Silva Lusitana, nº especial: 1 - 16, 2008
© EFN, Lisboa. Portugal

Desenvolvimento e Exploração de um Modelo de Dados Espaciais para Ordenamento Florestal

Nuno Neves*, Marco Freire, Susana Dias***, Nuno Ribeiro******
*Professor Auxiliar
**Bolseiro de Doutoramento
Universidade de Évora. Departamento de Planeamento Biofísico e Paisagístico, Rua Romão Ramalho 59, 7000 ÉVORA; e-Geo, Centro de Estudos e Planeamento Regional
***Equiparada a Professora Adjunta
ICAM. Instituto Politécnico de Portalegre. Escola Superior Agrária de Elvas, Apartado 254, 7350-903 ELVAS
****Professor Auxiliar
ICAM. Universidade de Évora. Departamento de Fitotecnia, Apartado 94, 7002-554 ÉVORA

Sumário. A produção de bases informativas espaciais e a sua exploração em processos de ordenamento florestal é susceptível de integração sistémica numa perspectiva de modelação geográfica, integrando um vasto conjunto de operações de estruturação, geoprocessamento e análise espacial. O processo de criação de um modelo de dados espaciais contribui para a criação de sistemas de caracterização e avaliação biofísica e sócio económica orientados para servir de base a processos de decisão inerentes a acções de planeamento e ordenamento. Foi desenvolvido um modelo de dados espaciais em sistemas de informação geográfica, orientado para a gestão e ordenamento florestal. A definição conceptual e física do modelo de dados espaciais para ordenamento florestal considerou os seguintes aspectos: Os elementos do território ou cenário geográfico, ou ainda descrições espaciais de fenómenos necessários para representar correctamente o sistema em estudo; A aproximação (modelo de dados espaciais) que deve ser usada para gerir e representar estas entidades espaciais; O conjunto particular de instruções e informação (estrutura de dados) que será necessária em termos computacionais para implementar o modelo de dados; O conjunto de processos analíticos a implementar e a sua formalização.
Palavras-chave: Modelo de dados espaciais; ordenamento florestal; análise espacial; modelação geográfica

Development and Exploitation of a Spatial Data Model for Forest Planning

Abstract. The production of spatial information in forest planning can be systemically integrated in a geographic modelling perspective in a wide set of structural, geoprocessing and spatial analytical processes. The creation of a spatial data model supports the creation of a biophysical and socio-economic characterization and evaluation system, intended to serve as a framework in planning actions. A spatial data model in geographic information systems was

1º Autor E-mail: nneves@uevora.pt

developed oriented to forest planning and management. The design and physical implementation of the spatial data model considered the following aspects: The land features or geographic scenery, or even spatial descriptions related to needed phenomena to accurately represent the system under study; The spatial data model that must be used to manage and represent those spatial features; The particular set of instructions and information (data structure) that will be needed to implement the data model; The analytical set of processes to implement and their formalization.
Key words: Spatial data models; forestry management; spatial analysis; geographic modelling

Développement et Exploration d'un Modèle de Données Spatiales en Aménagement Forestier

Résumé. La production de bases informatives spatiales et son exploration dans des processus d'ordre forestier est susceptible d'intégration systémique en perspective d'un modelage géographique, intégrant un vaste ensemble d'opérations de structuration, du geoprocessement et de la analyse spatiale. La procédure de création d'un modèle de données spatiales contribue à la création de systèmes de caractérisation et d'évaluation biophysique et socio-économique guidés pour servir de base à des procédures de décisions inhérentes à des actions de planification et d'aménagement. Un modèle de données spatiales a été développé dans des systèmes d'informations géographiques, orienté vers la gestion et l'aménagement forestier. La définition conceptuelle et physique du modèle de données spatiales pour aménagement forestier considère les aspects suivants: Les éléments du territoire ou le scénario géographique, ou encore descriptions spatiales de phénomènes nécessaires pour représenter correctement le système. L'abordage (modèle de données spatiales) qui doit être utilisé pour gérer et représenter ces entités spatiales; L'ensemble particulier d'instructions et les informations (structure de données) nécessaires en termes informatiques afin d'implémenter le modèle de données; L'ensemble des processus analytiques nécessaire à implémenter et sa formalización.
Mots clés: Modèle de données spatiales; ordonnément forestier; analyse spatiale; modelage géographique

Introdução

A modelação espacial é essencialmente uma variante do processo de modelação. No conjunto de procedimentos que integra, os dados geográficos acerca das relações espaciais presentes no mundo real, representados como elementos de um sistema geográfico, são relacionados através de um conjunto de associações lógicas e operações espaciais (NEVES *et al.*, 2006a)

A adopção de uma determinada referência tecnológica para a criação de um modelo de dados condiciona a sua concepção, as suas funcionalidades e possibilidades de desenvolvimento futuro.

O modelo de dados que aqui se descreve, nos seus constituintes e princípios fundamentais, foi inicialmente concebido considerando a sua implementação sobre uma base aplicacional em ambiente ArcView GIS geração 3.X. Visando formalizar o processo metodológico geral, bem como permitir um conjunto mais vasto de desenvolvimentos, o modelo de dados espaciais foi adaptado para um novo ambiente de desenvolvimento numa base aplicacional ArcGIS 9.X.

Um dos aspectos mais relevantes do *software* ArcGIS é o seu modelo interno de dados espaciais – Geodatabase, que integra um conjunto de características consideradas fundamentais no desenvol-

vimento de estratégias de armazenamento e exploração de informação espacial.

Mais do que uma referência tecnológica, este ambiente de representação de fenómenos e entidades espaciais tem sido largamente explorado enquanto referência metodológica nesta área de investigação e desenvolvimento.

Concebido numa perspectiva integradora das diversas soluções anteriores e tirando partido da flexibilidade e desenvolvimento inerente aos sistemas de gestão de bases de dados, este modelo integra um conjunto de novas premissas e contribuições significativas para o processo de concepção de bases informativas assentes num modelo de dados espaciais (NEVES *et al.*, 2006b).

