



Instituto Nacional de
Investigação Agrária e
Veterinária, I.P.

Mestrado de Química da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Química Analítica Ambiental “Monitorização de qualidade ambiental de solos”

Filipe Miguel Pedra

Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P.
*Unidade Estratégica de Investigação e Serviços de Sistemas Agrários e Florestais e
Sanidade Vegetal*
Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (LQARS)
Tapada da Ajuda, 1300-596 Lisboa, Portugal



REPÚBLICA
PORTUGUESA

AGRICULTURA, FLORESTAS
E DESENVOLVIMENTO RURAL

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 13 dezembro 2019

Solo: Definição



Solo: Camada superficial da crosta terrestre, interface entre a geosfera, a atmosfera e a hidrosfera.

ISO 11074-1 “Soil quality — Vocabulary”: O solo é constituído por partículas minerais, matéria orgânica, água, ar e organismos vivos, ou seja, por três fases: sólida, líquida e gasosa.

O solo é o resultado de interações complexas, ao longo do tempo, entre o material originário, o clima, o relevo e os organismos.

É um recurso essencialmente não renovável à escala humana, que desempenha um sem número de funções-chave ambientais, económicas, sociais e culturais, essenciais para a vida.

Solo: Funções



1 - Produção alimentar e de outra biomassa

A produção de alimentos, bem como de outros produtos agrícolas essenciais para a sobrevivência humana, e a silvicultura estão totalmente dependentes do solo.

Quase toda a vegetação, incluindo as pastagens, as culturas arvenses e as árvores, necessita do solo para obter água e nutrientes e para fixar as suas raízes.

2 - Armazenagem, filtragem e transformação

O solo armazena e transforma parcialmente os minerais, a matéria orgânica, a água e a energia, bem como diversas substâncias químicas.

Funciona como um filtro natural para as águas subterrâneas, a principal fonte de água para consumo humano e liberta CO₂, metano e outros gases para a atmosfera.

Solo: Funções



3 - Habitat e banco de genes

O solo é o habitat de uma enorme quantidade e variedade de organismos que vivem no interior do solo e à sua superfície, todos eles com padrões genéticos únicos.

4 - Ambiente físico e cultural para a humanidade

O solo serve de plataforma para as atividades humanas e também é um elemento da paisagem e do património cultural.

5 - Fonte de matérias-primas

Os solos fornecem matérias-primas como a argila, as areias, os minerais e a turfa.

Convenções das Nações Unidas Problemática ambiental



1 - Convenção sobre diversidade biológica (20 de maio de 1992)

A redução da biodiversidade a nível internacional, a interdependência e as relações transfronteiriças estabelecidas entre diferentes espécies e ecossistemas motivaram a adoção da Convenção sobre Diversidade Biológica.

2 - Convenção sobre Alterações Climáticas (13 de Junho de 1992)

O objetivo final desta Convenção foi o de conseguir a estabilização das concentrações na atmosfera de gases de efeito de estufa a um nível que evite uma interferência antropogénica perigosa com o sistema climático.

Convenções das Nações Unidas Problemática ambiental



Instrumentos que o desenvolvem:

- a) Protocolo de Quioto à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas, de 11 de Dezembro de 1997 (aprovado pelo Decreto n.º 7/2002, de 25 de Março);
- b) Acordo de Paris, de 12 de dezembro de 2015 (aprovado pela Resolução da Assembleia da República n.º 197-A/2016, DR I, n.º 189, 1.º suplemento, de 30/09/2016).

Convenções das Nações Unidas Problemática ambiental



3 - Convenção do combate à desertificação (17 de junho de 1994)

Tem como compromisso em estabelecer padrões de trabalho e metas internacionais convergentes em ações coordenadas na busca de soluções qualitativas que minimizem a degradação da terra, nas zonas áridas, semiáridas e sub-húmidas secas, em resultado da influência de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas.

Estratégia Europeia: Proteção do solo



A importância da proteção do solo é reconhecida tanto a nível internacional como na União Europeia.

Comissão Europeia em 2006 estabeleceu uma base comum para o desenvolvimento de políticas e de legislação que defendam o solo da degradação e que promovam a sua recuperação.



Estratégia Europeia: Proteção do solo



Principais ameaças:

- 1 - Erosão;
- 2 - Perda de matéria orgânica,
- 3 - Compactação;
- 4 - Salinização;
- 5 - Deslizamento de terras;
- 6 - Diminuição da biodiversidade;
- 7 - Contaminação;
- 8 - Impermeabilização.

As ameaças descritas anteriormente são complexas e, embora desigualmente distribuídas pelas várias regiões da UE, assumem uma dimensão continental.

Estratégia Europeia: Proteção do solo



Figura 1. Pressões identificadas pela European Environment Agency

Estratégia Europeia: Proteção do solo

Pilares da estratégia



Relatório da Comissão ao Parlamento Europeu (2012) **Aplicação da estratégia temática relativa ao solo**

1 – Pilares da estratégia:

a) Sensibilização

A Comissão organizou diversos eventos públicos dedicados ao solo, incluindo grandes conferências sobre solos, alterações climáticas e biodiversidade, contribuições para encontros relacionados com a Convenção sobre a Diversidade Biológica e várias palestras durante a Semana Verde. Foram, além disso, publicados folhetos e brochuras em diversas línguas da UE.

A Comissão publicou também alguns atlas dos solos, incluindo o Atlas dos Solos da Europa e o Atlas Europeu da Biodiversidade dos Solos.

