhidos na segunda fase, de acordo com os objectivos estabelecidos na primeira fase, foi então criado um Sistema de Informação Geográfica. Deste modo, torna-se possível reavaliar os dados recolhidos e seleccionar os que se consideraram mais fiáveis e precisos, de acordo com a qualidade da IG. Nesta fase são criados projectos de infra-estruturas de dados espaciais, recorrendo a SIG, que permitem identificar a real possibilidade de desenvolver os produtos definidos na primeira fase. Deste modo, procedeu-se à:

- Reavaliação dos níveis de informação existentes/relevantes. Comparação entre diversos níveis de IG provenientes de diversas fontes. Avaliação e selecção da IGD mais relevante para o projecto;
- Definição da arquitectura do sistema:
 - Definição de metodologias e reavaliação dos produtos finais;
 - Conceptualização e concepção do SIG, realização de projectos (ESRI-MXD).

5ª Fase: Produção de cartografia, compatibilização e integração da IG num SIG

Nesta fase estabeleceram-se níveis de IG derivados dos *inputs* de dados recolhidos. Sendo posteriormente também integrados no SIG. Para a concretização destas tarefas realizou-se:

- Vectorização da rede viária a partir da carta 1:500 000 e comparação com o tema obtido *on-line*;

²⁰⁴ Vantagem na portabilidade de ficheiros e projectos SIG

- Ligação entre informação alfanumérica e espacial (população e dados GPS, recolhidos no campo pela equipa do ChimpGB). Avaliação dos níveis de dados recolhidos on-line;
- Conversão de diversos formatos de dados criados nesta fase para uma infra-estrutura uniformizada de dados geográficos (mesmo formato de dados - ESRI-SHP e sistema de coordenadas).

6ª Fase: Outputs / resultados

Depois da integração da IG e criado o SIG procedeu-se à migração para o software Google Earth, com vista à visualização da IGD (formatos e sistema de coordenadas normalizados e estabilizados). Por fim realizou-se a produção de cartografia temática, de acordo com os objectivos definidos na primeira fase e a IG disponível no SIG e SDI estabelecidos. Com vista ao alcance dos resultados esperados efectuou-se:

- Conversão de dados entre o software ESRI ArcGIS 9.3 e o Google Earth (em ambos os sentidos, tendo em consideração a fonte de dados);
- Criação de uma infra-estrutura de dados no formato KML-Google Earth para visualização e análise;
- Produção de cartografia temática (SIG e GE);
- Realização de *layouts* interactivos em PDF (Adobe Acrobat Reader 9).

Estas fases tiveram em consideração o desenvolvimento de cartografia temática para o projecto ChimpGB. A lógica e esquematização do fluxo de informação apresentado na figura 17 tiveram, como principal forma de estruturação, a pesquisa, o tratamento e a integração da IG. Deste modo, a informação adquirida teve quatro grandes blocos de formatos de informação adquirida, que serviram de inputs para a construção de uma SDI para a Guiné-Bissau.

- **Informação Raster** – foram considerados fundamentalmente a cartografia de base (como as cartas 1:500 000 e 1:50 000 e as Imagens de Satélite) para a obtenção de dados:

- Cartas 1:500 000 e 1:50 000 – Procedeu-se ao tratamento de cada carta no Photoshop, com o objectivo de retirar informações impressas que impediam a leitura e construção do mosaico (legendas, cartograma, título, entre outros). Foram posicionadas no software Google Earth, tendo por base a colecção de imagens de satélite de base disponibilizadas neste software e a realização de pontos-chave, para o seu posicionamento (num total de 48 cartas).
- Imagens de Satélite – procedeu-se à aquisição de Landsat TM e ETM+ de 1990, 2002 (respectivamente) dos path/row: 203/51; 203/52; 204/51; 204/52; 205/51. Realizou-se o pré-processamento, para a realização de cartografia de base (Composição Colorida das bandas 1,2 e 3 - visível); a aplicação do índice de vegetação NDVI (para ambos os anos). A realização prevista de classificação de imagens de satélite para a obtenção de cartas de ocupação do solo para diferentes períodos foi suprimida, uma vez que no decorrer desta fase, as Cartas de Ocupação do solo foram cedidas pelo projecto Carboveg-GB²⁰⁵, em permuta com outros dados recolhidos no âmbito da tese e do projecto ChimpGB.
- Cartas de Ocupação do Solo para a Guiné-Bissau nos anos 1990, 1994, 2002 e 2007 (cedidos pelo projecto CarbVeg-GB). Uma vez, que estes dados foram cedidos, optou-se por não efectuar a classificação de imagens de satélite prevista. Deste modo, procedeu-se exclusivamente à avaliação dos dados, a aplicação do filtro Moda (5x5) e a construção da legenda (de acordo com os elementos fornecidos pelo projecto CarbVeg-GB e a nomenclatura da carta de uso do solo Corine Land Cover).
- Relevo – Estão disponíveis dois tipos de informação sobre o relevo para o globo. O Shuttle Radar Topography Mission (SRTM – 90m) e o GTOPO 30 (aproximadamente 1 km).
- **Informação Web-service** – Pesquisaram-se inúmeros *datasets*, facultados através deste tipo de serviços (Sobretudo WMS, WFS e IMS). No entanto, muitos destes recursos, disponibilizam temas de informação semelhantes entre si, tendo sido utilizados, aqueles que se adequavam mais aos objectivos finais (grande parte dos links de acesso são apresentados no quadro 5). Outros níveis de IG que se encontram em constante actualização (a partir do servidor base), foram agrupados num

²⁰⁵ O projecto CARBOVEG-GB pretende quantificar o stock de carbono e efeitos dos sumidouros nas florestas da Guiné-Bissau. Este projecto de 3 anos é co-financiado pelo Ministério do Ambiente de Portugal e do Ministério do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais da Guiné-Bissau.

único projecto ArcGIS, designado “WMS” com o objectivo de se sobrepor a cada um destes serviços os temas em *shapefile* pretendidos.

O problema que este tipo de serviços acarreta é a incerteza da manutenção da informação on-line e o risco de se poder perder as ligações a qualquer momento. No entanto, importa salientar que no serviço IMS, foi possível migrar diversos temas para a SDI da Guiné-Bissau, ficando os dados residentes no SIG.

▪ **Informação Vectorial**

▪ Além dos *datasets* de IG disponibilizados pelos *Web-Services*, são ainda vários os portais e catálogos de dados disponíveis quer na Internet ou no formato CD-ROM que acompanham alguns *softwares* (com baixas necessidades de tratamento, estando num formato praticamente final);

▪ As cartas 1:500 000 e 1: 50 000 permitiram, por outro lado, a vectorização de diversos temas no *software* Google Earth;

▪ Realizou-se ainda o *contour* do SRTM, para obter um tema de curvas de nível (geradas a partir de um modelo);

▪ A classificação de imagens de satélite Landsat, para a realização da carta de ocupação do solo, foi convertida para o formato vectorial, permitindo a extracção e cruzamento com outros níveis de informação;

▪ As áreas ardidas do sensor MODIS²⁰⁶, foram seleccionadas por mês/ano, com o fim de se realizar a intersecção com as classes de ocupação do solo entre 2002 e 2007;

▪ A demografia foi realizada a partir de dados estatísticos da população e atribuída a cada região, realizando-se posteriormente também a densidade populacional.

▪ **Informação GPS** (trabalho de campo, DA-UNL)

▪ Para o tema da distribuição espacial de chimpanzés (*Pan troglodytes verus*), foram realizados diversos levantamentos de campo com recurso a GPS (e.g. identificação de fezes, cadáveres, ninhinhos, entre outros), sendo registado a coordenada e o atributo (tipo de ocorrência);

O fluxo de informação obtida, tratada e integrada é esquematizado na figura 17, com os procedimentos retratados no ponto seguinte (2.2).

²⁰⁶ Cedidas pelo IICT e disponíveis pelo sistema FIRMS URL: <http://maps.geog.umd.edu/firms/> (último acesso em Agosto de 2009)

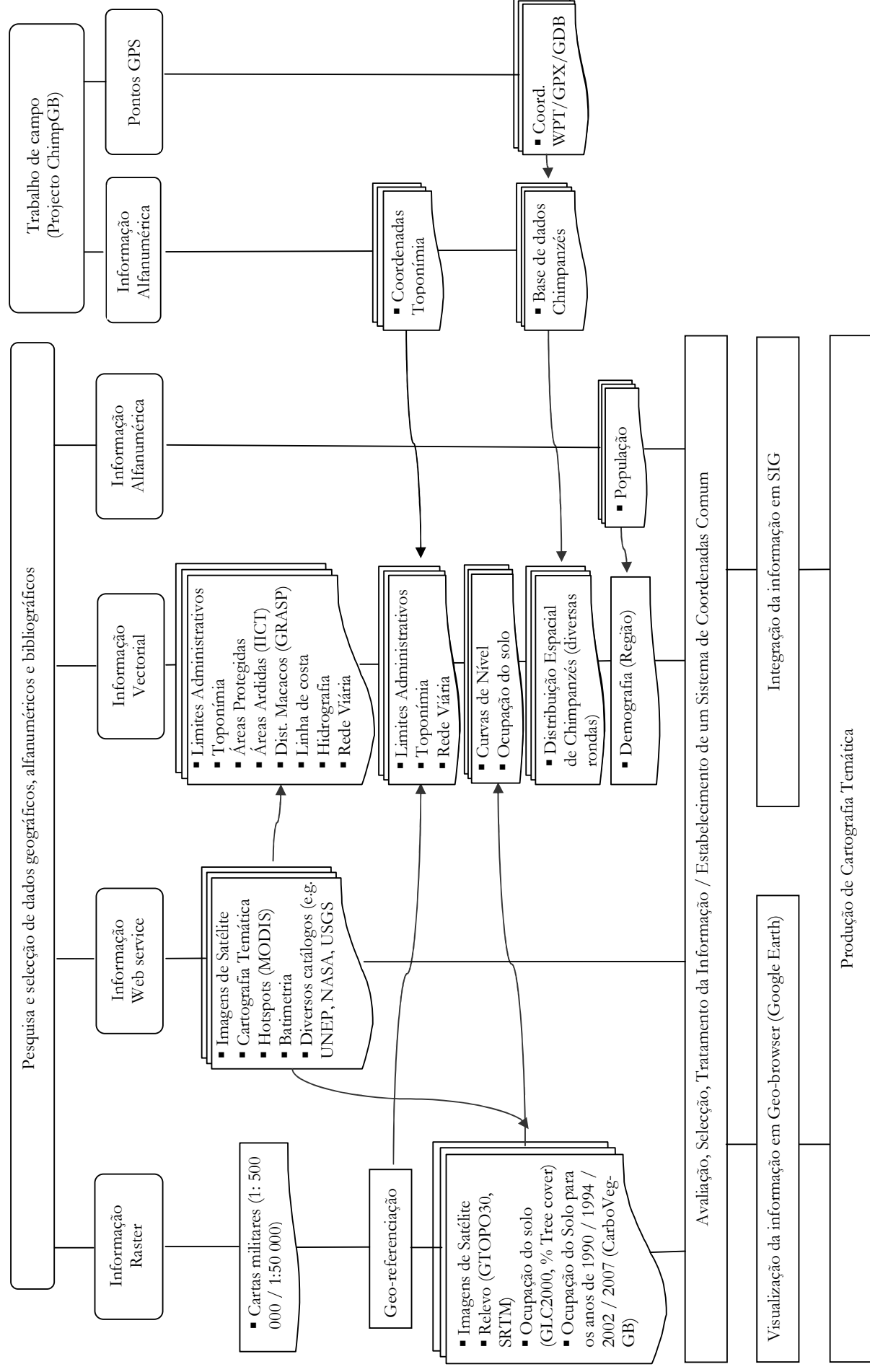


Figura 17 – Visão esquemática do fluxo de IG na lógica da procura

2.2. Procedimentos e pesquisa de fontes para a aquisição e gestão de dados vectoriais e raster para a Guiné-Bissau

Considerando as fases e o fluxo de informação referidos no ponto anterior, salientam-se as principais fontes de IG e alfanumérica:

- Dados recolhidos no campo com recurso a GPS, provenientes do projecto ChimpGB do DA-UNL;
- Multifontes na Internet;
- Pacotes de dados fornecidos por empresas produtoras de software SIG;
- Institutos produtores de IG ou de investigação.

Foram ainda enviadas diversas solicitações, via correio electrónico²⁰⁷, para a cedência de diversos temas para a integração no SIG (sem qualquer resposta). Por fim, foi ainda contactado pessoalmente o Instituto de Investigação Científica e Tropical, no sentido de obter as cartas de ocupação do solo, tendo sido apresentado o conjunto de IGD, até então recolhida e tratada no âmbito do projecto ChimpGB e no âmbito desta dissertação.

No quadro 5, sintetiza-se as principais fontes de informação e a sua proveniência, através da localização do endereço *Internet Protocol* (IP). Uma vez que, a grande parte destas fontes de IG, disponibilizam dados de âmbito global, este quadro poderá servir de um protótipo para a aquisição de IG, para a realização de outros projectos que necessitem igualmente de dados geográficos, sobretudo para espaços geográficos com elevado défice de IG, como em África. No entanto, importa referir que a pesquisa de IG recorreu sobretudo à *Internet* como meio privilegiado para a obtenção de IG. Deste universo, grande parte desta pesquisa, foi realizada na língua inglesa (na sua maioria) e em Português e Francês, pelo que poderão existir muitas outras fontes de informação que não tenham sido abrangidas. Do mesmo modo, não se pretendeu realizar uma pesquisa exaustiva, de todos os *datasets* de IG existentes na *Internet*, mas sim de obter um conjunto de dados que permitam construir uma SDI, sem qualquer tipo de custos e que possibilite a construção de um modelo de dados para a monitorização dos sistemas

²⁰⁷ Ao nível internacional, para algumas ONG e Organismos públicos da GB, tendo sido redigidas em Inglês e Português

Formato	Tipo (extensão ficheiro)	Informação	Aquisição/contacto	Instituição	IP	Cidade	País
Vectorial	KML/SHP	Limites administrativos	http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/metadata.show?id=12691	FAO	168.202.252.1	Rome	Itália
	SHP	Linha de costa	http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/shorelines/shorelines.html outros: http://www.ngdc.noaa.gov/ngdcinfo/onlineaccess.html	NOAA	140.172.184.1	Boulder Denver Colorado	EUA
	TAR SHP	Hidrografia (com base GTOPO30); altimetria;	http://ed.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/hydro/africa.html	USGS	152.61.128.55	Sioux Falls, South Dakota (usgs - EROS Data Center)	EUA
	KML/SHP	Áreas protegidas e espécies	http://www.wdpa.org/Download.aspx	UNEP	194.59.188.21	Cambridge	Reino Unido
	DGN Texto	AP Lagoas da Cufada Delimitação AP Cantanhêz	CID-ROM/IICT (Esta informação tornou-se desnecessária com a obtenção do total de áreas protegidas do UNEP) Descrição dos limites (Esta informação tornou-se desnecessária com a obtenção do total de áreas protegidas do UNEP)	IICT IBAP (Guiné-Bissau)	- 209.190.218.10 (EUA)	Lisboa District of Columbia, Washington (STEELE COMMUNICATIONS)	Portugal GB/EUA
Raster	KML/SHP	Lista do Património Mundial	http://whc.unesco.org/en/list/kml/ (esta informação tornou-se desnecessária, uma vez que não existe elementos classificados como património mundial da UNESCO na Guiné-Bissau)	UNESCO	212.208.253.238	Paris	França
	KML/SHP TAR ASCIT/ADF /DEM/BSQ	Ocupação do Solo: Global Land Cover (GLC), hydro, gtopo30, strm	http://eros.usgs.gov/products	USGS	152.61.128.55	Sioux Falls, South Dakota (usgs - EROS Data Center)	EUA
	ADF	GLC (pub) 1998 1981-94 (pixel-1km)	http://www.landcover.org/data/landcover/				
	ADF SHP	GLC/Vegetation Continuous Fields/Continuous Field Tree Cover Product	http://glcfapp.umn.edu:8080/esdi/product	University of Maryland Department of Geography	128.8.120.83	College Park Maryland	EUA
	GeoTiff (ENVI)	Ocupação do Solo para a Guiné-Bissau para os anos de 1990, 1994, 2002 e 2007	IICT – projecto CarbVeg-GB	IICT	-	Lisboa	Portugal
Vectorial e Raster	TAR GeoTIFF	Imagens de satélite Landsat TM 7	http://glovis.usgs.gov/	USGS	152.61.128.91	Sioux Falls, South Dakota USGS - EROS Data Center	EUA
	ArInfo e00	Vários (rede hidro/limites administrativos/rede viária, outros)	http://data.geocomm.com/catalog/ http://www.isgm.org/login.html (registo) http://211.19.49.27/gmd/ CID-ROM (ESRI ArcGIS 9.3 - Data & Maps) http://www.esri.com	GeoCommunity	204.49.104.7	Defuniak Springs, Florida (DFSLnet)	EUA
	SHP	Vários vectoriais e raster (data & Maps) – Batimetria e relevo; limites continentais, país, região; toponímia; entre outros		GlobalMap ESRI	211.19.49.27 -	Yokohama (Media art Co.) Redlands California	Japão EUA
Servidores web	KML/WMS	rasters - mapas compostos e cobertura de imagem de satélite)	http://www.mgmaps.com	Mobile GMaps	64.85.162.113	East Lansing Michigan (Great Lakes Connet)	EUA
	KML/WMS	Várias coberturas globais:	http://search.nasa.gov/search.jsp?nasainclude=kml http://ti.arc.nasa.gov/m/project/planetary/kml/chl.kmz		128.102.105.66	Menlo Park, Califórnia	

	Concentração de clorofila no oceano (mensal); Landsat 2000, global pseudocolor; blue Marble	http://onearth.jpl.nasa.gov/	NASA	128.149.132.199	(NASA) Pasadena, Califórnia (NASA)	EUA
KML/WMS	Batimetria	http://www.bodc.ac.uk/data/online_delivery/gbco/	British Oceanographic Data Centre (BODC)	192.171.196.106	Liverpool (Natural Environment Research Council)	U.K.
WMS/KML/SHP	Hot Spots (Fogos em tempo real 24h/48h/7dias)	http://maps.geog.umd.edu/firms/opensource/firedata.htm ftp://mapsftp.geog.umd.edu/	Universidade Maryland The Fire Information for Resource Management System (FIRMS)	128.8.237.67	Maryland (University of Maryland)	EUA
WMS	Exemplos de catálogos/compilações de servidores WMS	http://www.skylab-mobilesystems.com/en/wms_serverlist.html http://www.ogc-services.net/ http://www.conservationmaps.org/Portal/pik?command=openchannel&channel=266 http://www.geowebportal.org/web/guest/home que remete (entre outros) para: http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home http://catalogues.eoportal.org/	SKYLAB Mobile Services SKYLAB Mobile Services/OGC Conservation GeoPortal (vários parceiros e patrocinadores) Group on Earth Observations (geo Portal) FAO EOportal (Sharing Earth Observations Resources)	80.67.28.34 62.75.157.247 63.241.153.186 198.165.9.94 168.202.252.1 193.206.136.226 (rede inatingível)	Ismaning, Bayern (SHARED WEBHOSTING /domainfactory GMBH) Hana - entre Frankfurt e Göttingen (SERVER / Intergenia AG) Redlands, Califórnia (ESRI / CERFnet) Saint John's (Bell Canada) Roma (FAO of UN) Roma (GARR Italian Research and Academic Network)	Alemanha Alemanha EUA Canada Italia Italia
WMS server	Exemplos de vários servers (Links de acesso directo em SIG)	http://wms.jpl.nasa.gov/wms.cgi? http://neowms.sci.gsfc.nasa.gov/wms/wms? http://g0hep12u.ecs.nasa.gov/mapserv/bin/wms_ogc?SERVICE=WMS&VERSION=1.1.1&REQUEST=GETCAPABILITIES& http://neowms.sci.gsfc.nasa.gov/wms/wms?version=1.3.0&service=WMS&request=GetCapabilities http://geo.compuconsult.net/scripts/mapman.dll?Name=dew&TARGET_SR=EPSG:4326	Jet Propulsion Laboratory (California Institute of Technology) NASA NASA NASA Compuconsult	128.149.132.199 169.154.196.70 81.92.204.203 169.154.196.70 198.165.106.21	Pasadena, California (NASA) New York Huntsville (Alabama) NASA New York Saint John's (Bell Canada)	EUA EUA EUA EUA Canada
IMS server	Great Apes Survival Project (GRASP)	http://bure.unep-wcmc.org Server IMS: http://bure.unep-wcmc.org	UNEP-WCMC	194.59.188.126	Cambridge (WCMC)	UK

Digital		Vários (rede hidrográfica, rede viária, mangal, distribuição de espécies, pescas)							
	PDF/Rasterizado	Dados climatológicos	http://docs.lib.noaa.gov/rescue/data_rescue_guinea-bissau.html	NOAA	140.172.254.226 NOAA-Boulder	Boulder Colorado		EUA	
	HTML	População [Base dados Criada a partir da visualização do website (cálculo densidade popu.)]	http://www.inep-bissau.org	INEP GB	193.136.171.24	Aveiro (Fundação para a Computação Científica Nacional)		Portugal	
Papel/Rasterizado	GPS (WPT/ GDB/ GPX) Magellan Garmin	Pontos GPS (chimpanzés/outras macacos-vocalizações, ninhos, fezes – recolhidos no campo)	http://www.fcsh.unl.pt	FCSH/UNL	-	Lisboa		Portugal	
	Papel/IMG	Cartas 1:50 000 (1949-1960); 1:500 000 (1961). Centro de Geografia do Ultramar	http://www.igcc.pt http://www2.ict.pt	Inst. Geo. Exercito Inst. Tropical	-	Lisboa		Portugal	
		(vectorização Rede Viária/Toponímia/Limites Administrativos)	http://www.cnspl.unl.pt http://blogueforanada.blogspot.com/search?q=	Univ. Nova Lisboa Blog (pessoal)	74.125.79.191	MountainView (GOOGLE)		EUA	

Quadro 5 – Multifontes de IG para o desenvolvimento de SDI

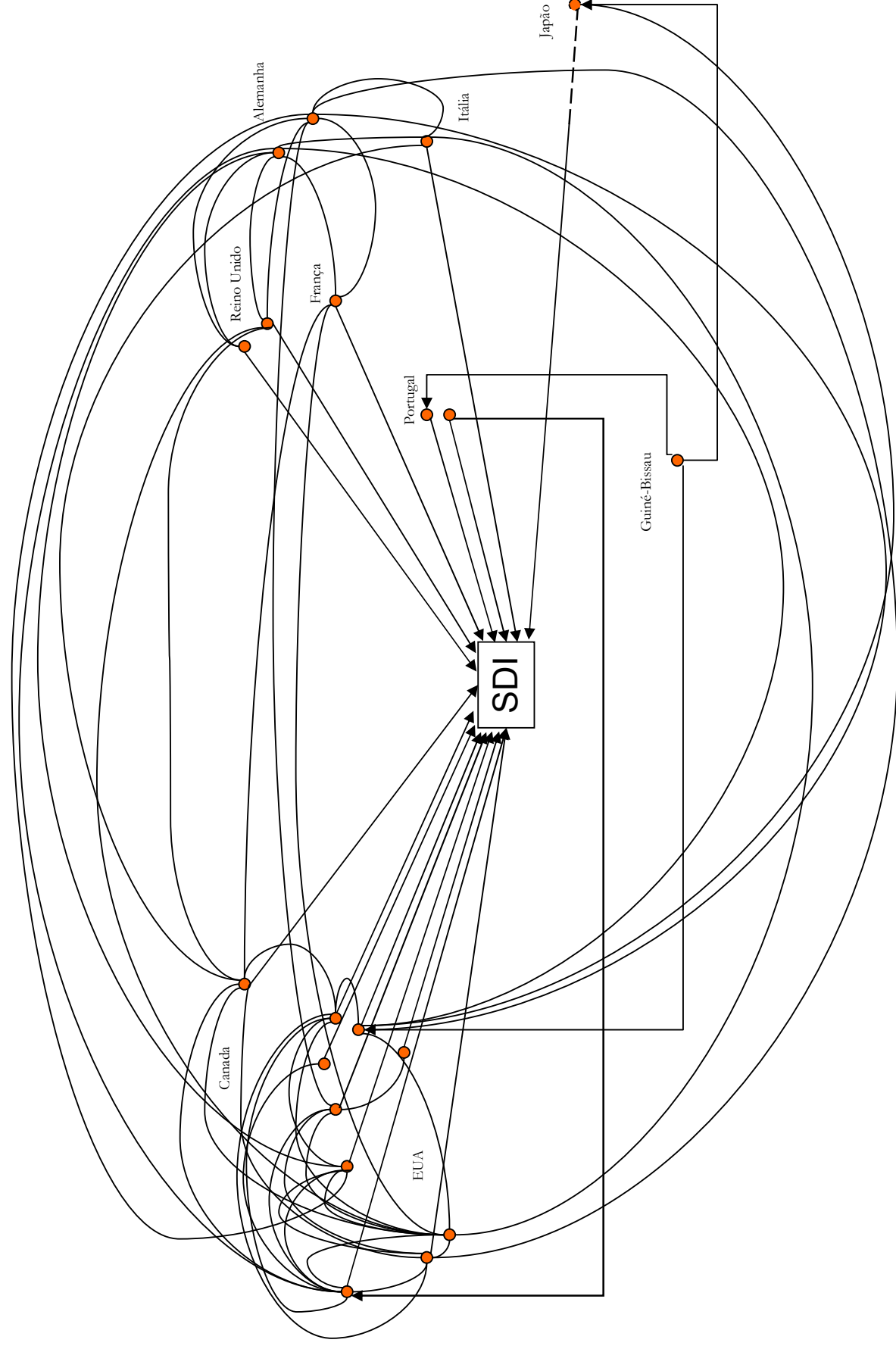


Figura 18 – Mapa de grafos da localização física da IG disponibilizada e recolhida para a Guiné-Bissau (com base no quadro 5)

ambientais para a Guiné-Bissau, orientando a procura para as fontes mais credíveis, em termos de disponibilização de IG e da sua qualidade.