A adopção do modelo Geodatabase tem várias implicações. A representação gráfica (ou geométrica) das entidades passa a ser gerida na mesma base de dados que os atributos não espaciais. O armazenamento dos dados no mesmo "ambiente" permite a simplificação de um conjunto de processos, ao mesmo tempo que permite uma mais extensa exploração das capacidades dos sistemas de gestão de bases de dados e a comunicação com outras aplicações e/ou ambientes de desenvolvimento.

Especialmente orientado para a concepção e gestão de processos que assegurem uma correcta exploração analítica, o modelo Geodatabase integra a possibilidade de implementação de um conjunto de relações e regras entre as entidades e classes de entidades que, visando essencialmente criar uma estrutura robusta e fiável de informação geográfica, permitem a construção de arquitecturas sistémicas com uma grande variedade de possibilidades de exploração.

Neste contexto existe uma aproximação completamente nova a conceitos clássicos como a topologia, alterando a forma como as relações topológicas entre elementos e características de uma base informativa são expressas e implementadas. A topologia numa Geodatabase, organizada em tabelas que armazenam informação chave a usar "*on the fly*" na implementação de relações topológicas. Esta visão bastante flexível deverá ser cuidadosamente aprofundada num processo de implementação de modo a poder explorar de uma forma mais completa a base de dados relacional do modelo concebido.

O desenvolvimento de aplicações orientadas para a realização de processos específicos de análise espacial encontra no ambiente de desenvolvimento geodatabase um campo de aplicação bastante alargado e simplificado. A possibilidade de inclusão de modelos e aplicações integradas (*models* e *toolboxes*), especificamente orientados para a exploração das características dos dados e associações presentes, contribui para uma muito mais extensa formalização da estrutura enquanto sistema operacional de abordagem e desenvolvimento temático.

Informação geográfica no modelo de dados espaciais

Para a realização dos processos de modelação geográfica foi necessário considerar um conjunto extenso de tipos de informação geográfica, sendo o volume de dados extremamente elevado, em resultado do nível de detalhe que se pretendeu atingir e da área geográfica objecto de estudo.

A definição do modelo de dados geral foi efectuada considerando uma prévia análise dos processos de modelação geográfica a implementar, promovendo a

criação de uma base informativa plenamente aplicável aos objectivos analíticos definidos.

A informação integrada organiza-se nos seguintes grandes blocos:

1 – Informação vectorial, em formato "ESRI shapefile", organizada em sistema de informação geográfica. Este bloco informativo apresenta uma diversidade significativa, sobretudo ao nível da escala de captura e consequente rigor dos dados, sendo necessárias diversas operações de verificação, geoprocessamento e reestruturação, visando a constituição de uma base geográfica homogénea;

2 – Informação altimétrica em formato matricial (*raster*), sendo o tamanho da célula de 25 metros; Estes temas de informação constituiriam a base de trabalho para os processos de avaliação morfológica e para a geração de temas derivados utilizados na caracterização biofísica.

3 – Modelos constituídos essencialmente por tabelas de avaliação pericial efectuadas sobre os atributos da informação vectorial. Estes modelos constituem a base para um conjunto alargado de operações de qualificação e selecção, determinantes para a funcionalização sistémica dos processos de análise espacial.

A implementação dos modelos de avaliação pericial assenta em processos de associação ou junção lógica da sua componente tabular com os atributos dos temas avaliados, permitindo a avaliação completa segundo o atributo e descritor considerado, bem como segundo os processos de análise espacial e modelação geográfica a implementar subsequentemente.

Modelo de dados e análise espacial

Uma parte fundamental do processo de definição de um modelo de dados está relacionado com a definição das diferentes aproximações de análise espacial e, mais importante ainda, com a descrição da forma como essas aproximações implicam a concepção de um modelo de dados específico (NEVES *et al.*, 2006a). O modelo de dados foi concebido para ser plenamente adaptável às diferentes exigências de análise considerando o necessário equilíbrio entre flexibilidade e especialização.

Tendo como objectivo a avaliação dos níveis variáveis de integração do SIG e da análise espacial foi necessário avaliar o nível de integração da análise espacial e de outros tipos de modelos e aplicações. Neste ponto de vista, a atenção centra-se mais na análise espacial do que no SIG, visto de uma forma clássica como um conjunto operacional de ferramentas ou estrutura informativa.

A interacção espacial e a modelação, no modelo de dados concebido para o projecto, são consideradas directamente como componentes do modelo de dados geral e não como exploração futura.

Um vasto conjunto de possibilidades como a modelação orientado para aplicações de avaliação e caracterização de potenciais de produção florestal, a definição de unidades mínimas de gestão e exploração, ou a modelação do impacto de alterações num sistema florestal, são consideradas através da definição e implementação de modelos de classificação e avaliação espacial.

Na Figura 1 apresenta-se o esquema geral do modelo de dados concebido, mostrando-se a organização dos componentes que o constituem.

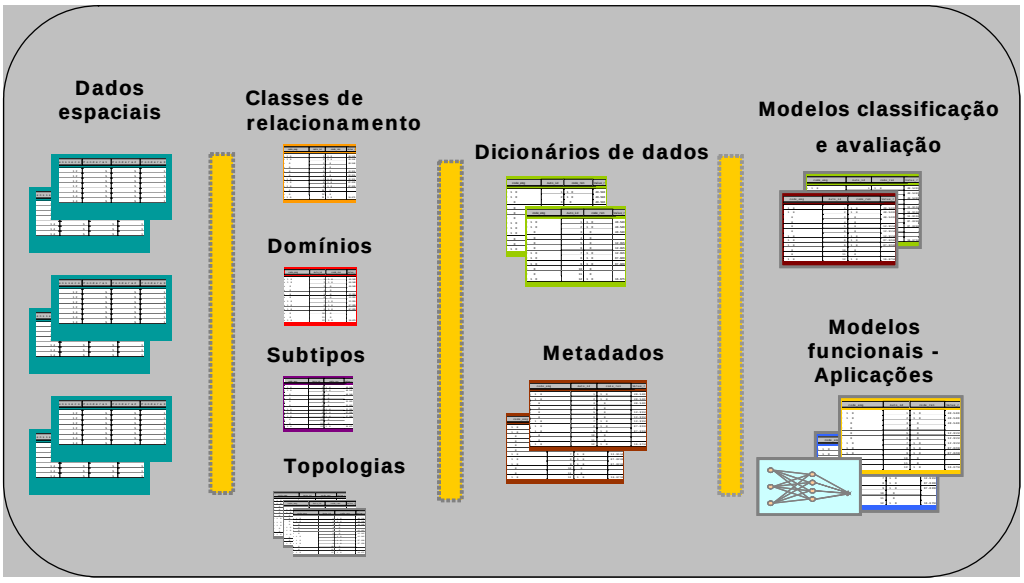


Figura 1 - Componentes do modelo de dados espaciais para ordenamento florestal

Existindo tipos muito diversos de modelos de classificação e avaliação aplicáveis em ordenamento florestal constituiu uma preocupação central a definição de uma estrutura específica que pudesse integrar as características do maior número possível de modelos.

