

## **Criação e utilização de uma base de dados georreferenciada no âmbito do projecto AGRO 727**

### **Designing and use of a georeferenced database in the scope of the AGRO 727 project**

**P. Chambel-Leitão<sup>1</sup>, R. Neves<sup>1</sup>, A. Prazeres<sup>2</sup>, M. C. Gonçalves<sup>2</sup>, N. Castanheira<sup>3</sup>, F. L. Santos<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Instituto Superior Técnico - Sec. Energia e Ambiente Av. Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisboa, e-mail: chambel.maretec@ist.utl.pt*

<sup>2</sup>*Estação Agronómica Nacional, Quinta do Marquês, 2784-505 Oeiras, e-mail: acoprazeres@hotmail.com*

<sup>3</sup>*Universidade de Évora – Dep. de Engenharia Rural Núcleo da Mitra 7002-554 Évora*

#### **RESUMO**

O projecto AGRO 727 pretende demonstrar e divulgar, junto dos potenciais interessados, técnicas de gestão conjunta da salinidade da água de rega e da fertilização azotada em diferentes tipos de solos do Alentejo.

De forma a cumprir os objectivos, atrás referidos, descreve-se neste trabalho, a criação de uma base de dados georreferenciada, que inclui todos os dados que vão sendo medidos no âmbito do projecto AGRO 727, facilitando desta forma a gestão e utilização desses dados.

A base de dados em construção proporcionará a consulta de todos os dados, produz automaticamente ficheiros em *Excel*, ficheiros de entrada necessários a utilização de modelos computacionais, e ficheiros para disponibilização de dados na Internet.

A base de dados georreferenciada, é uma ferramenta de trabalho não só de apoio à investigação, como também de difusão de conhecimento junto dos técnicos, associações de regantes e agricultores.

## ABSTRACT

The AGRO 727 project intends to demonstrate and make public, different integrated management techniques for the irrigation with saline water and nitrogen fertilization for different types of soils in Alentejo.

In this work, we describe the design of a geo-referenced database, which includes all the data collected in the scope of the project AGRO 727, with the main objective being the improvement of the management of these data.

The database allows the access to all data, and automatically produces *Excel* files, input files for computational models, and Internet files.

This georeferenced database is a work supporting tool for research, but also a way of knowledge diffusion for technicians and farmers.

## INTRODUÇÃO

O projecto AGRO 727 pretende efectuar demonstração e divulgação junto aos agricultores, técnicos agrícolas, empresários agrícolas e demais interessados, de técnicas de gestão conjunta da salinidade da água de rega e da fertilização azotada, em diferentes tipos de solos regáveis do Alentejo.

Estimar os impactos das várias técnicas de gestão, implica numa primeira fase a exaustiva medição de valores, para que após a análise destes dados, seja claro o efeito das diferentes práticas agrícolas sobre o solo, sobre as produções e sobre os recursos hídricos. De seguida, é necessário ensaiar um modelo que permita extrapolar os resultados obtidos para outras condições de salinidade e fertilização de outros solos. Finalmente, é necessário divulgar o modelo ensaiado, e as ferramentas desenvolvidas neste âmbito junto da comunidade científica, técnicos, associações de regantes agricultores, etc.

De forma, a cumprir os objectivos anteriores, foi desenvolvida no âmbito deste projecto, uma base de dados georreferenciada, que inclui todos os dados físicos e químicos medidos no âmbito do projecto. Isto permite disponibilizar os dados em local de fácil acesso a todos os membros do projecto, diminuir os erros na análise dos dados centralizando as fórmulas de cálculo, diminuir o esforço de produção de gráficos e de

análise de resultados, produzindo ficheiros para *Excel* e ainda ficheiros de entrada para modelos computacionais.