Na Figura 18, esquematiza-se num mapa de grafos com a localização física da informação recolhida (de acordo com o quadro 5) e uma aproximação às complexas ligações existentes entre catálogos, *web-services*, portais e páginas de disponibilização de IGD na *Internet*. Encontram-se ainda reunidos a proveniência de algumas fontes de dados alfanuméricos e cartográficos no formato analógico, recolhidas no decorrer desta dissertação.

Da análise realizada ao quadro 5 e figura 18, salienta-se o facto de nenhuma da informação recolhida para a realização desta dissertação, estar fisicamente alojada na Guiné-Bissau, ainda que diversos organismos públicos deste país, tenham cedido alguma IG, para disponibilização através de portais, *web-services*, entre outros. Esta constatação poderá dever-se a diversos factores como: a pesquisa de dados efectuada ser restrita e não ter conseguido contemplar IG disponível e fisicamente residente na Guiné-Bissau; ou na inexistência de um elevado número de fontes de disponibilização de IG, em África, que poderá explicar-se por motivos de instabilidade política e insegurança da salvaguarda dos dados, a (ainda) deficiente estrutura de redes de banda larga, a dificuldade de assistência técnica e de recursos financeiros para o suporte e manutenção das infra-estruturas, entre outros (problemas já evidenciados no ponto um deste capítulo).

2.3. Visualização dos dados e partilha de informação

A IG e a construção de um SDI, como contributo para o correcto ordenamento do território e planeamento ambiental, para além do seu valor intrínseco (já abordado anteriormente), poderá ter uma utilidade fundamental se for disponibilizada de uma forma global, principalmente se o seu acesso for generalizado em *software* livre de custos e de relativamente fácil utilização. O tratamento da IG no formato digital e disponibilização em formatos que permitam ao utilizador, não só visualizar os *layouts* produzidos, mas também interagir e produzir a sua própria informação, torna-se bastante mais apelativa, especialmente se consistir num modelo de dados, que torne possível a sua constante actualização ou pelo menos do suporte cartográfico de base. Por outro lado, actualmente, os diversos softwares SIG existentes no

mercado que começam a facultar ferramentas para a criação de PDF com a segregação de níveis de IG (informação gráfica e alfanumérica). A Adobe, com o lançamento do Acrobat Reader 9.0 (gratuito), permite visualizar cartografia produzida em SIG no formato PDF, com o benefício de possibilitar a integração de níveis de IGD à medida das suas pretensões ou necessidades.

A crescente dinamização de geo-browsers, tem vindo a incrementar procedimentos, *scripts* e aplicativos para a conversão de IG entre temas SIG e no formato KML. Deste modo e considerando, por um lado, as carências de recursos técnicos e financeiros, que persistem em contexto africano, e por outro, as vantagens de divulgação/manipulação de IG, recorreu-se a conversão de variados temas realizados em SIG para uma estrutura organizada de pacotes de dados no formato KML (para visualização em GE). O software GE funciona não só como uma ferramenta de visualização de IG, mas também para a produção de alguns níveis de informação a partir do posicionamento de cartografia analógica. No entanto, importa referir que poderão existir erros de diversa ordem, como:

- Erro da natureza do sensor (resoluções) e posicionamento das imagens de satélite do software (são construídas grelhas de imagens de diferentes satélites a diferentes órbitas, com diferentes resoluções);
- Erros de concordância das Imagens/cartografia com a geografia do território (desvio devido ao relevo ou outros acidentes geográficos);
- Erro de *scan* (resolução e introdução da cartografia em papel no processo de digitalização);
- Deformação do papel (comportamento físico e químico do papel);
- Escala (generalização de informação); entre outros.

O posicionamento de cartas rasterizadas, de forma interactiva e com pontos de amostragem de objectos, que se mantêm inalterados durante o desfasamento temporal entre a imagem base (cartografia de base fornecida pelo software) e a cartografia (em papel, rasterizada) é bastante semelhante a algumas ferramentas SIG amplamente utilizadas (e.g. ESRI ArcGIS - “*Warp*” na versão 3.x ou “*Georeferencing*” na versão 9.x), ainda que, seja um processo manual e sem a atribuição de cálculos de valores de erro associado (Correspondência entre elementos existentes na origem e fonte de dados). Deste modo foram posicionadas as cartas 1:500 000 e 1:50 000 (Mapas 1 a 5).



Mapa 1 – Cartografia 1:500000 posicionada no Google Earth



Mapa 2 – Cartografia 1:500000. Extração de informação fundamental



Mapa 3 – Cartografia 1:500000. Utilização de semi-transparências



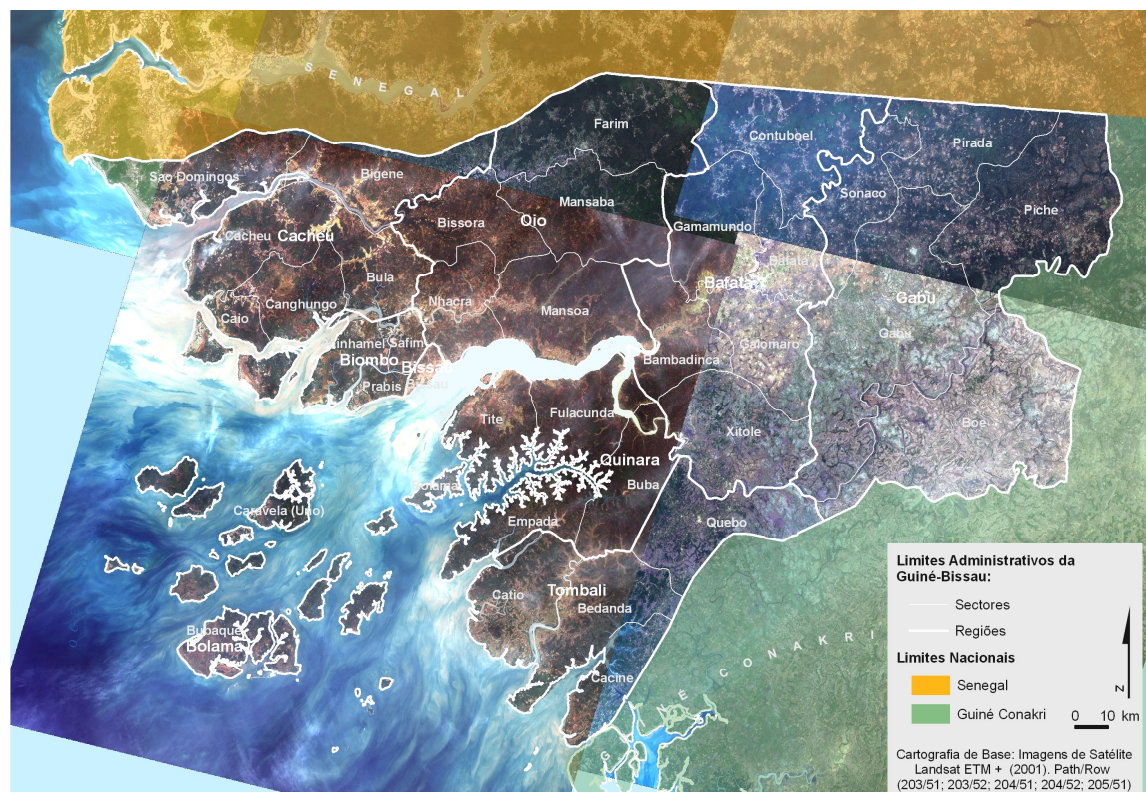
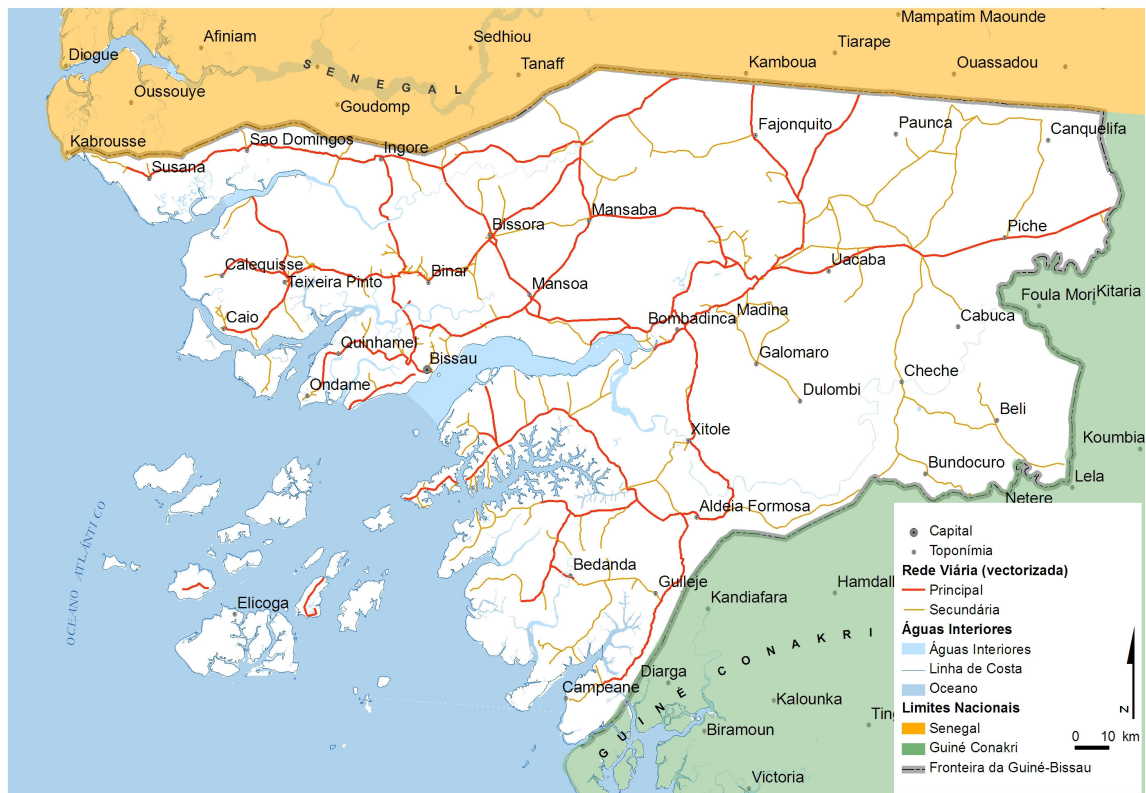
Mapa 4 – Cartografia 1:500000. Vectorização a partir do Google Earth



Mapa 5 – Cartografia 1:50000 posicionada no Google Earth. Semi-transparências e validação da vectorização de diversos níveis de IG

A Utilização do *software* GE para o posicionamento de cartografia em papel (rasterizada), tem a vantagem de poder disponibilizar níveis base, para qualquer operador, que mesmo sem grandes conhecimentos SIG, consegue visualizar, através de um processo de semi-transparências a carta aplicada e a cartografia base, possibilitando ainda a realização de tarefas como a vectorização e análise dos dados sem qualquer tipo de custos (v. gratuita) ou necessidade de formação (sendo o seu funcionamento bastante intuitivo). Deste modo, poderão realizar-se elevados números de processos de produção/tratamento de diversos níveis de IG, no formato digital e geo-referenciados, que serão facilmente convertidos para qualquer software SIG (exemplo da rede viária vectorizada em Google Earth/KML e convertida para o formato ESRI/shapefile - Mapa 6). Os SIG permitem, actualmente, a projecção das coordenadas *on-the-fly*, a partir do momento em que são conhecidos e atribuídos os respectivos sistemas de coordenadas. O GE possibilita três sistemas globais, sendo que depois de definidos, serão projectados de acordo com o projecto realizado em SIG. No âmbito da tese, foram vectorizados três níveis de IG: rede viária, toponímia e os limites de fronteira. Considerando a data de produção da cartografia (relativamente antiga – entre as décadas de 1940 a 1960), verificou-se que estes níveis se mantinham com poucas alterações, não sendo considerada a possibilidade de actualização, tendo em conta os objectivos pretendidos no âmbito da dissertação. Dos resultados obtidos, verificou-se que para além de subsistirem algumas estradas que não existiam na altura da produção da carta 1: 500 000 (sobretudo secundárias), a maioria destas vias tem um grau de exactidão superior aos níveis retirados das diversas fontes de dados *on-line* (esta última com um erro de posicionamento de mais de 1 km em muitos locais). Será ainda importante referir que se poderá proceder à vectorização a partir das cartas 1:50 000 que foram, também posicionadas, ainda que usadas apenas para análise e visualização, assim como de muitos outros níveis de IG de base, para a validação e correcção da IG obtida. A rede viária é obviamente fundamental para conhecer as acessibilidades de um território, sendo actualmente um dos principais produtos cartográficos comercializados quer em formato analógico (mapa de estradas), quer em digital para introdução em Navegadores GPS, entre outros.

Considerando o contexto africano e tal como o estudo referido no ponto um deste capítulo, conseguiu-se obter um *dataset* de IG considerada fundamental para o contexto africano. Os mapas 6 e 7 demonstram como a informação vectorizada no formato GE/KML, poderá ser integrada com os restantes níveis de IG recolhidos on-line, de acordo com o quadro 5, das multifontes de IG.

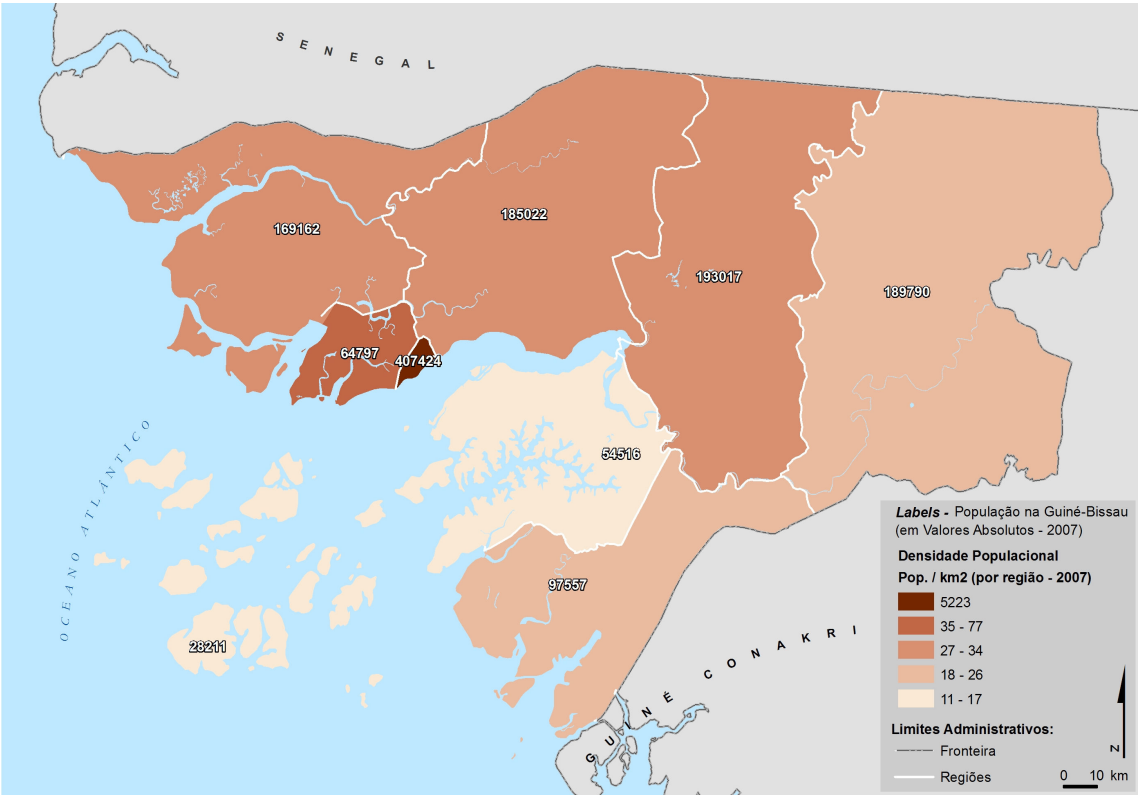
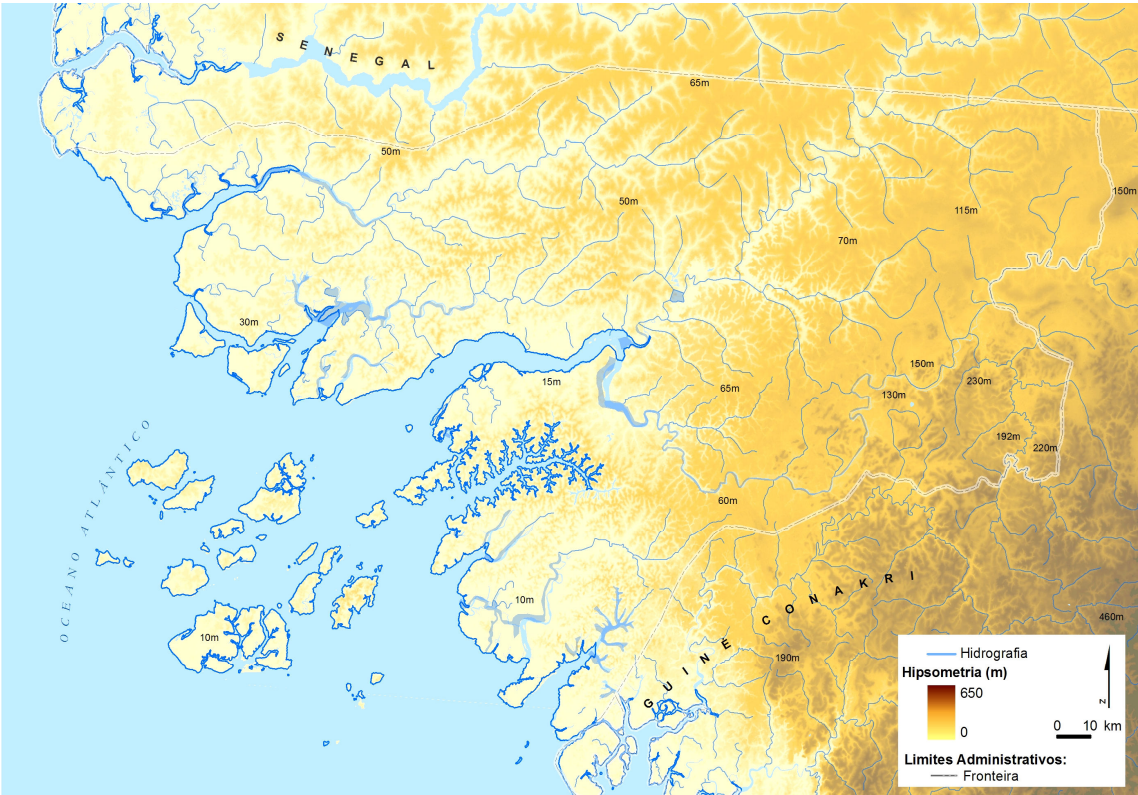


O relevo, permite identificar as características morfológicas do terreno e como este influencia diversos elementos climatológicos (e.g. mecanismo de Fohen) e geomorfológicos (sistema vertente), influenciando consecutivamente os valores bióticos. Por outro lado, a partir do Modelo Digital de Terreno, torna-se possível em qualquer software SIG, realizar facilmente a carta de declives²⁰⁸, as exposições de vertentes²⁰⁹, ou a criação de modelos para identificação da rede hidrográfica (Ainda que dependa substancialmente do substrato geológico e litológico). A Rede Hidrográfica é um dos principais elementos presentes no território. A água é um elemento essencial à vida, funcionando como habitat para variadas espécies e suporte para muitas outras. Sendo um dos principais agentes erosivos e meio de transporte para determinadas espécies, o seu fluxo é influenciado e influencia a modelação de terreno. Este nível de informação geográfica é ainda relevante para o conhecimento do sentido de escoamento desde a nascente à foz, bem como as trocas de energia realizadas durante o seu percurso. Através da análise do tipo de rede (denditrica, reticular, etc.), consegue-se muitas vezes interpretar ao tipo de material subjacente (associado à forma, regime, entre outros). O relevo e hidrografia possibilitam em conjunto a determinação dos pontos críticos de retenção de águas e eventuais inundações (riscos), ou festos e talwegues. O mapa 8, ilustra os dados obtidos a partir do projecto SRTM, determinando-se uma legenda para a mais fácil percepção do relevo e da rede hidrográfica na Guiné-Bissau. Deste modo, torna-se perceptível a variação altimétrica, as linhas divisórias de águas, as bacias hidrográficas e orientação do escoamento da água. No entanto, como na Guiné-Bissau a variação do relevo não tem grande expressão, optou-se por não realizar a carta de declives, exposição de vertentes ou delimitação de bacias hidrográficas, uma vez que não iria acrescentar muitos elementos ao que já se torna perceptível no mapa.

A partir de dados estatísticos, foi possível realizar a espacialização de indicadores demográficos. A associação entre dados alfanuméricos e informação gráfica, permitiu exemplificar no mapa 9, a produção de nova informação (densidade populacional) a partir de dados brutos (população em valores absolutos por região). Depois de tratados, foram convertidos para o formato GE. Este tipo de informação, poderá, no entanto, realizar-se a outras escalas e para outros dados estatísticos, para além dos demográficos, sendo para isso necessário ter por um lado, a informação gráfica e, por outro, os dados alfanuméricos. Deste modo, torna-se mais perceptível e de fácil leitura a constatação da realidade demográfica nacional.

²⁰⁸ Identifica áreas com maior/menor sensibilidade ecológica, de susceptibilidade à erosão, ou limites à edificação, entre outros (Magalhães, 2001)

²⁰⁹ Em conjunto com a Latitude, permite identificar quais as parcelas de terreno que recebem maior radiação solar e consequentemente a maior ou menor produção fotossintética ou maior ou menor conforto bioclimático (Magalhães, 2001)



As áreas protegidas ou reservas ambientais, tal como foi referido no primeiro capítulo são uma das principais medidas para a preservação ecológica e mitigação dos problemas ambientais, sendo estabelecidos limites à ocupação e utilização humanas. Para integrar um nível de IG com as áreas protegidas, começou-se por realizar, de acordo com as descrições em texto das suas fronteiras²¹⁰, a delimitação com apoio das cartas 1:50 000 posicionadas e a cartografia de base do GE. No entanto, tendo-se encontrado posteriormente a delimitação para o total das áreas protegidas da Guiné-Bissau, este procedimento tornou-se desnecessário. Deste modo, foram tratadas em SIG as legendas e designações das diversas áreas protegidas e posteriormente convertidas para o formato Google Earth/KMZ, para a sua visualização (Mapas 10 e 11). A informação alfanumérica (base de dados) foi associada, estando também ela disponível no GE.

Para a realização das cartas de ocupação do solo (mapas 12 a 15), foram recolhidas dezanove imagens de satélite Landsat (TM e ETM+), para os anos de 1990, 1994, 2002 e 2007 (Quadro 6). Para o ano de 2007, não foi realizado a ocupação do solo na área correspondente ao Path/Row: 205/51. Foram efectuadas as correcções geométricas, com pontos de controlo obtidos em campo (em duas campanhas realizadas em 2007 e 2008). Aplicou-se uma mascara para as nuvens e sombras e efectuado um *resampling* para o pixel de 25 metros (CarboVeg-GB/IICT).

