



2015

Ano Internacional dos Solos

A Assembleia Geral das Nações Unidas na sua 68ª Sessão, declarou o dia 5 de Dezembro como Dia Mundial do Solo e 2015 como o Ano Internacional dos Solos.

O solo, a camada superficial da crosta terrestre, é o suporte da paisagem, das actividades humanas e de grande parte da vida na Terra. É constituído por partículas minerais, matéria orgânica, água, ar e organismos vivos, formando um habitat de enorme biodiversidade e um reservatório de nutrientes. Um grama de solo em boas condições pode conter 600 milhões de bactérias de 20 mil espécies diferentes. O solo é um meio vivo e dinâmico que sustenta a vida terrestre e as actividades humanas. Não é um recurso renovável, pois são precisos séculos para se formar 1 cm de camada de solo. Mas um mau uso pode fazê-lo desaparecer em poucos anos. E o solo

está a diminuir e mesmo desaparecer em muitos pontos do globo. As actividades humanas são as principais responsáveis pela degradação do solo. Alguns dos tipos de degradação contribuem para o desaparecimento do solo de forma gradual – erosão, ou rápida - deslizamentos de terras e impermeabilização, enquanto outros deterioram a sua qualidade - perda de matéria orgânica, perda de biodiversidade, salinização, compactação e contaminação. Práticas agrícolas, florestais e industriais inadequadas e a expansão urbana, provocam ou agravam a degradação do solo, com implicações negativas na qualidade da água e do ar, na biodiversidade, nas alterações climáticas, na saúde, na economia e na capacidade das populações produzirem os seus próprios alimentos. É tempo de prestarmos atenção a este suporte de vida a que chamamos "recurso". Aprenda sobre o papel importante do solo e ajude a protegê-lo.

1.

Uma caminhada de dois séculos

ENTRETIDOS com outros temas e outras notícias mil vezes mais “interessantes”, os media deixam para trás a celebração de **2015** como **Ano Internacional dos Solos**, declarado na 68ª Sessão da Assembleia Geral da Nações Unidas, reunida em 2013. São muitos, mesmo entre os responsáveis da administrações, os que andam esquecidos de que estamos cada vez mais dependentes de um recurso fundamental à sobrevivência da humanidade neste nosso “Planeta Azul”. Só os media podem dar voz suficientemente alargada aos avisos dos pedólogos e de outros investigadores focados no conhecimento do solo. Infelizmente ainda são muitas as decisões que utilizam mal, degradam, ou mesmo, destroem este recurso natural a um tempo grandioso e frágil.

Vem de longe o interesse do Homem pelo solo. Desde que se sedentarizou e iniciou o cultivo da terra, que esta película superficial das terras emersas passou a ser para ele um bem a utilizar e defender. Assim, o conhecimento do solo, em especial o ligado ao seu uso agrícola, não parou de crescer. No entanto, foi só no início do século XIX que o estudo deste recurso natural passou a figurar entre as preocupações científicas. Data de 1809 o primeiro livro da obra em quatro volumes, *Grundsätze der rationellen Landwirthschaft*, da autoria do botânico alemão Albrecht Daniel Thaer (1752-1828), considerado um dos fundadores da ciência do solo. Na mesma época, o português Abade Correia da Serra (1750-1823), diplomata e cientista de renome, que colaborou com o Duque de Lafões na fundação da Academia das Ciências de Lisboa, amigo pessoal do Presidente dos Estados Unidos, Thomas Jefferson, trabalhou e publicou neste país, em 1811, *Observations and conjectures on the formation and nature of the soil of Kentucky*. Entretanto, em Portugal já se afirmava a preocupação de classificar “terras ou chãos”, a fim de resolver os problemas relativos ao seu melhor uso. Prova-o o trabalho do luso-descendente, José Bonifácio de Andrada e Silva (1763-1838), *Memórias sobre a necessidade e utilidade do plantio de novos bosques em Portugal, particularmente de pinhais nos areais da Beira-Mar, seu método de sementeira, costeamento e administração*, publicado em 1815.

