

PROPSOLO – BASE DE DADOS GEORREFERENCIADA DE PROPRIEDADES DO SOLO

Ramos, T. B.; Gonçalves, M. C.; Martins, J. C. & Pires, F. P.

Estação Agronómica Nacional, Quinta do Marquês, 2784-505 Oeiras, Portugal – Tel:
(+351) 214 403 500 – Fax: (+351) 214 416 011 – E-mail: Tiago.Ramos@netcabo.pt

Resumo

Alguma da informação existente no Departamento da Ciência do Solo da Estação Agronómica Nacional, correspondente a 633 camadas / horizontes de 224 perfis de solo georreferenciados (WGS84), foi organizada numa base de dados relacional (PROPSOLO). A base de dados, desenvolvida para o gestor MySQL, tem uma estrutura relacional bastante flexível, capaz de conter grande diversidade de informação, podendo ser facilmente consultada ou modificada de modo a receber mais informação.

As principais entidades da base de dados que compõem a estrutura da base de dados são: SOLOS, HORIZONTE, FISICA, QUIMICA e HIDRODINAMICA, reunindo assim, além da identificação de cada perfil e respectivo horizonte, várias propriedades físicas, químicas e hidrodinâmicas das camadas/horizontes seleccionados para integrar a base de dados, bem como dados já tratados, nomeadamente os parâmetros do modelo hidráulico de Mualem-van Genuchten, usado para descrever as curvas de retenção de água no solo e da condutividade hidráulica de cada camada de solo e que foram determinadas a partir de amostras não perturbadas.

Palavras-chave: Base de dados; Coordenadas Geográficas; MySQL; WGS84

Abstract

Some of the existing information available in the Soil Science Department of the Estação Agronómica Nacional, correspondent to 633 layers/horizons of 224 georeferenced soil profiles (WGS84), was organized in a relational database (PROPSOLO). The database, developed within the MySQL Relational Database Management System, has a relational structure which allows great flexibility and capacity, being easily consulted when needed or modified when more information is available.

It comprises 5 main tables: SOLOS, HORIZONTE, FISICA, QUIMICA and HIDRODINAMICA, gathering, besides soil profile and layer/horizon identification, many physical, chemical and hydrodynamical soil properties from the selected layers/horizons to include in the database. PROPSOLO also includes soil parameters from the Mualem-van Genuchten hydraulic model which describes the soil-water retention curve and the hydraulic conductivity curve, determined from undisturbed samples.

Key words: Soil Database; Geographical Coordinates; MySQL; WGS84

Introdução

É recorrente encontrar na bibliografia nacional e internacional, grande número de estudos ambientais que recorrem a modelos matemáticos complexos com o objectivo de simular muitos dos fenómenos físicos, químicos e hidrodinâmicos que decorrem no solo. Tais modelos necessitam de grande quantidade de informação que, muitas vezes pela sua dispersão, raramente se encontra facilmente acessível e nem sempre está georreferenciada, acrescentando que a informação existente em Portugal, é escassa, muitas vezes bastante incompleta e, pela sua natureza, ocasionalmente não representativa da mancha de solo envolvente.

A nível mundial, alguns países possuem já bases de dados das propriedades do solo em formato digital, nomeadamente, os EUA (USDA – National Resources Conservative Service, 2007), Canadá (Agriculture and Agri-Food Canada, 2005), Austrália (CSIRO – Commonwealth Scientific & Industrial Research Organization – Land and Water, 2006) e Brasil (Cooper *et al.*, 2005). Na Europa, Albânia, Áustria, Bélgica, Bulgária, Croácia, República Checa, Dinamarca, Estónia, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Hungria, Itália, Letónia, Lituânia, Malta, Holanda, Noruega, Polónia, Roménia, Sérvia, Montenegro, Eslováquia, Eslovénia, Espanha, Suécia, Suíça, Turquia e Reino Unido possuem já, ou têm em fase de desenvolvimento, bases de dados onde reúnem a informação, mais ou menos abrangente, de algumas propriedades físicas e químicas dos solos daqueles países (Bullock *et al.*, 2005).

Nos últimos anos, tem havido grande interesse em criar uma base de dados à escala europeia com informação originária de vários países, resultando na criação da Base de Dados dos Solos da Europa (The European Soil Database, versão 2.0). Esta base de dados contém a SGRDBE (Soil Geographical DataBase of Euroasia, Lambert *et al.*, 2003), a PTRDB (PedoTransfer Rules Database, King *et al.*, 1994; van Ranst *et al.*, 1995), e o SPADE (Soil Profile Analytical Database of Europe, Madsen & Jones, 1995, 1998). A Base de Dados dos Solos da Europa pode ainda ser associada a bases de dados temáticas, como a SPADE-2 (versão 1.0, Hollis *et al.* 2006), um desenvolvimento da anterior versão que reúne informação sobre propriedades físicas e químicas de solos e a HYPRES (Hydraulic Properties of European Soils, Wosten *et al.*, 1999), que reúne dados sobre as propriedades hidráulicas dos solos da Europa.

Deve-se ainda destacar as bases de dados UNSODA (Unsaturated Soil Hydraulic Database, Nemes *et al.*, 2001) e WISE (World Inventory of Soil Emission Potentials, Batjes, 1996). A nível mundial é possível também encontrar bases de dados que se concentram sobre diferentes problemáticas do solo, nomeadamente as da FAO (Food and Agriculture Organization, 2000, 2003, 2006).