Estratégia Europeia: Proteção do solo

Pilares da estratégia



b) Investigação

Desde a adoção da estratégia, foram financiados ao abrigo do 7.º Programa-Quadro de Investigação cerca de 25 projetos de investigação com o objetivo específico de tratar questões relativas aos solos e ajudar a completar a base de conhecimentos necessária para agir.

c) Integração

A utilização sustentável do solo constitui um objetivo para o qual contribuem, de modo essencial, diferentes políticas da União. Desde a adoção da estratégia, a Comissão prosseguiu os seus trabalhos sobre integração do solo, por exemplo no contexto da Política Agrícola Comum (PAC), Política de coesão e Auxílios estatais à recuperação de solos contaminados.

Estratégia Europeia: Proteção do solo

Pilares da estratégia



d) Legislação

Perante a necessidade de abordar a questão da produtividade do solo, os riscos para a saúde humana e o ambiente e possibilitar a atenuação das alterações climáticas e adaptação às mesmas e, também, para estimular as oportunidades empresariais de reabilitação dos solos, a Comissão propôs, em 2006, uma diretiva-quadro sobre o solo, que trata a natureza transfronteiriça da degradação do solo COM(2006)32.

No Conselho «Ambiente» de Março de 2010, uma minoria de Estados-Membros bloqueou o seu avanço, invocando razões de subsidiariedade, custos excessivos e encargos administrativos.

Estratégia Europeia: Proteção do solo

Estado de arte



2 – Estado de arte:

Cobertura do solo na Europa

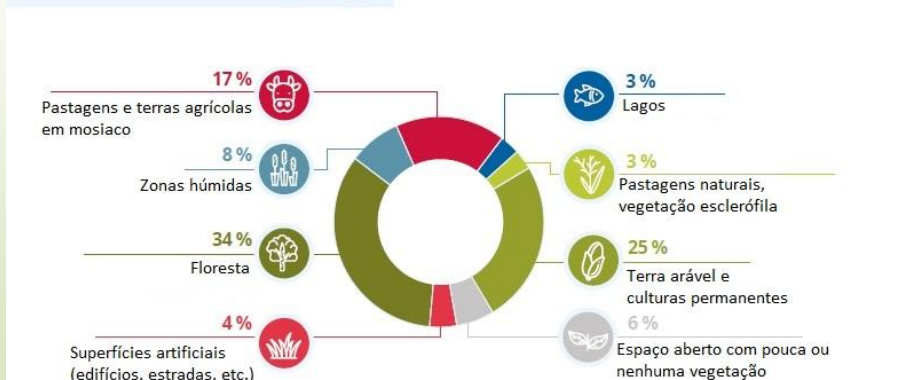


Figura 3. Cobertura do solo na Europa

Estratégia Europeia: Proteção do solo

Estado de arte



- O relatório sobre o estado do ambiente da Agência Europeia do Ambiente demonstra que a degradação dos solos está a aumentar;
- Entre 1990 e 2000, perderam-se por dia na UE pelo menos 275 hectares de solos, o que corresponde a uma superfície de 1000 km² por ano;
- As cidades e as infra-estruturas continuam a se expandir e a área total utilizada para a agricultura diminui;
- Entre 1990 e 2006, 19 Estados-Membros perderam uma capacidade potencial de produção agrícola equivalente a um total de 6,1 milhões de toneladas de trigo, sendo essa perda muito variável em função das regiões;

Estratégia Europeia: Proteção do solo

Estado de arte

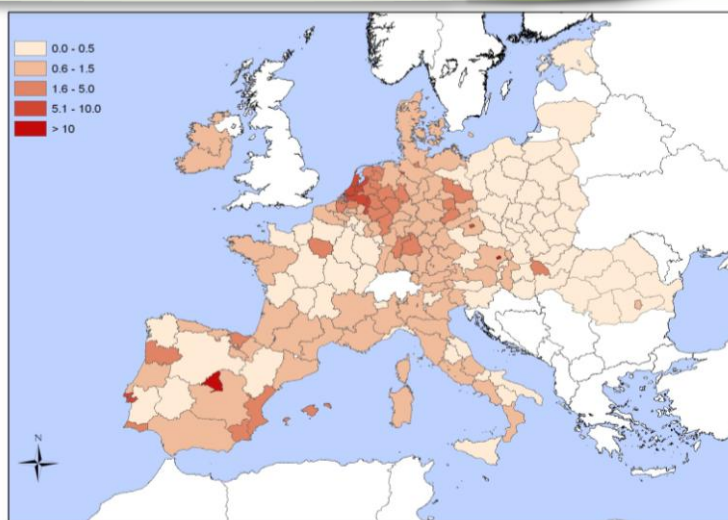


Figura 4. Perdas potenciais de produção de trigo (%) em 19 países da UE (1990-2006)

Estratégia Europeia: Proteção do solo

Estado de arte



- Um modelo de **erosão hídrica do solo** construído pelo Centro Comum de Investigação (CCI) da Comissão estimou em 1,3 milhões de km² a superfície afetada na UE-27;
- A erosão não é apenas um problema grave para as funções do solo, tendo também impacto na qualidade da água doce, pois transfere nutrientes e pesticidas para as massas de água;
- A erosão dos solos é especialmente intensiva nas zonas afetadas por incêndios florestais, tendo sido estimada em 500 000 ha/ano pelo Sistema de Informação sobre Incêndios Florestais na Europa;