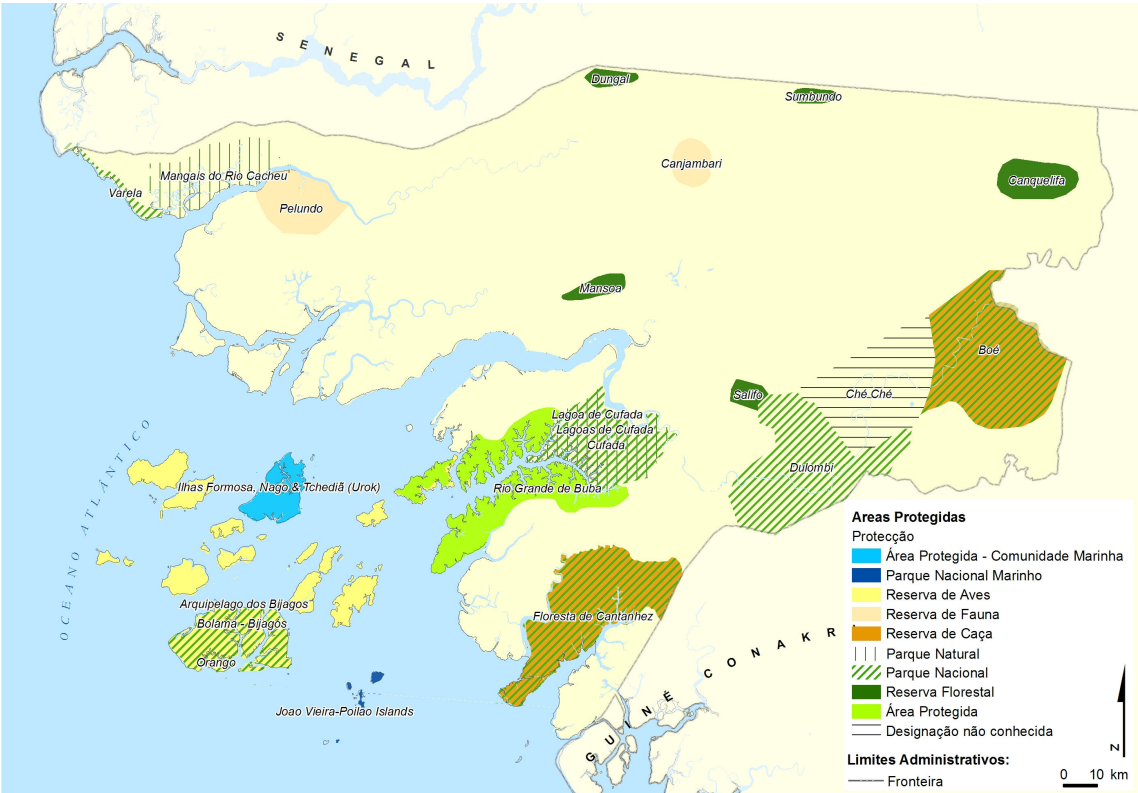
Path/row	1990	1994	2002	2007
203/51	29 de Nov.	22 de Abr.	4 de Abril	9 de Mar.
203/52	5 de Nov.	22 de Abr.	4 de Abr.	9 de Mar.
204/51	28 de Nov.	13 de Abr.	11 de Abr.	28 de Fev.
204/52	28 de Nov.	13 de Abr.	11 de Abr.	28 de Fev.
205/51	5 de Dez.	4 de Abr.	-	7 de Fev.

Quadro 6 - Identificação do Path/Row das imagens de satélite e respectivas datas de aquisição²¹¹

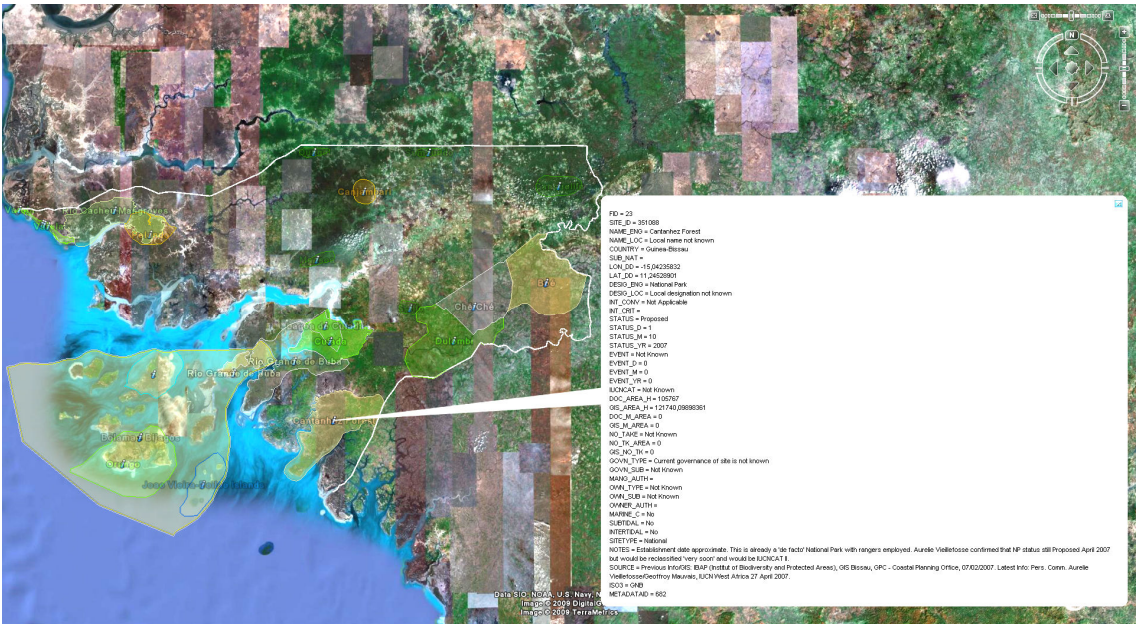
O algoritmo de classificação utilizado foi o CART, para a realização de dez classes de ocupação do solo, segundo a Land Cover Classification System (LCCS). A precisão global foi: 1990, 91,5%; 1994, 93,3%; 2002, 95,5% e 2007, 96,9%. Os valores Kappa foram todos superiores a 0,9. No entanto, para o ano de 1990, a classificação da classe “floresta densa” e “floresta aberta”, registaram-se valores de 89,3% e 83,1% respectivamente, sendo o ano com maior número de pixéis mal classificados (CarboVeg/IICT).

²¹⁰ Cedido pelo IBAP ao projecto ChimpGB

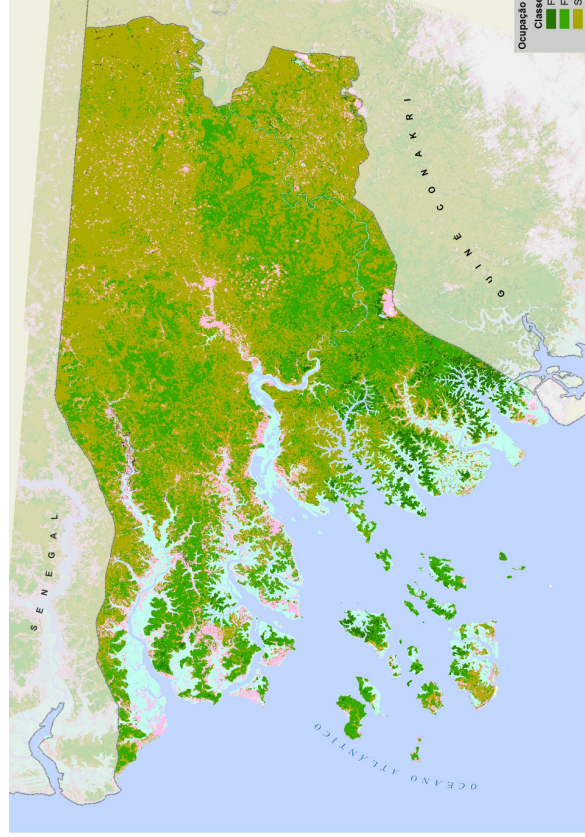
²¹¹ Fonte: CarboVeg-GB/IICT



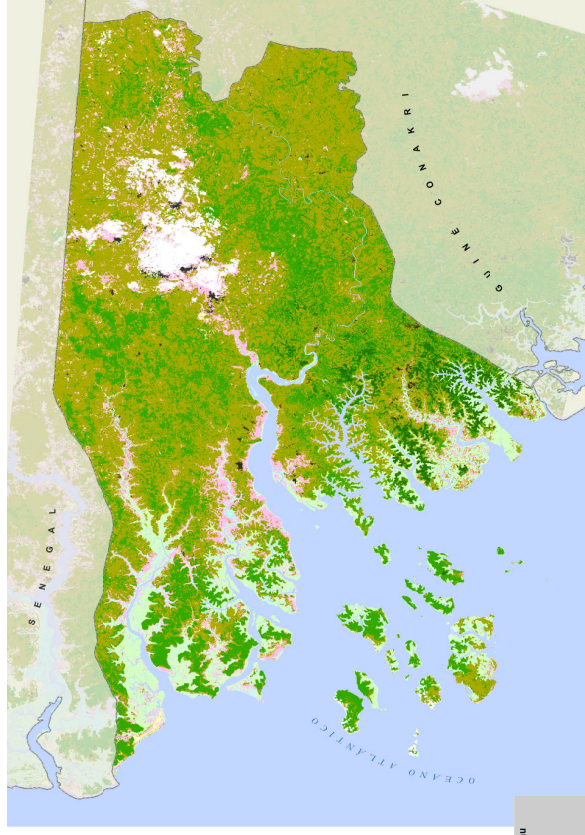
Mapa 10 – Áreas Protegidas na Guiné-Bissau (Tratamento em SIG)



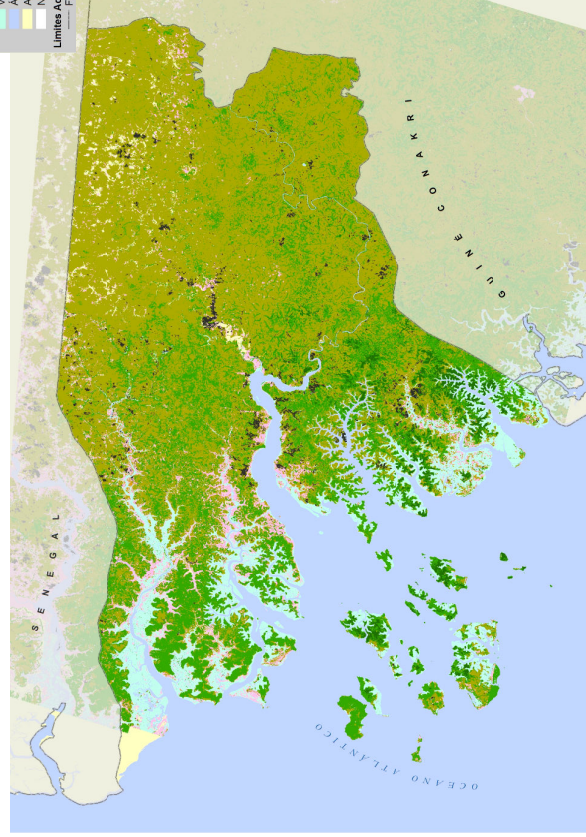
Mapa 11 – Áreas Protegidas na Guiné-Bissau (Visualização em Google Earth de informação gráfica e alfanumérica)



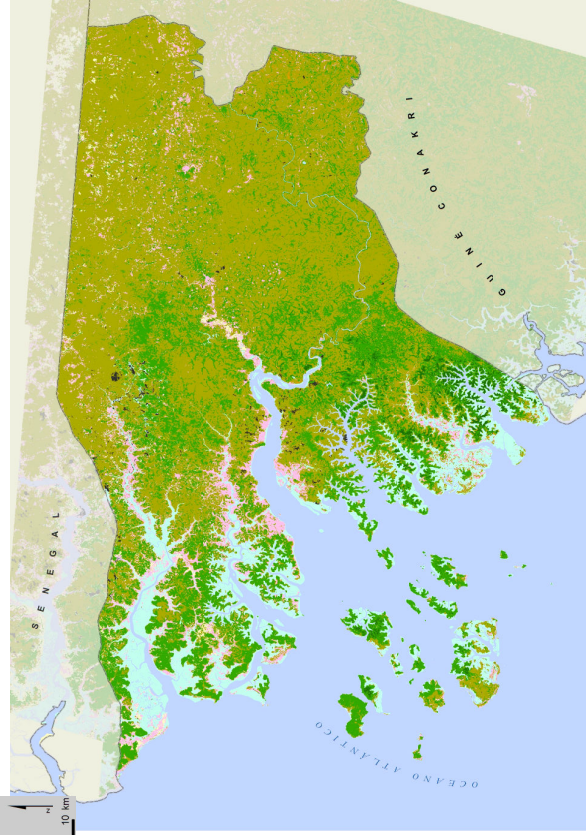
Mapa 12 – Ocupação do Solo em 1990 (CarboVeg-GB/IICT)



Mapa 13 – Ocupação do Solo em 1994 (CarboVeg-GB/IICT)



Mapa 14 – Ocupação do Solo em 2002 (CarboVeg-GB/IICT - incompleto)



Mapa 15 – Ocupação do Solo em 2007 (CarboVeg-GB/IICT)

A classe “mangal” foi a que registou menor número de erros de comissão e omissão (Oom, *et al.*, 2008). No quadro síntese e figura seguintes, são apresentadas as alterações do coberto do solo, calculadas em função da área ocupada (em hectares) e a percentagem da sua alteração, entre os diversos anos (Carboveg-GB/IICT, 2008).

	1990	% Alteração	1994	% Alteração	2002	% Alteração	2007	% Alteração 1990- 2007
Floresta Densa	128361	-28,43	91871	-5,99	86363	-23,84	65775	-48,76
Floresta aberta	1043411	-31,47	715016	3,83	742380	-4,77	706998	-32,24
Savana arbórea	1127313	23,09	1387622	3,38	1434529	4,81	1503534	33,37
Mangal	251405	9,33	274848	11,61	306765	-5,31	290482	15,54

Quadro 7 – Variação da ocupação do solo na Guiné-Bissau durante o período de 1990 a 2007²¹²

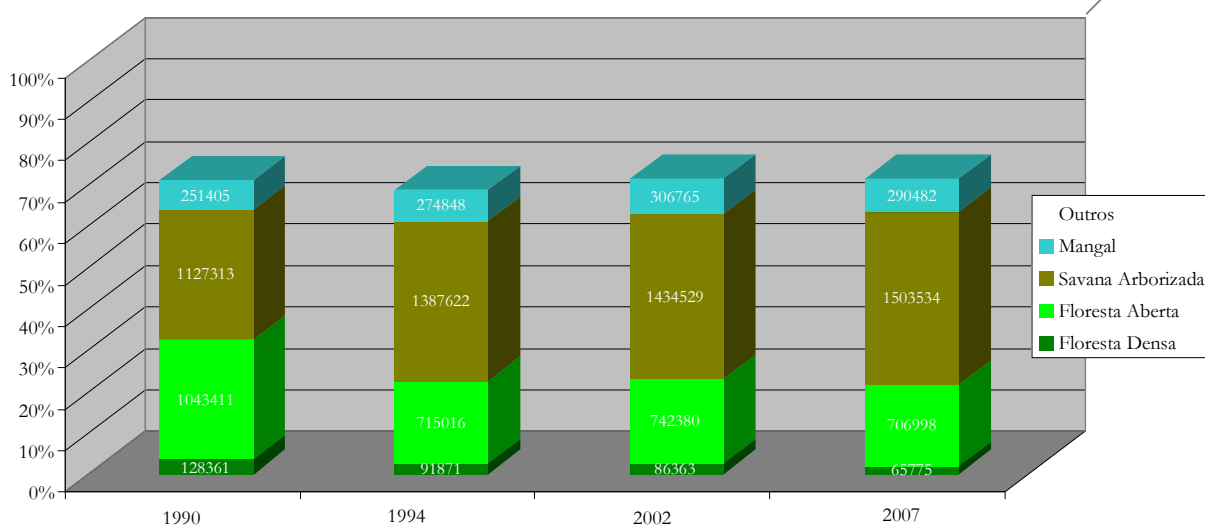


Figura 19 – Variação da ocupação do solo na Guiné-Bissau nos anos de 1990, 1994, 2002 e 2007

A análise ao quadro 7 e à figura 19, poderá concluir-se que se verificou sobretudo um decréscimo nas áreas florestais (maior na “densa” em percentagem e na floresta aberta em área) e um acréscimo nas áreas de savana e mangal ao longo de dezassete anos (de 1990 a 2007).

Relativamente aos pontos GPS obtidos no terreno de 2007 a 2009 (para as áreas de Quinara e Tombali, projecto ChimpGB), relativamente a diversas ocorrências de sítios e delimitações de áreas, foram tratados em software ArcGis 9.3 (conversão de diversos formatos de dados – diversos GPS,

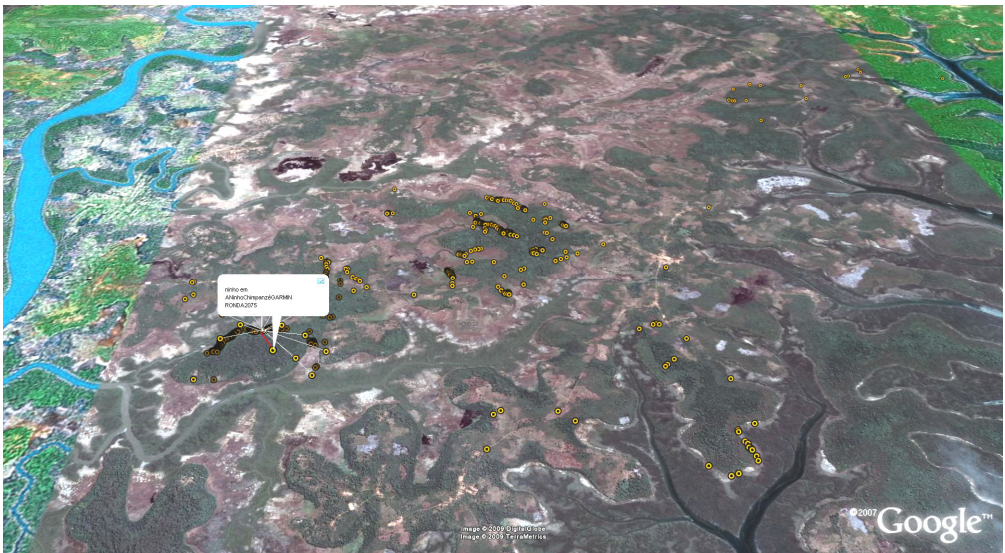
²¹² Adaptado de Oom, *et al.*, 2008



Mapa 16 – Distribuição de Primatas na Guiné-Bissau (CHIMPGB)



Zoom 1 – Distribuição de Primatas (GB)



Zoom 2 – Distribuição de Chimpanzés (GB)
(visualização oblíqua e Base de dados associada)

dois Garmin e um Magellan com os formatos GDB/GPX/WPT)²¹³. Depois de se extrair a informação do GPS, foi introduzida a respectiva base de dados, produzida pelo projecto ChimpGb e integrada numa única shapefile e atribuído um único sistema de coordenadas. Quando este nível de pontos foi convertido para o formato KML, possibilitou a análise da informação com a diversa cartografia de base interna do GE, mas também outros elementos convertidos ou disponíveis por diversos produtores mundiais de IG. Do total de ocorrências registadas (símios), foram extraídos apenas as relativas à espécie de Chimpanzés (*Pan troglodytes verus*) da base de dados (Mapa 16 e respectivos zooms). Deste modo, permitiu-se dar autonomia (software gratuito e mais fácil de funcionar) ao projecto ChimpGB, permitindo a maior rapidez na avaliação dos dados tratados e recolhidos, bem como na análise e visualização da informação e integração com outros níveis de IG.

Os resultados foram bastante satisfatórios, uma vez que poderiam subsistir diversos erros, quer do sistema GPS (como referido no segundo capítulo) ou na integração e utilização de algoritmos, para a conversão de diversos sistemas de coordenadas (em SIG), assim como na informação disponibilizada pelo GE (composição de mosaicos de diversas imagens de satélite, sistema de coordenadas - global, ou diversos factores como o relevo, dinâmica do planeta, entre outros).

Deste modo, nos pontos recolhidos, foram verificadas



Fig. 21 – Limite entre área florestal e savana na região de Cantanhez (GB)
(Fonte: ChimpGB)

precisões iguais ou inferiores aos dados indicados pelo fabricante dos diversos receptores GPS utilizados

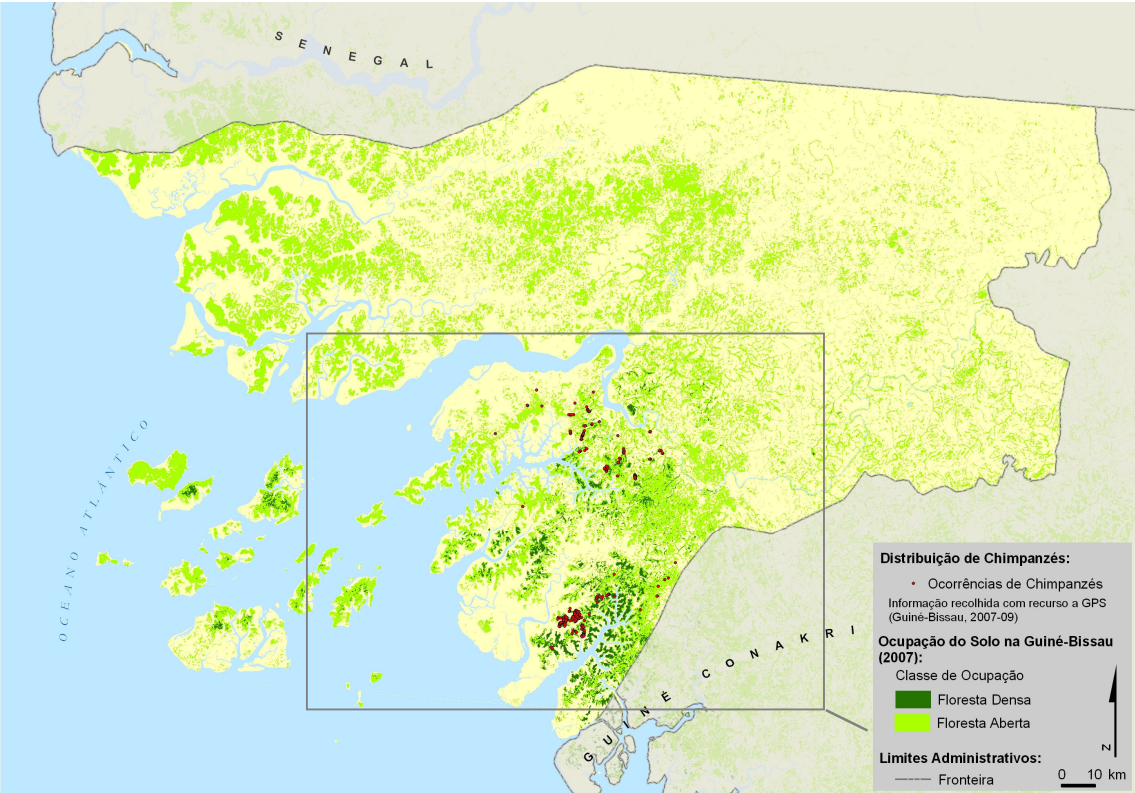
(precisão variável, ainda que sempre inferior a 15 m).

Da integração entre a informação recolhida em campo com recurso a GPS e as classes de ocupação do solo floresta densa e floresta aberta, verificou-se que, a presença de chimpanzés se encontra nos limites entre ambas as classes com a área de savana (na região de Quinara e Tombali, na Guiné-Bissau). Esta presença pode ser explicada por diversos motivos, quer pela abundância de alimento, ou pelo sistema de vistas privilegiado (explicado pelo relevo e/ou pela altura do porte arbóreo), entre outros (Mapa 17 e respectivos zooms).