A atenção dada a nível europeu e mesmo mundial à organização dos dados é por demais evidente. Contudo, apesar das constantes solicitações externas (Bullock *et al.*, 2005) e da contribuição do nosso país na construção das bases de dados europeias referidas anteriormente, Portugal continua sem adoptar um esquema interno que reúna a descrição dos solos e as respectivas análises laboratoriais efectuadas, e que possa ser

ligado a um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de modo a que os potenciais utilizadores possam aceder mais facilmente aos dados. Torna-se portanto imperativo, a construção de uma base de dados das propriedades do solo consistente, georreferenciada e compreensível para o utilizador comum. Este trabalho tem como finalidade apresentar o esquema relacional existente na Estação Agronómica Nacional.

Origem dos dados e dificuldades

O Departamento de Ciência do Solo (DCS) da Estação Agronómica Nacional, desde a sua criação em 1939, tem vindo a realizar muitos e diversos estudos ao nível do perfil de solo, quem têm permitido recolher muita informação sobre propriedades físicas, químicas e hidrodinâmicas do solo. Essa informação pode hoje ser encontrada em diversas teses de doutoramento, trabalhos de fim de curso de diversas licenciaturas, artigos científicos em revistas nacionais e internacionais, relatórios de projectos de I&D, relatórios realizados em resposta a pedidos de várias universidades ou empresas agrícolas e mesmo dados internos não publicados existentes no departamento.

Além de toda a morosidade em recolher esta informação, um dos problemas encontrados vem do facto de que, apenas em 1998, ter sido adquirido para o DCS o primeiro sistema GPS (modelo Trimble GeoExplorer II), pelo que toda a informação existente anterior àquela data encontrava-se sem qualquer tipo de georreferenciação.

Aproveitando as tecnologias hoje existentes, foi possível usar o Google Earth (versão 4.0.2416) que, desde o seu lançamento no dia 31 de Outubro de 2006 permite, uma visualização extremamente detalhada de todo o território continental, e assim ultrapassar este problema e georreferenciar os perfis de solo com um rigor tão aceitável quanto os mapas existentes nos referidos trabalhos, ou mesmo a memória dos técnicos, permitiram. Dado que nos últimos anos, tem-se assistido à aposentação de vários técnicos e especialistas que trabalharam no DCS e que estiveram envolvidos no exame de perfis e recolha de amostras de solo, a localização de muitos perfis de solo estará irremediavelmente perdida e os seus dados excluídos desta base de dados.

Outra dificuldade sentida teve origem nos próprios dados recolhidos por GPS. Algumas das coordenadas de determinados perfis de solo foram fornecidas por entidades exteriores ao DCS sem fazerem qualquer referência ao Datum utilizado. Novamente com auxílio da nova versão do Google Earth foi possível chegar a algum tipo de conclusão, embora a dúvida persista em 4 perfis (P21, P22, P42, P43).

Refira-se também que o estado do conhecimento evoluiu muito desde 1939. As técnicas usadas na altura, ou mesmo há 10 anos atrás, são diferentes das usadas hoje. Foi portanto apenas seleccionada para esta base de dados, a informação disponível que obedecia a determinados critérios, nomeadamente, a determinação das propriedades hidráulicas apenas em amostras não perturbadas.

Esquema relacional

A base de dados PROPSOLO compreende 8 tabelas relacionais de modo a acolher a maior quantidade de informação possível, da maneira mais simples. Por essa razão a PROPSOLO foi desenvolvida em SQL, a linguagem mais comum a grande parte das bases de dados comerciais (Henley, 2006), e para o sistema gestor MySQL (versão 5.0), cuja distribuição é gratuita. A Figura 1 descreve a estrutura da base de dados.

Para integrar esta base de dados foram seleccionados 633 horizontes/camadas de 224 perfis de solo, distribuídos, na sua maioria, por Portugal Continental (Figura 2), mas também na Região Autónoma dos Açores (2 perfis localizados na Ilha Terceira).

O corpo principal da base de dados é composto pelas tabelas SOLO e HORIZONTE. A tabela SOLO contém as referências de cada perfil de solo estudado, nomeadamente, a sua identificação, coordenadas geográficas, data de colheita, tipo de