Estratégia Europeia: Proteção do solo

Estado de arte

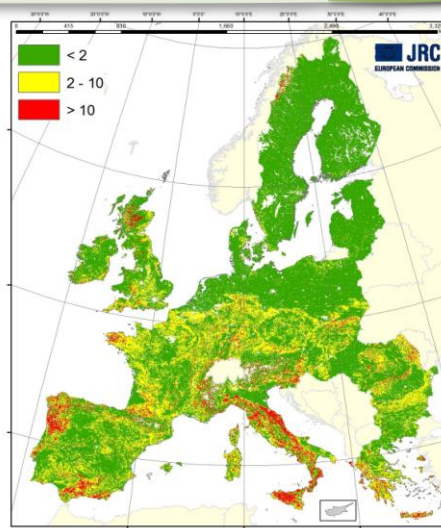


Figura 5. Erosão hídrica dos solos na UE (t/ha/ano)

Estratégia Europeia: Proteção do solo

Estado de arte



- A **desertificação**, enquanto forma extrema de degradação do solo, provoca uma grave perturbação de todas as funções deste. Embora não exista ainda a nível europeu uma avaliação cientificamente consistente, um fator que contribui para a desertificação é a diminuição da capacidade produtiva;
- Embora em certas zonas da Europa existam solos naturalmente salinos, a água de irrigação – mesmo a de alta qualidade – contém minerais e sais que se acumulam gradualmente no solo, provocando a **salinização**.
A expansão contínua da irrigação acelera a salinização, afetando consequentemente a produtividade do solo;

Estratégia Europeia: Proteção do solo

Estado de arte



- As deposições de poluentes atmosféricos acidificantes (por exemplo, amoníaco, dióxido de enxofre e óxidos de azoto) contribuem para a **acidificação do solo**, o que baixa o seu pH, alterando portanto os ecossistemas dos solos, mobilizando metais pesados e reduzindo os rendimentos das culturas;
- Ainda que os modelos das deposições atmosféricas prevejam uma melhoria importante no período 1990-2010, pelo menos um quarto das amostras medidas numa avaliação recente das parcelas de acompanhamento florestal mostra que os limites críticos para as substâncias acidificantes foram substancialmente excedidos;

Estratégia Europeia: Proteção do solo

Estado de arte



- A **biodiversidade do solo** é fonte de numerosos serviços essenciais, incluindo a libertação de nutrientes sob formas que podem ser utilizadas pelas plantas e outros organismos, a purificação da água através da remoção de contaminantes e agentes patogénicos e a contribuição para a composição da atmosfera através da participação no ciclo do carbono;
- Constitui também uma fonte importante de recursos genéticos e químicos (por exemplo, antibióticos);

Estratégia Europeia: Proteção do solo

Estado de arte

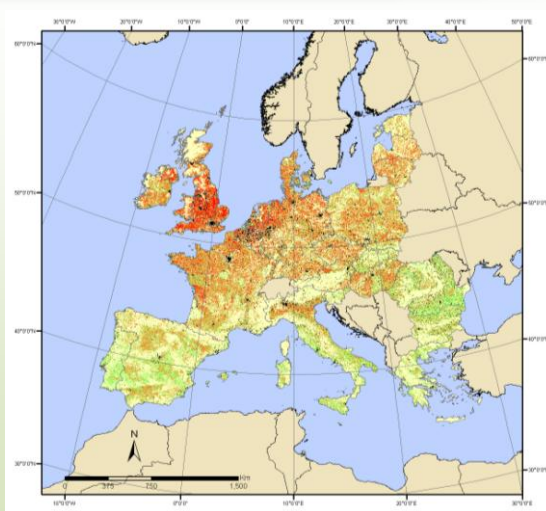


Figura 6. Nível das ameaças potenciais à biodiversidade do solo

Estratégia Europeia: Proteção do solo

Estado de arte



- Os **desabamentos de terras** constituem uma séria ameaça nas zonas montanhosas e acidentadas em toda a Europa (sendo o abandono das terras um fator agravante), com consequências frequentemente graves para a população, a propriedade e as infraestruturas;
- Estão atualmente registados nas bases de dados nacionais mais de 630 000 desabamentos de terras.

Estratégia Europeia: Proteção do solo

Estado de arte

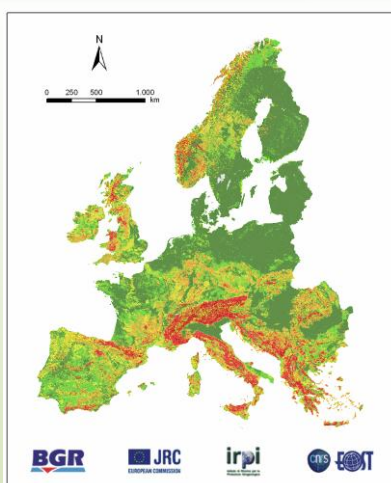


Figura 7. Suscetibilidade aos desabamentos de terras na UE e países vizinhos (mapa preliminar)

Estratégia Europeia: Proteção do solo

Estado de arte



- É difícil quantificar em toda a sua extensão a **contaminação do solo** a nível local, dado que a grande maioria dos Estados-Membros não dispõe de inventários completos, embora este aspeto seja coberto pela proposta de diretiva-quadro sobre o solo;
- Em 2006, a Agência Europeia do Ambiente estimou existirem na UE três milhões de sítios potencialmente contaminados, no total, dos quais 250 000 se encontravam efetivamente contaminados;
- A reabilitação progride, embora com amplas variações entre Estados-Membros, o que reflete a existência ou a inexistência de legislação nacional.