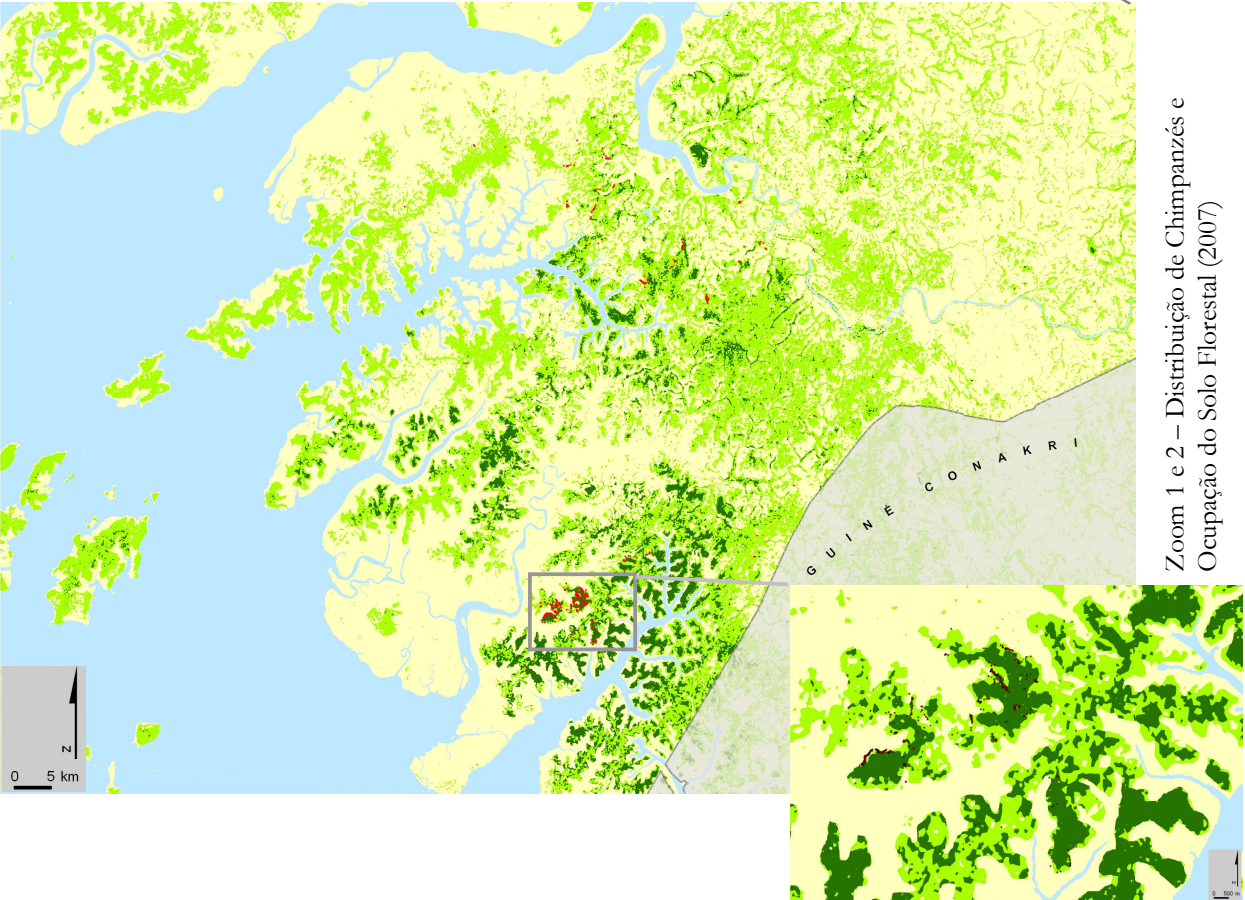


Fig. 20 – Ninhos de Chimpanzés na região de Cantanhez, Tombali (GB)
(Fonte: ChimpGB)

²¹³ Receptores GPS utilizados: GARMIN – 60 CX / GARMIN - eTrex / Magellan eXplorist 210



Mapa 17 – Distribuição de Chimpanzés (2007-09) e Ocupação do Solo Florestal em 2007 na Guiné-Bissau



Zoom 1 e 2 – Distribuição de Chimpanzés e Ocupação do Solo Florestal (2007)

Da ocupação do solo realizada para a Guiné-Bissau é possível isolar apenas as classes pretendidas, tendo-se extraído das cartas de Ocupação do solo, apenas as classes de floresta densa e floresta aberta para os dois anos extremos (1990 e 2007). A realização deste procedimento prende-se com os resultados expressos no quadro 7, uma vez que, são as duas classes de ocupação do solo com maior decréscimo

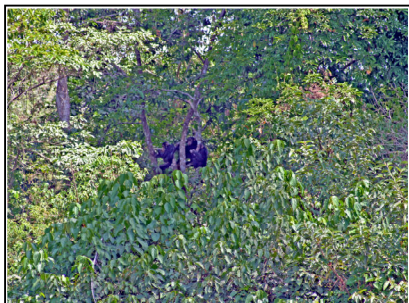


Figura 22 – Presença de chimpanzés em áreas florestais (Guiné-Bissau)
(Fonte: ChimpGB)

durante o período considerado. A partir da constatação dos mapas 18 e 19, consegue-se determinar espacialmente e quantificar a evolução das áreas florestais durante este período (alteração da ocupação do solo). A realização de análises espaciais permitirá conhecer se a redução ou incremento de uma classe de ocupação do solo, influenciará a ocorrência ou não, de determinadas espécies (fauna e flora), conhecendo os padrões da sua presença

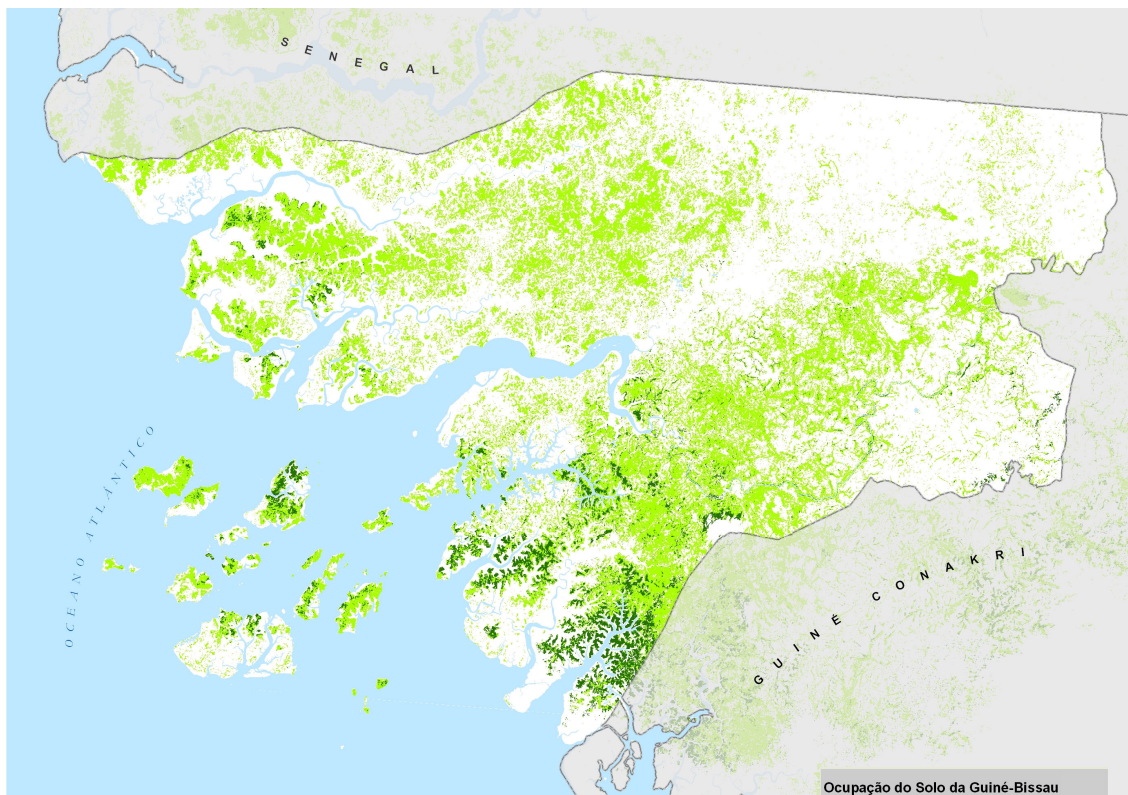
ou ausência, ainda que deva ser complementado com os restantes variáveis e critérios explicativos.

A disponibilização dos dados recolhidos pelo sensor MODIS a bordo dos satélites AQUA e TERRA, para a identificação das áreas ardidas (MODIS Burned Area Product)²¹⁴, tornou possível aceder a este conjunto de dados para as últimas vinte e quatro horas de todos os possíveis focos de incêndio no planeta²¹⁵ (disponível em diversos formatos e períodos de tempo). Esta informação é disponibilizada sob a forma de web-services, quer no formato KML do GE (mapa 20), quer via WMS para software SIG (Mapa 21).

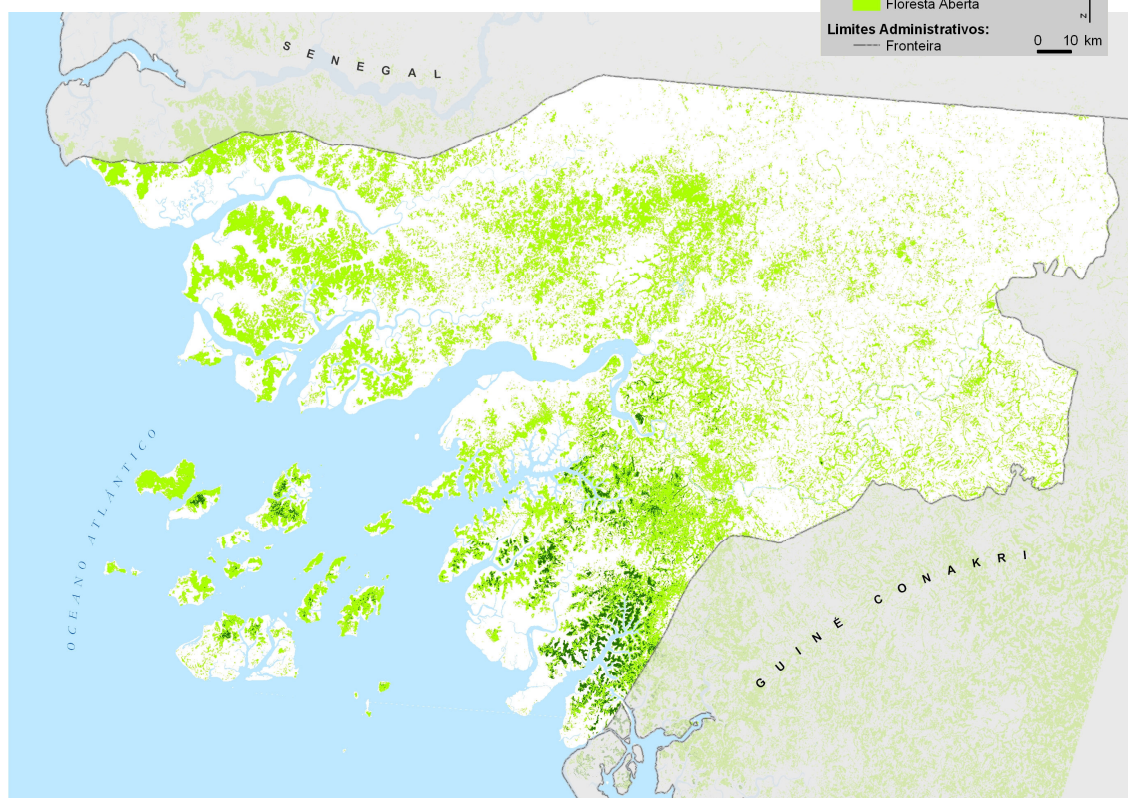
Nos mapas 20 e 21, pretende-se exemplificar a capacidade de se identificar ao nível global as áreas ardidas. A título de exemplo a 30 de Julho de 2009, consegue-se aceder a dados satélite recolhidos no dia imediatamente anterior (29 de Junho de 2009). No decorrer desta dissertação foram concentrados diversos outros serviços disponibilizados na internet, que permitem acederem a dados, actualizados em tempo real pelo produtor de IG. Deste modo, torna-se possível não só o recurso de informação constantemente actualizada como também livre de custos.

²¹⁴ <http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/> (último acesso em Julho de 2009)

²¹⁵ Os produtos são definidos numa *sinusoidal grid* global de 250m, 500m ou 1 km. As *grids* são divididas para um mosaico de áreas fixas de aproximadamente 10x10 graus de tamanho (Roy, 2006)



Mapa 18 – Área Florestal na Guiné-Bissau em 1990

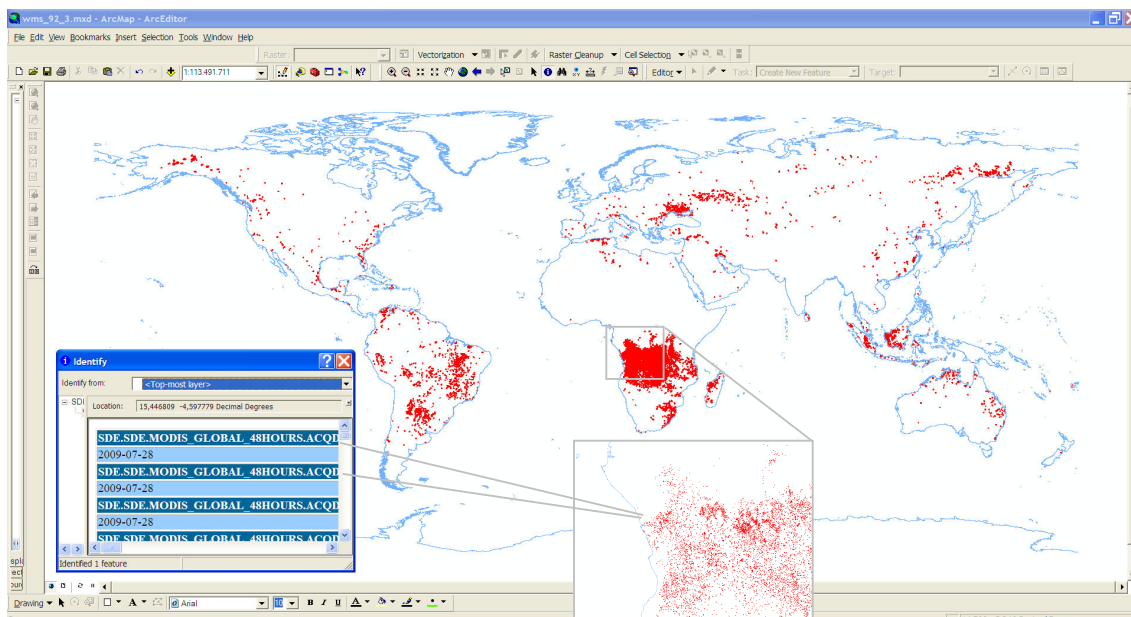
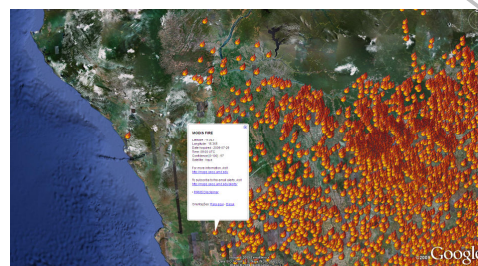


Mapa 19 – Área Florestal na Guiné-Bissau em 2007



Mapa 20 – HotSpots (últimas 24h). Localização de eventuais focos de incêndio no planeta (sensor MODIS dos Satélites AQUA e TERRA). Visualização em Google Earth

Exemplo de um zoom a ocorrências de incêndios (à data de recolha a região com mais focos) na região de Angola, Rep. Democrática do Congo, Congo (Brazzaville) e Gabão (30 de Julho de 2009)



Mapa 21 – HotSpots (últimas 24h). Localização de eventuais focos de incêndio no planeta (sensor MODIS dos Satélites AQUA e TERRA). Visualização em ESRI ArcGIS 9.3

O acesso às áreas ardidas ao nível global, permite ainda realizar a evolução das áreas ardidas durante longos períodos de tempo para um determinado espaço geográfico. A figura 23 explicita o número de ocorrências de fogos activos (diários), obtidos nos períodos de 2001 a 2008 para a Guiné-Bissau²¹⁶.

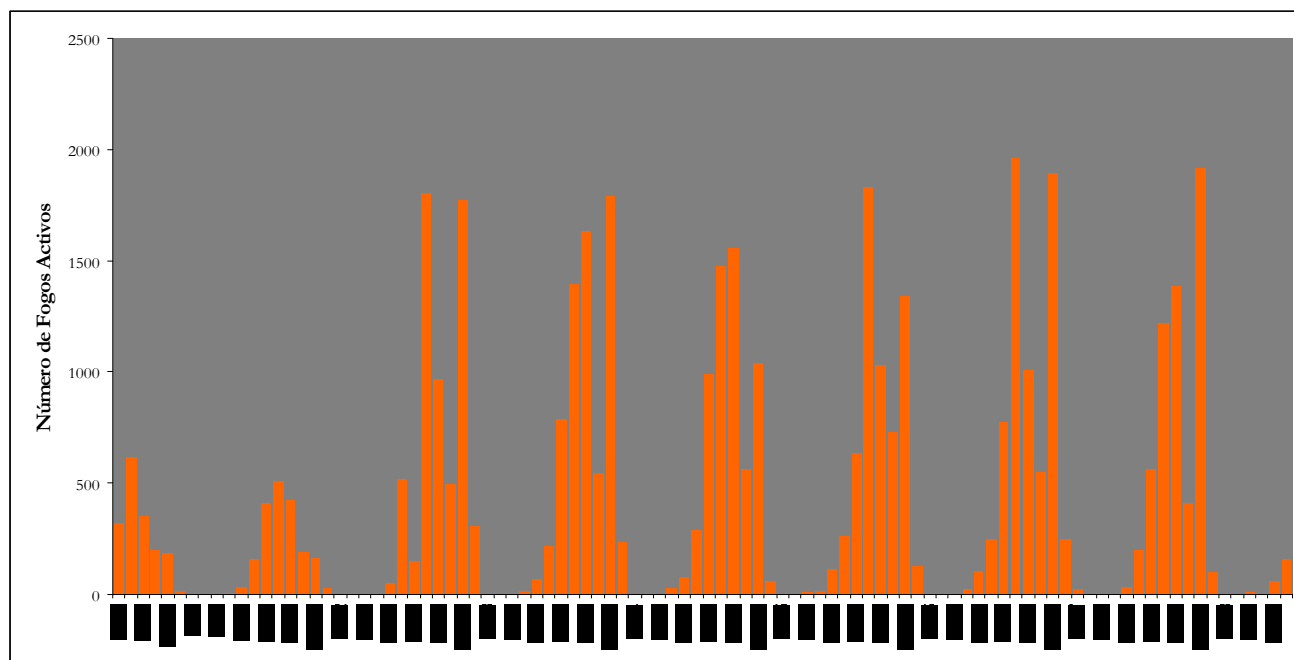
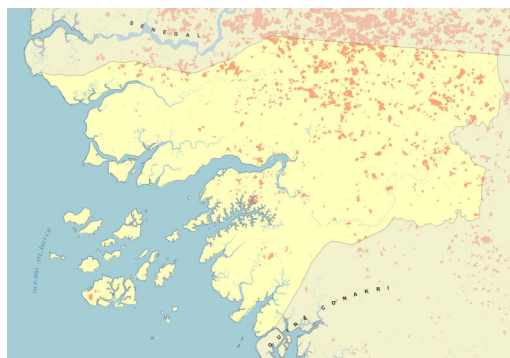


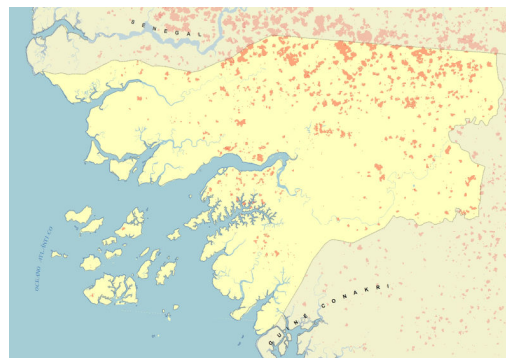
Figura 23 – Número de fogos activos no período de Janeiro de 2001 a Dezembro de 2008 na Guiné-Bissau (Fonte: IICT/FIRMS)

Para além do número de ocorrências encontra-se ainda disponível a delimitação das áreas ardidas para a totalidade do globo. O mapa 22 apresenta em mancha as áreas ardidas nos períodos de maior incidência de focos de incêndio na Guiné-Bissau (Janeiro a Maio), numa sequência anual (ainda que desagregada ao nível mensal). No mapa 23 estão representados por um processo de *overlay* a sucessão de áreas ardidas nos períodos de Janeiro a Março, para os anos de 2001 a 2008 (excepto 2007) para a Guiné-Bissau, identificando-se não só as áreas ardidas, como a sua frequência e incidência (representado numa graduação de cores claras a escuras a intensidade de fogos para uma determinada área).

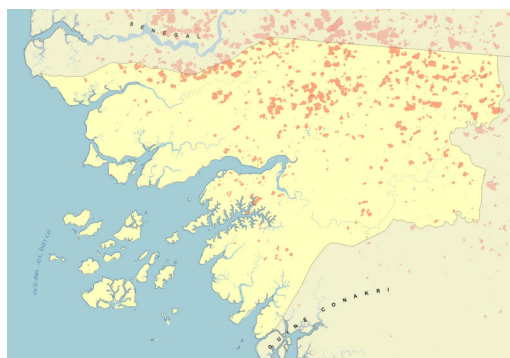
²¹⁶ Fonte: IICT, obtida através do site do FIRMS (ver quadro 5)



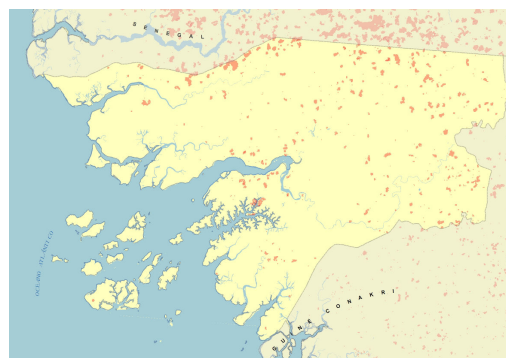
2001



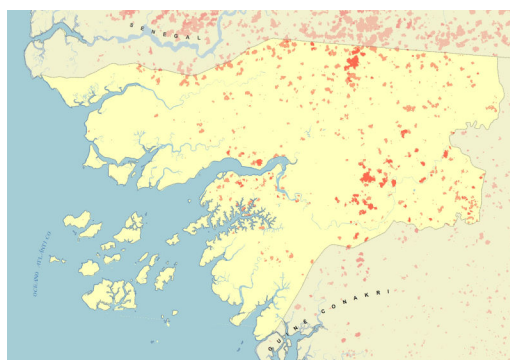
2002



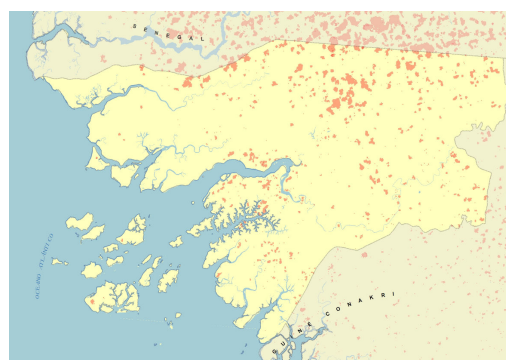
2003



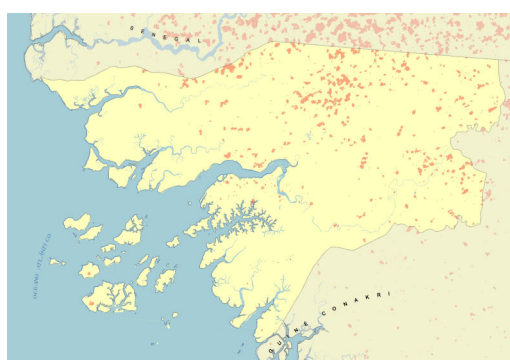
2004



2005



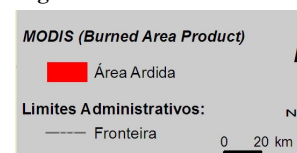
2006

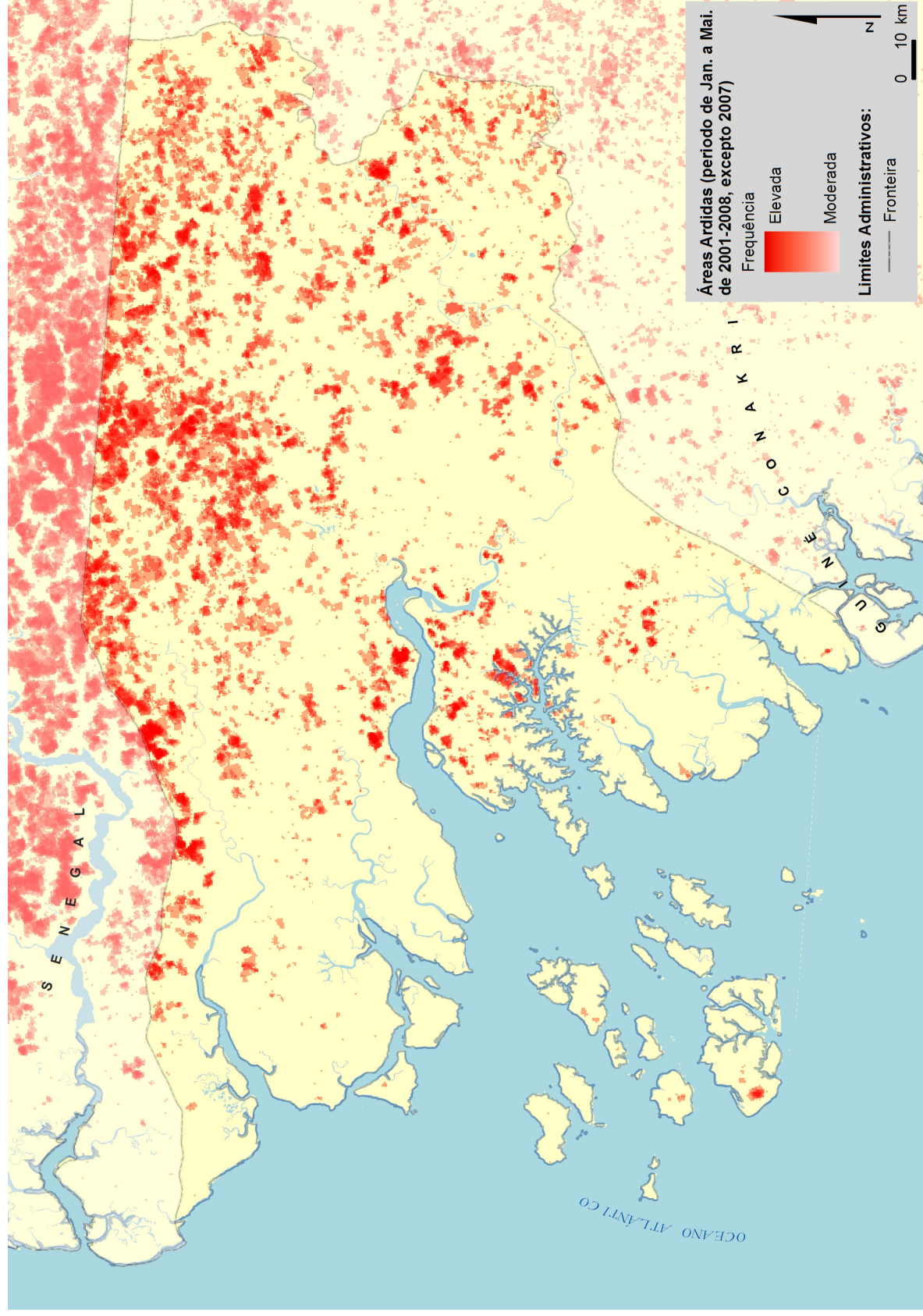


2008

Mapa 22 – Sequência de áreas ardidas (anuais) nos períodos de maior número de focos de incêndio (Janeiro a Maio) na Guiné-Bissau (Fonte: IICT/FIRMS)