Foi concebida uma estrutura de interacção com modelos numéricos orientados para a classificação e avaliação. A estrutura de interacção criada apresenta-se como uma forma flexível e simplificada de interacção assente na correspondência entre as características dos modelos a integrar e as características das entidades de representação do modelo.

As entidades de representação dos modelos são constituídas por "*feature classes*" ou subtipos de classes de entidades consideradas simultânea ou alternadamente como entidades de amostragem e representação. Desta forma foi constituída uma estrutura ou substrutura do modelo de dados orientada para constituir uma interface entre o "espaço modelado" e os modelos de classificação e avaliação

A Figura 2 representa, a título de exemplo, os procedimentos e estruturas do esquema relacional entre as tabelas contendo a identificação dos modelos e o tipo de dados proveniente desses modelos. Esta estrutura de conexão permite simultaneamente constituir uma interface com modelos de avaliação e qualificação, bem como com dados provenientes de séries temporais frequentemente associados a modelos numéricos de representação e/ou simulação ambiental.

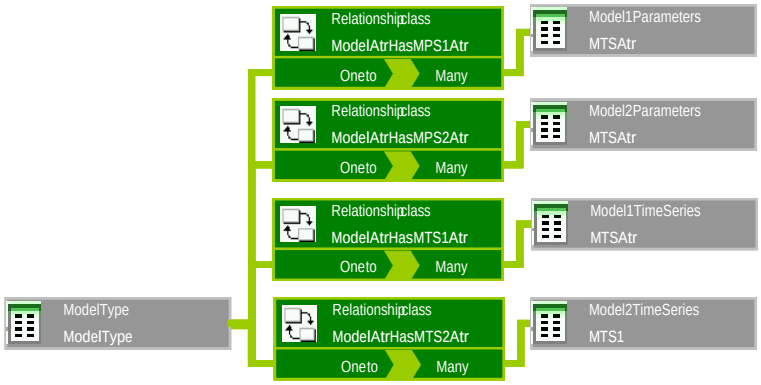


Figura 2 - Esquema conceptual de conjunto de entidades "Modelos de classificação e avaliação"

Modelos de classificação e avaliação

As operações de geoprocessamento e análise espacial integradas em modelos de classificação e avaliação constituíram um dos processos metodológicos cruciais do estudo, em função da complexidade das operações implementadas e do significativo volume de dados que foi necessário compatibilizar e integrar na mesma base geográfica.

Os modelos de avaliação integram informação fornecida por diferentes fontes como a análise exploratória de dados espaciais ou os modelos de avaliação pericial.

Os modelos de avaliação explicitam uma avaliação detalhada de critérios de sensibilidade e potencial biofísico, definida em função dos atributos primários de cada tipo de informação seleccionada e das combinações resultantes da sua integração vertical de sequências e processos locais e focais de análise espacial. Foi criada uma base informativa cuja integração em processos de planeamento e gestão florestal poderá sempre incluir a melhoria dos conhecimentos sobre as relações entre os elementos geográficos, contribuindo este facto para a sua constante actualização metodológica e consequente aplicabilidade.

Estes processos de modelação geográfica constituíram uma aproximação pericial de avaliação e caracterização do território segundo as diversas funcionalidades, aptidões e restrições consideradas. Num contexto de avaliação e caracterização correspondem ao nível mais elevado de detalhe devendo ser encarados como elementos complementares das propostas de síntese e integração.

Modelo de avaliação de potencial de Produção florestal

O modelo de avaliação de potencial de produção florestal integra o conceito de aptidão potencial de produção como uma avaliação da capacidade de sobrevivência e desenvolvimento de uma ou mais espécies num dado sistema biofísico. Neste processo consideraram-se as cinco espécies mais representativas no Alentejo, tanto em termos de área ocupada, como em termos de produções.

A caracterização da aptidão potencial

foi efectuada com base na metodologia definida por FERREIRA *et al*. (2001, 2006a,b,c), tendo em conta as características edafo-climáticas e ecológico-culturais de cada espécie.

A informação de base para a implementação do modelo de avaliação integrou um conjunto de cartas de aptidão anteriormente produzidas para as seguintes espécies (FERREIRA *et al*., 2001): *Arbutus unedo*; *Castanea sativa*; *Casuarina equisetifolia*; *Ceratonia siliqua*; *Cupressus lusitanica*; *Cupressus macrocarpa*; *Cupressus sempervirens*; *Eucalyptus globulus*; *Gleditsia triacanthus*; *Pinus halepensis*; *Pinus pinaster*; *Pinus pinea*; *Quercus faginea*; *Quercus pyrenaica*; *Quercus rotundifolia*; *Quercus suber*.

O modelo de avaliação de potencial de produção florestal implementado para este trabalho, resultou da utilização da metodologia de FERREIRA *et al*. (2006a,b,c), incluindo os solos de capacidade de uso A e B e excluindo o efeito do declive, tendo como resultado a produção de bases informativas para o sobreiro, a azinheira, o pinheiro manso, o pinheiro bravo e o eucalipto (Figura 3).

As bases informativas foram classificadas em três classes (FERREIRA *et al*., 2006a,b,c):

Classe 1 – Inferior à referência;

Classe 2 – Referência;

Classe 3 – Superior à referência;

Sendo as zonas improdutivas identificadas por zero.