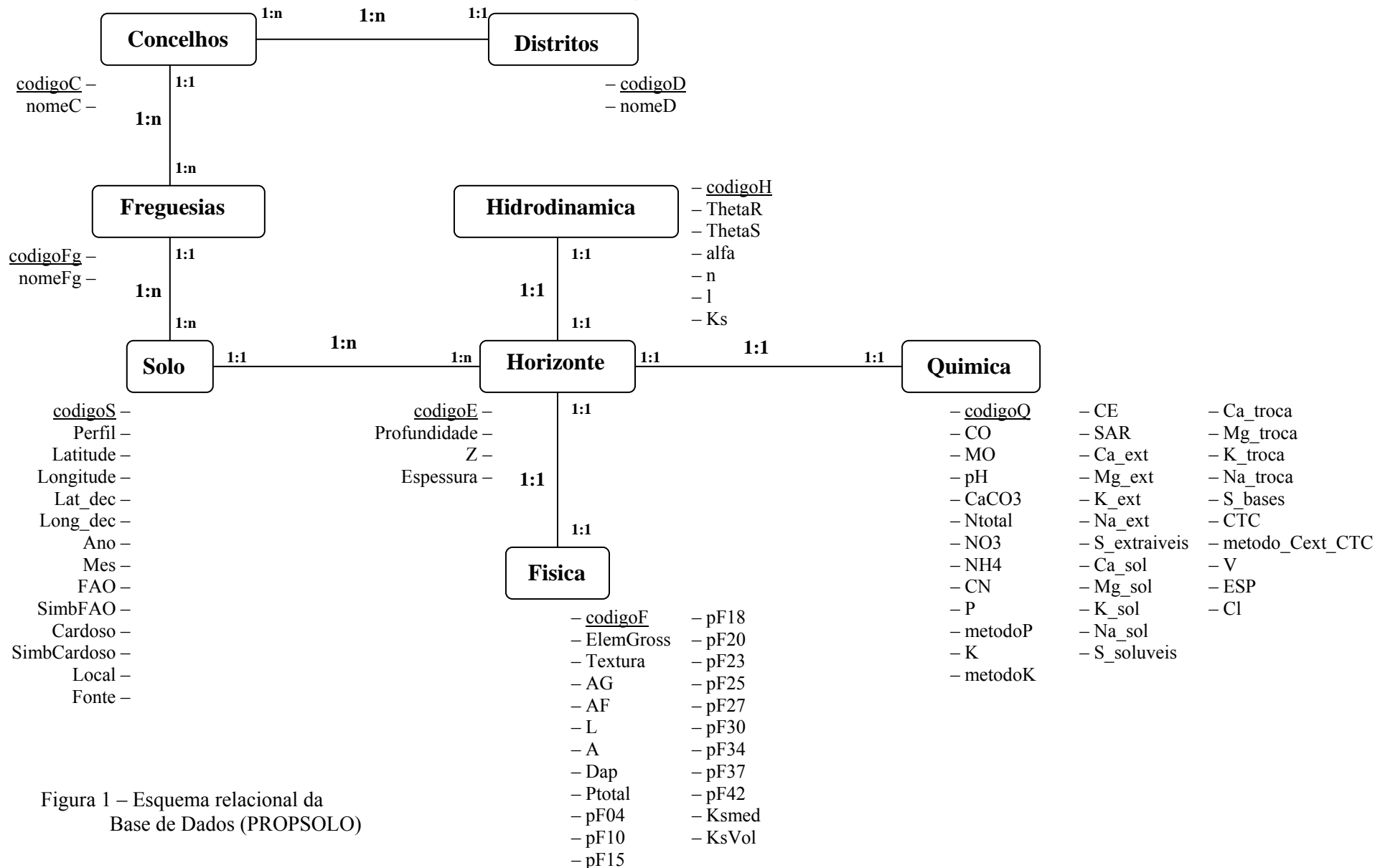


Figura 1 – Esquema relacional da Base de Dados (PROPSOLO)

solo segundo a classificação portuguesa e da FAO, designação do local e referência bibliográfica onde os dados foram publicados. O Quadro 1 faz a descrição do significado dos códigos de cada atributo usados nesta tabela. A tabela HORIZONTE contém os limites de cada camada/horizonte, medidas no campo durante a descrição dos perfis e a profundidade média de cada horizonte. No Quadro 2 indica-se o significado dos códigos de cada atributo usados para a tabela HORIZONTE. As duas tabelas estão interligadas entre si por uma multiplicidade de 1:n, tendo a tabela HORIZONTE como chave estrangeira, a chave primária da tabela SOLO. Na prática este tipo de ligação corresponde àquilo que é evidente, isto é, um perfil de solo pode conter um ou mais horizontes, mas um horizonte só pode fazer parte de um perfil.