Estratégia Europeia: Proteção do solo

Desafios atuais e futuros



3 – Desafios atuais e futuros:

Tanto na UE como a nível mundial, a degradação dos solos aumentou na última década. Esta tendência deverá prosseguir se não forem tratadas diversas questões:

- **Uso do solo.** O crescimento da população mundial, o aumento do consumo de carne e produtos lácteos nas economias emergentes e a utilização crescente de biomassa para produção de energia e outros fins industriais conduzirão, a nível mundial, a um aumento do uso do solo e da sua degradação potencial. Ao mesmo tempo, esta tendência será exacerbada por fenómenos meteorológicos ligados às alterações climáticas, pela desertificação e pelo uso de terras para urbanização e infraestruturas.

Estratégia Europeia: Proteção do solo

Desafios atuais e futuros



A UE ficará pois, no futuro, ainda mais dependente dos seus recursos finitos em terras – que incluem alguns dos solos mais férteis do mundo – e da sua utilização sustentável.

- **Conservação da matéria orgânica do solo.** Os solos da UE contêm mais de 70 mil milhões de toneladas de carbono orgânico, o que praticamente equivale às nossas emissões anuais de gases com efeito de estufa, multiplicadas por cinquenta. No entanto, a produção agrícola intensiva e contínua pode levar a um declínio da matéria orgânica do solo.

Estratégia Europeia: Proteção do solo

Desafios atuais e futuros



Em 2009, as superfícies cultivadas na Europa emitiram, em média, 0,45 toneladas de CO₂ por hectare (grande parte das quais resultaram da conversão de terras).

No entanto, com medidas de gestão adequadas, a matéria orgânica do solo pode ser conservada e mesmo aumentada.

A manutenção das reservas de carbono é, pois, essencial para o cumprimento dos compromissos presentes e futuros da UE em matéria de redução das emissões.

Estratégia Europeia: Proteção do solo

Desafios atuais e futuros



- **Utilização mais eficiente dos recursos.** A agricultura está muito dependente da fertilidade dos solos e da disponibilidade de nutrientes. A título de exemplo, nos últimos 30 anos foram utilizados anualmente para esse fim 20 a 30 milhões de toneladas de fósforo, maioritariamente provenientes do exterior da UE.

Os fertilizantes fosfatados utilizados na UE contêm impurezas de cádmio que se acumulam no solo.

Ao mesmo tempo, são produzidas anualmente grandes quantidades de estrume, biorresíduos e lamas de depuração, que são por vezes eliminadas não obstante conterem nutrientes e matéria orgânica.

Diretrizes Voluntárias para a Gestão Sustentável dos Solos



Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO):

Diretrizes Voluntárias para a Gestão Sustentável dos Solos (2019)

“A gestão dos solos é sustentável quando se mantêm ou melhoram os serviços de suporte, de aprovisionamento, de regulação e culturais que os solos proporcionam, sem comprometer significativamente as funções do solo que tornam possíveis esses mesmos serviços ou a biodiversidade.

É de particular preocupação assegurar a compatibilização entre os serviços de suporte e de aprovisionamento para a produção vegetal e os serviços de regulação que os solos asseguram quanto à qualidade da água, às disponibilidades hídricas e à concentração de gases com efeito de estufa na atmosfera”.

Diretrizes Voluntárias para a Gestão Sustentável dos Solos



- 1 - Minimizar a erosão dos solos
- 2 - Aumentar o teor de matéria orgânica no solo
- 3 - Favorecer o equilíbrio e o ciclo de nutrientes no solo
- 4 - Prevenir, minimizar e mitigar a salinização e alcalinização do solo
- 5 - Prevenir e minimizar a contaminação dos solos
- 6 - Evitar e minimizar a acidificação do solo
- 7 - Preservar e reforçar a biodiversidade do solo

Diretrizes Voluntárias para a Gestão Sustentável dos Solos



- 8 - Minimizar a impermeabilização do solo
- 9 - Evitar e reduzir a compactação do solo
- 10 - Melhorar a gestão da água no solo



Portugal: Estado de arte e suas políticas

Em Portugal, as ameaças mais comuns para o solo que estão diretamente relacionadas com o âmbito deste trabalho, **são a erosão, a perda de matéria orgânica no solo e respetiva biodiversidade.** Estas ocorrem em grande parte devido a condicionalismos climáticos e práticas agrícolas incorretas.

A contaminação dos solos através da indústria mineira também é considerada como uma ameaça para os solos em Portugal.



Portugal: Estado de arte e suas políticas

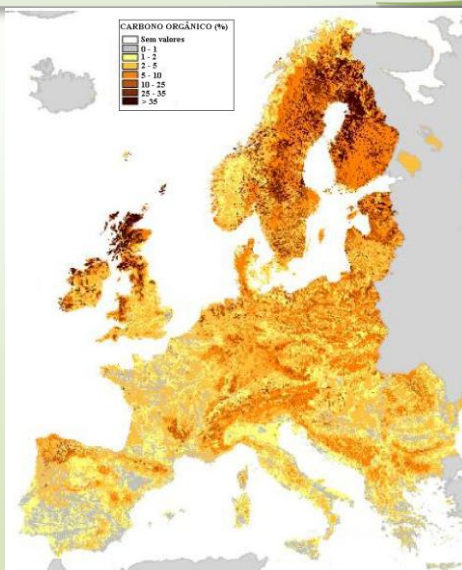


Figura 9. Teores em carbono orgânico nos solos superficiais da Europa

Portugal: Estado de arte e suas políticas



- 57,1 % dos solos em Portugal contêm teores muito baixos e baixos em C orgânico (≤ 2 %), contra os 42,5 % dos solos que apresentam teores médios e altos (> 2 %).
- Devido a este facto, considera-se que cerca de **60 % dos solos de Portugal têm um risco moderado de sofrerem erosão.**





Legislação Portuguesa e outros documentos

Decreto-Lei n.º 183/2009

O regime jurídico da deposição de resíduos em aterro, e os requisitos gerais a observar na concepção, construção, exploração, encerramento e pós encerramento de aterros, incluindo as características técnicas específicas para cada classe de aterros.



