

## **Modelação de Dados e Desenvolvimento de Tecnologias de Informação no Âmbito do Inventário Florestal de Áreas de Grande Dimensão**

**Rui P. Ribeiro\***, **José G. Borges\*\***, **José S. Uva\*\*\*** e **João Moreira\*\*\***

\* Bolseiro de Doutoramento

\*\* Professor Associado

Departamento de Engenharia Florestal. Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349-018 LISBOA

\*\*\* Engenheiro Florestal

Direcção Geral das Florestas. Av. João Crisóstomo, 26-28, 1069-040 LISBOA

**Sumário.** A análise da sustentabilidade da gestão florestal e da sua articulação com outras utilizações do território exige que os responsáveis pela tomada de decisão considerem um volume imenso de dados e de informação. Neste contexto, os inventários florestais nacionais, constituem uma base indispensável para o desenvolvimento de estratégias e de políticas regionais ou nacionais. O processo de estruturação e implementação física de um modelo de dados provenientes do inventário florestal é determinante para a produção eficiente de informação de apoio à tomada de decisão. Este artigo apresenta resultados de investigação com vista ao desenvolvimento do modelo de dados relativo ao inventário florestal nacional português. Este desenvolvimento privilegiou a robustez, a segurança e a flexibilidade necessários para o armazenamento de um volume substancial de dados provenientes de ecossistemas muito diversos que se distribuem por uma área de aproximadamente  $3 \times 10^6$  ha. Para além disso, procurou-se confrontar problemas de redundância de informação, por forma a permitir uma consulta rápida e um processamento eficiente dos dados. Este artigo analisa também a implementação do modelo de dados para o inventário florestal nacional português em SQL Server. Refere-se, de forma específica, o esquema de administração do sistema, a metodologia para importação dos dados e o processo de cálculo para tratamento de dados e apresentação de resultados a vários níveis de agregação espacial. Testa-se e demonstra-se a utilização do sistema com recurso à caracterização do país em termos de existências florestais.

**Palavras-chave:** sistema de gestão de informação; tecnologias de informação; bases de dados; inventário florestal

**Abstract.** The assessment of the sustainability of forest resources management and the trade-off analysis between competing land uses requires researchers and decision-makers to consider an increasing volume of data and information. In this framework, national forest inventories provide the basis for the development of both regional and national strategies and policies. The modeling of inventory data and its physical implementation are crucial for the efficient generation of relevant information and its successful transfer to appropriate users. This paper presents results from research aiming at the development of a data model for the Portuguese national forest inventory. Emphasis was on building a robust, secure and flexible model that

might store data from a wide range of forest ecosystems expanding over an area of, approximately,  $3 \times 10^6$  ha. Redundancy problems were also confronted in order to allow for efficient data processing and successful data transfer. This paper further analyses the SQL Server implementation of the data model for the Portuguese national forest inventory. Specifically, the database administration functions, the methods for data import (datawarehouse) and for data processing at various levels of spatial aggregation (data mining) are discussed. Finally, for testing and demonstration purposes, the system is used to generate inventory information. Results are presented.

**Key words:** management information system; information technologies; databases; forest inventory

**Résumé.** L'évaluation de la sustentabilité de la gestion des ressources forestières et de son articulation avec différentes utilisations du territoire exige des responsables de considérer un volume croissant de données et d'information. Dans ce cadre, les inventaires forestiers nationaux fournissent une base au développement de stratégies et politiques régionales ou nationales. Le modelage des données de l'inventaire et son exécution physique sont cruciaux pour la génération efficace d'information importante et son transfert aux utilisateurs appropriés. Cet article présente des résultats de recherche visant le développement d'un modèle de données pour l'inventaire forestier national portugais. L'emphase était d'établir un modèle robuste, ferme et flexible pour stocker des données provenant de plusieurs écosystèmes forestiers distribués sur une extension, approximativement, de  $3 \times 10^6$  ha. Des problèmes de redondance ont été également analysés afin de permettre une consultation rapide et un traitement efficace des données. Cet article analyse aussi l'implémentation d'un modèle de données pour l'inventaire forestier national portugais, en SQL Serveur. Cet article indique, spécifiquement, le schéma d'administration du système, les méthodes pour l'importation de données et le procédé de calcul pour le traitement des données et la présentation de résultats à divers niveaux d'agrégation spatiale. En conclusion, l'utilisation du système est testée avec l'aide de la caractérisation des existences forestières du pays.

**Mots clés:** système intégré de gestion d'information, technologies de l'information, bases de données, inventaire forestier.