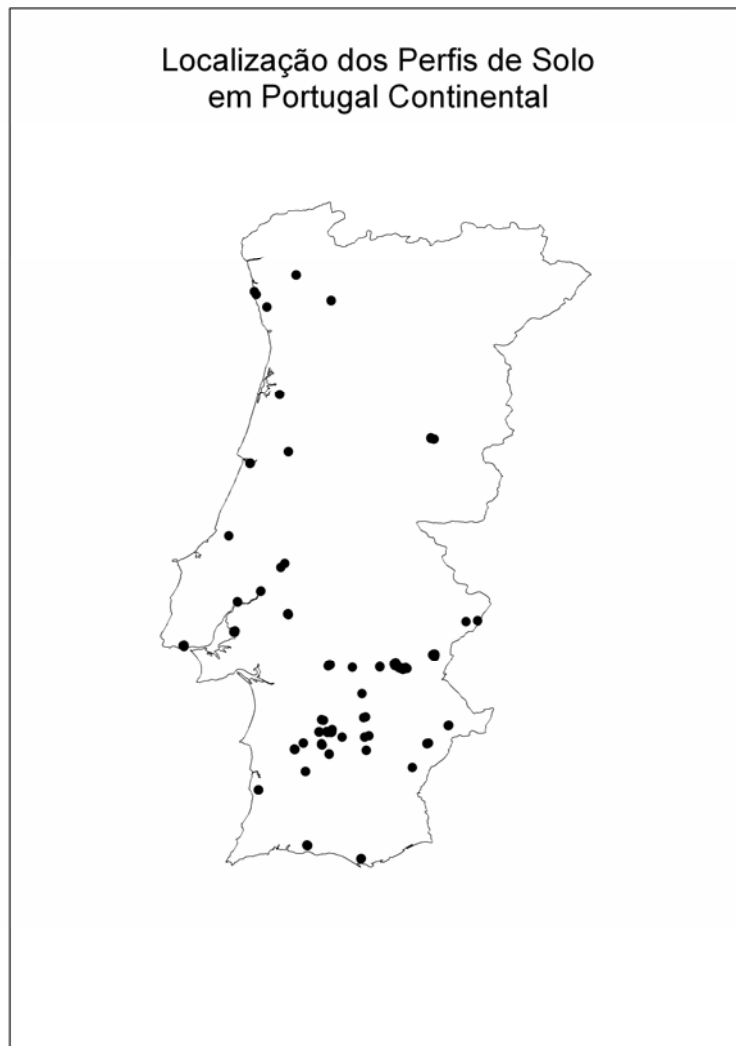


Figura 2 – Localização dos perfis de solo em Portugal Continental

Associadas à tabela SOLO está também a tabelas FREGUESIAS (Quadro 3), que por sua vez também está associada à tabela CONCELHOS (Quadro 4), a qual está também ligada à tabela DISTRITOS (Quadro 5), sempre numa multiplicidade de 1:n. Esta ligação da SOLO à divisão administrativa do país serve apenas para melhor completar a localização de cada perfil de solo estudado, além de permitir mais opções ao nível da localização, nomeadamente numa futura selecção de determinadas propriedades do solo.

Quadro 1 – Lista de atributos relativos à tabela SOLO

Atributo	Descrição
codigoS	Chave primária
Perfil	Identificação do Perfil
Latitude	Latitude (sistema sexagesimal) – sistema de coordenadas WGS 1984
Longitude	Longitude (sistema sexagesimal) – sistema de coordenadas WGS 1984
Lat_dec	Latitude (sistema decimal) – sistema de coordenadas WGS 1984
Long_dec	Longitude (sistema decimal) – sistema de coordenadas WGS 1984
Ano	Ano de colheita das amostras no perfil
Mes	Mês de colheita das amostras no perfil
FAO	Classificação internacional (FAO, 2006)
SimbFAO	Símbolo cartográfico segundo a classificação da FAO
Cardoso	Classificação portuguesa (Cardoso, 1974)
SimbCardoso	Símbolo cartográfico segundo a classificação portuguesa
Localizacao	Nome do local onde o perfil foi aberto
Fonte	Referência bibliográfica abreviada onde os resultados dos perfis foram publicados

Quadro 2 – Lista de atributos relativos à tabela HORIZONTE

Atributo	Descrição
codigoHz	Chave primária
Profundidade	Limites de cada horizonte (cm)
Z	Profundidade média de colheita (cm)
Espessura	Diferença entre os limites superior e inferior do horizonte ou camada (cm)

Quadro 3 – Lista de atributos relativos à tabela DISTRITOS

Atributo	Descrição
codigoD	Chave primária
nomeD	Nome do distrito

Quadro 4 – Lista de atributos relativos à tabela CONCELHOS

Atributo	Descrição
codigoC	Chave primária
nomeC	Nome do concelho

Quadro 5 – Lista de atributos relativos à tabela FREGUESIAS

Atributo	Descrição
codigoFg	Chave primária
nomeFg	Nome da freguesia

A tabela HORIZONTE liga-se por sua vez às restantes tabelas que compõem a base de dados: a tabela FISICA, HIDRODINAMICA e QUMICA que reúnem as propriedades de cada perfil de solo.

Na tabela FISICA podem ser encontrados os dados das propriedades físicas do solo relativos a cada perfil. É importante referir que todos os valores da massa volúmica aparente, dos teores de água no solo às várias sucções e da condutividade hidráulica saturada foram determinados em amostras no estado natural, ou seja, em amostras não perturbadas. O Quadro 6 faz a descrição de todas as propriedades físicas existentes na tabela, metodologias utilizadas para as determinar, bem com o número de registos que actualmente a base de dados contém para cada propriedade física.

A tabela HIDRODINAMICA reúne os parâmetros do modelo de Mualem-van Genuchten (van Genuchten, 1980) usado para descrever as curvas de retenção de água e da condutividade hidráulica do solo existentes no DCS. Este modelo requer 6 parâmetros, ou seja, os teores de água residual θ_r e na saturação θ_s , os parâmetros de forma das curvas α e η , o factor de tortuosidade ℓ e a condutividade hidráulica saturada.

O Quadro 7 faz a correspondência entre os parâmetros do modelo de Mualem-van Genuchten (M-vG) e os códigos usados na base de dados para os representar, além de indicar o número de registos de cada parâmetro na tabela.

Na tabela QUIMICA pode ser encontrado os dados das propriedades químicas do solo relativos a cada perfil. O Quadro 8 faz a descrição de todas as propriedades químicas existentes na tabela, metodologias utilizadas para as determinar, bem com o número de registos que actualmente a base de dados contém de cada propriedade química.

O tipo de ligação entre estas três tabelas e a tabela HORIZONTE é do tipo 1:1, isto é, cada camada/horizonte de solo é caracterizado por determinado valor de uma dada propriedade do solo (ex: teor de argila), assim como cada valor de uma determinada propriedade do solo diz respeito apenas a um determinado horizonte. São as tabelas FISICA, QUIMICA e HIDRODINAMICA que possuem como chave estrangeira, a chave primária da tabela SOLOS, para assim facilitar a remoção destas tabelas, alterações de campos e adição de novos atributos que venham a ser considerados de interesse.