A classe de referência para cada espécie resultou da integração vertical de informação sobre as condições de adaptação e crescimento em função das condicionantes de solo e a sua presença como espécie indicadora, em cada zona ecológica (FERREIRA *et al*., 2001, 2006a,b,c).

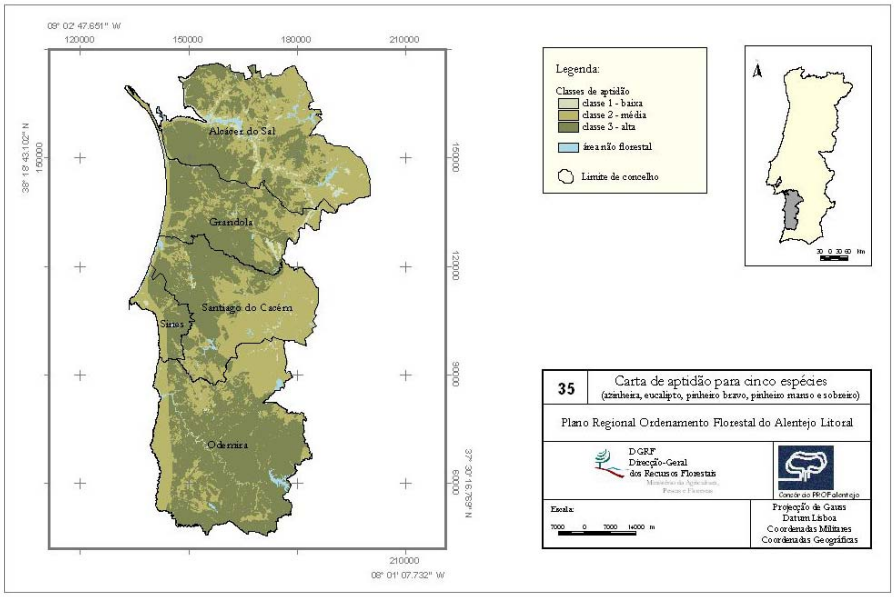


Figura 3 - Carta de aptidão para cinco espécies para o Alentejo Litoral *in* FERREIRA *et al.* (2006c)

Modelo de avaliação de potencial para Protecção

O modelo de avaliação visando a identificação de áreas de protecção assenta na definição espacial da necessidade da implementação de medidas de conservação do solo e da água, de modo a que não seja ultrapassada a resiliência de qualquer destes elementos. Nos processos implementados incluiu-se tanto a protecção dos sistemas florestais como dos agrícolas.

A base informativa de áreas sensíveis do ponto de vista da protecção do solo e da água foi gerada a partir de informação de solos, capacidade de uso para cereais de sequeiro, albufeiras e linhas de água. Foram desenvolvidas componentes informativas, solos de capacidade de uso A e B, aluviões, sustentabilidade do sistema florestal e protecção às águas interiores (FERREIRA *et al.*, 2006a,b,c).

Para a definição espacial da sustentabilidade do sistema florestal foi avaliado o risco de erosão do solo sem coberto. A carta de risco de erosão foi obtida por modelação geográfica de álgebra de mapas, com base na Equação Universal de Perda de Solo de Wishmeier e Smith, 1965 (FERREIRA *et al.*, 2006a,b,c).

A avaliação da sustentabilidade do sistema florestal foi produzida através de operações de álgebra de mapas, pela diferença entre o risco de erosão do solo sem coberto e a tolerância à perda de solo.

A protecção às linhas de água foi avaliada a partir dos temas hidrografia e ocupação de solo da Carta Corine Land Cover a partir da integração de informação derivada resultante da definição espacial de distâncias ponderadas a cursos e planos de água.

Os processos de modelação geográfica em álgebra de mapas, visando a definição espacial de zonas sensíveis do ponto de vista da protecção (Figura 4), integraram as componentes informativas de avaliação de solos de capacidade de uso A e B, aluviões, sustentabilidade do sistema florestal e protecção às águas interiores (FERREIRA *et al.*, 2006a,b,c). A base informativa de zonas sensíveis do ponto de vista da protecção integra 3 classes de nível crescente de necessidade de protecção (FERREIRA *et al.*, 2006a,b,c):

Classe 1 – Necessidade de protecção aos solos de capacidade A e B, e aluviossolos;

Classe 2 – Necessidades de protecção às águas interiores e à perda de solo;

Classe 3 – Necessidades de protecção aos solos de capacidade A e B e aluviossolos, às águas interiores e à perda de solo.

Modelo de avaliação de potencial de conservação

O modelo de avaliação visando a identificação de áreas de conservação assenta na definição espacial da necessidade da implementação de medidas de conservação de habitats, considerando um conjunto de métricas visando a manutenção da capacidade de resiliência dos ecossistemas.

Para a elaboração da base informativa de zonas sensíveis do ponto de vista da conservação de habitats foram utilizados componentes informativas de zonas de protecção especial (Zpe), Rede Natura 2000, Áreas protegidas (APS) e uma avaliação de "wilderness" (FERREIRA *et al.*, 2006a,b,c).

O conceito "wilderness", é definido "como grandes áreas que mantêm as suas características naturais intactas, livres de

habitações permanentes e com o mínimo de influência humana". Este conceito permite a caracterização de áreas onde é elevada a probabilidade de permanência das espécies existentes e a manutenção da vida selvagem, através de um gradiente espacial em função da presença humana (quantificação da perturbação ambiental em função da dispersão dos indivíduos na paisagem), poluição do habitat (quantificação da perturbação ambiental em função das actividades humanas) e ocupação do solo (quantificação da artificialidade da paisagem), através de processos de análise espacial (CRUZ *et al*., 2004).

Na aplicação e definição espacial deste conceito foi tida em conta a humanização dos habitats da bacia mediterrânica, nomeadamente montados, que promovem a manutenção e/ou formação deste conceito.

A base informativa de zonas sensíveis do ponto de vista da conservação de habitats foi então obtida através de um conjunto de processos de álgebra de mapas, integrando 3 classes (Figura 5), de nível crescente de necessidade de conservação de habitats, apresentando a seguinte descrição (FERREIRA *et al*., 2006a,b,c):

Classe 1 – Necessidade de conservação em apenas 1 dos parâmetros avaliados;

Classe 2 – Necessidade de conservação em 2 dos parâmetros avaliados;

Classe 3 – Necessidade de conservação em pelo menos 3 dos parâmetros avaliados.