## Introdução

O Inventário Florestal Nacional (IFN) é um serviço de informação, de natureza pública, da responsabilidade da Direcção-Geral das Florestas, que tem como missão avaliar e monitorar a extensão e condição dos recursos florestais nacionais. O IFN abrange a totalidade do território de Portugal continental e todas as áreas com uso do solo florestal, independentemente do regime jurídico das propriedades, do estatuto de protecção/conservação dos espaços e dos objectivos da gestão dos povoamento.

No IFN é produzida informação oficial que descreve as características fundamentais da floresta portuguesa, nomeadamente, a sua dimensão, o seu estado e as alterações ao longo do tempo a que está sujeita. O conhecimento objectivo e imparcial destas características é tido como um aspecto chave para o estabelecimento de políticas, planos e projectos eficazes no desenvolvimento sustentável da floresta nacional, de acordo com as expectativas sociais, ambientais e económicas dos portugueses.

A produção de informação no âmbito do IFN tem por base a execução de campanhas de recolha de dados que

incluem dados de detecção remota (foto-interpretção de fotografia aérea) e dados de campo (medições de árvores e povoamentos). Os dados de detecção remota destinam-se à caracterização da ocupação do solo de Portugal continental. Os dados de campo são utilizados, sobretudo, para avaliar características dendrométricas dos povoamentos florestais, como o volume e acréscimos. Os dados do IFN são dados originais, cuja recolha obedece a metodologias próprias do IFN.

O primeiro IFN realizou-se em 1965. Desde então, e com uma periodicidade de aproximadamente 10 anos, procedeu-se à actualização da informação através da recolha de novos dados. Cada actualização do IFN é tradicionalmente designada por Revisão, correspondendo a mais recente, a 3ª Revisão, a recolhas de dados ocorridas entre 1995 e 1998.

O tratamento dos dados do IFN é um processo complexo que envolve diversos cálculos matemáticos e a aplicação de vários métodos estatísticos no processamento dos dados para produção de informação. Desde há vários anos, que o tratamento dos dados do IFN recorre a meios informáticos, mas, até recentemente, não havia uma integração clara de processos, o que originava várias ineficiências no processamento, traduzidas, nomeadamente, por um grande desfasamento entre a data de recolha de dados e a de divulgação de informação.

Por outro lado, na última década, verificou-se um aumento crescente tanto de utilizadores como de utilizações da informação resultante do IFN. Este aumento explicado, quer pela melhoria técnica da gestão florestal do país, quer pelas exigências da comunidade europeia e internacional, tem assim, também suscitado a adopção de novas

soluções tecnológicas para permitir dotar o IFN de formas mais eficazes de tratamento, análise e divulgação de informação.

Este artigo apresenta resultados de investigação desenvolvida com o objectivo de confrontar os novos desafios colocados ao IFN. Especificamente, descreve-se o processo de construção de um sistema de informação para o IFN. Caracteriza-se o modelo de dados e analisa-se a respectiva implementação em servidor SQL. Refere-se o esquema de administração do sistema, a metodologia para importação dos dados e o processo de cálculo para tratamento de dados e apresentação de resultados a vários níveis de agregação espacial. Testa-se e demonstra-se a utilização do sistema com recurso à caracterização do país em termos de existências florestais.

## **Metodologia**

A concepção do sistema de gestão de informação para o IFN decorreu da sequência lógica de duas etapas de trabalho por forma a conseguir as características e a funcionalidade pretendida, i.e., a robustez, a segurança, a flexibilidade e a capacidade para produção de informação com recurso a um volume imenso de dados relativos a ecossistemas muito diversos. Em primeiro lugar, definiu-se o modelo de dados. Em segundo lugar, caracterizou-se o sistema capaz de gerir este modelo.

## **O modelo de dados**

A organização de dados recolhidos no âmbito do IFN tem por objectivo último facilitar a interpretação e o conhecimento da realidade florestal no país. A identificação das relações existentes entre

os objectos que definem a realidade reflecte necessariamente a percepção humana dessa realidade. No entanto, a modelação dos dados obrigou a um diagnóstico exaustivo das necessidades de produção e comunicação de informação. Este diagnóstico foi seguido pela transcrição destas necessidades numa estrutura lógica independente da tecnologia a utilizar mais tarde no âmbito da implementação física do modelo de dados, como referido por PELKKI (1992), McFADEN *et al.* (1993) e MIRAGAIA *et al.* (1996). Esta transcrição beneficiou da experiência anterior de desenvolvimento de sistemas de gestão de informação em recursos florestais (e.g. MIRAGAIA *et al.*, 1998a e 1998b, MIRAGAIA *et al.*, 1999 e RIBEIRO *et al.*, 2000). A estrutura lógica assim concebida foi convertida, de acordo com CHEN (1996), BESH (1999) e PELKKI e ROSE (1994), num modelo relacional. A conversão decorreu da identificação de componentes chave do modelo: **entidades, atributos e relações**.