Decreto-Lei n.º 256/2009

Estabelece os princípios e orientações para a prática da proteção integrada e produção integrada, bem como o regime das normas técnicas aplicáveis à proteção integrada, produção integrada e modo de produção biológico, e cria, igualmente, um regime de reconhecimento de técnicos em proteção integrada, produção integrada e modo de produção biológico, no âmbito da produção agrícola primária, e revoga o Decreto-Lei n.º 180/1995 de 26 de julho.

Portugal: Estado de arte e suas políticas



Decreto-Lei n.º 276/2009

Estabelece o regime de utilização de lamas de depuração em solos agrícolas, de forma a evitar efeitos nocivos para o homem, para a água, para os solos, para a vegetação e para os animais, promovendo a sua correta utilização, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 86/278/CEE (EUR-Lex), do Conselho, de 12 de Junho. Diário da República nº 192, Série I, 2 de Outubro, pp. 7154-7165.

Portugal: Estado de arte e suas políticas



Portaria n.º 631/2009

Estabelece as normas regulamentares a que obedece a gestão dos efluentes das atividades pecuárias e as normas técnicas a observar no âmbito do licenciamento das atividades de valorização agrícola ou de transformação dos efluentes pecuários, tendo em vista promover as condições adequadas de produção, recolha, armazenamento, transporte, valorização, transformação, tratamento e destino final.

Portugal: Estado de arte e suas políticas



Decreto-Lei n.º 103/2015

Estabelece as regras a que deve obedecer a colocação no mercado de matérias fertilizantes, assegurando a execução na ordem jurídica interna das obrigações decorrentes do Regulamento (CE) n.º 2003/2003, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de outubro de 2003, relativo aos adubos. Diário da República n.º 114, Série I, 15 de junho, pp. 3756–3788.

Portugal: Estado de arte e suas políticas



Decreto-Lei n.º 119/2019

Estabelece o regime jurídico de produção de água para reutilização, obtida a partir do tratamento de águas residuais, bem como da sua utilização, por forma a promover a sua correta utilização e a evitar efeitos nocivos para a saúde e para o ambiente.



Portugal: Estado de arte e suas políticas



Despacho n.º 1230/2018 - Código de Boas Práticas Agrícolas

O documento que estabelece as orientações e diretrizes para a gestão do azoto e de outros elementos minerais nos ecossistemas agrícolas, na perspetiva de otimizar o seu uso e a proteção da água.

O Código de Boas Práticas Agrícolas é de uso obrigatório nas Zonas Vulneráveis à poluição com nitratos e de uso voluntário por todos os agricultores.

Manual de Fertilização das Culturas (INIAV, 2008)

A promoção do uso racional dos fertilizantes na salvaguarda da qualidade dos recursos naturais, designadamente do solo e da água.

Normas de colheita de amostras



- Colheita de amostras não perturbadas de solo (estado natural) (2016);
- Colheita de amostras de terra em parcelas com culturas arbóreas ou arbustivas (2013);
- Colheita de amostras de terra antes da instalação das culturas (ar livre) (2013);
- Colheita de amostras de terra em culturas protegidas (2013).

Métodos de ensaio: Validação



Definições

Método Normalizado - Método de ensaio que segue o indicado numa norma ou documento normativo equivalente, elaborado por um organismo de normalização ou por um organismo sectorial integrando representantes do sector técnico.

Método interno - Método desenvolvido e elaborado no laboratório, com base em bibliografia regulamentar ou técnica e científica válida ou ainda baseado na experiência comprovada do laboratório.

Validação - Confirmação, através de exame e apresentação de evidência objetiva, de que os requisitos específicos relativos a uma dada utilização são cumpridos.

Métodos de ensaio : Validação



Verificação - Caso de métodos normalizados, substanciando-se na evidência de registos que demonstrem a implementação do método em cumprimento com as características de desempenho do mesmo e a sua adequabilidade à utilização específica pretendida.

Precisão - É o grau de concordância entre resultados independentes obtidos analisando repetidamente pelo mesmo método, em condições previamente estabelecidas. A **Repetibilidade** é a precisão quando as condições estabelecidas são as mesmas (por exemplo, duplicados) e a **Reprodutibilidade** ou **Precisão Intermédia** é a precisão quando as condições de ensaio variam (operadores diferentes, equipamentos diferentes, reagentes diferentes, etc.).

Métodos de ensaio : Validação



Exatidão - Concordância entre o valor obtido e o valor convencionalmente aceite como verdadeiro.

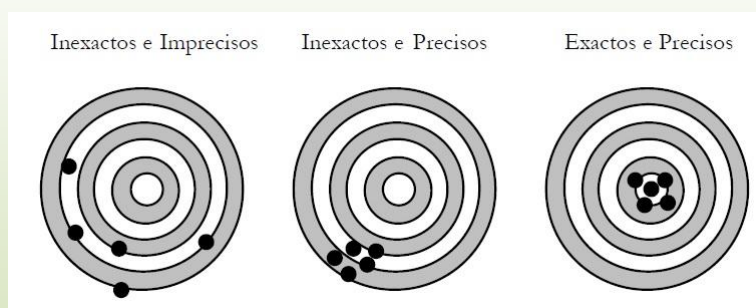


Figura 10. Exatidão e precisão

Métodos de ensaio : Validação



Verificação e Validação dos Métodos

Método Qualitativo:

- Limite de deteção (LOD 50);
- Sensibilidade;
- Especificidade.