Qualidade dos dados

Foi realizada uma verificação dos dados introduzidos na base de dados de modo a controlar a qualidade da informação. As principais falhas encontradas deveram-se a enganos na introdução dos valores e a alguns erros analíticos ou de cálculo existentes nas publicações originais. De modo a garantir a consistência dos dados foram introduzidos alguns parâmetros de controlo como a razão C/N, o somatório dos catiões extraíveis, catiões solúveis e das bases de troca. O somatório dos teores de argila, limo, areia grossa e areia fina foi verificado. Os teores de água no solo a diferentes sucções foram analisados, principalmente nas sucções mais elevadas. Quando possível, foram feitas correcções tendo os valores errados sido removidos. Os elementos do DCS não se responsabilizam por resultados de determinações realizadas em amostras no estado natural, quando não colhidos por pessoal ligado ao departamento.

As bases de dados de solos contém quase sempre campos onde os valores são desconhecidos (Henley, 2006). Nem sempre é possível recolher determinado tipo de amostras de um dado horizonte, ou, por vezes não é possível realizar determinadas análises laboratoriais. Deve-se acrescentar também que os trabalhos de onde a informação dos perfis foi seleccionada não tinham os mesmos objectivos, pelo que todas as propriedades físicas, químicas ou hidrodinâmicas do solo seleccionadas para a PROPSOLO raramente estarão completas para cada perfil. Estes valores 'desconhecidos' são representados no SQL pelo valor NULL, que serve apenas para representar estes valores, nunca estando presente nas chaves primárias, localização geográfica dos perfis e datas de colheita das amostras. Na tabela SOLOS, poderão ser também encontrados valores NULL dentro dos atributos referentes à classificação

portuguesa dos solos (Cardoso, 1974). Unicamente nestes dois atributos, Cardoso e SimbCardoso, o valor NULL terá o significado de ‘não aplicável’, uma vez que a referida classificação não abrange alguns dos solos presentes na base de dados.

II Congresso Nacional de Rega e Drenagem
Fundão 26, 27 e 28 de Junho de 2007

Quadro 6 – Lista de atributos relativos à tabela FISICA

Atributo	Descrição	Unidade	Método Analítico	Nº de registos
codigoF	Chave primária	-	-	633
ElemGross	Elementos grosseiros (\emptyset das partículas > 2 mm)	%	Crivagem	186
Textura	Classificação textural	-	Limites da escala de Atterberg (Gomes & Silva, 1962)	633
AG	Areia Grossa ($0.2 < \emptyset$ das partículas < 2 mm)	%	Crivagem em água (Silva <i>et al.</i> , 1975)	633
AF	Areia Fina ($0.02 < \emptyset$ das partículas < 0.2 mm)	%	Crivagem em água (Silva <i>et al.</i> , 1975)	633
L	Limo ($0.002 < \emptyset$ das partículas < 0.02 mm)	%	Pipeta (Silva <i>et al.</i> , 1975)	633
A	Argila (\emptyset das partículas < 0.002 mm)	%	Pipeta (Silva <i>et al.</i> , 1975)	633
Dap	Massa volúmica aparente	g cm ⁻³	Amostras de solo (100 cm ³) seco em estufa a 105°C	530
Ptotal	Porosidade total	cm ³ cm ⁻³	Através da capacidade máxima de retenção de água pelo solo e da massa volúmica aparente	527
pF04	Teor de água no solo a uma sucção de 2.5 cm (pF 0.4)	cm ³ cm ⁻³	Caixa de areia (Stakman, 1974)	522
pF10	Teor de água no solo a uma sucção de 10.0 cm (pF 1.0)	cm ³ cm ⁻³	Caixa de areia (Stakman, 1974)	524
pF15	Teor de água no solo a uma sucção de 31.6 cm (pF 1.5)	cm ³ cm ⁻³	Caixa de areia (Stakman, 1974)	524
pF18	Teor de água no solo a uma sucção de 63.1 cm (pF 1.8)	cm ³ cm ⁻³	Caixa de areia (Stakman, 1974)	384
pF20	Teor de água no solo a uma sucção de 100.0 cm (pF 2.0)	cm ³ cm ⁻³	Caixa de areia (Stakman, 1974)	529
pF23	Teor de água no solo a uma sucção de 199.5 cm (pF 2.3)	cm ³ cm ⁻³	Caixa de areia e caulino (Stakman, 1974)	427
pF25	Teor de água no solo a uma sucção de 316.2 cm (pF 2.5)	cm ³ cm ⁻³	Caixa de areia e caulino (Stakman, 1974)	491
pF27	Teor de água no solo a uma sucção de 501.2 cm (pF 2.7)	cm ³ cm ⁻³	Caixa de areia e caulino (Stakman, 1974)	445
pF30	Teor de água no solo a uma sucção de 1000.0 cm (pF 3.0)	cm ³ cm ⁻³	Placa de pressão (Dane & Hopmans, 2002)	145
pF34	Teor de água no solo a uma sucção de 2511.9 cm (pF 3.4)	cm ³ cm ⁻³	Placa de pressão (Dane & Hopmans, 2002)	165
pF37	Teor de água no solo a uma sucção de 5011.9 cm (pF 3.7)	cm ³ cm ⁻³	Placa de pressão (Dane & Hopmans, 2002)	203
pF42	Teor de água no solo a uma sucção de 15848.9 cm (pF 4.2)	cm ³ cm ⁻³	Placa de pressão (Dane & Hopmans, 2002)	530
Ksmed	Condutividade hidráulica saturada média medida no laboratório (Ks)	cm d ⁻¹	Carga constante (Solte, 1997)	385
Ksvol	Volume das amostras onde foi determinado Ks	cm ³	-	385