Legenda:





Mapa 23 – Frequência de incêndios, durante os períodos de Janeiro a Maio para os anos de 2001 a 2008 (excepto 2007), na Guiné-Bissau

O mapa 24 permite comparar as áreas florestais (densa e aberta), com a frequência (maior ou menor intensidade) de áreas ardidas, na Guiné-Bissau. Para a sua realização, efectuou-se a extracção das

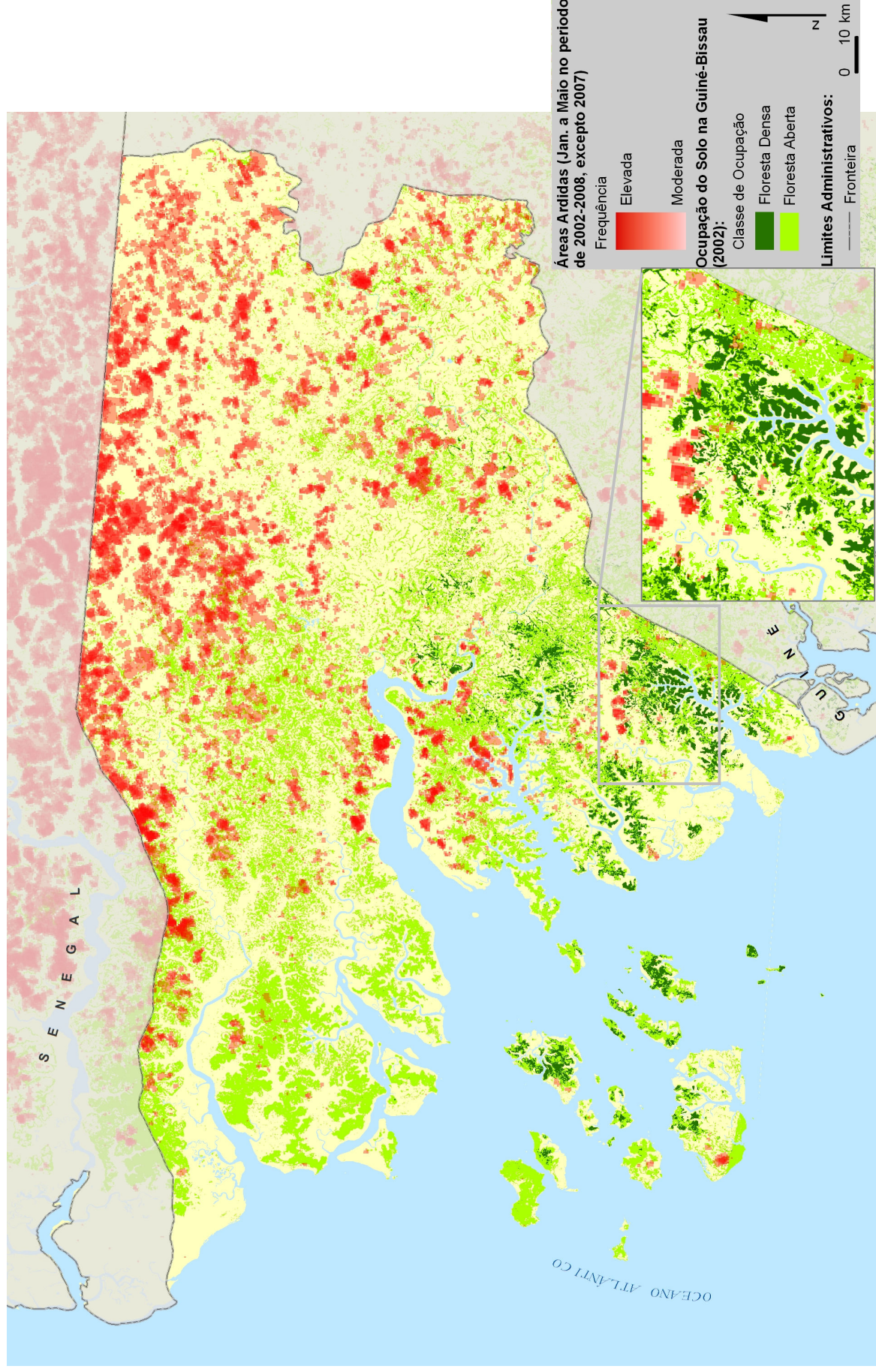


Figura 24 – Savana Arborizada ardida na Guiné-Bissau (Fonte: ChimpGB)

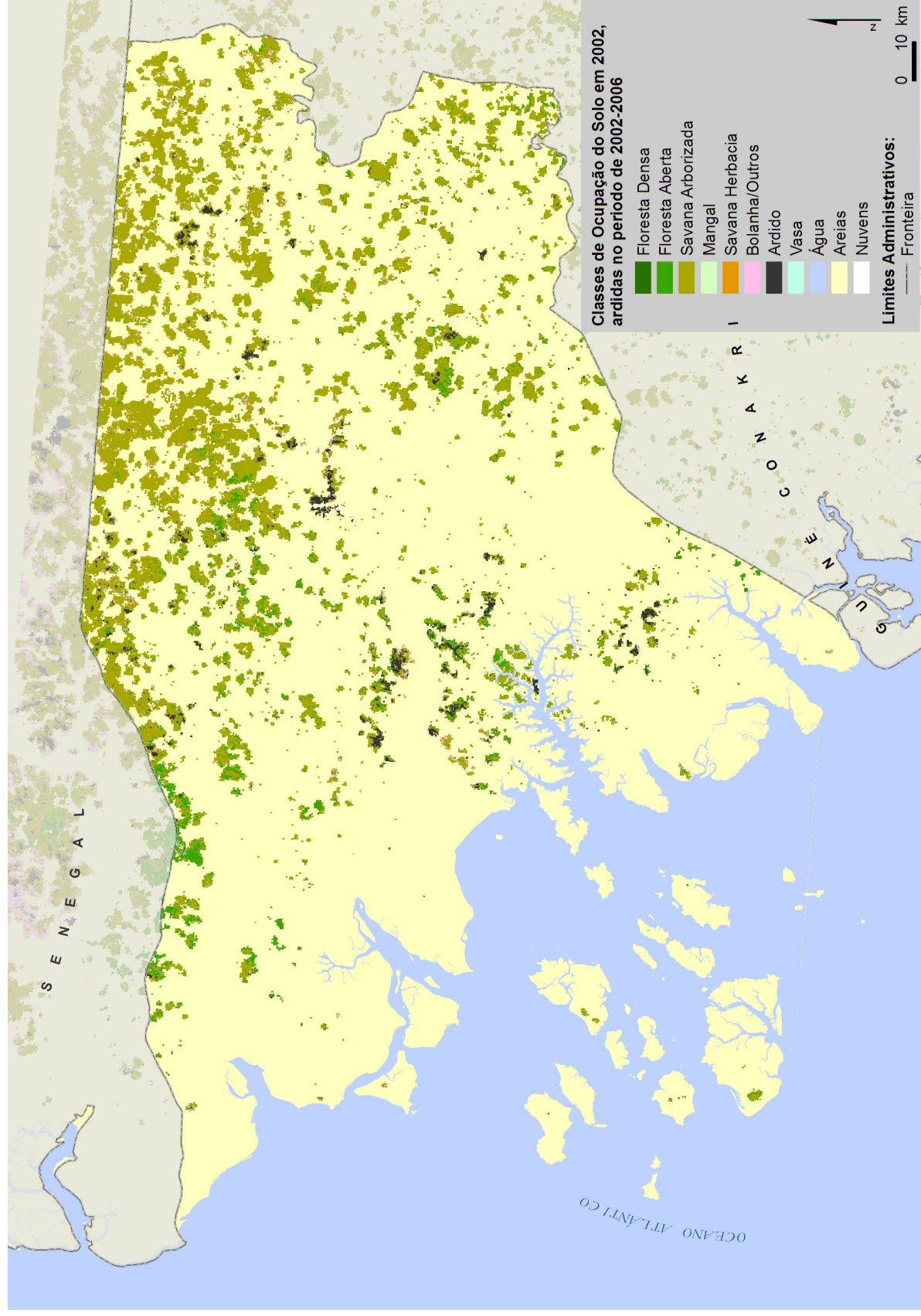
classes de floresta densa e floresta aberta, da carta de ocupação do solo em 2002 e dos sucessivos registos de áreas ardidas que compreende o período de 2001 a 2008 (exceptuando o ano de 2007, uma vez que essa informação não se encontrava disponível), extraíram-se apenas o registos de áreas ardidas no período que coincide com o ano de elaboração da carta de ocupação do solo (em 2002), até 2008.

Numa análise a esta carta, poderá concluir-se que existem manchas consideráveis de áreas ardidas não coincidente com as áreas de floresta, ainda que se verifiquem nas áreas contíguas. Deste modo, conclui-se que o decréscimo verificado na área florestal (quadro 7 e mapas 18 e 19), não tem influência de focos de incêndio, mas por outros factores (e.g. corte).

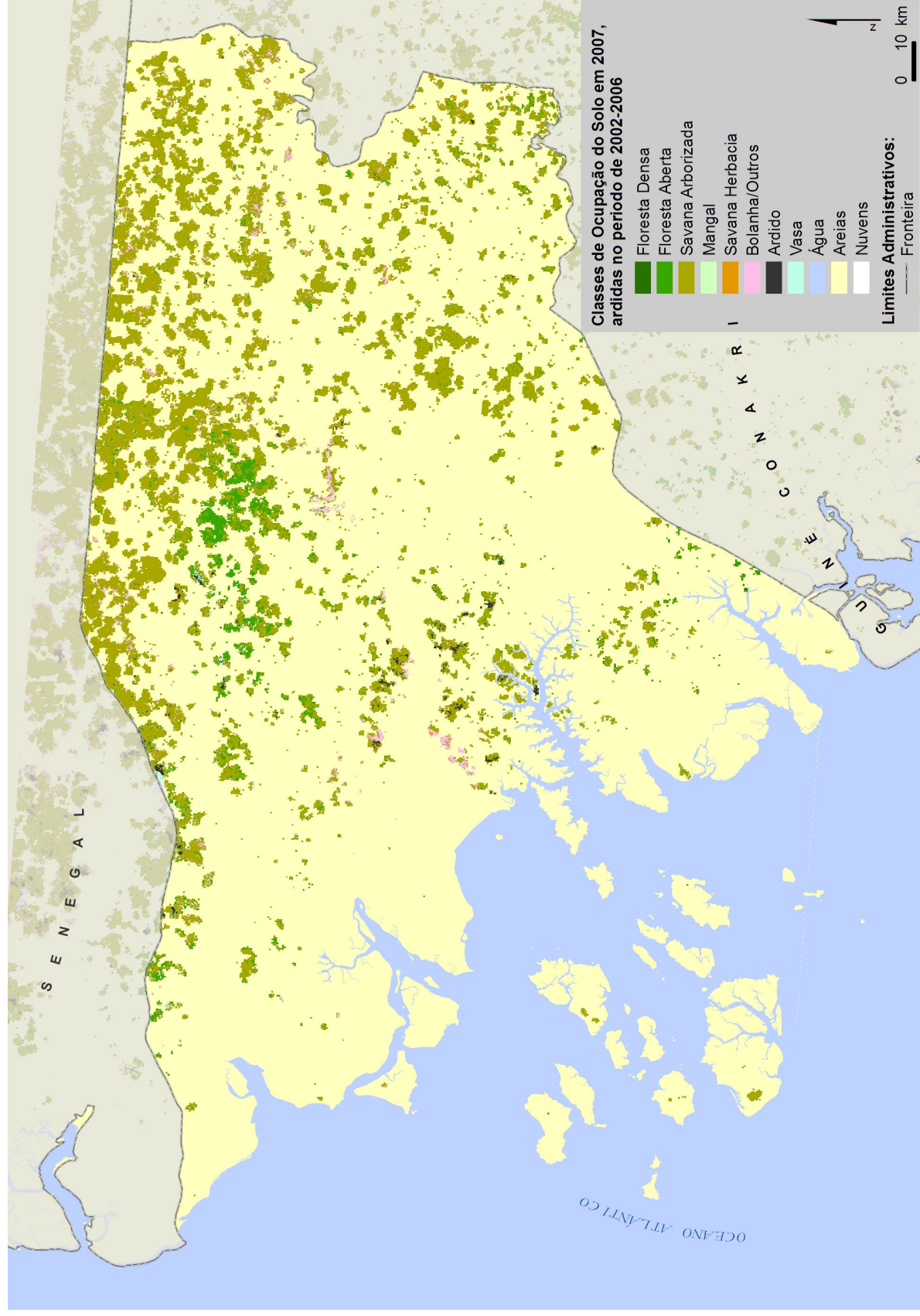
Para determinar as classes de ocupação do solo, em 2002, que têm ardido nos anos posteriores, realizou-se uma intersecção entre a ocupação do solo em 2002 e o total de área ardida entre 2002 e 2006 (independentemente da incidência de fogos). Este horizonte temporal foi definido, considerando a carta de ocupação do solo realizada a partir de imagens de satélite de 2007. O objectivo foi conhecer as classes de ocupação que existiam antes dos fogos e que classes deram origem na sequência destes. Os resultados obtidos foram duas cartas com as classes de ocupação do solo: (1) ocupação do solo em 2002 que ardeu nos anos imediatamente posteriores; e (2) a ocupação do solo em 2007 nas áreas que tinham ardido nos anos anteriores. A partir do mapa 25, torna-se então possível identificar e quantificar as classes de ocupação do solo, onde ocorreram incêndios. Por outro lado, no mapa 26, permite identificar quais as classes de ocupação do solo em 2007 que sucederam aos incêndios. Quando comparados, a leitura dos mapas 25 e 26, permitem compreender a evolução da ocupação do solo em função dos incêndios (ainda que sofram obviamente acções derivadas de outros factores).



Mapa 24 – Classe Florestal da Ocupação do Solo (2002) e as Áreas Áridas (de Janeiro a Maio, durante o período de 2002 a 2008, excepto 2007), com recurso a dados do sensor MODIS (dos satélites AQUA e TERRA). Guiné-Bissau

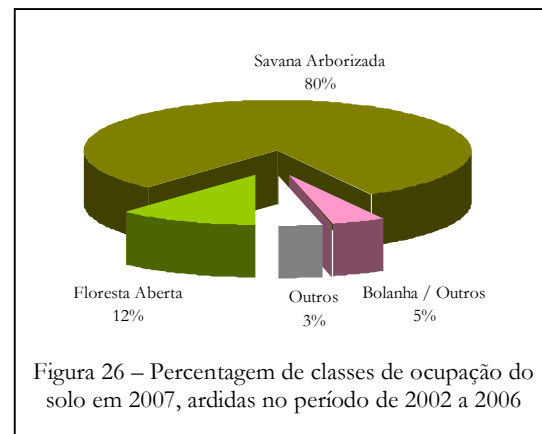
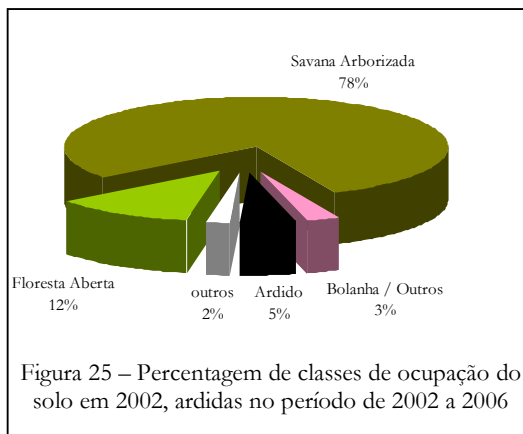


Mapa 25 – Classes de Ocupação do Solo (2002) ardidas nos anos posteriores (durante o período de Janeiro a Maio, entre 2002 a 2006) na Guiné-Bissau



Mapa 26 – Classes de Ocupação do Solo (2007) ardidas nos anos anteriores (durante o período de Janeiro a Maio, entre 2002 a 2006) na Guiné-Bissau

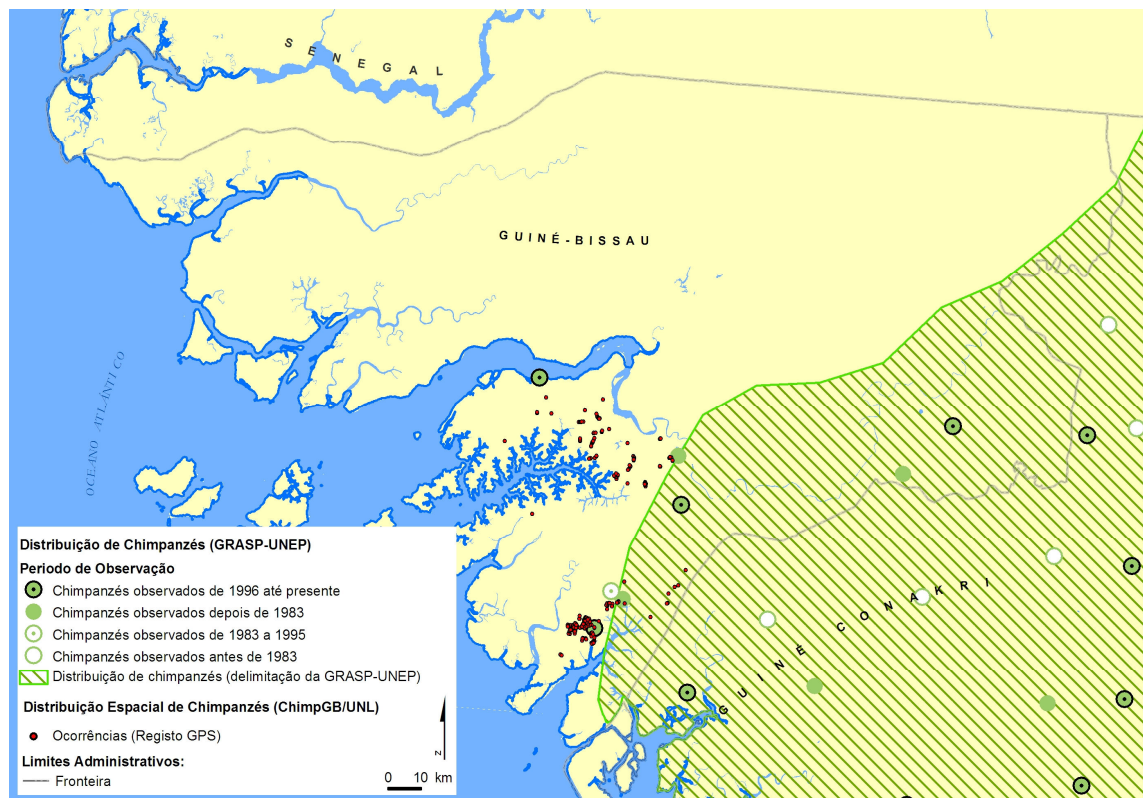
As figuras 25 e 26 sintetizam a percentagem do total de áreas ardidas, por classe em função da ocupação do solo em 2002 e em 2007 (apenas para a Guiné-Bissau, sendo realizado uma intersecção entre os dados obtidos pelas imagens de satélite e o limite nacional, uma vez que as imagens de satélite ultrapassam os limites administrativos nacionais). A abordagem a estas figuras, pretende quantificar em percentagem, as classes de ocupação do solo que mais arderam e que para a mesma área, quais as classes que as ocuparam (áreas ardidas) posteriormente. Na figura 25 e no mapa 25, verifica-se que as classes de ocupação do solo que têm sofrido maior número de focos de incêndio, são as áreas de savana arborizada, seguidas imediatamente pelas áreas de floresta aberta. Interessa ainda referir que as áreas classificadas como ardido na carta de ocupação do solo correspondem, em grande parte, aos dados fornecido pelo sensor MODIS, funcionando como um elemento de validação à informação obtida.



Quando comparadas as figuras 25 e 26, destaca-se que durante o período de 2002 a 2007, grande parte da área ardida no contexto nacional é reposta posteriormente num grau que aparenta ser semelhante (quando analisada a área total). No entanto, esta ideia deverá ser complementada com a análise aos mapas 25 e 26, uma vez que se revelam algumas oscilações ao nível espacial. Por exemplo, nas áreas de floresta aberta, tem-se verificado o seu desaparecimento nas áreas mais a sul (onde subsistem um maior número de reservas e áreas protegidas). Por outro lado, verifica-se um aumento destas áreas mais a norte, ainda que a proporção em termos quantitativos e no âmbito nacional é muito semelhante à data anterior e posterior aos incêndios. Outro exemplo é o aumento da área de bolanha/outros (que inclui espaço edificado, agrícola, solo a nu, inertes, entre outros), que poderá indiciar um aumento de espaços artificializados por ocasião de incêndios.

A alteração na ocupação do solo poderá ser determinante para o desaparecimento de alguns habitats fundamentais para determinadas espécies (agravado pela intensidade dessas alterações). Este exemplo de tratamento de dados e o seu posterior cruzamento, demonstra a utilidade da IG, permitindo dar respostas múltiplas a problemas ambientais que, muitas vezes, ainda que vagamente conhecidos, não estão devidamente estudados, ou não se dispõem de elementos espacializados e quantificados, para as tomadas de decisões e de intervenções.

Também o mapa seguinte é um exemplo para o conhecimento dos sistemas e validação de dados realizados a diferentes escalas e períodos temporais. No mapa 27 são integrados, a delimitação espacial e observações do projecto GRASP²¹⁷ do UNEP e as ocorrências de chimpanzés (projecto ChimpGB), registadas no campo. Da interpretação do mapa, conclui-se que ainda que existam períodos de observação de chimpanzés (até ao presente), na região de Quinara, o projecto GRASP, não inclui na sua delimitação espacial de distribuição de chimpanzés.



Mapa 27 – Distribuição de Chimpanzés na Guiné-Bissau (GRASP e ChimpGB)

²¹⁷ The Great Apes Survival Partnership (URL: <http://www.unep.org/grasp/>; último acesso em Julho de 2009)

Considerando que são duas regiões (Quinara e Tombali) com uma superfície considerável, deverá ser feita uma correspondência entre a presença testemunhada pelo projecto ChimpGB e a delimitação do projecto GRASP/UNEP (mapa 27).