As medições efectuadas no âmbito deste projecto podem ser de utilidade para outros projectos, envolvendo práticas agrícolas. A base de dados permite disponibilizar de uma forma eficiente essas medições. Por exemplo a OSPAR (*The Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic*) pretende diminuir a quantidade de nutrientes descarregados no Atlântico Norte. No que se refere à poluição de origem agrícola este organismo considera que é necessário estimar como evoluem, no perfil de solo e ao longo do tempo, as concentrações de nutrientes. O estudo desta evolução permite estimar no tempo, as alterações das concentrações de nutrientes nas massas de água após se proceder a alterações nas práticas agrícolas (OSPAR, 2000).

### **Bases de dados e a monitorização**

A aquisição automática de dados tem feito aumentar exponencialmente a quantidade de dados medidos. Ferramentas de *software* como o *Excel* são normalmente utilizadas, e necessárias, para exploração desses dados, apresentação e análise. Outras como o *Access* servem para produzir bases de dados que permitam armazenar as medições de forma unívoca, no que diz respeito à sua localização, data, nome do parâmetro, método de medições, bibliografia associada ao método e tipo de amostragem, etc. Isto permite com facilidade e rapidez comparar dados de diferentes proveniências e relacionar os respectivos resultados.

Existe um elevado número de medições, realizadas todos os anos por diversos organismos. Por exemplo, na Estação Agronómica Nacional no Departamento de Ciência do Solo foram efectuadas medições das propriedades hidráulicas das principais unidades de solo existentes em Portugal (Gonçalves, *et al.*, 2005). Alguma dessa informação, foi incluída na base de dados de propriedades hidráulicas de solos Europeus (HYPRES) (Wosten *et al.*, 1999). Isto permite que as medições estejam acessíveis a um público mais vasto através da Internet<sup>1</sup>.

Leji *et al.* (1996) desenvolveu em 1996 uma base de dados semelhante que denominou de UNSODA (UNsaturated SOil hydraulic DATabase), mais tarde Nemes *et*

---

<sup>1</sup> <http://www.macauley.ac.uk/hypres/>

*al.* (2001) caracterizou o sistema em que tinha sido desenvolvida a base de dados UNSODA como obsoleto e transpô-la para a base de dados *Microsoft Access*, tornando-a assim facilmente acessível para qualquer PC, possuidor do sistema *Windows*.

Costa *et al.* (1999) descreve a implementação do SNIRH (Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos). Este sistema pretende contribuir para uma melhor gestão de recursos hídricos em Portugal e simultaneamente contribuir para a implementação da directiva quadro da água aprovada pela União Europeia. Para isto, delinear-se os seguintes objectivos: i) armazenar, processar e disponibilizar dados internamente para o INAG e também para entidades exteriores através da Internet ii) disponibilizar ferramentas de processamento e análise iii) georreferenciar os dados disponibilizados. Neste caso, devido ao grande número de dados e de utilizadores foi seleccionado o sistema ORACLE como servidor da base de dados baseado no sistema UNIX. Para aceder ao conteúdo geográfico foi utilizado o servidor ArsSDE que permite aceder de forma eficiente aos dados georreferenciados armazenados no sistema ORACLE. No âmbito do projecto AGRO 727, não se justifica por enquanto, a utilização destas ferramentas tendo-se optado por utilizar ferramentas de *software* baseadas no *Windows* como o são a base de dados *Access* e a folha de cálculo *Excel*, uma vez que são de fácil acesso aos membros do projecto.

Na eventualidade de a base de dados precisar de se tornar mais abrangente, existem na actualidade ferramentas que permitem transpor os dados armazenados para sistemas mais optimizados. Estas ferramentas, correspondem a rotinas informáticas que possibilitam a migração de sistemas simples de dados assentes na plataforma *Microsoft Access* para servidores de base de dados mais avançados sobre a plataforma *PostgreSQL* (Douglas & Douglas, 2003). Este sistema, é semelhante ao sistema ORACLE, tendo a vantagem de ser *open source*, o que permite implementar de uma forma transparente bases de dados robustas e com capacidades geo-espaciais.