As entidades correspondem às unidades básicas de um modelo relacional e foram identificadas com base nos nomes/pronomes em frases recolhidas no âmbito do diagnóstico das necessidades de produção e comunicação de informação. Por exemplo, na frase "No inventário florestal medimos em cada parcela 72 árvores", as palavras árvore e parcela são fortes candidatas a entidades (Figura 1). Os atributos correspondem às características de uma entidade. Por exemplo, entre os atributos da entidade árvore figuram o diâmetro à altura do peito (dap) e a altura. A um atributo ou a um conjunto de atributos que individualiza uma instância de uma entidade dá-se o nome de identificador. As relações correspondem às ligações lógicas

existentes entre duas entidades e foram identificadas com base nos verbos de frases recolhidas no âmbito do diagnóstico das necessidades de produção e comunicação de informação (Figura 1).

Ainda no âmbito da definição da estrutura lógica do modelo de dados, consideraram-se três tipos de relações entre entidades:

- um-para-um (1 - 1), quando um identificador de uma entidade está associado a um identificador de outra entidade. Este tipo de relação é pouco frequente no modelo relacional. A sua existência sugere a possibilidade de uma entidade única. No entanto, a economia de espaço de armazenamento de informação poderá determinar a sua implementação. Por exemplo, um identificador da entidade *MediçõesArvores* - com atributos de medição frequente, como dap e altura, está relacionada com um identificador da entidade *MediçõesArvoresComplementar* - com atributos de medição pouco frequente, como sejam, raio da copa e coordenadas da árvore. A fusão destas entidades resultaria em grande desperdício de espaço de armazenamento de dados;

- um-para-muitos (1 - m), quando um identificador de uma entidade - - chamado pai - está associado a muitos identificadores de outra entidade - - chamada filha. Por exemplo, a um identificador de parcela estão associados vários identificadores de árvores.

- Muitos-para-muitos (m - m), quando muitos identificadores de uma entidade estão associados a muitos identificadores de outra entidade. Por exemplo, a relação entre a entidade parcela - - que contém a identificação das parcelas medidas - e a entidade espécie - que identifica as espécies existentes - poderá

ser deste tipo. É possível encontrar várias espécies na mesma parcela. Por outro lado, uma espécie pode ser encontrada em várias parcelas. Este tipo de relação foi sempre implementado no modelo com recurso ao desdobramento em duas relações de um-para-muitos e à identificação de uma entidade intermédia (entidade de ligação).

- Os identificadores das entidades deram normalmente origem a chaves primárias e chaves estrangeiras, que definiram os atributos de ligação das relações. O desenho do modelos de dados terminou com um processo de normalização por forma a identificar e a remover redundâncias (CODD, 1990).

**O sistema de gestão de informação**

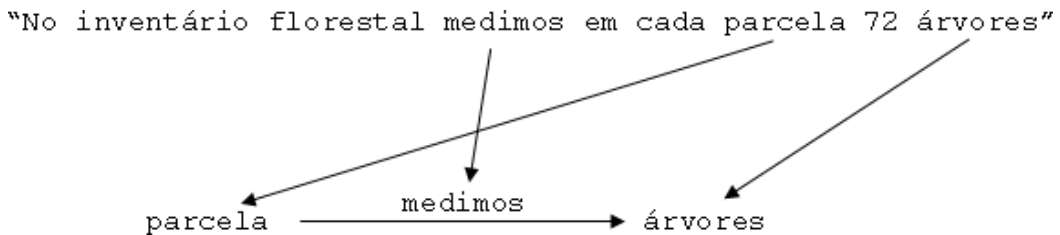
A caracterização do sistema de gestão de informação (SGI) para o IFN pretendeu garantir que a administração das entidades, atributos e relações no modelo de dados afirmasse a segurança da informação, a integridade dos dados, o controlo de concorrências nos acessos aos dados e a recuperação/ /tolerância a falhas. As exigências de acesso concorrential determinaram o desenho de uma arquitectura

cliente/servidor.