A primeira abordagem à classificação dos solos teve por base algumas das suas características físicas, como a textura ou a cor, e composicionais, em especial a presença ou ausência de carbonatos e de matéria orgânica. Outras propostas de sistematização neste domínio ficaram testemunhadas em várias classificações desenvolvidas, sobretudo, na Alemanha, ao longo do século XIX, quase todas ligadas à composição litológica do substrato, como é, entre as mais divulgadas, a de Ferdinand Freiherr von Richthofen (1833-1905), *Führer für Forschungsreisende*, publicada em Berlim, em 1866, na qual se distinguem **solos residuais** (rocha desagregada e rocha alterada) e **solos de acumulação** (aluviais, eólicos, glaciários, cinzas vulcânicas, entre outros).

Cerca de duas décadas mais tarde, na Rússia, o geógrafo Vasili Vasilievich Dokutschaiev (1846-1903) defendia a ideia segundo a qual as variações geográficas dos diversos tipos de solo dependiam não só de factores geológicos, mas também de factores climáticos e topográficos e, ainda, da duração do processo pedogenético. Este geógrafo, lembrado por muitos como o “pai da pedologia”, foi o primeiro a considerar o solo como um corpo natural, com um começo e uma história que se pode desvendar, cujas características são previsíveis se se conhecerem os agentes que actuaram ou actuam sobre ele. Dokutschaiev orientou as suas investigações no sentido do conhecimento da origem e evolução do solo, tendo concebido, em 1879, a primeira classificação genética, na qual distinguiu **solos normais**, **solos anormais** e **solos de transição**, com base em correlações que estabeleceu entre esta entidade natural e as condições ambientais e não na simples descrição das suas características (cor, textura, composição, natureza da rocha-mãe) directamente observáveis. Quatro anos depois definiu os tipos de solo **chernozem**, **podzol** e **podzol** e **gley**, desde então, aceites internacionalmente. Tendo sido pioneiro no estudo da distribuição geográfica dos diferentes tipos de solo, abriu o caminho à elaboração dos primeiros mapas de solos.

Outras propostas da escola russa, nomeadamente,

as de Leonid Sibirceff (1898), Konstantin Dimitrievich Glinka (1914) e Sergei Sdemenovich Neustruev (1927), têm em atenção o clima e a vegetação e estão marcadas por uma filosofia naturalista, o que aproximou a pedologia do campo das ciências naturais. Nitidamente inspirada na concepção precursora de Dokutschaiev, a classificação de Sibirceff acentua a ideia da zonalidade dos solos, separando-os em **solos zonais**, **solos azonais** e **solos intrazonais**, numa proposta que estabelece um paralelismo muito vincado entre os solos e os climas das respectivas regiões, ainda em uso nos dias de hoje.

A importância do factor climático continuou a ganhar terreno entre os pedólogos europeus da primeira metade do século XX. No mesmo período assumia particular desenvolvimento a química do solo, quer a da componente mineral, quer a da componente orgânica, bem como as relações existentes entre elas. Entretanto, Konstantin Glinka desenvolvia o conceito de maturidade do solo, ao mesmo tempo que se interessava pelo estudo dos perfis ou horizontes pedológicos definidos por uma sucessão de níveis, mais ou menos diferenciados. A partir de então foram muitas as classificações dos solos propostas por autores russos, alemães, americanos, ingleses e franceses, algumas delas juntando vários tipos de critérios baseados nas muitas vertentes de uma ciência em franco desenvolvimento.

Deve-se ao americano Cutis Fletcher Marbut (1863-1935), geólogo de formação e discípulo de Glinka, a introdução do conceito geológico de solo, que passou a ser entendido como uma *película superficial da crosta emersa, definida como natural, complexa e dinâmica, constituída por elementos minerais e orgânicos, caracterizada por incluir vidas vegetal e animal próprias, sujeita à circulação do ar e da água e que funciona como receptora e redistribuidora da energia solar*.

A proposta de classificação de Marbut, publicada em 1927, definiu dois grandes grupos de solos: os **pedalfers**, ricos em hidróxidos e óxidos de alumínio e ferro, próprios de regimes climáticos quentes e de grande pluviosidade, e os **pedocals**, ricos em

carbonato de cálcio, formados em regimes xéricos, isto é, marcados por alguma *secura*. Estes dois grandes grupos representam solos maduros, que se integram nos solos zonais dos pedólogos russos. Curiosamente, Marbut não considerou os solos incipientes ou pouco evoluídos, menos interessantes em termos de aproveitamento agrícola e que são os que menos se afastam das respectivas rochas-mães.