Quadro 7 – Lista de atributos relativos à tabela HIDRODINAMICA

Atributo	Descrição	Unidade	Nº de registos
codigoHd	Chave primária	-	633
ThetaR	Teor de água residual (θ_r) do modelo de M-vG	cm ³ cm ⁻³	530
ThetaS	Teor de água na saturação (θ_s) do modelo de M-vG	cm ³ cm ⁻³	530
alfa	Parâmetro de forma (α) do modelo de M-vG	cm ⁻¹	530
n	Parâmetro de forma (η) do modelo de M-vG	-	530
l	Factor de tortuosidade (ℓ) do modelo de M-vG	-	237
Ks	Condutividade hidráulica saturada do modelo de M-vG	cm d ⁻¹	237

II Congresso Nacional de Rega e Drenagem
Fundão 26, 27 e 28 de Junho de 2007

Quadro 8 – Lista de atributos relativos à tabela QUIMICA

Atributo	Descrição	Unidade	Método Analítico	Nº de registos
codigoQ	Chave primária	-	-	633
CO	Carbono orgânico (CO)	%	Walkley-Black (Nelson & Sommers, 1982)	553
MO	Matéria orgânica	%	MO = 1.724 × CO	553
pH	Reacção do solo	-	pH H ₂ O; relação solo/água 1:2.5; potenciometria (Hissink, 1930)	505
CaCO3	Teor de carbonatos totais	%	Calcímetro (Bascomb, 1961)	618
Ntotal	Teor de azoto total	g kg ⁻¹	Kjeldahl (Bremmer & Mulvaney, 1982)	387
NO3	Teor de azoto nítrico (NO ₃ ⁻)	mg kg ⁻¹	Redução de nitratos a nitritos por coluna de cádmio (Hendriksen & Selmer-Olsen, 1970)	66
NH4	Teor de azoto amoniacal (NH ₄ ⁺)	mg kg ⁻¹	Bertholot modificado (Searle, 1984)	66
CN	Razão carbono/azoto (C/N)	-	C/N = Carbono orgânico / Azoto total	341
P	Teor de fósforo	mg kg ⁻¹	Ver atributo 'metodoP'	304
metodoP	Método utilizado na determinação do teor de fósforo	-	Bray I (Dewis & Freitas, 1970) Egnér-Riehm (Riehm, 1958)	304
K	Teor de potássio	mg kg ⁻¹	Ver atributo 'metodoK'	319
metodoK	Método utilizado na determinação do teor de potássio	-	Acetato de Amónio (Dewis & Freitas, 1970) Egnér-Riehm (Riehm, 1958)	319
CE	Condutividade eléctrica	dS m ⁻¹	Electrometria	238
SAR	Razão de adsorção de sódio	(meq L ⁻¹) ^{0.5}	$SAR = \frac{(Na_{solúvel}^+)}{\sqrt{\frac{(Ca_{solúvel}^{++} + Mg_{solúvel}^{++})}{2}}}$	198
PS	Percentagem de saturação	%	Teor de água no solo máximo retido pelo solo em material crivado (Richards, 1954)	189
Ca_ext	Teor de Ca ⁺⁺ extraível	cmol _c kg ⁻¹	Ver atributo 'metodo_Cext_CTC'	189
Mg_ext	Teor de Mg ⁺⁺ extraível	cmol _c kg ⁻¹	Ver atributo 'metodo_Cext_CTC'	189
K_ext	Teor de K ⁺ extraível	cmol _c kg ⁻¹	Ver atributo 'metodo_Cext_CTC'	171
Na_ext	Teor de Na ⁺ extraível	cmol _c kg ⁻¹	Ver atributo 'metodo_Cext_CTC'	189
S_extraiveis	Soma dos catiões extraíveis	cmol _c kg ⁻¹	-	189
Ca_sol	Teor de Ca ⁺⁺ solúvel	cmol _c kg ⁻¹	Extracto de saturação do solo e leitura por espectrofotometria de adsorção atómica (Richards, 1954)	189
Mg_sol	Teor de Mg ⁺⁺ solúvel	cmol _c kg ⁻¹	Extracto de saturação do solo e leitura por espectrofotometria de adsorção atómica (Richards, 1954)	189