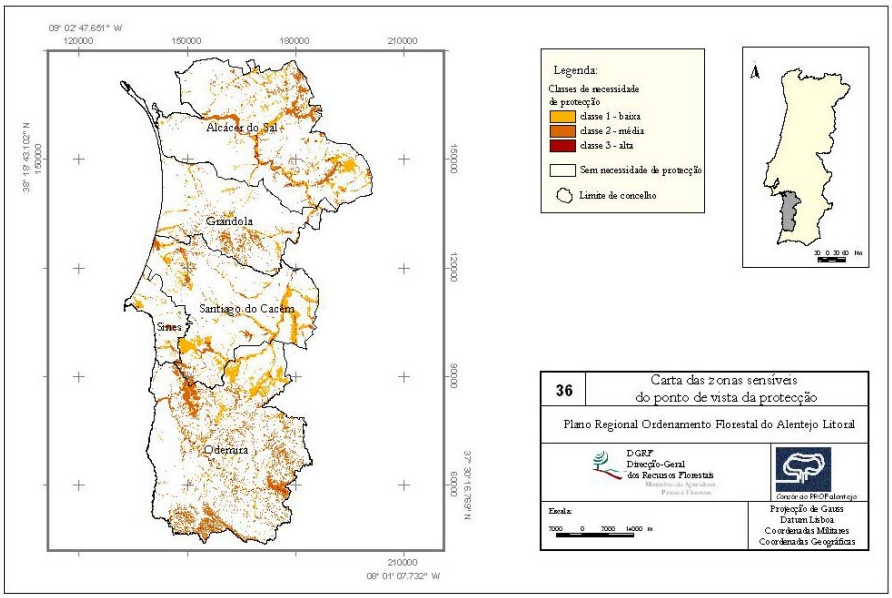


Figura 4 - Carta das zonas sensíveis do ponto de vista da protecção para o Alentejo Litoral *in* FERREIRA *et al.* (2006c)

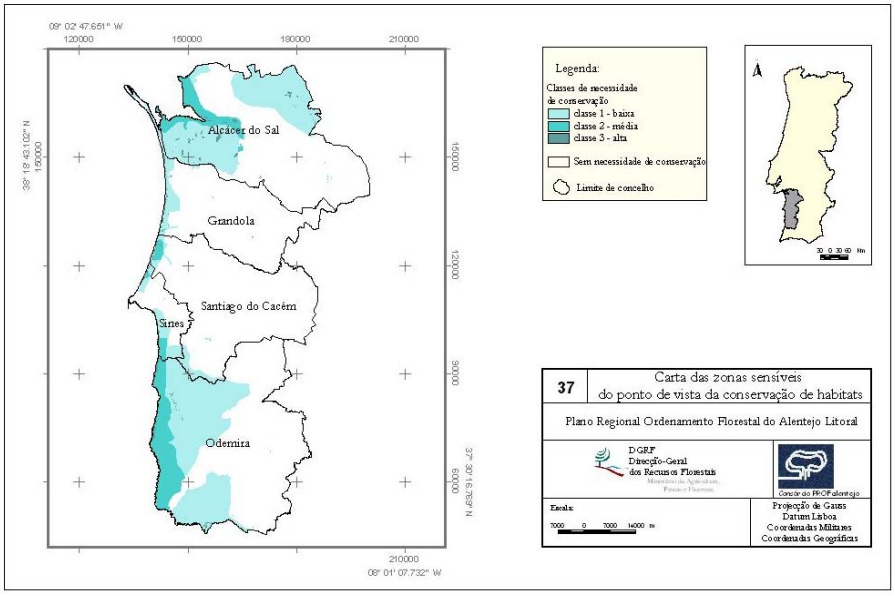


Figura 5 - Carta das zonas sensíveis do ponto de vista da conservação de habitats para o Alentejo Litoral *in* FERREIRA *et al.* (2006c)

Modelo de avaliação de potencial para aptidão forrageira

O modelo de avaliação de potencial para silvopastorícia e caça centrou-se na definição espacial da aptidão potencial do território para suporte de vida animal, pela produção de alimentos.

Esta base informativa foi constituída a partir da avaliação pericial de aptidão forrageira, elaborada com base na produção de alimentos considerados adequados às espécies animais, quer domésticas quer selvagens. A referida avaliação tem como base componentes informativas de solos e elementos cartográficos do Inventário Florestal Nacional (IFN).

Com base nos atributos ocupação e grau de coberto, do tema elementos cartográficos do IFN, foi efectuada uma avaliação interpretativa de aptidão para o suporte animal, considerando-se (FERREIRA *et al.*, 2006a,b,c):

– 4 classes de grau de coberto, <10%, 10-30%, 30-50% e >50%;

– 3 classes de ocupação, formações de sobreiro e azinheira (SbAz); formações de carvalhos e folhosas diversas (CvFd), que incluem todas as folhosas excepto sobreiro, azinheira e eucalipto; e formações de resinosas e de eucalipto (PmPbEc).

A aplicação da metodologia referida resultou na definição espacial da aptidão da ocupação e coberto, classificada de 1 a 5.

A definição espacial da aptidão forrageira baseou-se na avaliação pericial dos solos em função da sua potencialidade forrageira, considerando-se as seguintes limitações (FERREIRA *et al.*, 2006a,b,c):

– Com limitação de Inverno;

– Com limitação de Verão;

– Sem limitação.

Na sequência de um processo de integração das duas componentes informativas anteriormente referidas, a base informativa da aptidão forrageira foi reclassificada em três classes (Figura 6), de nível crescente de aptidão, com a seguinte descrição (FERREIRA *et al.*, 2006a,b,c):

Classe 1 – Árvores dispersas (com coberto inferior a 10%) com défice acentuado de água no Verão; povoamentos de resinosas e/ou de eucalipto com défice acentuado de água no Verão ou excesso de água no Inverno e/ou coberto superior a 30% em solos sem limitação;

Classe 2 – Restantes situações não abrangidas em 1 e 3;

Classe 3 – Formações com coberto inferior a 50%, sem défice acentuado de água no Verão e árvores dispersas (com coberto inferior a 10%) sem limitação de solos.