Pela proximidade e pelo interesse que tiveram entre nós, é justo lembrar o trabalho do botânico espanhol Emilio Huguet del Villar (1871-1953) que, no seu livro *Geobotanica y Suelos de la Peninsula Luso-Iberica* (1937), apresentou, pela primeira vez, uma chave dicotómica para a classificação dos solos. Ainda próximo de nós, francófonos por tradição, os pedólogos franceses Henri Erhart (1898-1982) e Phillipe Duchaufour (1912-2000) são referências a não esquecer: Erhart com o seu tratado em dois volumes, *Pédologie Générale* (1935) e *Pédologie Agricole* (1937), e Duchaufour com *L'évolution des sols. Essai sur la dynamique des profils* (1968) e do *Précis de Pédologie* (1965).

Em Portugal, a então Junta Autónoma das Obras de Hidráulica Agrícola iniciara, em 1927, a elaboração das cartas de solos e de aptidão das terras para a agricultura, nas quais foram utilizados os métodos do russo Glinka e do americano Marbut e, em 1935, Luís Bramão publicava *A classificação dos solos da Campina de Faro sob o ponto de vista da sua aptidão para o regadio*. Pouco tempo depois, este engenheiro agrónomo foi, como bolseiro do Instituto de Alta Cultura, para a Universidade de Cornell, em Ithaca, Nova Iorque, onde obteve o mestrado com o trabalho *Génese, Classificação e Cartografia dos Solos*. Já como investigador da Estação Agronómica Nacional, prestou assistência no Brasil em trabalhos de cartografia, génese e classificação dos solos. Encarregado de organizar e chefiar o Departamento de Solos desta nossa instituição e aí iniciar os trabalhos conducentes à realização da Carta dos Solos de Portugal, Luís Bramão acabou afastado das suas funções por motivos políticos, o que, em 1949, lhe abriu as portas da Pennsylvania State University e do United States Geological Survey, onde trabalhou

na génese, morfologia, classificação e fertilidade dos solos. Foi então contratado pela Food and Agriculture Organization (FAO), das Nações Unidas, para o vasto programa da classificação e cartografia dos solos à escala do planeta.

Na mesma época, Joaquim Vieira Botelho da Costa (1910-1965) concluía o doutoramento pela Universidade de Londres, com a tese *The study of soil moisture relationship by freezing point method with special reference to the wilting coefficient of the soil*. Este que foi ilustre professor do Instituto Superior de Agronomia de Lisboa, apresentou, em 1952, a sua própria classificação dos solos, na obra *Caracterização e Constituição do Solo*, com uma sexta edição, em 1999, pela Fundação Calouste Gulbenkian, na qual valorizou o que de mais significativo havia nas múltiplas propostas em discussão.

Na segunda metade do século XX assistiu-se à valorização das características morfológicas do solo, observáveis directamente no terreno, complementadas por ensaios laboratoriais, progressivamente mais sofisticados. Nesta linha, o pedólogo francês Henri Erhart recuperava a ideia de interpretar o solo como um processo geológico, publicando, em 1956, o artigo que fez escola entre geógrafos e geólogos, *La genèse des sols en tant que phénomène géologique: Esquisse d'une théorie géologique et géochimique, biostasie et rhexistasie*, com uma 2ª edição em 1967.

Entretanto os Serviços de Cartografia dos Solos dos Estados Unidos da América davam concretização a um programa de cooperação científica internacional, com vista à criação de uma classificação dos solos à escala global, colaboração que se continuou, mais tarde, no âmbito da (FAO), visando a protecção dos solos e o grave problema da alimentação, a nível mundial. O Mapa dos Solos do Mundo (*Soil Map of the World*), na escala de 1/5 000 000, surgido em 1974, e os textos explicativos que o acompanham constituíram uma base uniformizada de entendimento entre os pedólogos de todo o mundo.