II Congresso Nacional de Rega e Drenagem
Fundão 26, 27 e 28 de Junho de 2007

Quadro 8 (continuação) – Lista de atributos relativos à tabela QUIMICA

K_sol	Teor de K ⁺ solúvel	cmol _c kg ⁻¹	Extracto de saturação do solo e leitura por espectrofotometria de adsorção atómica (Richards, 1954)	189
Na_sol	Teor de Na ⁺ solúvel	cmol _c kg ⁻¹	Extracto de saturação do solo e leitura por espectrofotometria de adsorção atómica (Richards, 1954)	189
S_soluveis	Soma dos catiões solúveis	cmol _c kg ⁻¹	-	189
Ca_troca	Teor de Ca ⁺⁺ de troca	cmol _c kg ⁻¹	Diferença entre catião extraível e solúvel; Quando o catião solúvel é praticamente inexistente considerou-se o catião de troca correspondente ao catião extraível	381
Mg_troca	Teor de Mg ⁺⁺ de troca	cmol _c kg ⁻¹	Diferença entre catião extraível e solúvel; Quando o catião solúvel é praticamente inexistente considerou-se o catião de troca correspondente ao catião extraível	381
K_troca	Teor de K ⁺ de troca	cmol _c kg ⁻¹	Diferença entre catião extraível e solúvel; Quando o catião solúvel é praticamente inexistente considerou-se o catião de troca correspondente ao catião extraível	383
Na_troca	Teor de Na ⁺ de troca	cmol _c kg ⁻¹	Diferença entre catião extraível e solúvel; Quando o catião solúvel é praticamente inexistente considerou-se o catião de troca correspondente ao catião extraível	401
S_bases	Soma das bases de troca	cmol _c kg ⁻¹	-	401
CTC	Capacidade de troca catiónica	cmol _c kg ⁻¹	Ver atributo 'metodo_Cext_CTC'	401
metodo_Cext_CTC	Método utilizado na determinação dos catiões extraíveis e da CTC	-	Bascomb (Bascomb, 1964) ou Acetato de Amónio a pH 7.0 (Dewis & Freitas, 1970)	401
V	Grau de saturação	%	$V = \frac{Ca_{troca}^{++} + Mg_{troca}^{++} + K_{troca}^{+} + Na_{troca}^{+}}{CTC}$	401
ESP	Percentagem de sódio de troca	%	$ESP = \frac{Na_{troca}^{+}}{CTC} \times 100$	401
Cl	Teor de cloretos (Cl)	cmol _c kg ⁻¹	Potenciometria (Adriano & Doner, 1982)	153

Considerações finais

Os 224 perfis de solo existentes na actual versão da PROPSOLO dividem-se por 49 Famílias de Solo, segundo a classificação portuguesa (Cardoso, 1974), e por 10 Grupos de Solos de referência, segundo a classificação da FAO (2006).

A PROPSOLO contém actualmente 530 curvas de retenção de água de 224 perfis, e 237 curvas da condutividade hidráulica de 102 perfis georreferenciados, avaliadas em amostras no estado natural, bem como os respectivos parâmetros do modelo de M-vG. Refira-se que a contribuição portuguesa para a HYPRES foi de 54 curvas hidráulicas (104 com as repetições que também foram fornecidas, Wosten *et al.*, 1999) correspondendo apenas aos 20 perfis de solo que na altura possuíam a informação pretendida.

As 63 variáveis escolhidas para formar os atributos das tabelas FISICA, HIDRODINAMICA e QUIMICA conferem uma dimensão razoável à base de dados, sendo os parâmetros mais representados, além das curvas hidráulicas, as texturas, a massa volumica aparente, a matéria orgânica, a reacção do solo, os carbonatos totais e as bases de troca.

A cobertura dada pela PROPSOLO ao território nacional é ainda bastante reduzida, mas será actualizada à medida que novos dados venham a ser determinados. Sugestões e contribuições das universidades e outras instituições serão sempre bem vindas consoante as metodologias empregues sejam próximas das descritas neste trabalho.

Além da versão em MySQL, as tabelas da base de dados estão também disponíveis em formato XLS. A importação para um SIG é possível.

Bibliografia

Adriano, D. C. & Doner, H. E. 1982. Bromine, chlorine and fluorine. In: Page, A.L.; Miler, R. H. & Keeney, D. R. (eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2nd ed. 449-483. Agronomy (9). Am. Soc. Agron., Inc. Madison, Wisconsin, USA.

Agriculture and Agri-Food Canada. 2005. Canadian Soil Information System. Disponível em <http://sis.agr.gc.ca/cansis/> (verificado 12 de Março de 2007). CanSIS, Ottawa, Ontario.

Bascomb, C. L. 1961. A calcimeter for routine use on soil samples. *Chemistry Ind.* 80: 1826-1827.

Bascomb, C. L. 1964. Rapid method for the determination of cation-exchange capacity of calcareous and non-calcareous soils. *J. Sci. Food Agric.* 12: 821-823.

Batjes, N. H. 1996. Development of a world data set of soil water retention properties using pedotransfer rules. *Geoderma* 71: 31-52.

Bremner, J. M. & C. S. Mulvaney. 1982. Total Nitrogen. In: Page, A.L.; Miler, R. H. & Keeney, D. R. (eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological*

Properties. 2nd ed. 595-624. Agronomy (9). Am. Soc. Agron., Inc. Madison, Wisconsin, USA.

Bullock, P.; Jones, R. J. A.; Houšková, B. & Montanarella, L. 2005. Soil Resources of Europe: An overview. In: Jones, R. J. A.; Houšková, B.; Bullock, P. & Montanarella, L. (eds.) Soil Resources of Europe. 2nd edition. European Soil Bureau Research Report No. 9, EUR 20559 EN, 420pp., Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Cardoso, J. C. 1974. A classificação de solos de Portugal. Boletim de Solos do S.R.O.A, 17: 14-46. Lisboa.

Commonwealth Scientific & Industrial Reserach Organization – Land and Water. 2006. Australian Soil Resources Information System. Disponível em <http://www.clw.csiro.au/aclep/ASRIS2004.htm> (verificado 12 de Março de 2007). CSIRO – Land and Water, Glen Osmond, Australia.

Cooper, M.; Mendes, L. M S.; Silva, W. L. C. & Sparovek, G. 2005. A national soil profile database for Brazil available to international scientists. Soil Sci. Soc. Am. J. 69: 649-652.