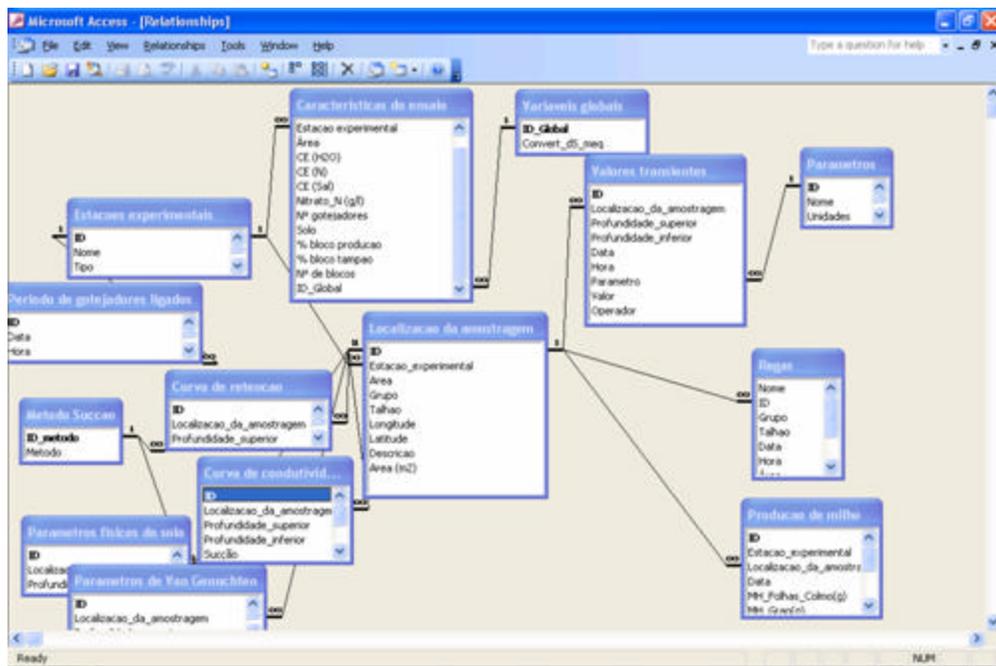
Na bibliografia, a utilização de bases de dados em projectos de investigação, aparece sobretudo quando se pretende gerir grandes quantidades dados dispersos no espaço (Wosten *et al.*, 1999; Batjes, 1996; Costa *et al.*, 1999; Nemes *et al.*, 2001). No projecto AGRO 727 existe igualmente um elevado número de medições, devido mais a complexidade dos processos em estudo, do que a dispersão espacial (apenas duas estações experimentais estão envolvidas no projecto).

## DESCRIÇÃO DA BASE DE DADOS E FERRAMENTAS ASSOCIADAS

### Estrutura da Base de dados

A complexidade dos processos em estudo (hidrodinâmica em meio não saturado, transporte de solutos, fenómenos de troca catiónica e cinética química) no âmbito do projecto AGRO 727 obrigou à recolha de cerca de 18 mil medições no primeiro ano.

Estima-se chegar às 100 mil medições no final do projecto. Isto levou à necessidade de criar uma base de dados, onde essas medições ficassem organizadas de acordo com as necessidades e especificidades do projecto. Na **Figura 1** apresenta-se a estrutura da base de dados bem como das relações que mantêm a sua integridade. A relação entre as tabelas é feita através de campos que, na tabela de origem são únicos (designados na **Figura 1** com o número “1”) e na tabela de destino podem ser repetidos (designados na **Figura 1** com o símbolo “∞”). Esta regra (designada de “integridade referencial”) garante que a tabela de destino não existam valores que não estão definidos na tabela de origem. Isto obriga, por exemplo que não possa ser introduzida uma medição cuja localização não esteja já definida na tabela “Localização da amostragem”