*Segurança*

O desenho do SGI para o IFN pretendeu garantir a protecção dos dados contra acesso não autorizado. O acesso a dados e a operações nos dados deveria ser regulado de acordo com privilégios diferenciados de execução. Por exemplo, definiu-se que utilizadores com privilégio de acesso a dados específicos deveriam ter acesso a uma vista desses dados em lugar de ser sobrecarregados com uma visão do modelo global. Para além disso, não deveriam ter possibilidade de acesso a outros dados.

O desenho do esquema de segurança considerou a segurança física, i.e., o sistema deveria estar fisicamente fora do alcance de utilizadores não autorizados e a segurança lógica. Esta última é de particular importância no caso do sistema multi-utilizador para o IFN: pretendeu-se proteger os dados de intrusões não autorizadas com controlo adequado do acesso (e.g. utilização de nomes de utilizador e de palavras chave, definição de limites de autorizações).



**Figura 1** - Identificação de atributos e relações a partir da análise de requisitos

### *Integridade*

O desenho do SGI para o IFN procurou garantir também a integridade dos dados armazenados, i.e, a consistência do modelo de dados face a actualizações a realizar no futuro. Por exemplo, no caso de se alterar o identificador de uma determinada parcela, essa alteração deveria propagar-se a todas as instâncias de árvores medidas nessa mesma parcela. Este desenho evita a existência de dados relativos a árvores "órfãs" e relativos a uma parcela sem medições e garante a consistência do modelo.

### *Controlo de concorrência*

O SGI para o IFN pretende ser um sistema multi-utilizador. Em consequência, procurou-se desenhar um esquema adequado de partilha dos dados. O controlo de concorrência pretendeu garantir que cada utilizador ou aplicação interagisse com a base de dados como se fosse o único a utilizar os seus serviços. A unidade base de controlo de concorrência foi a transacção, que consiste num conjunto de acções associado à consulta de dados ou à modificação de conteúdos da base de dados, por parte de um utilizador ou aplicação.

O desenho do SGI permitiu que dois utilizadores acessem aos mesmos dados e procedessem à respectiva alteração dos mesmos em simultâneo sem que houvesse possibilidade de corrupção dos dados. Garantiu-se que os dois utilizadores tivessem acesso em cada momento aos dados decorrentes da última actualização. Para além disso, no caso de processamentos que exijam mais do que um procedimento, a situação inicial é reposta no caso de um procedimento

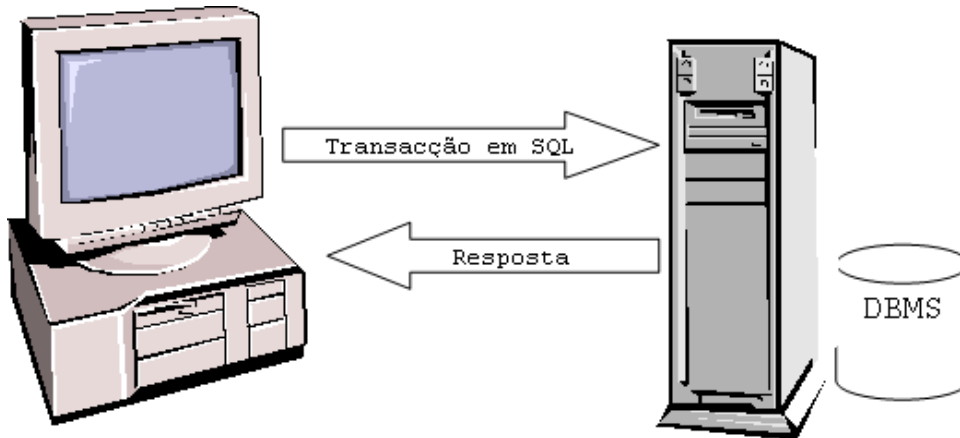
intermédio falhar, não se verificando deste modo corrupção dos dados.

### *Recuperação/Tolerância de falhas*

O desenho do SGI para o IFN realizou a integração de mecanismos de recuperação da base de dados por forma a contribuir para a disponibilidade permanente dos dados. Consideraram-se as possibilidades de corrupção global do sistema e de perda de parte dos dados. Procurou-se que em ambos os casos, aqueles mecanismos permitissem a reposição com brevidade do sistema num estado de integridade. Neste contexto, o sistema integrou dois tipos de mecanismos de recuperação. O primeiro, determina que se executem periodicamente cópias de segurança de toda a base de dados. O segundo consiste num registo permanente de todas as transacções efectuadas na base de dados por forma a que se possa reconstituir todos os processamentos realizados até um determinado momento.