Dane, J. H. & Hopmans J. W. 2002. Pressure plate extractor. In: Dane, J. H. & Topp G. C. (Eds.) Methods of soil Analysis. Part 4. Physical Methods. 680-683. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI.

Dewis, J. & Freitas, F. 1970. Physical and Chemical methods of soil and water analysis. FAO soil Bulletins, 10, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.

FAO – Land and Plant Nutrition Management Service. 2000. ProSoil – Problem soils database. Disponível em <http://www.fao.org/ag/AGL/agll/prosoil/index.htm> (verificado 12 de Março de 2007). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.

FAO – Land and Water development division. 2003. TERRASTAT – Land resources potential and constraints statistics. Disponível em <http://www.fao.org/ag/agl/agll/terrastat/wsr.asp> (verificado 12 de Março de 2007). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.

FAO – Land and Water development division. 2006. Global soil and terrain database (SOTER). Disponível em <http://www.fao.org/AG/aGL/agll/soter.stm> (verificado 12 de Março de 2007). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.

FAO. 2006. World reference base for soil resources. A framework for international classification, correlation and communication. World Soil Resources Reports 103. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.

Gomes, M. P. & Silva, A. A. 1962. Um novo diagrama triangular para a classificação básica da textura do solo. Garcia da Orta. 10: 171-179.

Hendriksen, A. & Selmer-Olsen, A. R. 1970. Automatic methods for determination of nitrate and nitrite in water and soil extracts. *The Analyst* 95: 514-518.

Henley, S. 2006. The problem of missing data in geoscience databases. *Computers & Geosciences* 32: 1368-1377.

Hissink, D. J. 1930. Report of the committee on soil reaction measurements of the international society of soil science. *Soil Res.* 2: 141-144.

Hollis, J. M.; Jones, R. J. A.; Marshall, C. J.; Holden, A.; Van de Veenm J. R. & Montanarella, L. 2006. SPADE-2: The soil profile analytical database for Europe, version 1.0. European Soil Bureau Research Report No. 19, EUR 221227 EN, 38pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

King, D.; Daroussin, J.; Hollis, J. M.; Jamagne, M.; Jones, R. J. A.; Le Bas, C.; Ngongo, L.; Thomasson, A. J.; Vanmechelen, L. & van Ranst, E. 1994. A geographical knowledge database on soil properties for environmental studies. Final report of EC Contract No. 3392004 Commission of the European Communities (DGXI), 50pp.

Lambert, J. J.; Daroussin, J.; Eimberck, M.; Le Bas, C.; Jamagne, M.; King, D. & Montanarella, L. 2003. Soil Geographical Database for Euroasia & The Mediterranean: Instructions Guide for Elaboration at scale 1:1,000,000. Version 4.0. EUR 20422 EN, 64pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Madsen, H. B. & Jones, R. J. A. 1995. Soil Profile Analytical Database for the European Union. *Danish Journal of Geography* 95: 49-57.

Madsen, H. B. & Jones, R. J. A. 1999. Towards a European Soil Profile Analytical Database. In: Heineke, H. J.; Eckelmann, W.; Thomasson, A. J.; Jones, R. J. A.; Montanarella, L. & Buckley, B. (eds.). *Land Information Systems: Developments for planning the sustainable use of land resources.* EUR 17729 EN, p 43-50, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Nelson, D. W. & Sommers, L. E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In Page, A.L.; Miler, R. H. & Keeney, D. R.. (eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties.* p.539-579. Agronomy monographs N° 9. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI.

Nemes, A.; Schaap, M. G.; Leij, F. J. & Wosten, J.H.M. 2001. Description of the unsaturated soil hydraulic database UNSODA version 2.0. *J. Hydrol.* 251: 151-162.

Richards, L. A. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils.* US Dep. Agric. Handb. 60. Washington, USA.

Riehm, H. 1958. Die ammoniumlaktatessigsäure-Method zur bestimmung der leichtlöslichen phosphorsäure in karbonathaltigen boden. *Agrochimica*, 3: 49-65.

Searle, P. L. 1984. The Berthlot or Indophenol reaction and its use in the analysis chemistry for nitrogen. *The Analyst* 109: 549-565.

Silva, A. A.; Alvim, A. J. S. & Santos, M. J. 1975. Métodos de análise de solos, plantas e água. *Pedologia* 10 (3)., Oeiras.

Stakman, W. P. 1974. Measuring soil moisture. In: *Drainage Principles and Applications*. Int. Inst. Ld. Reclam., 16 (3): 221-251, Wageningen.

Stolte, J. 1997. Determination of the saturated hydraulic conductivity using the constant head method. In J. Stolte (ed.). *Manual for soil physical measurements*. Technical document 37, DLO Winand Staring Centre, Wageningen.

van Genuchten, M. Th. 1980. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 892-898.

van Ranst, E.; Thomasson, A. J.; Daroussin, J.; Hollis, J. M.; Jones, R. J. A.; Jamagne, M.; King, D. & Vanmechelen, L. 1995. Elaboration of an extended knowledge database for interpret the 1:1,000,000 EU Soil Map for environmental purposes. In: King, D.; Jones, R. J. A. & Thomasson, A. J. (eds.). *European Land Information Systems for Agro-environmental Monitoring*. EUR 16232 EN, p 71-84, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

USDA – National Resources Conservation Service. 2007. Online soil surveys. Disponível em <http://soils.usda.gov/> (verificado 12 de Março de 2007). USDA-NRCS, Washington, DC.

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: 169-185.