**Figura 1** – Estrutura da base de dados do projecto AGRO 727

A primeira característica das medições introduzidas é a sua localização aproximada e a entidade responsável pelo ensaio (QUADRO 1). Cada entidade tem associado um ensaio que é caracterizado na tabela “Características do ensaio”. Uma vez definido o ensaio, é definida a localização geográfica a que se referem as medições efectuadas (tabela ‘Localização da amostragem’). De seguida, são definidos três tipos de localizações:

- i) Grupos e talhões (que corresponde a forma como está instalado o ensaio e que corresponde a uma quadrícula que divide um talhão da estação experimental em blocos)
- ii) Compósitas (que podem incluir valores de vários blocos)
- iii) Meteorológicas (que são medições pontuais embora o seu valor seja generalizado para toda a área de estudo)
- iv) Perfis de solo (corresponde às medições efectuadas para caracterização das propriedades do solo e com base nestas propriedades, é atribuída a respectiva classificação do solo). As localizações associadas, aos dois primeiros tipos de localizações definidos correspondem a áreas fixas, ao passo que os dois últimos tipos de localizações são pontuais não tendo nenhuma área fixa associada.

**QUADRO 1 – Estações experimentais**

Nome	Tipo	Entidade
Herdade da Mitra	Agrícola	Universidade de Évora
Alvalade-Sado	Agrícola	INIA

Até aqui, caracterizaram-se as medições relativamente ao espaço. Contudo para que uma medição fique totalmente caracterizada é necessário estabelecer as condições e os métodos de medição. Para isso, uma das tabelas da base de dados define uma lista de 55 parâmetros (tabela “Parâmetros”). A cada parâmetro é atribuído um nome, ao qual corresponde, o método utilizado na medição deste parâmetro, as unidades de medição e bibliografia associada ao método. Para cada parâmetro refere-se ainda à forma de amostragem (ver QUADRO 2). Finalmente é definido qual o tipo de amostragem em profundidade:

- i) se é por camadas (ex.: amostras de solo recolhidas para análise em laboratório)
- ii) se é pontual (ex.: medições de teor de humidade utilizando o método “Time Domain Reflectometry”)

iii) se não existe (que é o caso dos parâmetros meteorológicos e os débitos de rega que são sempre medições efectuadas a superfície).

**QUADRO 2 – Tipos de amostras de solo definidas**

Tipo de Amostra	Descrição
Amostra de solo	Amostra de solo recolhida para análise em laboratório
Medida de campo Meteorologia	Medida realizada directamente no campo Medida de parâmetro meteorológico
Solução do solo (lisímetros)	Amostra de solução de solo recolhida para análise em laboratório

O registo das medições que acompanham ao longo do tempo a evolução do ensaio é feito na tabela “Valores Transientes”. Cada medição introduzida nesta tabela é caracterizada em função da localização geográfica, localização em profundidade, data, hora, descrição do parâmetro, valor medido e limite de detecção (QUADRO 3). Os campos localização geográfica, e descrição do parâmetro estão ligados às tabelas anteriormente descritas (“Localização da amostragem” e “Parâmetros” respectivamente). Deste modo, estes campos são definidos por números de identificação que estão univocamente ligados a essas tabelas. Isto significa que qualquer valor que seja introduzido nestes campos está previamente definido nas tabelas “Localização da amostragem” e “Parâmetros”.

**QUADRO 3 – Campos da tabela de medidas “Valores Transientes”**

ID	Número único e sequencial gerado para cada valor introduzido na base de dados
Localização_da_amostragem	Código que define a localização geográfica da amostra (código liga aos registos da tabela “localização da amostra”)
Profundidade_superior	Quando a amostra é analisada por camadas, esta profundidade corresponde a face inferior da camada, se amostra for pontual esta corresponde a profundidade onde foi efectuada a monitorização
Profundidade_inferior	Quando a amostra é analisada por camadas, esta profundidade corresponde a face superior da camada, se amostra for pontual este valor é igual à profundidade_superior.
Data	Data da realização da medição no caso de medições de campo ou data de recolha das amostras no caso de medições laboratoriais
Hora	Hora da realização da medição no caso de medições de campo ou hora de recolha das amostras no caso de medições laboratoriais
Parâmetro	Código que define o parâmetro de medição (código liga aos registos da tabela de parâmetros)
Valor	Valor medido
Operador	Indica se o valor medido está dentro dos limites de detecção do método (=) está acima dos limites de detecção (>) ou abaixo dos limites de detecção (<).