Método Quantitativo:

- Limite de deteção (LD);
- Limite de quantificação (LQ);
- Sensibilidade;
- Especificidade;

Métodos de ensaio : Validação



- Gama de trabalho;
- Linearidade;
- Precisão (Repetibilidade e Reprodutibilidade) e/ou precisão intermédia;
- Exatidão (Ensaio de recuperação, análise de MRC e participação em EIL).

Métodos de ensaio : Validação



As Regras básicas na validação de métodos são:

- Dação de todos os passos da análise, considerando que a componente humana é a que mais contribui para a incerteza;
- Validação de todo o intervalo de aplicação (níveis máximo, médio e mínimo da gama de trabalho);
- Validação para todas as matrizes que se pretende analisar.

Métodos de ensaio: Acreditação



Acreditação é o processo pelo qual uma instituição ou órgão competente **atesta a competência técnica de uma empresa** para prestar um serviço ou fornecer um produto. Porém, nas acreditações existe também a avaliação de conformidade de acordo com a ISO 9001 (certificação).

A acreditação correspondeu à necessidade dos Estados delegarem certas tarefas de interesse nacional:

- Controlo oficial de bens alimentares e ambientais;
- Controlo oficial de produtos industriais;
- Rastreabilidade de medições para a indústria e promoção de competitividade.

Métodos de ensaio: Solos



Portaria n.º 631/2009 - Gestão dos efluentes das atividades pecuárias

Métodos de referência para a análise de amostra de terra

Parâmetro	Unidades	Método de referência	
Carbono orgânico (C)	%	ISO 10694:1995	<i>Soil quality — determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis).</i>
			Digestão por via húmida, com determinação por EAM UV/VIS.
Matéria orgânica	%		Calculada multiplicando o teor de carbono orgânico pelo factor 1,724.
pH (H ₂ O)	Unidades de pH		Determinado por potenciometria numa suspensão solo: água (1:2,5 v/v).
Azoto (N) (total)	%	ISO 13878:1998	<i>Soil quality — determination of total nitrogen content by dry combustion (elementary analysis).</i>
Fósforo (P ₂ O ₅) e potássio (K ₂ O) assimiláveis ou extraíveis.	mg/kg		Extracção pelo método de Egner-Riehm modificado. Doseamento por ICP-OES. O P pode ainda ser determinado por EAM UV/VIS e o K por EAA ou FE.
Magnésio (Mg) assimilável ou extraível	mg/kg		Extracção com uma solução de acetato de amónio 1 M a pH 7. Doseamento por EAA.
Ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu) assimiláveis ou extraíveis.	mg/kg		Extracção com uma solução de acetato de amónio, ácido acético e EDTA a pH 4,65 (AAAc-EDTA, solução de Laksanen). Doseamento por EAA.
Boro (B) assimilável ou extraível	mg/kg		Extracção com água fervente. Determinação por ICP-OES ou por EAM UV/VIS.
Cádmio (Cd), crómio (Cr), cobre (Cu), níquel (Ni), chumbo (Pb) e zinco (Zn) (totais).	mg/kg	ISO 11466:1995 (a)	<i>Soil quality — extraction of trace metals soluble in aqua regia.</i>
Mercurio (Hg) (total)	mg/kg	ISO 11466:1995 (a)	Decomposição térmica e amalgama. Doseamento por EAA. <i>Soil quality — extraction of trace metals soluble in aqua regia.</i> Doseamento por EAA com gerador de hidretos.

(a) O limite de quantificação da técnica utilizada para a determinação dos metais pesados deve ser inferior a 20% do valor limite do referido elemento constante no quadro 1 acima.

ICP-OES — espectrofotometria de emissão de plasma com detector óptico.
EAA — espectrofotometria de absorção atómica com chama.
EAM UV/VIS — espectrofotometria de absorção molecular no ultravioleta/visível.
FE — fotometria de emissão de chama.

Métodos de ensaio: Solos



Limitações

QUADRO I

Valores máximos admissíveis para os teores «totais» (*) de metais pesados nos fertilizantes orgânicos (reportados à matéria seca) e quantidades máximas que se podem incorporar anualmente nos solos, bem como valores máximos admissíveis de concentração de microrganismos patogénicos nos fertilizantes (valores reportados à matéria fresca).

Elemento (*)/parâmetro	Valores máximos admissíveis nos fertilizantes orgânicos (miligramas por quilograma de matéria seca).	Valores máximos das quantidades que se podem incorporar por ano nos solos (gramas por hectare e por ano) (**).
Cádmio (<i>Cd</i>)	5	30
Chumbo (<i>Pb</i>)	600	2 250
Cobre (<i>Cu</i>)	500	3 000
Crómio (<i>Cr</i>)	300	3 000
Mercurio (<i>Hg</i>)	5	30
Níquel (<i>Ni</i>)	200	900
Zinco (<i>Zn</i>)	1 500	7 500
<i>Salmonella</i> spp.	Ausente em 25 g de matéria fresca	–
<i>Escherichia coli</i> (NMP/g)	1000 células por grama de matéria fresca	–

(*) Fração solúvel em água-régia.