Relativamente aos chimpanzés nas regiões de Quinara e Tombali, poderão existir algumas ameaças com o desaparecimento de áreas florestais, especialmente se o ritmo destas alterações for acentuado. Comparativamente à região de Quinara e Tombali, na região de Boé, a presença de chimpanzés não tem uma relação estreita entre as áreas florestais, uma vez que são escassas neste sector. A adaptação da espécie a áreas de savana e savana arborizada, permite concluir que a consideração de apenas uma variável (como as áreas florestais) para o estudo da distribuição espacial desta espécie, não será suficiente. Por outro lado, para além da adaptação dos chimpanzés a diferentes habitats, existirão factores preponderantes e de influência distintas para a explicação da presença de determinada espécie em função de um habitat.

2.4. Fundamentos para a modelação geográfica da presença de *Pan troglodytes* *versus*

Na comunidade científica têm sido realizados diversos trabalhos para a identificação/delimitação de habitats para uma determinada espécie. Em 2007, Torres desenvolveu um estudo para compreender a evolução da paisagem na região de Cantanhez (Guiné-Bissau) e a sua influência na adequabilidade do habitat para *Pan troglodytes*. Resumidamente, este estudo utilizou imagens de satélite para quatro períodos (1986, 1994, 2000 e 2003), com o fim de compreender a evolução da paisagem, tendo recorrido a técnicas de métricas da paisagem para o estudo da adequabilidade do habitat para *Pan troglodytes*. Este e muitos outros contributos têm acrescido o conhecimento sobre os sistemas ambientais em contexto africano, introduzindo elementos que permitem caracterizar e quantificar espacialmente o grau de risco (extinção) de determinada espécie (entre outros), dando orientações para a sua conservação ou em alguns casos para a intervenção.

Para a realização de fundamentos para a modelação geográfica, pretende-se exemplificar teoricamente o procedimento para a identificação de áreas preferenciais para a presença de uma

determinada espécie (em função do habitat), com recurso às TIG, através de uma análise multicritério com ponderações.

A avaliação multicritério é provavelmente a operação mais importante no suporte à decisão em SIG (adaptado de JIANG e EASTMAN, 2000 *in* Estanqueiro, 2007). “Num problema multicritério está implícita a avaliação de diferentes aspectos que contribuem (a favor ou contra) para uma decisão. A forma de combinar os critérios, a consideração de todos ou apenas parte deles (os melhores, os piores, os médios, ou qualquer combinação), a forma como uns critérios podem compensar outros, são tudo aspectos que assumem grande importância nas decisões, particularmente em contextos de recursos escassos” (Ramos, Soares e Mendes, 2002 *in* Estanqueiro, 2007).

Para a identificação de áreas preferenciais para a presença de chimpanzés na Guiné-Bissau, foram recolhidos alguns elementos da publicação “*World Atlas of the Great Apes and Their Conservation*” do UNEP (Caldecott *et. al.*, 2005), assim como da percepção da equipa DA-UNL, pelos sucessivos contactos com esta espécie no terreno, acrescida pelos dados transmitidos por residentes locais. Por outro lado foram ainda feitos alguns cruzamentos entre os pontos GPS recolhidos e a IG recolhida/tratada com recurso a TIG. Deste modo, estabeleceu-se, de acordo com os elementos conhecidos, uma aproximação de hierarquização da importância dos diversos níveis de IG, como variáveis explicativas de chimpanzés no interior da Guiné-Bissau, que terá obviamente de ser validada à medida que se vão conhecendo novos elementos sobre a espécie e o olhar crítico em função do quadro apresentado.

Informação Geográfica /Critérios	Relevância para a Presença de Chimpanzés	Ponderação por nível de IG (%)	Ponderação por Critério (-4 a +4)
Classes de Ocupação do Solo		50%	
Floresta Densa	elevada		+4
Floresta Aberta	elevada		+3
Savana Arborizada	média		+2
Savana Herbácea	nula		0
Bolanha / Outros	baixa		+1
Mangal	nula		0
Áreas Áridas	baixa		-1
Vaza	nula		0
Água (salgada)	elevada		-3
Areias	nula		0
Distância à Linha de Costa		5%	
< 5 km	baixa		-1
> 5 km	média		+2
Altimetria/Rede Hidrográfica		15%	
Festos e Área Adjacente	média		+2
Talvegues	média		-1
Rede Hidrográfica		20%	
Linhas de Água e Área Adjacente	Elevada (época das chuvas)		+3
Poços e Outras Fontes de Água	Elevada (época de seca)		+3
Rede Viária		10%	
Largura < 10 m	média		0
Largura > 10 m	média		-1
Total		100%	

Quadro 8 – Selecção de IG, de critérios e de ponderações para Análise Multicritério

Considerando a IG bem como os critérios e respectivas ponderações constantes no quadro 8, seleccionaram-se os níveis de IG que poderão influir na presença de chimpanzés *Pan troglodytes verus* no contexto da Guiné-Bissau. Da análise ao quadro são considerados dois tipos de ponderação: (1) Ponderação por nível de IG (que atribui um grau de relevância ao nível de IG para a explicitação da presença de chimpanzés no contexto da Guiné-Bissau); e (2) Ponderação por classe ou extracção de dados de um determinado nível de IG que poderá conter uma relevância baixa ou elevada, quer de presença (ponderação positiva), ou de não presença (ponderação negativa). A atribuição de ponderações foi realizada segundo determinados elementos, de acordo com cada nível de IG:

Ocupação do solo – As classes de ocupação do solo é o nível de IG considerado, que melhor poderá explicar a presença ou ausência de chimpanzés na Guiné-Bissau, sendo ponderada, comparativamente aos restantes níveis de IG, em cerca de metade na sua influência. No entanto, deverá ser realizado uma maior segregação de classes durante o processo de classificação de imagens de satélite,

com o objectivo de detalhar algumas classes que não foram consideradas (mapa 12 a 15)²¹⁸. Relativamente a cada uma das classes, verifica-se que poderão explicar a presença/não presença de chimpanzés de forma variada. Deste modo, das classes de ocupação que se melhor explicam a atracção de chimpanzés, identificou-se as áreas florestais, sendo a floresta densa a classe que melhor explica a sua presença, uma vez que é nestes espaços que abunda o alimento mais comum da dieta desta espécie²¹⁹, coincidindo ainda com a sua preferência para a construção de ninhos ou pela disponibilidade de sombra e protecção. Por outro lado, são bastante frequentes nesta espécie os avistamento nas áreas contíguas à floresta densa, nas suas deslocações diárias (quer em floresta aberta quer em savana arborizada). Foi ainda considerada como relevante para a ausência de chimpanzés, a presença de água salgada, uma vez que não são frequentes os registos, na Guiné-Bissau desta espécie junto à linha de costa. Esta situação poderá dever-se ao desconhecimento e receio por um meio estranho a esta espécie, nesta região do globo. No entanto, outras regiões em África²²⁰ foram observadas presenças de chimpanzés junto à costa, ainda com situações geográficas díspares do contexto da Guiné-Bissau (floresta densa e altitudes elevadas na proximidade imediata à linha de costa). As áreas de Bolanha poderão atrair os chimpanzés, considerando os campos de arroz, uma vez que é comum a procura desta cultura para se alimentarem (esta classe está no entanto misturada com outras, diminuindo-se o seu peso na ponderação). As áreas aridas têm uma ponderação negativa, uma vez que não se observam presenças de chimpanzés relevantes, possivelmente explicada pela falta de sombra, alimento e campo aberto não fornecendo protecção (ainda que não seja conhecido actualmente um predador tipo na Guiné-Bissau, excluindo o Homem²²¹). Nas restantes classes, foram consideradas ponderações nulas (valor 0, ao qual a multiplicação de qualquer pixel será sempre nulo), uma vez que não se conhecem indícios de repulsa ou atracção.

Distância à linha de costa – Considerando que a água salgada influencia de forma negativa a presença de chimpanzés, estabeleceu-se uma distância mínima, realizada com base nos pontos GPS recolhidos no campo à linha de costa. Deste modo, considerou-se uma área média de influência de cinco

²¹⁸ Como exemplo, seria relevante considerar classes como áreas agrícolas, pomares, espaço edificado, solo a nú e extração de inertes, entre outros, de forma individualizada, uma vez que na classe bolanha foram considerados, para além dos campos de arroz, áreas de inertes, solo a nú, espaço edificado, entre outros, eventualmente pela não necessidade de desagregação de classes ou provavelmente por conterem uma assinatura espectral muito semelhante.

²¹⁹ Ainda que os chimpanzés se alimentem de uma enorme variedade como: frutas, flores, sementes, algumas folhas jovens e uma variedade de pequenos mamíferos e invertebrados e se adaptem a uma grande multiplicidade de habitats – florestas húmidas, mistas e de savana. Os chimpanzés são de longe o símio que se encontra mais disperso espacialmente (Caldecott *et. al.*, 2005)

²²⁰ e.g. Tanzania (Jane Goodall Institute, 2003) URL: <http://www.discoverchimpanzees.org/> (último acesso em Agosto de 2009)

²²¹ Actualmente a desflorestação, caça, destruição do habitat pelo Homem (extração de inertes, prospecção de petróleo, fogos, entre outros) e doenças, como o vírus Ébola, estão entre as principais causas para a diminuição drástica da população desta espécie, que se encontra em elevado risco de extinção (IUCN).

quilómetros à linha de costa na Guiné-Bissau, na qual não são frequentes avistamentos de chimpanzés. No entanto, como já foi referido anteriormente, estes dados não são semelhantes noutras áreas em África, pelo que foi considerada uma influência muito baixa, até porque na ocupação do solo, este factor já foi ponderado, ainda que diferente, no que concerne à sua distância. Por outro lado, a distância superior a 5 km à linha de costa foi estabelecido, como um factor de presença mais favorável. Importa referir que no contexto da Guiné-Bissau é relativamente difícil estabelecer o limite entre a linha de costa e águas interiores, sendo considerada a linha de costa obtida pela NOAA.

Altimetria/Rede Hidrográfica – Existe uma relação entre as áreas elevadas e a presença de chimpanzés, uma vez que para além da protecção a eventuais predadores, permite-lhe tem um maior campo de visão. No entanto, segundo Caldecott (2005), foram observados chimpanzés desde as cotas mais próximas do nível do mar, como em altitudes de 2600 metros (Este de África), pelo que a utilização da altimetria *per si* não será suficiente. Também, a obtenção de uma carta de declives só nos daria a indicação do declive, ainda que sem conhecer as áreas preferenciais para a sua presença. Desta forma, foram considerados as linhas de festos e respectivas áreas adjacentes (que deverá ser realizada com base na altimetria e rede hidrográfica) para a construção do modelo, uma vez que independentemente da altitude são as cotas mais elevadas na relação com a envolvente, onde é mais frequente encontrar chimpanzés. Como factor de não presença, foram considerados os talwegues como factor de influência negativo, uma vez que não oferecem condições preferenciais, ainda que com valores ponderativos baixos, tendo em conta que ocorrem avistamentos de chimpanzés nestas áreas, ainda que esporádicos e/ou apenas durante as suas deslocações²²².

Rede Hidrográfica – Como qualquer ser vivo a água é um elemento fundamental à vida, explicando a presença de determinadas espécies. Os chimpanzés vão frequentemente à beira das linhas de água para beber, ainda que durante a época seca se desloquem para poços ou outras fontes de água (quando as linhas de água se encontram secas)²²³. Desta forma, dependendo da altura do ano, poderá ser considerado um factor de atracção relevante ambas as situações.

Rede Viária – As vias rodoviárias poderão ser mais largas ou estreitas, podendo influenciar o comportamento dos chimpanzés no seu atravessamento, encarando a possibilidade de ficarem na presença

²²² Os chimpanzés deslocam-se cerca de 4 km por dia, ainda que no caso dos machos esta distância poderá ser maior. A mínima área ocupada por esta espécie é de 6,8 km², em contraste com os 14,9 km² verificados no Parque Nacional de Kibale, Uganda, sendo usada apenas 7,8 km² dessa área. (Caldecott *et. al.*, 2005).

²²³ Utilizam diversas técnicas para obtenção de água

de campo aberto e portanto desprotegidos. Se por um lado, na rede viária com uma largura diminuta (<10m) é comum o atravessamento por esta espécie (tendo sido considerada uma barreira nula), por outro lado, as vias mais largas poderão influenciar o seu atravessamento, pelo que se determinou que teria uma influência negativa, ainda que baixa. Convém salientar que a acessibilidade e proximidade a alguns núcleos populacionais, poderão induzir uma maior desflorestação (provocada pelo corte e/ou incêndios) ou a caça, devendo nesses casos ser atribuída uma ponderação maior, ainda que não existam dados que permitam aferir com precisão este fenómeno no contexto da Guiné-Bissau.

Registo de ocorrências – O registo de ocorrências de chimpanzés com recurso a GPS, deverá para além da informação pontual (informação gráfica) ser complementado com informação alfanumérica associada, estabelecendo-se uma base de dados, que explique para uma determinada área estabelecida (dividida em parcelas homogéneas), o número de ocorrências, a sua frequência e tipo, de forma sistemática (diferentes períodos), com vista à comparação e identificação de oscilações, determinado barreiras e/ou factores de atracção/repulsa que expliquem a presença/não presença de uma determinada espécie, espacialmente.

A determinação de níveis de IG explicativas de presença de uma determinada espécie no território, para a extrapolação futura, deverá ser explorado e afinado de acordo com premissas que permitam aferir os valores indicados. No entanto, pretende-se demonstrar a relevância por hierarquização e ponderação da selecção e extracção de dados, que permita desenvolver modelos preditivos, aplicáveis a diversos estudos sobre a determinação de habitats e avaliação do risco, em função do incremento ou diminuição dos habitats (delimitados espacialmente). Este será o primeiro passo em direcção a acções de modelação geográfica, para as quais serão necessários diversos níveis de IG, para a sua realização. As técnicas de obtenção e tratamento de IG, com recurso às TIG, ou a pesquisa de multifontes de informação, foram examinadas no âmbito desta dissertação para o maior conhecimento dos sistemas ambientais e para as inúmeras aplicações no âmbito do ordenamento do território e planeamento ambiental. Nos contextos onde a escassez de dados e de técnicos são bastante díspares dos países chamados desenvolvidos, estes recursos são ainda mais fundamentais, uma vez que para além de muitas vezes, conterem grande parte dos principais valores naturais do globo, são pouco estudados e analisados, desconhecendo-se em grande parte a situação existente e sua evolução no passado, presente e futuro.

Considerações Finais

A dissertação baseou-se, quer ao nível das ideias, quer ao nível das operações técnicas e metodológicas, no pressuposto que as Tecnologias de Informação Geográfica, nomeadamente a Detecção Remota, o Sistema de Posicionamento Global, a Cartografia Digital e os Sistemas de Informação Geográfica são ferramentas indispensáveis para a monitorização ambiental, para a instrução de diagnósticos sobre o ordenamento do território e, de forma geral, para os estudos e projectos que exigem o tratamento e a análise de dados georreferenciados.

A informação geográfica constitui, actualmente, um meio sem substituto para a compreensão dos sistemas ambientais e dos sistemas territoriais que os sustentam. Os paradigmas e os discursos sobre os problemas ambientais, nomeadamente os que decorrem dos tratados internacionais, conforme discutidos no Capítulo I, estão imbuídos de referentes espaciais cuja descrição e análise se sustenta, por definição, em coordenadas geográficas às quais está associada a informação alfanumérica. Dificilmente se consegue dissociar – considerando o que ficou analiticamente demonstrado no referido Capítulo I – os problemas de desflorestação, a perda de solos e a desertificação bem como a fragmentação de habitats, o efeito de estufa, as alterações climáticas ou, de forma muito específica, as condições bióticas de territórios africanos propícias à presença de comunidades de chimpanzés, sem fazer uso da informação georreferenciada com a qualidade técnica necessária quer à descrição e análise dos factos e dos fenómenos quer à sua modelação e simulação espacial.

A informação geográfica requer meios de aquisição complexos e procedimentos técnicos e metodológicos robustos quer para a estruturação quer para a análise e modelação espacial. Considerando estes requisitos, elaborámos o Capítulo II onde se sintetizam os métodos e as técnicas que, de acordo com o “estado da arte” actual, conduzem grande parte dos processos de investigação para análise e diagnóstico do território e dos sistemas ambientais.

A insuficiência, ou mesmo a inexistência de informação geográfica produzida por organismos oficiais tutelados em cada país, particularmente em África, exige a pesquisa e a estruturação de dados

partilhados em plataformas *Web* de forma a dar resposta aos estudos e projectos já referidos nestas considerações finais. A localização, a manipulação (no sentido técnico estrito do termo) e a visualização de informação georreferenciada para efeitos de projecto de índole ambiental encontra actualmente nos “Globos Virtuais”, como por exemplo do *Google Earth*, as infra-estruturas mais eficientes de difusão e partilha de resultados às escalas local e global.

A informação geográfica em contexto africano, nomeadamente quando usada para efeitos de desenvolvimento de projectos com conotação ambiental, como foi o caso para a Guiné-Bissau, exige o trabalho com multi-fontes, a análise da sua qualidade e a estruturação sob forma de SDI, especificamente quando se pretende a sua difusão global. As questões de valor e de défice de informação colocam-se em idêntico nível de análise e estas características determinam grande parte dos procedimentos metodológicos, conforme ficou demonstrado no Capítulo III.

Face às considerações anteriores, face à análise de informação geográfica realizada, face às técnicas e aos métodos empregues e à qualidade da informação disponibilizada na *internet* entendemos que a dissertação enfatiza e conclui:

- *Sobre os níveis de qualidade exigidos na obtenção de IG “partilhada”*

O valor da IG está directamente relacionado com as componentes fundamentais da qualidade dos dados, tal como descrito no Capítulo II, sendo a sua aplicabilidade e utilidade amplamente dependente da disponibilização. No entanto, acresce a necessidade fundamental do conhecimento *a priori*, não só da existência de dados ou de conjuntos de dados (do ponto de vista da pesquisa), como também do estabelecimento de medidas para a correcta documentação e catalogação, que possibilite avaliar, seleccionar e até, em alguns casos, corrigir e actualizar, os dados que estamos a tratar. O estabelecimento de metadados e a padronização da IG constituem factores chave para a integração harmoniosa de níveis de IG e a “partilha” de dados globais. A normalização dos metadados proporciona a correcta caracterização da IG e facilita a disseminação dos dados entre agentes, organizações e sistemas informáticos.

- *Sobre a performance dos métodos e das técnicas (GPS, DR e SIG), na obtenção e estruturação de IG*

A IG tem, cada vez mais, uma importância acrescida para o conhecimento dos sistemas ambientais, aos níveis local, regional, nacional e internacional. A disponibilidade de IG e a utilização das TIG são fundamentais para diversos projectos de âmbito académico e civil, desempenhando um papel preponderante na melhoria de vários aspectos da sociedade. No entanto, o acesso e as necessidades de IG podem variar com as características do lugar, com os recursos e activos disponíveis, para diferentes escalas e territórios. Enquanto os SIG permitem integrar, gerir, produzir e modelar variados fenómenos espaciais, recorrendo a multifontes de informação, a Detecção Remota e o GPS garantem a aquisição actualizada de informação sobre a Terra de forma sistemática, integrada e com completude necessária ao acompanhamento das evoluções espaciais. Particularmente em contexto africano, a escassez de IG requer o contributo de determinadas técnicas como a DR e GPS para a obtenção de dados primários que permitam aferir, com elevados índices de precisão, fenómenos espaciais para diferentes horizontes temporais.

- *Sobre a versatilidade das plataformas de disponibilização de IG*

Os *geo-browsers* tornaram possível a publicação e a pesquisa geográfica de conteúdos a um ritmo sem precedentes. Por um lado tornaram mais simples o acesso a IG organizada, ainda que se verifique uma orientação gradual para o mercado de massas, em detrimento do domínio científico e político. Não tendo atingido plenamente os objectivos da visão do *Digital Earth*, apresentados há mais de 10 anos, ou a capacidade analítica ou de modelação dos SIG, plataformas como o *Google Earth*, superaram actualmente a aplicação de IG no que concerne ao número de utilizadores. A possível actualização *in continuum* da informação disponibilizada no software e, por outro lado, pelas diversas organizações e utilizadores que integram os seus produtos nestas ferramentas, auspiciam potencialidades enormes como a partilha e facilidade em aceder a dados espaciais, a versatilidade das aplicações, a flexibilidade e baixos custos técnico-financeiros que, a par com os usos atribuídos pelos diversos utilizadores, deverão ser alvo de reflexão.

- *Sobre as propostas teóricas para a melhoria da qualidade de IG “partilhada”*

As crescentes preocupações sobre as questões da qualidade e normalização de IG ao nível global, atestadas pela realização de inúmeras iniciativas (como seminários, workshops, congressos, associações, directivas, entre outros), quer no âmbito académico, quer ao nível institucional e civil, demonstram não só o gradual interesse da IG, como a importância da fundação de *standards*, sob pena da inutilização dos dados ou inibição do seu uso eficaz.

A disponibilização de IG sob formas simples, desestruturadas ou a impossibilidade de avaliação da sua adequação aos objectivos pretendidos, não atende às necessidades dos utilizadores. Organizações como a ISO, a OGC e a GSDI têm fornecido diversas orientações e boas práticas sobre o estabelecimento de SDI's. Essas orientações sublinham a importância das TIG, do estabelecimento de normas ISO, bem como outros mecanismos e técnicas eficazes para o desenvolvimento de IGD de apoio à decisão. A realização de protocolos comuns para assegurar a compatibilidade da IG e a disponibilidade desta informação em plataformas universais de bancos de dados geográficos padronizados induz a redução nos custos de procura e a duplicação de *datasets*, antevendo a criação de uma “nova ordem mundial” na gestão da IG e metadados. Também os Geo-Web Services fornecem um conjunto de dados tratados e integrados, fazendo uma ponte entre o produtor e o utilizador de IG, permitindo o rápido acesso a bancos de dados fundamentais e actualizados, para a realização de projectos afectos a uma referência espacial, minimizando ou suprimindo algumas tarefas básicas de homogeneização e representação de cartografia, ainda que permaneça, a desvantagem de ser um serviço que a qualquer momento poderá ser desactivado. Deste modo, torna-se cada vez mais urgente, a catalogação, normalização, acesso (rápido e actualizado) e a salvaguarda da informação. Por outro lado, será igualmente relevante a realização de cartografia oficial digital consistente, na qual deverão constar dados sobre a qualidade, precisão, sistemas de referência, questões relativas à privacidade, confidencialidade, pertença e *copyright*, dimensões espaciais e temporais, para o estabelecimento de input comuns de informação credíveis para o desenvolvimento e conhecimento.

- *Sobre a necessidade de passar da estruturação de IG para a modelação geográfica da presença de espécies num contexto de alteração das condições físicas dos habitats*

A DR e o sistema GPS, permitem obter um elevado número de dados que integrados em SIG poderão determinar o grau de risco do habitat face às acções humanas e/ou factores naturais, bem como a consequente alteração no povoamento de determinada espécie (deste a ocorrência de pragas à extinção). A criação de modelos probabilísticos e preditivos, estabelecidos em função da presença de espécies permite, não só compreender e analisar as ocorrências e a sua distribuição espacial, como possibilita antever com um grau de precisão conhecido, a sua evolução futura, fornecendo informações base, determinantes para a compreensão e monitorização dos sistemas ambientais. As TIG constituem então, no seu conjunto, um poderoso aliado para a tomada de decisões, contribuindo para a definição de políticas de ordenamento do território e de planeamento ambiental.

Esta dissertação tratou, em última instância, a visualização de informação geográfica. Em primeiro lugar dando relevância aos conceitos que lhe estão associados, em segundo lugar às ferramentas necessárias à sua implementação; por último às aplicações que consideraram a georreferenciação de informação pertinente para o estudo da distribuição das comunidades de chimpanzés (*Pan troglodytes verus*) numa região da Guiné-Bissau.

Bibliografia:

AFRICA ENVIRONMENT INFORMATION NETWORK (2003) – *Framework for Capacity Building in Integrated Environmental Assessments and Reporting in Africa*. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi.

AHMED, K. I. (2006) – *ENVISAT ASAR for Land Cover Mapping and Change Detection*. Master's of Science Thesis in Geoinformatics of the School of Architecture and the Built Environment, from the Department of Urban Planning and Environment, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm.

ANH, H. V.; WILLIAMS, M.; MANNING, D. (2006) – “Remote-sensing monitoring of desertification using ASTER and ENVISAT ASAR: case study at semi-arid area of Vietnam”. *International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences*, School of Civil Engineering and Geosciences, University of Newcastle, Newcastle.