### *Arquitectura cliente/servidor*

As exigências do acesso concorrencial por parte de múltiplos utilizadores determinaram o desenho de uma arquitectura do tipo cliente/servidor (Figura 2) para o SGI do IFN. Este tipo de arquitectura permitiu a separação entre tarefas a executar pelo servidor e tarefas a executar pelo cliente. Neste quadro, o servidor é responsável pelo armazenamento e gestão dos dados e pela alocação dos recursos computacionais necessários para estas tarefas enquanto que o cliente é responsável pela lógica de obtenção de informação para apresentar ao utilizador final.



**Figura 2** - Arquitectura cliente/servidor

## Resultados

### *Implementação do modelo de dados*

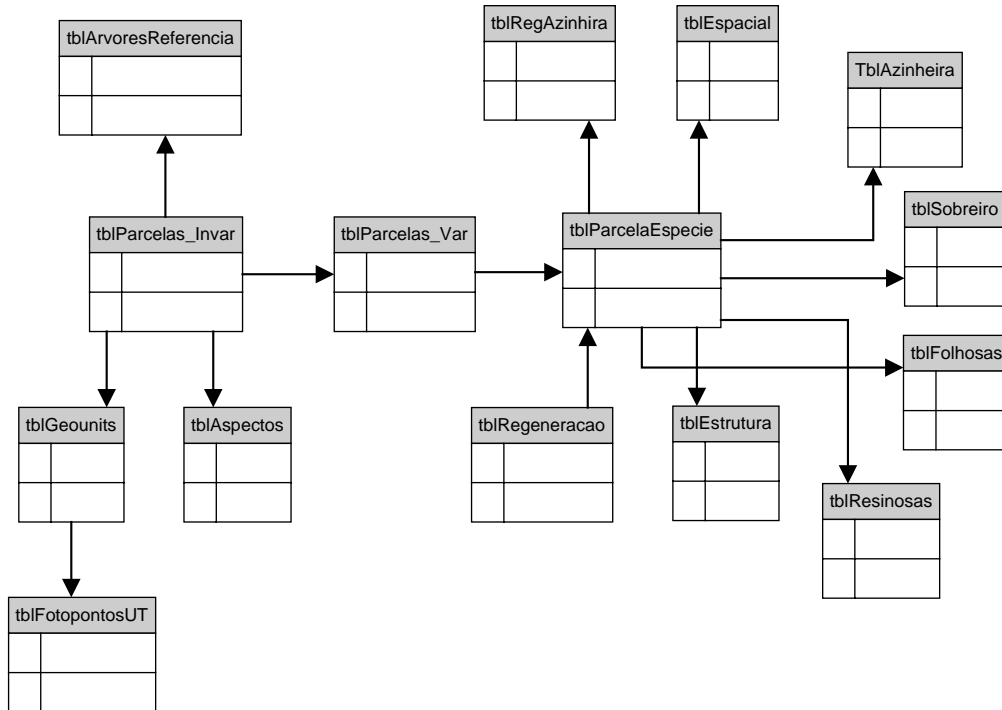
A metodologia para o desenho do modelo de dados para o IFN determinou a identificação de 15 entidades principais (Figura 3):

- Duas entidades que permitem o armazenamento de informação respeitante às parcelas de inventário. A primeira inclui atributos respeitantes a informação invariável com o tempo (e.g. declive e localização). A segunda regista atributos respeitantes a informação da parcela que varia com o tempo (e.g. idade e erosão). Esta estrutura permite a inclusão eficiente de informação recolhida em parcelas permanentes.

- Duas entidades que permitem a inclusão de dados com vista à agregação da informação em unidades territoriais pré-definidas no âmbito do IFN - NUT II,

NUT III e Concelho. A primeira regista a descrição destas unidades territoriais. A segunda inclui informação respeitante à área que se considera representada por cada parcela de inventário.

- Cinco entidades que permitem o armazenamento de informação respeitante às medições dendrométricas efectuadas em cada parcela de inventário. A primeira permite armazenar informação relativa às espécies encontradas na parcela de inventário (e.g. idade e tratamento a que foram sujeitas). As restantes quatro registam medições dendrométricas das árvores identificadas na parcela de acordo com uma classificação em quatro conjuntos de espécies: resinosas, folhosas, sobreiro e azinheira. Estas últimas espécies são sujeitas a um delineamento de inventário próprio diferente de considerado para todas as outras.