Para o conjunto de valores fixos no tempo ou que mudam lentamente no tempo foram criadas outras tabelas, como é o caso das propriedades hidráulicas do solo, donde resultaram três tabelas: i) Curva da condutividade hidráulica ii) Curva de retenção iii) Parametros de van Genuchten. As primeiras duas incluem os pares de valores “pressão efectiva-condutividade” e “teor de água-pressão efectiva” com os quais se estimaram os parâmetros da curva de retenção e da curva de condutividade para o modelo de Van Genuchten.

Foram ainda criadas tabelas para guardar os parâmetros físicos do solo, as produções de milho e os períodos em que os gotejadores estão ligados (Gonçalves *et al.*, 2005b). Estes últimos valores permitem estimar as dotações reais de água, salinidade e fertilizante. Para isso, são usadas as características do ensaio que definem os débitos dos gotejadores bem como o número de gotejadores por unidade de área. O cálculo das dotações de rega é feito na base de dados multiplicando os períodos em que os gotejadores estão ligados pelo débito dos gotejadores e pelo número de gotejadores por unidade de área.

### **Exploração dos resultados – *Excel***

É possível usar o *Excel* como ferramenta para importar e visualizar os dados armazenados em *Access*. A visualização é feita utilizando as funcionalidades do *Excel*. Contudo para fazer a importação dos dados do *Access* para o *Excel* foi necessário recorrer ao VBA (Visual Basic for Applications). O software em VBA permite copiar e filtrar dos dados da base de dados. Para isso são utilizados os objectos *Connection* e *Recordset*, que vêm incluídos das bibliotecas fornecidas pela *Microsoft*. O primeiro permite abrir a base de dados. O segundo permite realizar perguntas à base de dados utilizando linguagem SQL (*Structured Query Language*).

### **Exportação para modelação**

Para exportar as medições da base de dados para os ficheiros no formato do modelo MOHID é necessário os objectos *FileSystemObject* e *TextStream*. O primeiro permite criar o ficheiro e o segundo permite escrever no ficheiro criado os dados provenientes da base de dados no formato do modelo.

## Disponibilização dos dados

Actualmente a base de dados, está disponível para os vários membros do projecto através de um site de ftp mediante o uso de uma senha e de um nome de utilizador.

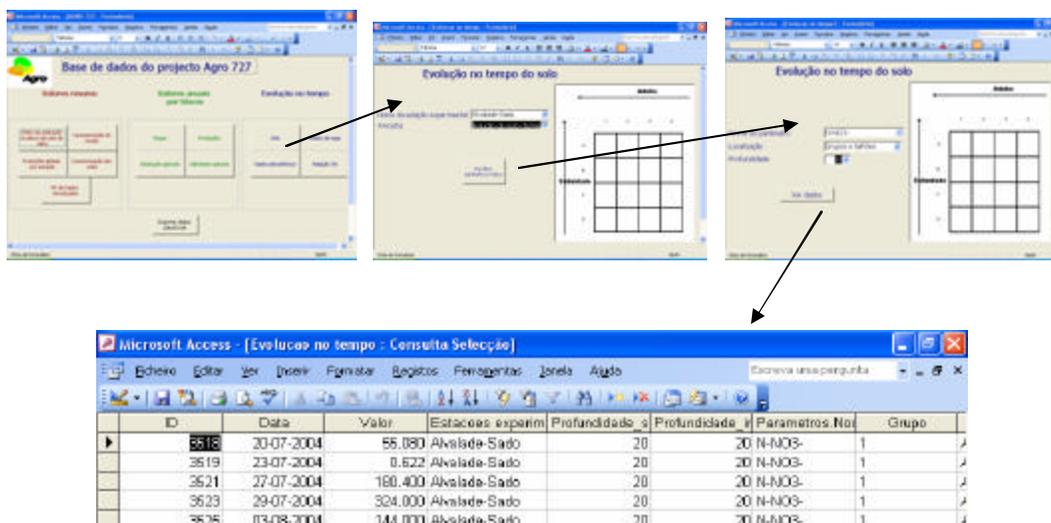
O sistema permite visualizar dados através de ficheiros SIG (em formato “*shape*”), que relacionam intrinsecamente as medições obtidas ao espaço. Estes ficheiros poderão vir a estar disponíveis na Internet pelo acoplamento ao sistema *MapServer*.