Ao mesmo tempo, no então Serviço de

Reconhecimento e de Ordenamento Agrário (SROA) decorria o levantamento da Carta dos Solos de Portugal, na escala de 1/50 000, realização acompanhada, a par e passo, por um trabalho de investigação pioneiro, de que resultou a publicação, em 1974, de *A classificação dos Solos de Portugal*, da autoria do Engº. José Carvalho Cardoso (1923-2010). Anos mais tarde, em 1990, era publicada a Carta dos Solos de Portugal, na escala de 1:500 000, da autoria dos Engos. M. Soares da Fonseca e M. O. Branco Marado, do Instituto Nacional de Investigação Agrária (INIA), a que se seguiu a divulgação, pelos mesmos autores, em 1991, do *Enquadramento das Unidades Taxonómicas da Classificação da Comissão Nacional de Reconhecimento e Ordenamento Agrário do Instituto Nacional de Investigação Agrária, na Legenda da FAO*, editado em texto policopiado, Instituto Nacional de Investigação Agrária, do Centro Nacional de Reconhecimento e Ordenamento Agrário (CNROA), publicado em 1991.

2.

GRANDE AMIGO pessoal do Prof. Orlando Ribeiro, o seu colega parisiense Pierre Birot, professor no Institut de Géographie de Paris, visitava frequentemente o nosso país a fim de aqui proceder a trabalhos de campo em colaboração com o seu colega português. Ainda como finalista de geologia, na Faculdade de Ciências de Lisboa, e a convite do Prof. Orlando, tive o privilégio de os acompanhar numa excursão de vários dias à chamada Bacia do Mondego, na região de Coimbra, uma experiência riquíssima que, estou certo, abriu o caminho ao que foi a minha opção no âmbito das Ciências da Terra - a dialéctica possível de estabelecer entre a geomorfologia e a sedimentologia ou, mais especificamente, entre a erosão e a sedimentação. Nesta excursão, as geografias física e humana e a geologia interligaram-se num todo multidisciplinar, harmonioso e atraente, fruto do muito saber dos dois notáveis geógrafos e ilustres humanistas.

Nesta saída de campo aprendi a olhar o **solo** (do latim, solum, solo, chão, base) como resultado de um dos processos geológicos ocorrentes à superfície do planeta, com ligações muito estreitas a múltiplas disciplinas (geomorfologia, geoquímica, prospecção mineira, agronomia, economia, etnografia e sociologia, entre outras).

Pouco tempo depois, na minha passagem por Paris, nos anos de 1962 a 1964, frequentei, com redobrado interesse, as aulas do Prof. Birot, no referido Institut de Géographie. Com início pelas 8 horas da manhã, bem de noite no frio Inverno parisiense, o nº 191 da Rue Saint-Jacques, a dois passos do Panthéon, era um formigueiro de gente, oriunda de todos os cantos do mundo, a caminho do grande auditório para ouvir o mestre. Foi nessas aulas que conheci a obra de outro grande geógrafo francês, Henri Herhart (1898-1982), *La genèse des sols en tant que phénomène géologique: Esquisse d'une théorie géologique et géochimique, biostasie et rhexistasie*, publicada, em 1956. Este magnífico trabalho que fez escola entre geógrafos e geólogos, despertou em mim o interesse que, à margem da minha actividade profissional, sempre nutri pelo *chão que nos dá o pão*

a que Joaquim Vieira Botelho da Costa (1910-1965), professor catedrático do Instituto Superior de Agronomia (ISA), vulto maior na Ciência do Solo, se referiu, em 1960, como *Fazendo a transição entre esse manto vivo (a vegetação) e o esqueleto mineral do substrato geológico*.

A par da modelação das formas de relevo por erosão (gliptogénese), da formação das rochas sedimentares (sedimentogénese) e da origem e evolução dos seres vivos (biogénese), a **pedogénese** (do grego *pédon*, solo), ou seja, a origem e evolução do solo, não pode, pois, deixar de ser considerada um fenómeno geológico.

Sendo a alteração das rochas (meteorização) e a formação do solo as respostas da litosfera ao ambiente externo, e sendo a erosão a resposta dos produtos dessa alteração à atracção gravítica, a existência de um solo testemunha sempre uma situação de equilíbrio entre as taxas de meteorização e de erosão. E, assim, como escreveu, em 1980, outro nome grande da Ciência do Solo, o Prof. João Manuel Bastos de Macedo, do ISA, o solo é *uma solução de compromisso entre a meteorização e a erosão* e, como tal, fruto de um evidente processo geológico à escala do planeta.