**Figura 3** - Modelo de dados implementado incluindo somente as entidades principais

• Seis entidades de informação complementar de caracterização da parcela. A primeira regista dados referentes à ocupação animal. A segunda regista realiza a caracterização espacial da envolvente da parcela. A terceira inclui dados relativos à estrutura de coberto herbáceo e arbustivo existente na parcela. A quarta descreve as árvores de referência para identificação do centro da parcela. As duas últimas registam dados relativos à regeneração natural de azinhira e de outras espécies.

Foram ainda identificadas 26 entidades secundárias que com o objectivo único de apoiar a introdução de dados nas tabelas principais (e.g. entidade que lista as classes de idade consideradas permitindo uma associação mais fácil e

sem erros dos valores adequado às instâncias da entidade principal espécie). Após a identificação das entidades e dos atributos foram estabelecidas as relações entre todas estas entidades.

Concluído o desenho do modelo relacional este foi implementado em SGI de acordo com a metodologia proposta. Para o efeito, recorreu-se ao SQL Server 2000, que é um SGI baseado numa arquitectura cliente/servidor, onde todo o processo de cálculo é executado pelo servidor, máquina normalmente mais rápida, estando do lado do cliente somente os interfaces de ligação ao servidor.

A implementação envolveu a associação de cada entidade do modelo de dados a uma tabela no SQL Server. A cada atributo fez-se corresponder um



campo na tabela correspondente. A dimensão e o tipo de dados em cada campo (e.g. inteiro, single, char) foram especificados por forma a evitar erros de armazenamento e desperdício de espaço de disco. Foi definida uma chave primária (conjunto de um ou mais campos que definem de forma unívoca uma ocorrência de uma entidade) em cada quadro. As relações entre entidades foram implementadas com recurso à ligação chaves primárias e chaves estrangeiras das tabelas correspondentes. No âmbito da implementação das relações foi ainda definido o tipo de integridade referencial por forma a garantir o sincronismo entre os campos dos quadros ligados.

#### *Produção de informação ("datamining")*

A produção de informação relativa ao IFN recorreu à programação de "views" e de "stored procedures" em T-SQL – uma versão melhorada da "structured and query language" (SQL) que inclui as características de "data definition language" (DDL), "data manipulation language" (DML) e "data control language" (DCL). Pretendeu-se caracterizar a ocupação florestal das unidades territoriais definidas no âmbito do IFN.

Esta caracterização envolveu a produção de informação relativa, por exemplo: às áreas de ocupação florestal; às áreas de clareiras e de bosquetes; ao volume do fuste; ao número de árvores; ao volume de madeira e ao volume cortado; à resinagem; à percentagem de coberto florestal; à densidade e à área basal das espécies florestais; à distribuição percentual da área florestal por classes de percentagem de coberto, por classes de idade, por classes de densidade, por classes de qualidade e

por classes de volume por hectare; ao estado de sanidade; aos indícios de fogo e de erosão; ao pastoreio.

O SGI para o IFN regista dados relativos a todas as espécies florestais em Portugal. Pelo facto de muitas espécies florestais terem representação muito reduzida no país, no âmbito deste trabalho optou-se por produzir informação relativa a grupos de espécies:

- Carvalhos, que inclui o Carvalho Roble (*Quercus robur* L.), Carvalho Cerquinho (*Quercus faginea* Lambert), Carvalho Negral (*Quercus pyrenaica* Willdenow) e outros Carvalhos;
- Resinosas diversas, que inclui o Pinheiro Silvestre (*Pinus silvestris* L.), Pinheiro de Alepo (*Pinus halepensis* Miller), Pseudotsuga (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco), Ciprestes (*Cupressus* spp.), outros Pinheiros e outras Resinosas;
- Pinheiro Manso (*Pinus pinea*, L.);
- Azinheira (*Quercus rotundifolia* Lambert);
- Sobreiro (*Quercus suber* L.);
- Eucalipto (*Eucalyptus* spp.);
- Pinheiro bravo (*Pinus pinaster* Aiton);
- Castanheiros (*Castanea sativa* L.), que inclui a divisão entre Castanheiros Bravos e Mansos;
- Folhosas diversas, que inclui a Faia (*Fagus sylvatica* L.), bétulas (*Betula* spp.), Salgueiros (*Salix* spp.), Ulmeiros (*Ulmus* spp.), Choupos (*Populus* spp.), Acácias (*Acacia* spp.), Medronheiro (*Arbutus unedo* L.), Alfarrobeira (*Ceratonia siliqua* L.) e outras Folhosas

Embora os dados disponíveis variem com a espécie e, conseqüentemente, a possibilidade de oferecer informação

dependa da espécie, o processo de cálculo para produção de informação é idêntico para todas as espécies. Neste trabalho, a demonstração do processo faz-se com recurso à caracterização da ocupação com eucalipto em termos de área e de volume.