(**) Estas quantidades dependem das características do fertilizante, bem como do solo em que irá ser aplicado; as quantidades indicadas referem-se a valores médios de metais pesados incorporados ao solo num período de 10 anos de aplicação do fertilizante.

Métodos de ensaio: Solos



Limitações

QUADRO II

Valores máximos admissíveis dos teores «totais» (*) de metais pesados nos solos (reportados à matéria seca) em que se pretenda aplicar o fertilizante orgânico

Elemento	Valores máximos admissíveis no solo (miligramas por quilograma)		
	$5 \leq pH < 6$	$6 \leq pH < 7$	$pH \geq 7$
Cádmio (<i>Cd</i>)	0,5	1	1,5
Chumbo (<i>Pb</i>)	50	70	100
Cobre (<i>Cu</i>)	20	50	100
Crómio (<i>Cr</i>)	30	60	100
Mercurio (<i>Hg</i>)	0,1	0,5	1
Níquel (<i>Ni</i>)	15	50	70
Zinco (<i>Zn</i>)	60	150	200

(*) Fração solúvel em água-régia.

Métodos de ensaio: Solos



Decreto-Lei n.º 276/2009 - Gestão das lamas de depuração

Normas de referência para a análise dos solos

Parâmetros	Unidades	Normas de referência	
		Título	Referência
Amostragem		Qualidade do solo — amostragem — parte 1 do guia sobre programas de amostragem.	ISO/DIS 10381-1
Textura do solo	%	Qualidade do solo — amostragem — parte 4 do guia sobre programas de amostragem.	ISO/DIS 10381-4
Matéria orgânica	%	Qualidade do solo — determinação da granulometria na fracção mineral do solo — método de crivagem e sedimentação.	ISO 11277
pH		Qualidade do solo — determinação do carbono orgânico e do carbono total após combustão seca (análise elementar).	ISO 10694
Metais pesados	mg/kg de matéria seca	Qualidade do solo — determinação do pH	ISO 10390
Azoto	% (Mot) mg/kg de matéria seca (N nítrico e amoniacal)	Qualidade do solo — extracção dos elementos vestigiais por água-regia.	ISO 11466
Fósforo	mg/kg de matéria seca	Qualidade do solo — determinação do azoto nítrico, azoto amoniacal, do azoto solúvel total na amostra seca usando cloreto de cálcio como agente de extracção.	ISO 14255
		Qualidade do solo — determinação do fósforo — determinação por espectrofotometria do fósforo solúvel em solução de hidrogeno carbonato de sódio.	ISO 11263

Métodos de ensaio: Solos



Limitações

QUADRO N.º 1

Valores limite de concentração de metais pesados nos solos em função do seu pH

Parâmetro	$pH \leq 5,5$	$5,5 < pH \leq 7$	$pH > 7$ (*)
	mg/kg de matéria seca		
Cádmio	1	3	4
Cobre	50	100	200
Níquel	30	75	110
Chumbo	50	300	450
Zinco	150	300	450
Mercúrio	1	1,5	2
Crómio	50	200	300

(*) Aplicável a solos onde se efectuem culturas com fins comerciais e destinadas unicamente ao consumo animal.

Métodos de ensaio: Solos



QUADRO N.º 2

Valores limite de concentração de metais pesados nas lamas destinadas à aplicação no solo agrícola

Parâmetro	Valores limite (mg/kg de matéria seca)
Cádmio	20
Cobre	1 000
Níquel	300
Chumbo	750
Zinco	2 500
Mercurio	16
Crómio	1 000

Métodos de ensaio: Solos



QUADRO N.º 3

Valores limite para as quantidades anuais de metais pesados que podem ser introduzidas nos solos cultivados, com base numa média de 10 anos

Parâmetro	Valores limite (kg/ha/ano)
Cádmio	0,15
Cobre	12
Níquel	3
Chumbo	15
Zinco	30
Mercurio	0,1
Crómio	4,5

Métodos de ensaio: Solos



QUADRO N.º 4

**Valores limite de concentração de compostos orgânicos
nas lamas destinadas à agricultura
(aplicável nos casos previstos no n.º 1.1.5 do anexo II)**

Compostos orgânicos	Valores limite (matéria seca)
LAS (alquilo benzenossulfonatos lineares)	5 000 mg/kg
NPE (nonilfenóis e nonilfenóis etoxilados)	450 mg/kg
PAH (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos)	6 mg/kg
PCB (compostos bifenilos policlorados)	0,8 mg/kg
PCDD (policlorodibenzodioxinas).....	100 ng TEQ/kg
PCDF (furanos)	

Métodos de ensaio: Solos



QUADRO N.º 5

**Valores limite de microrganismos nas lamas
destinadas à agricultura**

Microrganismos	Valores limite
<i>Escherichia coli</i>	< 1 000 células/g de matéria fresca.
<i>Salmonella</i> spp.	Ausente em 50 g de material original.

Métodos de ensaio: Solos

Decreto-Lei n.º 103/2015 – Matérias fertilizantesLimitações**Quadro n.º 1 — Valores máximos admissíveis de microrganismos patogénicos, de sementes e de propágulos de infestantes**

Microrganismos patogénicos	Valores máximos admissíveis
<i>Salmonella</i> spp.	Ausente em 25 g de matéria fertilizante produzida.
<i>Escherichia coli</i>	< 1000 células/g de matéria fertilizante produzida.
Sementes e propágulos de infestantes.	3 unidades ativas/Litro.