Sendo as zonas improdutivas identificadas por zero.

Modelo de avaliação de potencial de recreio

O modelo de avaliação de potencial de recreio centrou-se na definição espacial da aptidão potencial do território para suporte a actividades de recreio, considerando um conjunto de elementos e características espaciais tais como a proximidade a linhas ou planos de água e uma valoração dos ecossistemas e ocupação florestal.

A definição espacial do potencial de recreio foi efectuada com base em informação constante na rede nacional de matas nacionais, áreas de protecção especial, zonas de protecção especial, rede natura, protecção às águas interiores e elementos cartográficos do IFN (FERREIRA *et al.*, 2006a,b,c).

As classes de entidades da rede nacional de matas nacionais, áreas de protecção especial, zonas de protecção especial e rede natura 2000 foram utilizados na definição espacial das zonas com interesse para recreio a partir de uma operação de geração de áreas envolventes, considerando uma distância euclidiana de influência de 1000 m. Este tema foi reclassificado numa variável binária, em que 1 corresponde às zonas com interesse para recreio e 0 à restante área (FERREIRA *et al.*, 2006a,b,c).

A base espacial do IFN, dado que contém, para cada ponto, informação da ocupação e do grau de coberto, permitiu a definição espacial da ocupação e grau de coberto. A ocupação foi reclassificada em sete classes, em função de uma avaliação pericial de apetência do tipo de ocupação para o recreio, considerando, por ordem decrescente de valor, montados, restantes povoamentos florestais em função da sua composição, mistos, puros de folhosas, puros de resinosas, agricultura, águas interiores e improdutivos e incultos (FERREIRA *et al.*, 2006a,b,c).

O grau de coberto foi reclassificado em função das quatro classes existentes nos elementos cartográficos do IFN, nomeadamente grau de coberto inferior a 10%, entre 10 e 30%, entre 30 e 50% e superior a 50% (FERREIRA *et al.*, 2006a,b,c).

As áreas com interesse para recreio foram objecto de um processo de modelação geográfica em álgebra de mapas, sendo o resultado analisado em função da ocupação e grau de coberto, dando origem à carta de aptidão para recreio (Figura 7) com três classes de nível crescente de aptidão (carta de aptidão para recreio), com a seguinte

descrição (FERREIRA *et al.*, 2006a,b,c):

Classe 1 – Existência de pelo menos um dos parâmetros avaliados;

Classe 2 – Existência de pelo menos um parâmetro avaliado e montados ou povoamentos mistos;

Classe 3 – Presença simultânea de todos os parâmetros avaliados ou todos os parâmetros menos um e montados ou povoamentos mistos.

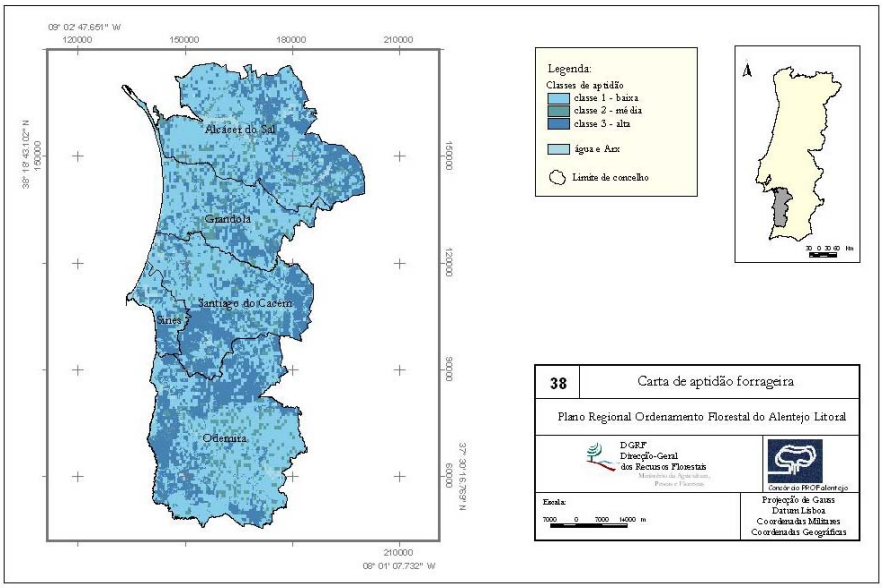


Figura 6 - Carta de aptidão forrageira para o Alentejo Litoral *in* FERREIRA *et al.* (2006c)

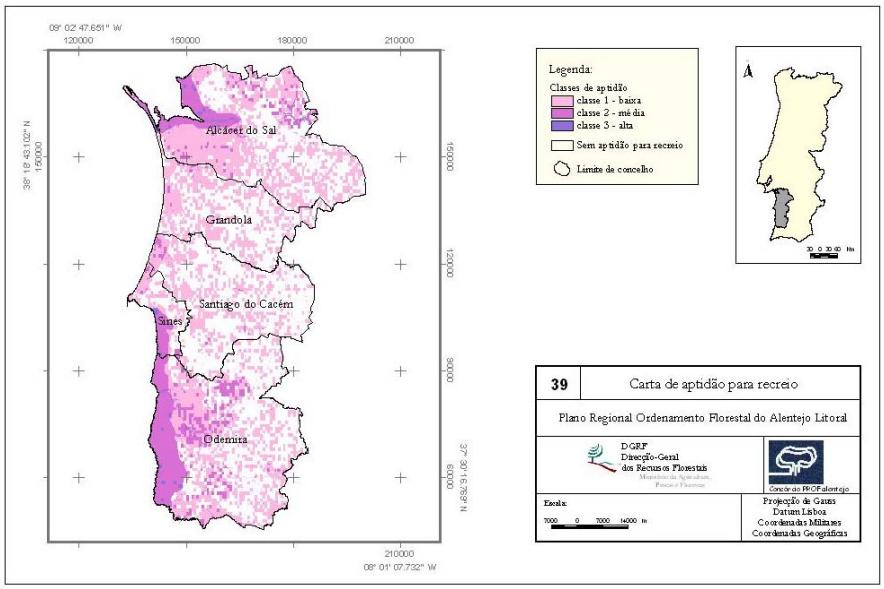


Figura 7 - Carta de aptidão para recreio para o Alentejo Litoral *in* FERREIRA *et al.* (2006c)

Caracterização das áreas homogéneas

Tendo sido realizado um extenso conjunto de processos de análise espacial e modelação geográfica, de que resultou uma vasta base informativa de caracterização e avaliação territorial, importava proceder a uma análise de síntese que permitisse integrar os resultados obtidos numa perspectiva de organização funcional do espaço a uma adequada "escala de análise".