## OPERAÇÕES COM A BASE DE DADOS

### Exploração dos dados

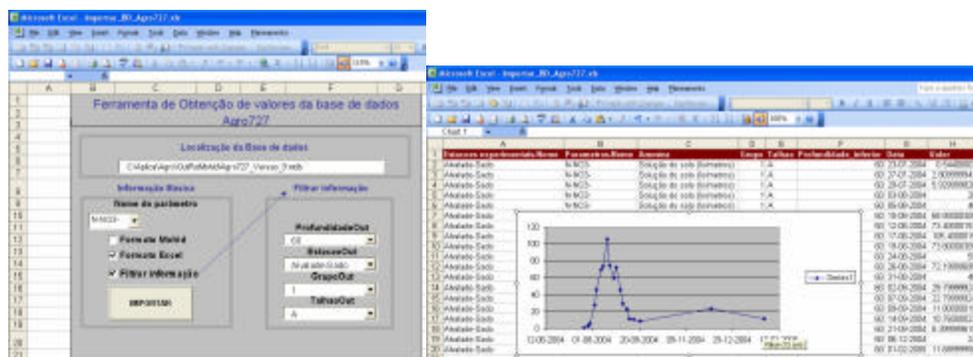
A extracção da informação contida na base de dados é feita por intermédio do código SQL (*Structured Query Language*). A vantagem deste código é ser uma referência a nível mundial existindo uma norma emitida pela INSA/ISSO (Bunch & Roberts, 2000). Foram desenvolvidas duas formas de o utilizador extrair de dados com base na linguagem SQL: i) através de formulários que permitem extrair os dados filtrados mas apresentam também cálculos efectuados com base nos valores ii) com o *Excel* utilizando a Linguagem Visual Basic for Applications (VBA), que permite utilizar o SQL.

A primeira forma de obter informação é baseada em formulários que guiam o utilizador na exploração dos resultados. A título de exemplo apresenta-se na **Figura 2** o resultado final de uma consulta sobre a concentração de nitratos, num determinado local do campo de ensaio. Esta consulta mostra a evolução no tempo de uma dada propriedade do perfil de solo. Nestes formulários são ainda apresentados uma série de valores e figuras que resumidamente descrevem o ensaio. Finalmente apresentam-se também valores anuais de dotações de rega, salinidade, adubação e ainda as produções no final do ano.