BENZ, U.; HOFMANN, P.; WILLHAUCK G.; LINGENFELDER I.; HEYNEN M. (2004) – Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information, *Journal of photogrammetry & Remote Sensing*, Elsevier, Munich

BERTRAND, G. (1978) – “Le Géosystème ou système territorial naturel”, *Revue de Géographie des Pyrénées et du Sud-ouest*, tomo 49, Toulouse.

BOAVENTURA, N. (2005) – “*Estudo sobre o Papel das Convenções Internacionais sobre meio ambiente no Alívio a Pobreza em Moçambique – uma análise de Consistência*” (Relatório Final). Ministério para Coordenação da Acção Ambiental. Direcção Nacional de Gestão Ambiental, Maputo.

BOLOS, M. (1992) – *Manual de Ciencia del Paisaje. Teorías, métodos y aplicaciones*, Ed. Masson, Barcelona.

BRIDGES, A. (2003) – *Ebola, Poaching Hit Ape Population Hard*, Associated Press (6 April).

BROWN, J. ; LOMOLINO, M. (1998) – “*Biogeography*” (2nd ed.) Sinaur, Sunderland, Massachusetts.

CABRAL, F. C. (1982) – “O *Continuum Naturale* e a Conservação da Natureza”, *Conservação da Natureza*, Serviço de Estudos do Ambiente, Lisboa (pp. 35-54).

CAETANO, M.; SANTOS, T. (2001) – “Updating land cover maps with satellite images”, *Proceedings of IGARSS'2001*, Sydney.

CAETANO, M.; SANTOS, T.; CARRÃO, H.; NUNES, A.; BARREIROS, M. (2001) – “Desenvolvimento de aplicações para generalização de cartografia temática”. *Proceedings of the ESIG'2001-VI Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica*, Oeiras.

CAETANO, M.; NUNES, A.; SANTOS, T. (2002) – “Generalização de cartografia de ocupação do solo derivada de classificação de imagens de satélite ao nível do pixel”, *Actas da III Conferência de Cartografia e Geodeseia*, Aveiro.

CALDECOTT, J.; MILES, L. eds (2005) – *World Atlas of Great Apes and their Conservation*. Prepared at the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of Califórnia Press, Berceley.

CARSON, R. (1962) - *Silent spring*. Boston: Houghton Mifflin.

CIHLAR, J. (2000) – “Land cover mapping of large areas from satellites: Status and research priorities”, *International Journal of Remote Sensing*, Volume 21, Issue 6-7 (pp. 1093 – 1114).

COSTA, J. A. F. (1999) – *Classificação Automática e Análise de Dados por Redes Neurais Auto-Organizáveis*. Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia Eléctrica e de Computação, Unicamp. São Paulo.

CROSS, A. M.; SETTLE, J. J.; DRAKE, N. A.; PAIVINEN, R. T. M. (1991) - “Subpixel measurement of tropical forest cover using AVHRR data”, *International Journal of Remote Sensing*, Volume 12, Issue 5, Londres (pp. 1119 – 1129).

CROUCHER, S. L. (2004) – *Globalization and Belonging: The Politics of Identity a Changing World*. Rowman & Littlefield. Lanham, Maryland.

DAVIS, C.; SOUZA, L.; BORGES, K. (2005) – “Bancos de Dados Geográficos, Disseminação de dados geográficos na Internet”, *Mundo Geo*, Curitiba.

EASTMAN, J. R. (2001) – “*IDRISI Guide to GIS and Image Processing*”. Vol. 2, Clark University, IDRISI 32 Release Two.

EBACH, M.; TANGNEY, R. (2006) – *Biogeography in a changing world*. CRC Press, p. 212.

EIS-África; Human Science Research Council, et al. (2006) – *Determination of the Fundamental Geo-spatial Dataset for Africa Through a User Needs Analysis* – prepared for the Mapping Africa for Africa Initiative (MAFA), under the auspices of the United Nations Economic Commission for Africa (UNECA), África do Sul.

ENCARNAÇÃO, S. A. (2004) – *Análise de imagens de satélite orientada a Objecto*. Dissertação de Mestrado em Gestão do Território, Departamento de Geografia e Planeamento Regional, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

ESTANQUEIRO, R. (2007) – *Metodologia para Identificação das Margens Urbanas Metropolitanas por Abordagem Multi-estratégica, Uma aplicação à Área metropolitana de Lisboa*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Gestão do Território pela Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

ESTEVAM, E. A. (2006) – *Classificação de Áreas de Favelas a Partir de Imagens Ikonos: Viabilidade de Uso de Uma Abordagem Orientada a Objectos*. Dissertação de Pós-graduação em Ciências Cartográficas, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.

FERNANDES, T. (2003) – *Métodos Estatísticos e de I.O. utilizados em Sistemas de Apoio à Decisão (SAD's)*. Monografias da SEIO, Departamento de Matemática da Universidade dos Açores.

FONSECA, A. D.; FERNANDES, J. C. (2004) - *Deteção Remota*, Lidel, Lisboa.

FONTE, C. (2007) – *Dados alfanuméricos e Espaciais*. Comunicação apresentada na Disciplina de Cartografia e Sistemas de Informação Geográfica do curso de Engenharia Geográfica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

FOODY, M. (2001) - Monitoring the Magnitude of Land-Cover Change Around the Southern Limits of the Sahara, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. VII, American Society for Photogrammetry and RemoteSensing, USA.

FRANÇOIS, R. (2003) – “Introductory conference: on the relevance of protected areas for the research on conservation ecology: from fundamentals to applications”, *Académie des Sciences*, Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS.

FURTADO, D. N. (2006) – *Serviço de Visualização de Informação Geográfica na Web, A Publicação do Atlas de Portugal utilizando a Especificação WMS*. Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre em Ciência e SIG, Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

GIDDENS, A. (2001) – *Sociologia*. 4ª ed. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

GOODCHILD, M.F. (2000) – “Communicating geographic information in a digital age”, *Annals of the Association of American Geographers*. Volume 90, Issue 2 (pp. 344–355).

GOODCHILD, M.F. (2000) – “Spatial analysis: methods and problems in land use management”, in HILL, M.J.; ASPINALL, R.J. (ed.), *Spatial Information for Land Use Management*. Gordon and Breach Science Publishers, Amsterdam.

GOODCHILD, M.F. (2001) – “Geographic information system”, in GOUDIE, A. (editor), *Encyclopedia of Global Change*. Oxford University Press, New York (pp. 354).

GOODCHILD, M.F. (2001) – “Metrics of scale in remote sensing and GIS”, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. Volume 3, Issue 2, (pp. 114-120).

GOODCHILD, M.F.; HAINING, R.P. (2004) – “GIS and spatial data analysis: Converging perspectives”, *Papers in Regional Science, Business and Economics*, Springer Berlin / Heidelberg (pp. 363–385).

GOODCHILD, M.F. (2008) – “Digital earth; geographic information science; spatial autocorrelation; National Center for Geographic Information and Analysis”, in KEMP, K.K. (ed.), *Encyclopedia of Geographic Information Science*. SAGE, Thousand Oaks.

GOODCHILD, M.F. (2008) – “The use cases of digital earth”, *International Journal of Digital Earth* . Volume 1, Issue 1 (pp 31-42).

GOODCHILD, M.F. (2008) – “Foreword; Imprecision and Spatial Uncertainty; Spatial Data Analysis”, in SHEKHAR, S.; XIONG, Hui (eds.) *Encyclopedia of GIS*. Springer, New York.

GROOT, R.; MCLAUGHIN, J. (2000) - *Geospatial Data Infrastructure: Concepts, cases and good practice*. University Press Oxford, New York.

GROSSENER, K. E. (2006) – “Is Google Earth, “Digital Earth?” – *Defining a Vision*, student papers, Department of Geography, University of California, Santa Barbara.

GROSSENER, K. E., GOODCHILD, M.F., CLARKE, K.C. (2008) – “Defining a Digital Earth System. Research Article, *Transactions in GIS*, Blackwell Publishing Ltd, Hoboken, New Jersey.

HAESBAERT, R. (2005) – “Da Desterritorialização à Multiterritorialidade”, *Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina* (20 a 26 de Março de 2005), Universidade de São Paulo.

HASSAN, I. M. El (2004) – *Desertification Monitoring Using Remote Sensing Technology*. International Conf. on Water Resources & Arid Environment, Civil Engineering Department, College of Engineering King Saud University, Riyadh, Kingdom of Saudi Arabia.

INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE (2008) – *Climate change and water*. IPCC Technical Paper VI.

INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE (IPCC) in UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP) PRESS RELEASES (2007) – *Evidence of Human-caused Global Warming* “Unequivocal”, 2 February, Paris.

ISO/TC 211 (2005) – *Business Plan*, Version: Draft #3, International Standards for Business, Government and Society.

JENSEN, J. (1996) - *Remote sensing of the environment: An Earth Resource Perspective*. 3th Edn., Prentice Hall, USA.

JENSEN, J. (2005) – *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*, 3rd edition, Prentice-Hall in Geographic Information science, Keith C Clarke, New Jersey.

JIANJUN, W.; HONG, X.; YANI, L. (2004) – “*Theory and methodology on monitoring and assessment of desertification by remote sensing*”. Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS apos; Proceedings. IEEE International, Volume 4, Issue 20-24, Coll. of Resources Sci. & Technol., Beijing Normal University, Beijing.

KAYIJAMAHE, E. (2008) - *Spatial Modelling of mountain gorilla (gorilla beringei beringei) habitat sustainability and human impact – Virunga Volcanoes Mountains, Rwanda, Uganda and Democratic Republic of Congo*. Thesis submitted for the degree of Master of Science in Geo-information Science and Earth Observation, specialisation: Natural Resource Management (Environmental System Analysis and Management), from the International Institute for Geo-information Science and earth observation, Enschede, Netherlands.

LILLESAND, T.; KIEFER R. (1994/2000) - *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley and Sons, Inc, New York.

LONGLEY, P.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. (2005) – *Geographic Information Systems and Science*. 2nd edition, John Wiley and Sons, Chichester.

LOUREIRO, M.; BAÇÃO, F. (2004) – “O Self-Organizing Map como Ferramenta na Análise Geo-Demográfica”, *actas do V Congresso da Geografia Portuguesa*, 14-16 de Outubro, Campus de Azurém, Guimarães.

MACHADO, J. (2000) – *A Emergência dos Sistemas de Informação Geográfica na Análise e Organização do Espaço*. Fundação Calouste Gulbenkian/Fundação para a Ciência e Tecnologia, Lisboa.

MAGALHÃES, M. R. (2001) - *A Arquitectura Paisagista Morfologia e Complexidade*. Editorial Estampa, Lisboa.

MANNAK, M. (2008) – “Development: Africa Still Hampered by Lack of Geographical Data”, IPS inter press, Aug 27, Cape Town.

MARQUES, L. (2001) – *Sistemas De Informação Geográfica E Identificação De Corredores Verdes, Aplicação na área periurbana de Montijo – Pinhal Novo*, Trabalho Final de Licenciatura em Geografia e Planeamento Regional da faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

MARTIN, M. E.; ABER, J. D.; CONGALTON, R. (1998) – “Determining forest species composition using high spectral resolution remote sensing data”, *International Journal of Remote Sensing* (in press).

MATOS, J. L. (2001) - *Fundamentos de Informação Geográfica*, 2ª Edição, Lidel, Lisboa.

MATOS, J. (2007) - *Descrição e Análise das Abordagens Normativas à Qualidade em Informação Geográfica*. Instituto Superior Técnico – DECivil, Lisboa.

MEADOWS, D.; MEADOWS, D.; RANDERS, J.; BEHRENS, W. (1972) - *The limits to growth: A report for the club of Rome's project on the predicament of mankind*. Universe Books, New York.

MELO, D. (2002) - *Uso de dados Ikonos II na análise urbana: testes operacionais na zona leste de São Paulo*. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais de São José dos Campos, São Paulo.

MOREIRA, M. (1997) – *Introdução às Redes Neurais Artificiais*. Resumo de um estudo preliminar sobre redes neurais, Departamento de Matemática, Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal.

NAUGHTON-TREVES, L.; HOLLAND M. B.; BRANDON, K. (2005) – *The Role of Protected Areas in Conserving Biodiversity and Sustaining Local Livelihoods*. Department of Geography, Gaylord Nelson Institute for Environmental Studies, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin.

NELISSEN, N. *et al.* (1997) - Classics in Environmental Studies. *An Overview of Classic texts in Environmental Studies*, International Books, Utrecht.

NEMANI, R.; PIERCE, L.; RUNNING, S.; BAND, L. (1993) – “Forest ecosystem processes at the watershed scale: sensitivity to remotely-sensed Leaf Area Index estimates”, *International Journal of Remote Sensing*, Volume 14, Issue 13 (pp. 2519 – 2534).

NOGERAS-ISO, J.; ZARAZAGA-SORIA F.; MURO-MEDRANO P. (2005) – *Geographic Information Metadata for Spatial Data Infrastructures, Resources, Interoperability and Information Retrieval, Resources Interoperability and Information Retrieval*. Springer, University of Zaragoza, Zaragoza.

ODUM, E. (1997) - *Fundamentos de Ecologia*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

OLIVEIRA, C.; FERNANDES, C.; CARPINTEIRO, G.; CORREIA, L. (s/data) - *Projecto ITEM - ABC das Ondas Electromagnéticas*. Instituto de Telecomunicações / Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

PAGNEY, P. (1996) – “La climatologie » in DERRUAU, M. *et al.*, *Composantes et concepts de la géographie physique*. Armand Colin, Paris (pp. 71-82).

PAINHO, M.; PEIXOTO, M.; CABRAL, P.; SENA, R. (2001) – *WebGIS as a Teaching Tool*, Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

PILLAI, R. B.; WEISBERG, P. J. (2005) – “Object-oriented classification of repeat aerial photography for quantifying woodland expansion in central Nevada”, *20 Biennial Workshop on Aerial Photography, Videography, and High Resolution Digital Imagery for Resource Assessment*. October 4-6, Weslaco, Texas.

REKHA P.; WEISBERG P. (2005) - *Object-Oriented Classification of Repeat Aerial Photography for Quantifying Woodland Expansion in Central Nevada*. Dept. of Natural Resources and Environmental Science, University of Nevada-Reno in XX Biennial Workshop on Aerial Photography, Videography, and High Resolution Digital Imagery for Resource Assessment October 4-6, Weslaco, Texas, EUA.

RIBEIRO, J. (2007) – *A Detecção Remota no Inventário Florestal, Análise das potencialidades da utilização das imagens de satélite*. Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre e Ciência e Sistemas de Informação Geográfica, Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

RICHARDS, J. A. (1986) - *Remote sensing digital image analysis*. Springer, Berlin.

RICHARDS, J. A.; JIA, X. (1998) - *Remote sensing digital image analysis*, 2nd Edition, Springer, Berlin.

ROCHA, J. (2005) - *Informação Geográfica: Meta-Informação, Codificação e Visualização*. Dissertação submetida para obtenção do grau de doutor, no Departamento de Informática da Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

ROY, D.; BOSCHETTI, L.; O'NEAL, K. (2006) – MODIS Collection 5 Burned Area Product MCD45 User's Guide, version 1.0, University of Maryland, Maryland.

SEPEHR, A.; EKHTESASI, M. R. (2005) – *Application of GIS and Remote Sensing in Assessment of desertification*. Dissertação de mestrado, Shiraz University, Shiraz.

SHERBININ, A. (2005) - *Remote Sensing in Support of Ecosystem Management Treaties and Transboundary Conservation*. CIESIN at Columbia University, New York.

SILVA, H. (2008) – *MIG Editor de Metadados para Informação Geográfica*. Instituto Geográfico Português, Direcção de Serviços de Investigação e Gestão de Informação Geográfica, Lisboa.

SKOLE, D. (1994) - Data on global land-cover change: acquisition, assessment and analysis in *Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective*, W. B. Meyer and B. L. Turner, Cambridge University Press.

SMITH, R. (1997) – *Getting Started: Image Classification*. Micro Images, Lincoln, Nebraska.

SMITH SYSTEM ENGINEERING *et al* (1995) – *Final Report on a Study to Assess the Use of Satellite EO Data to Increase the Effectiveness of International Environmental Treaties*, a report to DG-XXII of the European Commission.

SOCHAVA, V. B. (1978) – *Introduction to geosystem study*. Science, Novosibirsk.

TANSER, F. C.; SUEUR, D. L. (2002) – “The application of geographical information systems to important public health problems in Africa”, *International Journal of Health Geographics*, Published online, December 9.

TELLES, G. R. (1997) – *Plano Verde de Lisboa*. Edições Colibri, Lisboa.

TENEDÓRIO, J. A. (2008) – “Relatório do programa, conteúdos e métodos de ensino teórico e prático das matérias da disciplina de Detecção Remota da licenciatura de Geografia e Planeamento Regional (1º ciclo)”, in *Diário da República*, 2ª. Série, nº 80, 23 de Abril de 2008, Lisboa.

TIMOFEEV, R. (2004) - *Classification and Regression Trees (CART) Theory and Applications*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Humboldt, Berlim.

TORRES, J. P. (2007) – *Evolução da paisagem na região do Cantanhez (Guiné-Bissau) e a sua influência na adequabilidade do habitat para Pan troglodytes*, dissertação para a obtenção de grau de mestre em Biodiversidade e Recursos Genéticos do Departamento de Zoologia / Antropologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto.

TURNER, W.; SPECTOR, S.; GARDINER, N.; FLADELAND, M.; STERLING, E.; STEININGER, M. (2003) – “Remote sensing for biodiversity science and conservation”, *Trends In Ecology & Evolution*, Volume 18, Number 6, June, Elsevier.

UHLIR, P. (1995) - From Spacecraft to Statecraft. The Role of Earth Observation Satellites in the Development and Verification of International Environmental Protection Agreements. *GIS Law* 1995, vol. II, n. 3, Winter.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2008) – *Africa, Atlas of Our changing Environment; Division of Early Warning and Assessment (DEWA)*. United Nations Environment Programme report (UNEP), Nairobi.

VASCONCELOS, M.; GUIDINI, M. (s/ data) – *O uso do Padrão OpenGIS em Sistemas Militares de Comando e Controle*. Programa de Pós-Graduação em Aplicações Operacionais do Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Centro Técnico Aeroespacial, São Paulo.

VESANTO, J. (1999) – *SOM- Based Data Visualization Methods*. Helsinki University of Technology, Helsinki.

YOHANNES, Y.; HODDINOTT, J. (1999) - *Classification and regression trees: an introduction*. Technical Guide, International Food Policy Research Institute, EUA.

WORLD RESOURCES INSTITUTE - WRI (2002) – *Reefs at Risk: Southeast Asia* (RRSEA, published by WRI, UNEP, the World Conservation Monitoring Center (UNEP-WCMC), ICLARM – The World Fish Center, and the International Coral Reef Action Network.

ZIMMER, C. (2008) – *Biodiversity in the Balance*, Yale Environment360 (13 June), YALE University, New Haven.

Recursos bibliográficos na *Internet*:

Africa Environment Information Network (AEIN) URL:

http://www.unep.org/Dewa/Africa/docs/en/AEIN_framework_Document.pdf (último acesso em Julho de 2009)

Africa Environment Information Network (implementation guidelines) URL:

<http://www.necz.org.zm/aein/docs/AEIN%20Implementation%20Guide.pdf> (último acesso em Julho de 2009)

África GIS 2009 (Kampala Conference) URL: <http://www.africagis2009.org/> (último acesso em Junho de 2009)

Agência Espacial Europeia URL: www.esa.int (último acesso em Novembro de 2008)

Agência Portuguesa do Ambiente (Informação Geográfica) URL:

<http://www.apambiente.pt/divulgacao/InformacaoGeografica/Paginas/default.aspx> (último acesso em Dezembro de 2008)

Amphibiaweb URL: <http://amphibiaweb.org/> (último acesso em Junho de 2009)

Association for Geographic Information (AGI Dictionary) URL:

<http://www.geo.ed.ac.uk/agidict/welcome.html> /

<http://www.isotc211.org/opendoc/211n630/211n630.PDF> (último acesso em Dezembro de 2008)

Bakalar, Nicholas (2005) - Global Treaties Ineffective Against Warming, Experts Say *in* National Geographic News URL:

http://news.nationalgeographic.com/news/2005/09/0915_050915_warming.html (último acesso em Dezembro de 2008)

Blogspot (Geography 2.0 – Virtual Globes) URL: <http://geography2.blogspot.com/2005/11/listing-of-virtual-globes.html> (último acesso em Junho de 2009)

Bunckminster Fuller Institute (Earthscope) URL: <http://www.earthscope.com/geoscope.html> (último acesso em Junho de 2009)

Bunckminster Fuller Institute (Fuller's Geoscope) URL: <http://www.bfi.org/node/564> (último acesso em Junho de 2009)

CARBOVEG-GB (2008) - Quantifying the carbon stocks and sink effects in the forests of Guinea – Bissau (Poster) URL: http://carboveg-gb.dpp.pt/?page=publications_presentations (último acesso em Agosto de 2009)

Competitive Enterprise Institute (CEI) URL: <http://cei.org/gencon/014,02408.cmf> (último acesso em Novembro de 2008)

Conservation Maps (Portal) URL:

<http://www.conservationmaps.org/Portal/ptk?command=openchannel&channel=266> (último acesso em Julho de 2009)

Desertlinks URL: http://www.unibas.it/desertnet/dis4me/land_uses/land_uses_list_pt.htm (último acesso em Junho de 2009)

Dipartimento Di Electronica e Informazione URL: <http://www.dei.polimi.it/> (último acesso em Abril de 2009)

Directiva Habitats URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31992L0043:PT:HTML> (último acesso em Novembro de 2008)

Drupal (Open Source Software – Geobrowsers) URL: <http://drupal.org/project/geobrowser> (último acesso em Junho de 2009) (último acesso em Junho de 2009)

EIS África URL: <http://www.eis-africa.org/EIS-Africa> (último acesso em Junho de 2009)

Electronic Statistics Textbook Dictionary (API's) URL: [http://www.babylon.com/definition/Application_Programming_Interface_\(API\)/English](http://www.babylon.com/definition/Application_Programming_Interface_(API)/English) (último acesso em Junho de 2009)

ENVI (Guia do ENVI em Português). Sulsoft, 2000 URL: www.sulsoft.com.br (último acesso em Julho de 2009)

ERVIDEIRA, A. (2005) - *Qualidade dos dados num S.I.G.* Programa de Estudos Graduados do Mestrado de Engenharia Geográfica e Geoinformática e SIG do Departamento de Matemática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
URL: http://ervideira.com.sapo.pt/PDFs/FSIG_Qualidade_dos_Dados.pdf (último acesso em Maio de 2009)

Eurogeographics URL: www.eurogeographics.org (último acesso em Maio de 2009)

Faculdade de Ciências Sociais e Humanas – Cursos URL: <http://www.fcsh.unl.pt/cursos> (último acesso em Dezembro de 2008)

Food and Agriculture Organization of the United Nations URL: www.fao.org/gtos/gofc-gold/ (último acesso em Dezembro de 2008)

Food and Agriculture Organization of the United Nations URL: <http://www.fao.org/docrep/004/AC135E/ac135e03.htm> (último acesso em Junho de 2009)

Forestry Commition of Great Britain URL: www.forestry.gov.uk/forestry (último acesso em Dezembro de 2008)

Fundação para a Ciência e Tecnologia (Projecto ChimpGB) URL: http://www.fct.mctes.pt/projectos/pub/2004/painel_result/vglobal_projecto.asp?idProjecto=57434&idElemConcurso=56 (último acesso em Julho de 2009)

Garmin (Manuais) URL: http://www8.garmin.com/manuals/GPSGuideforBeginners_Manual.pdf (último acesso em Julho de 2009)

GeoConnexion (MAfA) URL: [http://www.geoconnexion.com/geo_news_article/Mapping-Africa-for-Africa-\(MAfA\)-Working-Group/2744](http://www.geoconnexion.com/geo_news_article/Mapping-Africa-for-Africa-(MAfA)-Working-Group/2744) (último acesso em Julho de 2009)

Geospatial africa 2009 (Johannesburg Conference) URL: <http://www.b2bsolutions.co.za/doc/GIS.pdf> (último acesso em Junho de 2009)

Global Monitoring for the Environment and Security (GMES) URL: <http://www.gmes.info/> (último acesso em Novembro de 2008)

Global Spatial Data Infrastructure Association (SDI Cookbook) URL: <http://passthrough.fw-notify.net/download/418225/http://www.gsdi.org/docs2004/Cookbook/cookbookV2.0.pdf> (último acesso em Maio de 2009)