Em ordenamento do território a percepção da aptidão compósita em que se baseia a tomada de decisões é frequentemente um processo de muito elevada complexidade. A multidimensionalidade das sínteses interpretativas que é necessário efectuar, considerando uma avaliação de aptidões e funcionalidades, só é possível se considerarmos uma entidade mínima como elemento sistémico fundamental.

Tendo sido testados diversos modelos de definição de áreas homogéneas, os estudos realizados permitiram concluir que as unidades de paisagem definidas por ABREU *et al.* (2004) constituíam uma adequada definição espacial de áreas homogéneas. Assim, e em perfeito acordo com os autores do estudo citado, foi deliberado adoptar as referidas unidades na definição de uma proposta síntese de funcionalidades e aptidões no âmbito dos Planos Regionais de Ordenamento Florestal do Alto Alentejo, do Alentejo Central e do Alentejo Litoral (FERREIRA *et al.*, 2006a,b,c).

Estas áreas homogéneas constituem uma simplificação, que, tendo um elevado valor interpretativo e sintético, não excluem, uma relativa diversidade interna, decorrente da sobreposição espacial de diversos modelos de avaliação de aptidões e/ou restrições.

Foram efectuados diversos processos de análise exploratória de dados, nomeadamente análise de "clusters", visando a estruturação e fundamentação de uma estratégia de síntese interpretativa. Os processos desenvolvidos e implementados em análise exploratória de dados permitiram a avaliação de níveis de similaridade interna na classificação das zonas homogéneas espacialmente definidas, contribuindo para a verificação qualitativa e quantitativa dos processos de avaliação implementados.

Cada unidade de paisagem foi analisada no constante à sua homogeneidade em relação aos quatro níveis seguintes (FERREIRA *et al.*, 2006a,b,c):

- Um primeiro nível integrando as zonas ecológicas reclassificadas em quatro grupos de acordo com as influências mais marcantes: Atlântica, Mediterrânea e Ibérica;

- Um segundo nível integrando a altitude e geomorfologia;

- Um terceiro nível integrando uma interpretação da litologia de acordo com o material originário mais influente na formação do solo;

- Um quarto nível integrando os solos interpretados de acordo com as suas características-diagnóstico.

Considerando os objectivos de ordenamento florestal definidos, as unidades de paisagem foram utilizadas como áreas homogéneas e base funcional de explicitação de sínteses interpretativas. As zonas homogéneas foram interpretadas de acordo com a sua aptidão para as cinco seguintes funcionalidades, que fundamentaram o

desenvolvimento dos modelos de classificação e avaliação anteriormente enunciados (FERREIRA *et al.*, 2006a,b,c):

– Produção (PD) – Modelo de avaliação de potencial de Produção florestal;

– Silvopastorícia e caça (SP) - Modelo de avaliação de potencial para silvopastorícia e caça;

– Protecção do solo e da água (PT) - Modelo de avaliação de potencial para Protecção;

– Conservação de habitats (CV) - Modelo de avaliação de potencial de conservação;

– Recreio (R) - Modelo de avaliação de potencial de recreio;

A metodologia de hierarquização das funcionalidades por área homogénea teve como base um modelo assente em critérios de decisão, visando estruturar numa aproximação valorada ou quantificável a componente pericial qualitativa de avaliação.

Foram utilizados parâmetros como a área ocupada, média e desvio padrão do valor de cada funcionalidade em cada zona homogénea, e o produto da média pela área (FERREIRA *et al.*, 2006a,b,c).

Para a integração final ou síntese (Figura 8) destes parâmetros utilizaram-se os seguintes critérios (FERREIRA *et al.*, 2006a,b,c):

– Nas zonas homogéneas em que a área ocupada pelas funcionalidades protecção e/ou conservação seja superior ou igual a 60%, a esta é atribuída a primeira funcionalidade;

– As funcionalidades foram ordenadas por ordem decrescente do produto da média pela área;

- Sempre que a diferença entre os valores indicados (média x área) fosse inferior a 10% considera-se que as funcionalidades, protecção e conservação têm precedência sobre a produção, a silvopastorícia e caça e o recreio.

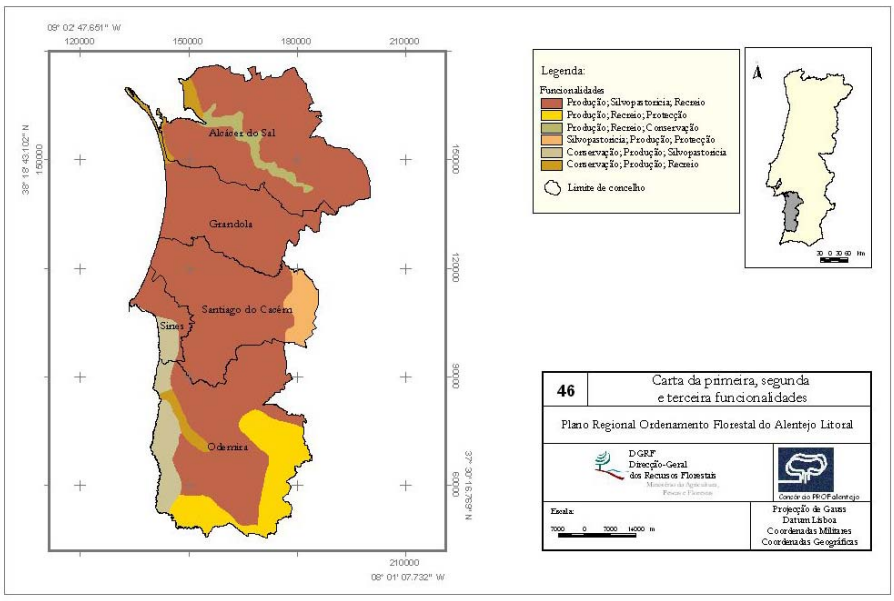


Figura 8 - Carta da primeira, segunda e terceira funcionalidades para o Alentejo Litoral *in* FERREIRA *et al.* (2006c)

É de salientar que as funcionalidades definidas não são mutuamente exclusivas, mas coexistem no mesmo território, revelando complementaridade e contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas de multi-benefício onde preponderam espécies mediterrânicas.