**Figura 2** – Exemplo de dados que poderão ser obtidos na base de dados do projecto AGRO727.

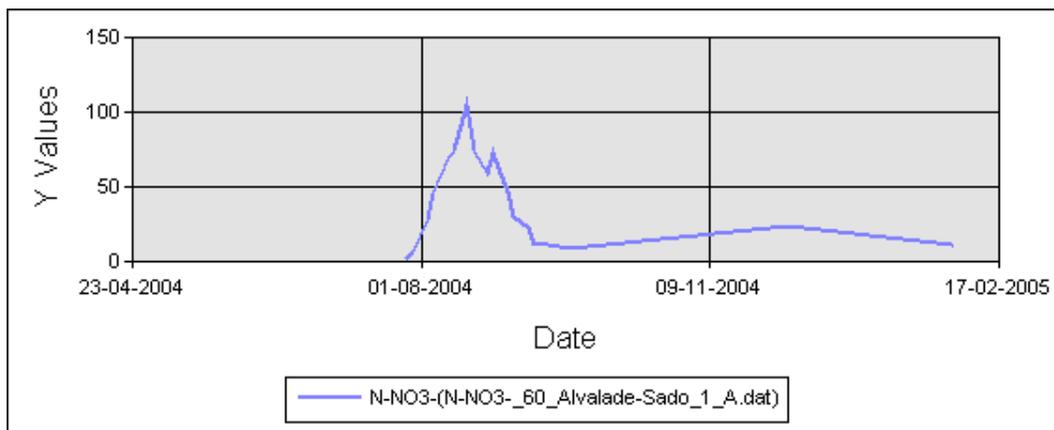
A segunda forma de obter informação, foi desenvolvida em VBA, e permite importar directamente os dados para uma folha de *Excel* (**Figura 3**). O utilizador tem duas opções para filtrar os dados: i) filtrar os dados por parâmetro (o que implica extrair todos os dados de todas as localizações e profundidades) ii) filtrar por parâmetro, localização e profundidade. A primeira opção permite ter uma ideia geral dos dados disponíveis. A segunda opção permite extrair apenas uma localização e uma profundidade, tendo a vantagem adicional de gerar automaticamente um gráfico, em que é visível a evolução no tempo de determinado parâmetro.



**Figura 3** – Extração e visualização dos dados a partir do *Excel*.

## Extracção de dados para modelação

As medições introduzidas na base de dados podem ser directamente ligados a modelos. Para isso exportam-se as medições em ficheiros em ASCII que é lido por modelos como o MOHID (**Figura 4**). Esta funcionalidade permite diminuir os erros que ocorrem na manipulação dos dados e facilitam o processo de introdução de dados. A ligação da base de dados a outros modelos, não apresenta dificuldade desde que seja conhecido o formato de introdução de dados desses modelos.



**Figura 4** – Visualização dos dados em formato do modelo MOHID.

## Comparação com outras fontes de dados

Um dos resultados obtidos a partir da base de dados, consiste na georreferenciação dos campos experimentais, podendo-se desta forma ter uma noção exacta do ambiente envolvente. A **Figura 5** mostra a localização do ensaio em relação à rede hidrográfica e à rede de monitorização de qualidade da água do INAG. Mostra ainda as linhas de água principais e o coberto vegetal com base no “Corine Land Cover” (Bossard *et al.*, 2000).

É possível ver a estação de qualidade do INAG de Alvalade-Sado, a montante do ensaio experimental enquanto a estação de Moinho da Gamita é a estação de monitorização de nitratos mais próxima, e encontra-se a jusante do ensaio experimental. Por outro lado, as estações mais próximas de monitorização de nitratos nos aquíferos são JK1 e JK4.

O ensaio experimental tem cerca de 96 m<sup>2</sup> de área não sendo relevante a sua influência directa nas estações de qualidade do rio ou nas estações de qualidade subterrâneas. Contudo, se admitirmos que toda a área agrícola da zona se comporta de forma semelhante é possível estimar o efeito esperado no rio em função das alterações observadas no campo experimental. As estimativas obtidas podem ser comparadas com as medições de nitratos efectuadas das estações de qualidade do INAG



**Figura 5** – Localização do campo experimental relativamente à rede hidrográfica e à rede de monitorização de qualidade da água do INAG

## CONCLUSÕES

O *Access* mostrou ser uma ferramenta adequada aos objectivos propostos por quatro razões: i) permite fazer a ligação ao programa Excel que é o mais utilizado para visualização das medições, ii) permite o acoplamento a modelos iii) permite a georreferenciação dos dados iv) permite que no futuro se transfira a actual base de dados para sistemas mais optimizados, no caso do número de utilizadores aumentar.