Global Spatial Data Infrastructure Association (Progress with the Digital Earth Global Infrastructure – Foresman et al., S/Data) URL: <http://www.gsdi-docs.org/gsdiconf/GSDI-7/papers/IIIf.pdf> (último acesso em Junho de 2009)

GISdevelopment (*Mapping Africa for Africa* by Haggai Nyapola) URL: <http://www.gisdevelopment.net/magazine/years/2005/feb/mapping.htm> (último acesso em Junho de 2009)

GISdevelopment (Map use in South Africa by Derek Clarke) URL: <http://www.gisdevelopment.net/magazine/years/2005/feb/mapuse.htm> (último acesso em Julho de 2009)

GIS Lounge and DM Geographics (Map Africa 2008 conference) URL: <http://gislounge.com/map-africa-2008-cape-town-south-africa-august-25-to-26/> (último acesso em Junho de 2009)

GLONASS (Global Navigation Satellite System) URL: <http://iglcnass.com/> (último acesso em Julho de 2009)

Google Earth (Download and specifications) URL: <http://earth.google.com/intl/pt/> (último acesso em Junho de 2009)

Grossener (Diagrama temporal da cartografia global, apresentado em PPT, Figura) URL: <http://www.geog.ucsb.edu/~kclarke/G176B/DigitalEarth.ppt#256> (último acesso em Junho de 2009)

Human Sciences Research Council (HSRC) URL: <http://www.hsrb.ac.za/> (último acesso em Julho de 2009)

Illinois Natural History Survey URL: <http://www.inhs.uiuc.edu/cwe/research/groups/gis.html> (último acesso em Junho de 2009)

Independent (Burgeoning online ad spend will pass TV next year, says WPP By Nikhil Kumar in *Friday, 4 January 2008*) URL: <http://www.independent.co.uk/news/business/news/burgeoning-online-ad-spend-will-pass-tv-next-year-says-wpp-768108.html> (último acesso em Julho de 2009)

Indian Space Research Organisation URL: www.isro.gov (último acesso em Dezembro de 2008)

INSPIRE (directiva) URL: <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/> (último acesso em Novembro de 2008)

Instituto de Conservação da Natureza e Biodiversidade – Convenção Sobre a Diversidade Biológica URL: <http://portal.icnb.pt/NR/rdonlyres/EE42F640-B75F-4010-8E07-730412D1C05C/4189/CDBio.pdf> (último acesso em Maio de 2009)

Instituto Geográfico Português - Sistema Nacional de Informação Geográfica (INSPIRE) URL: <http://snig.igeo.pt/Inspire/Noquee.asp?menu=1> (último acesso em Maio de 2009)

Instituto Geográfico Português (WMS) URL: <http://mapas.igeo.pt/igp/wms.html> (último acesso em Maio de 2009)

Instituto Hidrográfico URL: www.hidrografico.pt (último acesso em Novembro de 2008)

Inter Press Service News Agency (Africa Still Hampered by Lack of Geographical Data) URL: <http://ipsnews.net/news.asp?idnews=43685> (último acesso em Julho de 2009)

International Institute for Geo-information Science & Earth Observation (ITC) - Geospatial Data Infrastructure: The Problem of Developing Metadata for Geoinformation in Africa URL: <http://www.itc.nl/library/Papers/WOLDAI.pdf> (último acesso em Julho de 2009)

International Organization for Standardization (ISO/TC 211) URL:
<http://www.isotc211.org/openspec/211n1847/211n1847.doc> (último acesso em Maio de 2009)

International Tropical Timber Organization - Acordo Internacional sobre Madeiras Tropicais URL:
http://www.itto.int/direct/topics/topics_pdf_download/topics_id=1811&no=3 (último acesso em Junho de 2009)

International Symposium on Digital Earth (Fifth Symposium) URL:
http://www.isde5.org/al_gore_speech.htm (último acesso em Junho de 2009)

International Tropical Timber Organization - Certificação URL: www.itto.or.jp (último acesso em Dezembro de 2008)

Internet World Stats URL: www.internetworldstats.com (último acesso em Novembro de 2008)

International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) – Lista vermelha de anfíbios URL: www.globalamphibians.org (último acesso em Junho de 2009)

International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) – Lista vermelha das espécies em perigo URL: <http://www.iucnredlist.org/> (último acesso em Fevereiro de 2009)

IUCN international treaties URL: http://www.iucn.org/about/work/programmes/environmental_law/ (último acesso em Dezembro de 2008)

Julião R., Dias R. (2006) – *Spatial data infrastructures – the next step for managing GI*, Jornadas e-Geo, Faculdade de ciências sociais e humanas da Universidade nova de lisboa URL: http://e-geo.fcsh.unl.pt/00334_comunicacoes.asp (último acesso em Maio de 2009)

Life photographs (www.life.com in www.google.com/img?hl=pt-pt&tab=wi) URL:
<http://images.google.com/hosted/life/?imgurl=6432d01c9d0487ee&q=Town%20of%20Sheffield%20looking%20east%20from%20St.%20John's%20%20source:life&prev=/images%3Fq%3DTown%20of%20Sheffield%20looking%20east%20from%20St.%20John's%20%20source:life%26hl%3Dpt-PT%26tbs%3Disch:1> (último acesso em Novembro de 2008)

Matthews, G. (s/ data) - Neural Network Learning Rules For OpenAI URL:
http://openai.sourceforge.net/docs/nn_algorithms/networksarticle/index.html (último acesso em Julho de 2009)

Meteo France – glossário URL: www.meteofrance.com/FR/glossaire (último acesso em Fevereiro de 2009)

Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (protocolo entre o IGP e a Microsoft) URL: <http://www.maotdr.gov.pt/Admin/Files/Documents/IGP-microsoft.pdf> (último acesso em Junho de 2009)

National Aeronautics Space Administration – Jet Propulsion Laboratory URL:
<http://msl.jpl.nasa.gov/Programs/gps.html> (último acesso em Julho de 2009)

National Aeronautics Space Administration – Jet Propulsion Laboratory (on earth) URL:
<http://onearth.jpl.nasa.gov/KML.html> (último acesso em Junho de 2009)

National Aeronautics Space Administration - Socioeconomic data and applications Center URL:
<http://sedac.ciesin.org> (último acesso em Dezembro de 2008)

National Aeronautics Space Administration - Socioeconomic data and applications Center (Detecção remota e Tratados de ambiente) URL: <http://sedac.ciesin.columbia.edu/rs-treaties/> (último acesso em Fevereiro de 2009)

National Aeronautics Space Administration; Socioeconomic data and applications Center; Columbia University (Guias Temáticos) URL: http://sedac.ciesin.columbia.edu/tg/guide_print.jsp?rd=rs&ds=6 (último acesso em Abril de 2009)

National Space Agency of Ukraine (State Scientific and Productive Center of Aerospace Information, Earth Remote Sensing and Environmental Monitoring) URL: <http://www.pryroda.gov.ua/en/index.php?newsid=5000131> (último acesso em Junho de 2009)

NGO Gateway URL: www.ngogateway.org (último acesso em Dezembro de 2008)

New Partnership for Africa's Development (NEPAD) URL: <http://www.nepad.org/2005/files/inbrief.php> (último acesso em Julho de 2009)

OOM, D.; LOURENÇO P.; CABRAL, A.; VASCONCELOS, M.; CATARINO L.; CASSAMÁ V.; MOREIRA J. (2008) - Quantification of deforestation rates in Guinea-Bissau – a baseline for carbon trading under REDD URL: http://carboveg-gb.dpp.pt/pages/publications_presentations/files/publications/2_33_ISRSE_TS-13-4_DuarteOom.pdf (último acesso em Agosto de 2009)

Open GIS Consortium URL: <http://www.opengeospatial.org/ogc> (último acesso em Maio de 2009)

Open GIS Consortium (WMS) URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/wms#overview> (último acesso em Maio de 2009)

Open GIS Consortium (figura Relação entre clientes/Servidores e alguns protocolos OGC) URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Open_Geospatial_Consortium (último acesso em Maio de 2009)

Open GIS Consortium (OGC Web Services Initiative – Phase 6 - OWS-6 Architecture) URL: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=29191&format=pdf (último acesso em Maio de 2009)

Open GIS Consortium (KML Approve as open standard) URL: <http://www.opengeospatial.org/pressroom/pressreleases/857> (último acesso em Junho de 2009)

Painel Intergovernamental das Alterações Climáticas URL: <http://www.ipcc.ch/> (último acesso em Maio de 2009)

Partidário, M. (2006) - *Desafios da Interioridade: a riqueza ambiental e a vantagem para a sustentabilidade* URL: http://jorgesampaio.arquivo.presidencia.pt/pt/biblioteca/outros/interioridade/1_5.html (último acesso em Fevereiro de 2009)

PhysicalGeography.NET URL: <http://www.physicalgeography.net/> (último acesso em Fevereiro de 2009)

Pira study at European Umbrella Organization for Geographic Information (newsletter n 3) URL: http://memberservices.gsdi.org/files/?artifact_id=310 (último acesso em Dezembro de 2008)

Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes URL: http://www.pefc.org/internet/html/about_pefc.htm (último acesso em Junho de 2009)

RAMSAR Convention URL: http://www.ramsar.org/key_conv_e.htm (último acesso em Junho de 2009)

School of Computer Science URL: <http://www.cs.cmu.edu/> (último acesso em Abril de 2009)

Science and Development Network (News - African development needs good geo-spatial information) URL: <http://www.scidev.net/en/new-technologies/opinions/african-development-needs-good-geo-spatial-informa.html> (último acesso em Julho de 2009)

SERVIR-Africa (GMES Africa Action Plan) URL:

http://www.servir.net/africa/index.php?option=com_mamblog&task=show&action=view&id=372&Itemid=54 (último acesso em Junho de 2009)

Tratado do Antártico URL: www.ats.aq (último acesso em Novembro de 2008)

United Nations URL: www.un.org (último acesso em Dezembro de 2008)

United Nations (Global Adaptation Atlas) URL:

http://www.un.org/esa/dsd/susdevtopics/sdt_pdfs/meetings/egm0409/doc_Adaptation_Atlas_Illustrated_Summary.pdf (último acesso em Junho de 2009)

United Nations – Convenção para o Combate à Desertificação URL:

<http://www.unccd.int/convention/text/convention.php> (último acesso em Junho de 2009)

United Nations (Millennium Development Goals) URL: <http://www.un.org/millenniumgoals/bkgd.shtml> (último acesso em Julho de 2009)

United Nations Collaborative Programme on Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries URL: <http://www.un-redd.org/> (último acesso em Dezembro de 2008)

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) URL:

<http://whc.unesco.org/en> (último acesso em Novembro de 2008)

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) – Países signatários URL:

<http://whc.unesco.org/en/statesparties> (último acesso em Novembro de 2008)

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) - Programa homem e biosfera (MAB) URL: [http://portal.unesco.org/en/ev.php-](http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=10891&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html)

[URL_ID=10891&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=10891&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html) (último acesso em Dezembro de 2008)

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) - World Heritage

Convention URL: <http://whc.unesco.org/en/conventiontext/> (último acesso em Junho de 2009)

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) - Património Mundial –

KML) URL: <http://whc.unesco.org/en/list/kml> (último acesso em Junho de 2009)

United Nations Environment Program - Convenção para a diversidade biológica URL:

<http://www.cbd.int/> (último acesso em Dezembro de 2008)

United Nations Environment Program – Global environment outlook 2000 URL:

<http://www.unep.org/GEO2000/> (último acesso em Fevereiro de 2009)

United Nations Environment Program – Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation

URL: <http://www.unep.org/Themes/climatechange/FocalAreas/REDD.asp> (último acesso em Maio de 2009)

United Nations Environment Program (Showcase KML) URL: [http://dewa03.unep.org/live-](http://dewa03.unep.org/live-sdi/?q=node/52)

[sdi/?q=node/52](http://dewa03.unep.org/live-sdi/?q=node/52) (último acesso em Junho de 2009)

United Nations Environment Program (GRASP) URL: <http://www.unep.org/grasp/> (último acesso em

Julho de 2009)

United Nations Environment Program – Press Release URL:
<http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=204&ArticleID=2872&l=en>
(último acesso em Junho de 2009)

United Nations Framework Convention on Climate Change URL: <http://unfccc.int/2860.php> (último acesso em Maio de 2009)

United Nations Framework Convention on Climate Change - Kyoto Protocol URL:
http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php (último acesso em Junho de 2009)

United Nations Geographic Information Working Group URL: <http://www.ungiwg.org/> (último acesso em Fevereiro de 2009)

United Nations Press Releases URL: www.un.org/News/Press/docs/2008 (último acesso em Dezembro de 2008)

Universidade Federal do Espírito Santo (Brasil)- Departamento de Física (Sebentas) URL:
<http://www.profanderson.net/applets.html> (último acesso em Maio de 2009)

Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas (Centro de Estudos e-Geo) URL:
<http://e-geo.fcsh.unl.pt> (último acesso em Julho de 2009)

Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas (Dep. Antropologia) URL:
<http://www.fcsh.unl.pt/deps/antropologia/> (último acesso em Julho de 2009)

University Consortium for Geographic Information Science (Students Papers – Grossner) URL:
http://www.ucgis.org/summer2006/studentpapers/grossner_final.pdf (último acesso em Junho de 2009)

University of Melbourne (sebentas) URL:
<http://www.sli.unimelb.edu.au/gisweb/GISModule/GISTheory.htm> (último acesso em Junho de 2009)

University of Maryland (Fire Information for Resource Management System - FIRMS) URL:
<http://maps.geog.umd.edu/firms/#> (último acesso em Agosto de 2009)

Willamette University (sebentas) URL:
<http://www.willamette.edu/~gorr/classes/cs449/Unsupervised/competitive.html> (último acesso em Abril de 2009)

Woodrow wilson international Center for scholars URL: <http://www.wilsoncenter.org/> (último acesso em Dezembro de 2008)

Nota: Multifontes de Informação geográfica (ver quadro 5 e anexo II)

Anexo I – Lista de exemplos de Satélites por programa / série²²⁴:

Comerciais

Disaster Monitoring Constellation

EROS

FORMOSAT-2

IKONOS

QuickBird

RapidEye

SPOT

TerraSAR-X

WorldView-1

Earth Observing System (multinacional)

Aqua (EOS PM-1)

Aura

GRACE

Jason 1

Ocean Surface Topography Mission

Orbview-2

Orbiting Carbon Observatory

Terra (EOS AM-1)

TRMM (EUA/Japão)

Agência Espacial Brasileira (AEB)

CBERS-1; 2 e 2B (3)

Argentina Space Agency (CONAE)

SAC-A –C (3)

SAOCOM

Centre National d'Études Spatiales (CNES)

SPOT 1-5 (5)

CALIPSO (NASA/CNES)

European Space Agency (ESA)

Envisat

ERS

Meteosat (EUMETSAT – Europa)

MetOp

Meteosat 5 – 9 (5)

National Academy of Sciences of Republic of Belarus

BelKA

Federação Rússia

Meteor séries – Meteor 1, 2 e 3 series (3)

Okean series

Swedish National Space Board

Munin

ISRO (Índia)

Cartosat-2 e 2A

IRS P1 – P6 (6)

IRS 1A – D (4)

JAXA (Japão)

GMS-1 - 5 / Himawari-1 – 5 (5)

GOSAT

ALOS PALSAR, AVNIR-2 and PRISM

NASA (EUA)

TIMED (Thermosphere Ionosphere Mesosphere Energetics and Dynamics)

TOPEX/Poseidon

Upper Atmosphere Research Satellite

ACRIMSAT

ICESat

SORCE

CloudSat

Hydros

OCO (em 2009)

Aquarius (em 2009)

TIROS /ESSA/ ITOS/ NOAA (USA)

QuikSCAT

NPOESS

NOAA-15 – 18 (4)

Project Vanguard (USA)

Vanguard 2

GOES (USA)

GOES 9, 10 e 12 (3)

Programa Landsat (EUA)

Landsat 1 – 7 (7)

RADARSAT series (Canadá)

RADARSAT-1 e 2

Coreia do Sul

Kompsat-2

Tailândia

Theos-1

FY (Feng Yun) series (China)

FY-1 e 2 series (2)

²²⁴ wikipedia.org

Anexo II – fontes de informação geográfica na web²²⁵:

“American Society for Photogrammetry and Remote Sensing - URL: <http://www.asprs.org/>

Founded in 1934, the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) is a scientific association serving over 7,000 professional members around the world. Our mission is to advance knowledge and improve understanding of mapping sciences to promote the responsible applications of photogrammetry, remote sensing, geographic information systems (GIS), and supporting technologies.

Core Software Technology - URL: <http://www.coresw.com/>

Core Software Technology is the creator and provider of ImageNet.com , an Internet Portal for easy access to information about the world. ImageNet.com was developed to address the difficulty inherent in finding scattered geospatial information. Core discovered, through working with its clients, that almost 75% of their project's time was devoted to locating the necessary geographic data -- ImageNet reduced this search time from months to minutes.

Earth Satellite Corporation (EarthSat) - URL: <http://www.earthsat.com/>

Earth Satellite Corporation (EarthSat) is an international professional services firm which specializes in the development and application of remote sensing and geographic information technologies (GIS). EarthSat projects focus on the exploration, sustainable development and management of the Earth's resources and the monitoring of the environment.

EROS Data Center – URL: <http://edcwww.cr.usgs.gov/>

The Earth Resources Observation Systems (EROS) Data Center, located in Sioux Falls, SD is a data management, systems development, and research field center of the U.S. Geological Survey's National Mapping Division. The Center was established in the early 1970's to receive, process, and distribute data from National Aeronautics and Space Administration (NASA) Landsat satellites. The Center holds the world's largest collection of space and aircraft acquired imagery of the Earth. These holdings include over 2 million images acquired from satellites and over 8 million aerial photographs. The Center is also a major focal point for information concerning the holdings of foreign Landsat ground reception stations and data acquired by other countries' Earth observing satellites.

Euromap – URL: <http://www.euromap.de/site/index.html>

For the first time in Germany, an efficient commercial structure now exists to receive, archive and market satellite Earth observation data. Experience and expertise in data reception and data processing is being

²²⁵ Disponível em: United Nations Environment Programme. URL: <http://209.85.129.132/search?q=cache:jdInv3jVHwgJ:na.unep.net/links/remotesens.php+geographic+remote+sense+convention+desertificati on&hl=pt-PT&ct=clnk&cd=1&gl=pt> (Último acesso em Julho de 2009)

optimally combined at Euromap with the required marketing and distribution activities - an essential precondition for flexibly serving the growing market for remote sensing data.

European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites – URL:

<http://www.eumetsat.int/Home/index.htm>

The activities of EUMETSAT contribute to a global meteorological satellite observing system coordinated with other space-faring nations. EUMETSAT is an intergovernmental organisation created through an international convention agreed by 17 European Member States. These States fund the EUMETSAT programmes and are the principal users of the systems.

European Space Agency (ESA) – URL: <http://www.esa.int/esaCP/index.html>

The European Space Agency (ESA) is an international organization composed of 14 Member States which aims to "provide for and to promote, for exclusively peaceful purposes, cooperation among European States in space research and technology and their space applications, with a view to their being used for scientific purposes and operational space applications systems."

Federation of Earth Science Information Partners – URL: <http://www.esipfed.org/>

The Federation maintains over 2,000 Earth Science datasets. Every one is available to scientists, educators, policy makers, students, and the general public. The vast majority of the data is free. Federation partners are working together to develop new datasets that apply to specific interests bringing Earth science data to an ever expanding arena of users.

GIS and Remote Sensing Links – URL: http://www.calmit.unl.edu/data_maps.php

A collection of links from the Center for Advanced Land Management Information Technologies. (CALMIT)

Global Land Cover Facility – URL: <http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml>

The Global Land Cover Facility provides free online access to Landsat and MODIS imagery and products. The Earth Science Data Interface (ESDI) at the GLCF allows users to query and display any of the over 20,000 Landsat scenes, including global coverage at multiple dates, as well as a variety of MODIS and land cover products. Land Cover dynamics products and similar datasets are also available at the local, regional or global scales.

Global Vegetation Monitoring – URL: <http://www.d4science.eu/gvm>

The GVM Unit's mission is to provide accurate information on changes in the world's vegetation cover as needed for EU policy in the areas of environment, development and external affairs. The focus is provision of information and methodologies that support the implementation of international environmental treaties and conventions (such as the Framework Convention on Climate Change, the

Convention to Combat Desertification and the Convention on Biological Diversity) and to support the EU's aid and development programmes.

Indian Remote Sensing Satellites – URL: <http://www.nrta.gov.in/>

Past, presently working and future Indian satellites. This site also contains links to ISRO Centres.

National Space Development Agency of Japan (NASDA) – URL: http://www.jaxa.jp/index_e.html

The National Space Development Agency of Japan (NASDA) was established on October 1, 1969, under the National Space Development Agency Law, to act as the nucleus for the development of space and promote the peaceful use of space.

National Aeronautics and Space Administration (NASA) – URL: <http://www.nasa.gov/>

The National Aeronautics and Space Administration is composed of a diverse group of men and women at NASA Headquarters and the Agency's 10 field installations around the country. NASA, however, does not accomplish its mission alone, but in partnership with large and small contractors, members of the academic community, other Federal, State, and local agencies, and other space agencies from nations around the globe. Together, these entities form a comprehensive, highly skilled team that is dedicated to providing high-quality, technologically superior products and services to its customers.

National Geographic's Map Machine – URL: <http://maps.nationalgeographic.com/maps>

Sample the Cartographic Division's online maps. This collection will be continuously updated and expanded.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) – URL: <http://www.noaa.gov/>

NOAA is a national program supplying research and materials for weather, oceans, coastal areas, fisheries, climate and charting and navigation.

Radarsat – URL: <http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/>

A national program in remote sensing is coordinated by the Canada Centre for Remote Sensing (CCRS) in cooperation with other agencies of the Government of Canada, provincial governments, industry and Canadian universities. Established in 1971, CCRS is responsible for the acquisition of Earth observation data and for the development of remote sensing applications and related methodologies and systems.

Remote Sensing and Environmental Treaties Workshop - <http://sedac.ciesin.columbia.edu/rs-treaties/>

The rapid growth in the number of environmental treaties since the 1972 Stockholm Conference on the Environment has been an encouraging sign of international commitment to protecting the environment. The Earth Summit in 1992 provided added impetus to the establishment of multilateral environmental

agreements (MEAs), with the formation of three major conventions: the Convention on Biological Diversity (CBD), the Convention to Combat Desertification (CCD), and the UN Framework Convention on Climate Change (FCCC). MEAs now address almost every conceivable part of the Earth's biophysical systems.

Remote Sensing and Photogrammetry Society – URL: <http://www.rspsoc.org/>

The RSPSoc (Remote Sensing and Photogrammetry Society) gives you access to the world of remote sensing and photogrammetry. The RSPSoc is a new Society, which has formed through the merger of the former Remote Sensing Society and Photogrammetric Society. This merger followed from the increasing convergence of remote sensing and photogrammetry, together with a growing need to develop capabilities and expertise in the use of both remotely sensed and photogrammetric data.

Sovinformsputnik – URL: <http://www.sovinformsputnik.com/>

From the time of its foundation in 1991 SOVINFORMSPUTNIK has opened for customers and users all over the world new possibilities in acquisition of the unique Earth surface remote sensing data, not previously allowed for commercial distribution and use. The Company was founded by a number of enterprises of industry responsible for development, manufacturing and operation of modern remote sensing systems, which until just recently were used only for defence purposes. The strategic direction of our activity is satellite survey, commercial distribution of the data, acquired by the above mentioned systems, and provision of added value products and services for peaceful and scientific purposes.

Space Imaging – URL: <http://www.euspaceimaging.com/>

Since its founding in late 1994, Denver, Colorado-based Space Imaging has quickly become a world leader in digital Earth information to better map, measure, monitor, and manage the world we live in - from our national assets to global crop production. Space Imaging's already diverse collection of resources grew with the launch of IKONOS, the world's first one-meter resolution, commercial imaging satellite, on September 24, 1999. The addition of the IKONOS satellite to Space Imaging's portfolio enables the company to produce more economical information products with delivery timelines that far exceed the standards in the marketplace.

SPOT Image – URL: <http://www.spotimage.com/?countryCode=PT&languageCode=fr>

Spot Image is the commercial operator of the Spot system, but also offers products and services derived from various optical and radar sensors with resolutions ranging from 1 km to 1 m.”

Anexo III – CD-ROM que contém:

- Software de instalação do Adobe Acrobat Reader;
- Dissertação em PDF;
- Mapas realizados no software ArcGIS 9.3 (PDF c/ manipulação de níveis de IG - legendas);
- Um exemplo de visualização dos dados em PowerPoint (Microsoft Office)
- O Curriculum Vitae do autor;
- Página pessoal na *Internet*: www.luisfilipemarques.com