Nota final

O desenvolvimento de um modelo de dados espaciais em sistemas de informação geográfica, orientado para a gestão e ordenamento florestal constituiu, quer no processo de definição conceptual e física do modelo, quer no desenvolvimento de modelos de classificação e avaliação, uma base de reflexão metodológica sobre a aplicação de processos de modelação geográfica em contextos efectivos de análise espacial e ordenamento do território.

A criação de um modelo de dados espaciais para planeamento e ordenamento florestal pode ainda ser vista como uma infra-estrutura temática de dados espaciais de caracterização e avaliação biofísica, que deverá integrar várias perspectivas de desenvolvimento, como:

- infra-estrutura conceptual de dados espaciais, em que se apresenta como modelo e meta-modelo de dados espaciais, concebida para múltiplos fins num contexto de suporte ao planeamento e ordenamento do território;

- espaço de interacção, discussão e proposta, integrando desenvolvimentos em diversas áreas;

- processo sinérgico integrando múltiplos níveis e instituições, promovendo o desenvolvimento de competências e dinâmicas de qualidade e inovação.

O desenvolvimento do modelo de dados espaciais permitiu ainda um mais completo entendimento dos elementos e contextos de relações espaciais que enformam os cenários de relações territoriais ou geográficas, bem como dos processos de representação e formalização dos sistemas em estudo.

Agradecimentos

Marco Freire agradece o financiamento das suas actividades de investigação pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) no âmbito da Bolsa de Doutoramento SFRH/BD/21456/2005 ao abrigo do programa POCI 2010.

Os autores agradecem a colaboração, as sugestões e observações críticas dos membros das Associações de Produtores Florestais da Chamusca, Setúbal, Ponte de Sor, Alcácer do Sal e Coruche, da União da Floresta Mediterrânica, aos Colegas da Direcção Geral dos Recursos Florestais, da Universidade de Évora, Departamentos de Engenharia Rural, Fitotecnia, Planeamento Biofísico e Paisagístico e Economia e do Instituto Superior de Agronomia, Departamento de Engenharia Florestal.

Bibliografia

ABREU, A.C., CORREIA, T.P., OLIVEIRA, R., 2004. *Contributos para a identificação e caracterização da paisagem em Portugal Continental*. Direcção Geral de Ordenamento do território e desenvolvimento Urbanístico. Lisboa.

COUTINHO, M.A., TOMÁS, P.P., 1986. *Erosividade da precipitação*. II Simpósio Luso-Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos. Lisboa.

CRUZ, A.L.G., NEVES, N., ARAÚJO, M.B., 2004. *Áreas de Wilderness para a conservação da vida selvagem em Portugal Continental*. ESIG 2004. VIII encontro de utilizadores de informação geográfica. Oeiras.

FAO, 1977. *Guidelines for watershed management*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

FERREIRA, A.G., GONÇALVES, A.C., PINHEIRO, A.C., GOMES, C.P., ILHÉU, M., NEVES, N., RIBEIRO, N., SANTOS, P., 2001. *Plano específico de ordenamento florestal para o Alentejo*. Alfredo Gonçalves Ferreira e Ana Cristina Gonçalves (Eds.). Universidade de Évora.

FERREIRA, A.G., GONÇALVES, A.C., JÚLIO, C., DIAS, S.S., PINHEIRO, A.C., D'ABREU, A.C., NEVES, N., AFONSO, T., 2006a. *Base de ordenamento florestal*. Volume I – Alto Alentejo. Universidade de Évora, 219 pp. +anexos+CD.

FERREIRA, A.G., GONÇALVES, A.C., JÚLIO, C., DIAS, S.S., PINHEIRO, A.C., D'ABREU, A.C., NEVES, N., AFONSO, T., 2006b. *Base de ordenamento florestal*. Volume II – Alentejo Central. Universidade de Évora, 223 pp. +anexos+CD.

FERREIRA, A.G., GONÇALVES, A.C., JÚLIO, C., DIAS, S.S., PINHEIRO, A.C., D'ABREU, A.C., NEVES, N., AFONSO, T., 2006c. *Base de ordenamento florestal*. Volume III – Alentejo Litoral. Universidade de Évora, 217 pp. +anexos+CD.

NEVES, N., FREIRE, M., CABEZAS, J., BUYOLO, T., FERNÁNDEZ, L., FERNÁNDEZ, I., BATISTA, T., 2006a. *GESTA – Concepção e Desenvolvimento do Modelo de Dados Espaciais*; in AMDE, Junta de Estremadura (Eds.) GEOALEX – Modelo de Gestão Ambiental e Territorial para a Área Transfronteiriça Alentejo-Estremadura. Badajoz, pp. 253-280.

NEVES, N., FREIRE, M., BUYOLO, T., FERNÁNDEZ, L., CABEZAS, J., FERNÁNDEZ, I., 2006b. *GESTA – Concepção e Desenvolvimento de um Modelo de Dados Espaciais para Análise Ambiental*. Esig2006 – IX encontro de utilizadores de informação geográfica, Oeiras, 15-17 de Novembro.

ROSEWELL, C.J., 1993. *SOILOSS. A program to assist in the selection of management practices to reduce erosion*. Soil Conservation Service. New South Wales. Australia.

SILVA, J.R.M., 1999. *Susceptibilidade do solo à erosão hídrica*. Dissertação de Doutoramento. Universidade de Évora.

TOMLIN, D., 1990. Geographic information system and cartographic modelling. New Jersey, US, Prendice Hall Inc.