Até ao fim do primeiro ano do projecto foram introduzidos cerca de 18 mil valores na base de dados, estimando-se atingir cerca de 100 mil valores até ao fim do projecto.

A base de dados serviu e servirá como ferramenta para gerir o elevado número de medições, promovendo a sua ordenação e garantindo a sua integridade. Serve ainda como ferramenta de análise recorrendo à linguagem SQL.

O desenvolvimento da base de dados permitiu concentrar num único local todas as medições do projecto, que assim ficaram facilmente acessíveis às várias entidades envolvidas no projecto.

A georreferenciação dos dados permitiu determinar medições disponíveis de outras fontes que estão dentro da zona de influência dos ensaios experimentais do projecto, o que permite não só a utilização dessas medições para complementar as do projecto, permitindo também que estas medidas sejam usadas num outro projecto.

### **TRABALHO FUTURO**

Será criado um formulário no qual todos os membros do projecto poderão introduzir os dados referentes a sua linha de trabalho.

A base de dados neste momento encontra-se apenas disponível aos membros do projecto, sendo necessário definir as condições de acesso aos resultados, para que a base de dados fique acessível a comunidade científica.

### **AGRADECIMENTOS**

Este trabalho foi financiado no âmbito do projecto AGRO 727 e pelo programa POCTI/FCT/Medida IV.3 através do financiamento da Bolsa pós-doc- (SFRH/BPD/16412/2004).

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Batjes, N. H. 1996. Development of a world data set of soil water retention properties using pedotransfer rules. *Geoderma*, **71**, 1, 31-52(22)..
- Bossard, M., Feranec, J., & Otahel, J., 2000, CORINE land cover technical guide – Addendum 2000, European Environmental Agency, Copenhagen, pp. 105.

- Bunch, A. J. & Roberts, M. 2000. Developing Client/Server Solutions with Microsoft Access 2000 Projects. *In* Microsoft Developer Network (<http://msdn.microsoft.com>)
- Costa, J. R. & Oliveira R. 1999. Lessons from the Application of Telematics in Water Resources Management in Portugal. *In* Mudri, M. Pillmann W. (eds) Pan-European Environmental. Telematics User Fórum. Telematics Solutions for Sustainable Development, Munich, Germany.
- Douglas, K. & Douglas, S. 2003. *PostgreSQL* Sams Publishing, U.S.A.
- Galvão P., Chambe-Leitão P., Leitão P. & Neves R. 2004. A different approach to the modified Picard method for water flow in variably saturated media. *Computational Methods in Water Resource*, North Carolina, U.S.A.
- Gonçalves M. C., Reis L. C. L. & Pereira M. V. 2005. Progress of Soil Survey in Portugal. *European Soil Bureau - Research Report 9*.
- Gonçalves, M. C., Martins, J. C., Neves, M. J., Prazeres, A., Ramos, T., Fonte, Pires S., Bica F., Bica M., Santos J., Castanheira N. & Reis J. 2005. Interação da salinidade e da fertilização azotada na produtividade do milho-grão. Submetido para publicação na *Revista das Ciências Agrárias*.
- Nemes, A., Schaap M. G., Leij F. J. & Wösten, J. H. M. 2001. Description of the unsaturated soil hydraulic database UNSODA version 2.0 *Journal of Hydrology*, **251**, 3-4, 151-162.
- OSPAR 2001. Framework and Approach of the Harmonised Quantification and Reporting Procedures for Nutrients (HARP) <http://euroharp.org/rl/guidelines>.
- Wosten, J. H. M., Lilly, A., Nemes, A. & Le Bas, C. 1999. Development and use of a database of hydraulic properties of European soils. *Geoderma*, **90**, 3, 169-185.