Numa primeira fase foram efectuados cálculos ao nível da parcela de inventário, por forma a obter variáveis para a sua caracterização. Em primeiro lugar, retiraram-se valores de variáveis independentes da espécie (e.g. altura dominante, diâmetro dominante e idade dominante). Com base no valor destas variáveis e em equações hipsométricas e de volume, calcularam-se os valores das variáveis dependentes da espécie (e.g. número de árvores por hectare, diâmetro médio, altura média, volume total, volume total por hectare, área basal, área basal por hectare e classe de qualidade). No caso dos pinheiro bravo, por exemplo, foi ainda calculado o volume de madeira, ou seja, o volume do toro de madeira com despona a 20cm em árvores cujo dap é superior a 225 mm.

Os resultados dos cálculos ao nível da parcela foram registados em tabelas intermédias que são actualizadas cada vez que é efectuada uma alteração à base de dados através de "triggers", "insert",

"update" e "delete". Estas tabelas permitem reduzir o tempo de cálculo no âmbito das agregações necessárias para a caracterização da ocupação florestal nas unidades territorais do IFN. Verificou-se que os cálculos ao nível da parcela são os mais morosos e que as alterações aos dados originais são esporádicas não carecendo estes resultados intermédios de actualização frequente. Este contexto determinou a opção de transferir a estrutura de tabelas intermédias para uma base de dados com características de "Datawarehouse" em servidor OLAP ("on-line analytical processing") por forma a permitir consultas rápidas e interactivas à informação.

A informação que resulta dos cálculos para a caracterização da ocupação florestal nas unidades territorais do IFN é apresentada em forma tabular (e.g. Quadro 1 e Quadro 2) e pode ser visualizada com recurso ao interface de comunicação com a base de dados. Para além disso, pode ser exportada para tratamento posterior. Os tempos de processamento para a produção deste tipo de informação a partir das tabelas intermédias são, em média, de 2 segundos para cálculos de áreas e de 5 segundos para outros cálculos.

**Quadro 1** - Exemplo de resultado de cálculo de volume de Eucalipto para o País e para as NUTS II

Agregação geográfica	Área	Volume total/ha (m <sup>3</sup> )	Volume Total (m <sup>3</sup> )
País	573231	41.515188879811781	23797793.236763388
Alentejo	126580	32.354498627612415	4095432.4362831796
Algarve	28339	26.456113362185764	749739.79657098232
Centro	201454	40.306590589249396	8119923.9005666478
Lisboa e Vale do Tejo	130735	43.617688797942826	5702358.5449990556
Norte	86123	59.56990070415015	5130338.5583435232

**Tabela 2** - Exemplo de resultado de cálculo de área de Eucalipto para o País e para as NUTS II e NUTS III

Agregação geográfica		Área	Erro de estimação (ha)
Pais		573231	32083
	Alentejo	126580	20241
	Algarve	28339	5905
	Centro	201454	20352
	Lisboa e Vale do Tejo	130735	13870
	Norte	86123	9097
	Alentejo Central	23983	8994
	Alentejo Litoral	46317	12849
	Algarve	28339	5905
	Alto Alentejo	42893	11163
	Alto Trás-os-Montes	7838	3305
	Ave	16340	2863
	Baixo Alentejo	13387	6511
	Baixo Mondego	17271	5701
	Baixo Vouga	36987	7318
	Beira Interior Norte	2327	1783
	Beira Interior Sul	50585	12533
	Cávado	9384	2791
	Cova da Beira	4718	3353
	Dão/Lafões	29214	7391
	Douro	3908	1772
	Entre Douro e Vouga	14156	4183
	Grande Lisboa	2226	959
	Grande Porto	8567	2285
	Lezíria do Tejo	59405	12014
	Médio Tejo	31642	6683
	Minho/Lima	7604	2739
	Oeste	28077	5086
	Península de Setúbal	9385	3122
	Pinhal Interior Norte	40500	7224
	Pinhal Interior Sul	13810	8380
	Pinhal Litoral	5982	3873
	Serra da Estrela	60	439
	Tâmega	18326	3912

**Discussão e conclusões**

O novo quadro político, socioeconómico e cultural em que se inscreve o desenvolvimento do inventário florestal nacional português colocou desafios à

investigação científica e tecnológica. Entre estes figuram o desenho do modelo de dados, a caracterização do sistema de gestão de informação e a implementação física do sistema por forma a garantir a eficácia e a eficiência da produção e

comunicação da informação.