Métodos de ensaio: Solos

**Quadro n.º 2 — Valores máximos admissíveis para os teores «totais» de metais pesados na matéria fertilizante com componentes orgânicos, por classe (miligramas por quilograma de matéria seca).**

Parâmetro	Matéria fertilizante			
	Classe I	Classe II	Classe II A	Classe III
Cádmio (<i>Cd</i>).	0,7	1,5	3	5,0
Chumbo (<i>Pb</i>)	100	150	300	500
Cobre (<i>Cu</i>)	100	200	400	600
Crómio (<i>Cr</i>)	100	150	300	400
Mercúrio (<i>Hg</i>)	0,7	1,5	3	5,0
Níquel (<i>Ni</i>)	50	100	200	200
Zinco (<i>Zn</i>)	200	500	1000	1500

Métodos de ensaio: Solos



Quadro n.º 3 — Quantidades máximas de metais pesados que se podem incorporar anualmente nos solos

Parâmetro	Valor máximo das quantidades que se podem incorporar por ano nos solos (gramas por hectare e por ano) *
Cádmio (<i>Cd</i>)	30
Chumbo (<i>Pb</i>)	2250
Cobre (<i>Cu</i>)	3000
Crómio (<i>Cr</i>)	3000
Mercúrio (<i>Hg</i>)	30
Níquel (<i>Ni</i>)	900
Zinco (<i>Zn</i>)	7500

* Estas quantidades dependem das características da matéria fertilizante, bem como do solo em que irá ser aplicada; as quantidades indicadas referem-se a valores médios de metais pesados incorporados ao solo num período de 10 anos de aplicação.

Métodos de ensaio: Solos



Quadro n.º 4 — Valores máximos admissíveis para os teores «totais» de materiais inertes antropogénicos*, pedras de granulometria superior a 5 mm (valores reportados à matéria seca), na matéria fertilizante com componentes orgânicos RU.

Parâmetro	Matéria fertilizante			
	Classe I	Classe II	Classe II A	Classe III
Materiais inertes antropogénicos (%)*	0,5	1,0	2,0	3,0
Pedras > 5 mm (%)	5,0	5,0	5,0	-

* Incluem vidro, metais e plásticos, cujas partículas apresentem uma granulometria superior a 2 mm.

Métodos de ensaio: Solos



Quadro n.º 5 — Valores máximos admissíveis dos teores de compostos orgânicos, dioxinas e furanos, nas situações descritas no presente ponto, para todas as classes de matérias fertilizantes.

Compostos orgânicos	Valores máximos admissíveis (mg/kg ms)*
AOX (compostos organo-halogenados adsorvíveis ou haletos orgânicos adsorvíveis)	500
LAS (alquilo benzenossulfonatos lineares)	2 600
DEHP (di (2-etilhexil) ftalato)	100
NPE (nonilfenóis e nonilfenóis etoxilados)	50
PAH (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos)	6
PCB (Compostos bifenilos policlorados)	0,8
Dioxinas e furanos	Valores máximos admissíveis (ng TE/kg ms)**
PCDD (policlorodibenzodioxinas)	
PCDF (furanos)	
	100

* mg/kg ms — miligrama/quilo de matéria seca.
 ** ng TE/kg ms — nanogramas de toxicidade equivalente/quilo de matéria seca.

Métodos de ensaio: Solos



Quadro n.º 6 — Categorias de matéria fertilizante em função do grau de maturação

Temperaturas atingidas no teste de autoaquecimento em vasos de Dewar (T°C)	Grau de maturação	Categoria da matéria fertilizante
T < 40	IV e V	Maturada.
40 < T < 50	III	Semimaturada.
T > 50	I e II	Fresca.

Métodos de ensaio: Solos



Quadro n.º 7 — Utilização da matéria fertilizante de acordo com a classe

Classe de matéria fertilizante	Utilização
Classes I e II	Agricultura.
Classe IIA.	Culturas agrícolas arbóreas e arbustivas nomeadamente pomares, olivais e vinhas. Espécies silvícolas.
Classe III	Solo onde não se pretenda implantar culturas destinadas à alimentação humana e animal: Cobertura final de aterros e lixeiras, pedreiras e minas, tendo em vista a restauração da paisagem; Cobertura de valas e taludes, no caso da construção de estradas (integração paisagística); Fertilização de solos destinados à silvicultura (espécies cujo fruto não se utilize na alimentação humana ou animal); Culturas bioenergéticas; Jardinagem; produção florícola (excluem-se as culturas edíveis); Campos de futebol e de golfe.

Métodos de ensaio: Solos



Quadro n.º 8 — Valores máximos admissíveis dos teores «totais»* de metais pesados nos solos (reportados à matéria seca) em que se pretenda aplicar a matéria fertilizante

Elemento	Valores máximos admissíveis no solo (miligramas por quilograma)		
	5 ≤ pH < 6	6 ≤ pH < 7	pH ≥ 7
Cádmio (<i>Cd</i>)	0,5	1	1,5
Chumbo (<i>Pb</i>)	50	70	100
Cobre (<i>Cu</i>)	20	50	100
Crómio (<i>Cr</i>)	30	60	100
Mercúrio (<i>Hg</i>)	0,1	0,5	1
Níquel (<i>Ni</i>)	15	50	70
Zinco (<i>Zn</i>)	60	150	200



**Obrigado pela vossa
atenção!**

Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P.
Av. da República, Quinta do Marquês, 2780-157 Oeiras, Portugal
Tel : (+ 351) 21 440 3500 | Fax : (+ 351) 21 440 3666
www.inia.pt