O desenho do modelo de dados descrito neste trabalho permitiu armazenar de forma não redundante todos os dados recolhidos em 2236 parcelas de inventário. Estas distribuem-se por ecossistemas florestais muito diversos que ocupam cerca de  $3 \times 10^6$  ha. A estrutura lógica do modelo organiza valores de 113 variáveis que registam dados de caracterização de cada parcela e e medições dendrométricas das árvores e sub-coberto vegetal aí existentes.

O sistema de gestão de informação desenvolvido no âmbito deste trabalho, permitiu gerir e administrar com garantias de segurança e integralidade todos os dados organizados no modelo. Para além disso, permitiu o acesso de múltiplos utilizadores à base de dados e a integração de mecanismos de recuperação de erros. O modo de indexação das variáveis garantiu a eficiência da produção de informação. Para além disso, a linguagem de acesso aos dados permitiu a programação de rotinas de cálculo a executar pelo servidor.

O modelo de dados e a respectiva implementação tecnológica em sistema de gestão de informação foram testados com sucesso com recurso aos dados provenientes do IFN realizado entre 1995 e 1998. Permitiram obter a informação que constitui a base da terceira revisão do IFN. Neste momento, encontram-se em processo de implementação as interfaces para disponibilização da informação pela Internet aproveitando as características de acesso que esta plataforma permite e tirando partido de todas as potencialidades do desenho e implementação do sistema de informação.

## Agradecimentos

Agradecimentos: Este trabalho foi realizado no âmbito dos projectos NeoInv ref. 1999.09.6811.7 e Sapiens ref. 36332/99, financiados, respectivamente, pelo Instituto Nacional de Investigação Agrária e pela Fundação para a Ciência e Tecnologia.

## Bibliografia

- BESH, D., 1999. *SQL Server 7 Database Design*. New Riders Publishing, 550 pp.
- CHEN, P., 1976. The entity-relationship model - Toward a unified view of data *ACM Trans. Database Syst.* **1**(1) : 9-36.
- CODD, E.F., 1990 *The Relational Model for Database Management*. Addison-Wesley Publishing Company, 836 pp.
- FALCÃO, A., BORGES, J.G., 1999. *SagFlor 2.0 - Simulador de Alternativas de Gestão, Manual do Utilizador*. Grupo de Economia e Gestão em Recursos Florestais. Documento nº 9, DEF, Lisboa, 43 pp.
- McFADEN, F.R., HOFFEN, J.A., 1995 *Database Management*. The Benjamin/Cummins Publishing Company, Inc. Menlo Park, 723 pp.
- MIRAGAIA, C., BORGES J., FALCÃO, A., TOMÉ, M., 1998. "inFlor - a management information system of forest resources" In: T. Pukkala and K. Eerikainen (Eds). *Modeling the Growth of Tree Plantations and Agroforestry Systems in South and East Africa*, University of Joensuu, Faculty of Forestry Research Notes **80** : 131-142
- MIRAGAIA, C., BORGES, J.G., TOMÉ, M., 1999. inFlor, um sistema de informação em recursos florestais. Aplicação em gestão na Mata Nacional de Leiria. *Revista Florestal* XII(1/2) : 51-56.
- MIRAGAIA, C., BORGES, J.G., RODRIGUES, F.A., RODRIGUEZ, L.C., 1999. Uma aplicação do sistema inFlor na gestão de dados florestais. *Circular Técnica IPEF* 190, IPEF-ESALQ, Universidade de S. Paulo, Brasil, 6 pp.

- MIRAGAIA, C., TELES, N., SILVA, L., DOMINGOS, T., BORGES, J.G., 1996. Desenvolvimento de um sistema de informação para o apoio à decisão em recursos naturais. *Revista Florestal* IX(3) : 46-50.
- PELKKI, M.H., 1992. *Developing Conceptual information system models for natural resources*. Ph.D. Dissertation, University of Minnesota, St. Paul, 197p.
- PELKKI, M.H., ROSE, D., 1994. Understanding Relational Database Planning and Design. *Compiler* 12(2): 27-31.
- RIBEIRO, R., MIRAGAIA, C., BORGES J., 2000. A prototype management information system for plantation forests in eastern and southern Africa. In: T. Pukkala and K. Eerikainen (Eds). *Establishment and management of tree plantations in South and East Africa*, University of Joensuu, Faculty of Forestry Research Notes **120** : 121-131.