Recurso fundamental à sobrevivência da humanidade, o solo, surgido no Silúrico superior, há cerca de 425 milhões de anos, por força de um processo dinâmico, a um tempo geológico e biológico, alimentado pela energia solar, está cada vez mais sujeito ao impacto da actividade humana exponencialmente crescente.

Na sua imensa capacidade tecnológica, o homem pode destruir em horas um bem colectivo cuja formação necessita de milhares de anos a ser desenvolvido. Urge pois trazer este conhecimento ao cidadão, a começar na escola, onde os currícula estão longe de dar ao solo a importância científica, económica e social que, na realidade, tem.

Pelo valor que lhe é atribuído, como um dos principais recursos naturais de que dispomos, ao lado da água e do ar e bem acima da maioria das matérias-primas

minerais, o seu estudo, isto é, a **pedologia**^[1], para além da sua importância em ciências fundamentais, como a Geologia (em especial a geodinâmica externa) e a Biologia, constitui complemento indispensável em domínios do saber ligados à economia, como são, entre outros, a agricultura, a silvicultura, o ordenamento do território e a prospecção geológica e mineira. A pedologia recorre a meios que vão desde os mais simples, como seja a observação no terreno em amostra de mão, aos mais sofisticados, postos à disposição dos pedólogos, com destaque para a difractometria de raios X, as microscopias óptica e electrónica, os diversos equipamentos de análise química mineral, a fotografia aérea, a teledetecção via satélite, etc., sem esquecer os da biologia e da bioquímica, indispensáveis ao conhecimento da componente orgânica viva e morta do solo.

Na abordagem (sempre a nível básico) que me proponho fazer nos textos que se seguirão, focam-se os aspectos essenciais da ciência do solo indispensáveis à formação de biólogos e geólogos, em particular, dos professores de Biologia e/ou de Geologia, que os devem assimilar e transmitir aos seus alunos na forma e conteúdo adequados aos diferentes patamares de escolaridade.

^[1] A mesma palavra, com a mesma grafia, significa também a ciência que estuda a criança (do grego *paidós*, criança). Os nossos vizinhos espanhóis evitam esta ambiguidade usando o termo **edafologia**, do grego *édaphós*, solo, para referir a ciência dos solos.

3.

FALA-SE MUITO (e ainda bem) de aquecimento global, de poluição do ar e das águas, mas pouco se ouve acerca da degradação ou da destruição dos solos, cada vez mais exauridos e retraídos em consequência do crescimento da população e da expansão dos espaços urbanos e das múltiplas estruturas da sociedade do presente (aeroportos, autoestradas e outras). Em termos muito gerais, esta entidade natural que nos assegura o sustento pode ser descrita como uma capa superficial das terras emersas (de escassos centímetros a vários metros de espessura) de material não consolidado (incoerente), a um tempo, mineral e orgânico, formado no contacto do substrato geológico com o ar e a água (da chuva ou da neve), constituindo um suporte propício ao crescimento das plantas. Como material não consolidado deve aqui entender-se um qualquer tipo de rocha desagregada por efeito da meteorização e, ainda, os sedimentos, a todo o momento remobilizáveis, depositados nas planícies aluviais e deltas deste nosso mundo.

Sempre que a vegetação, seja ela herbácea, arbustiva ou arbórea (e com ela todo um cortejo de seres vivos e de matéria orgânica associada) invade a dita capa superficial, gera-se um solo, através de um processo a que os especialistas (pedólogos) chamam pedogénese. Trata-se de um processo geodinâmico, dito supergénico porque, à semelhança da biogénese, da gliptogénese e da sedimentogénese, tem lugar à superfície da Terra e é, como eles, assegurado pela energia radiante recebida do Sol.

Na *Declaração de Princípios sobre o Solo Português*, apresentada pela Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, em 1975, o solo é um corpo natural, complexo e dinâmico, constituído por elementos minerais e orgânicos, caracterizado por uma vida vegetal e animal própria, sujeito à circulação do ar e da água e que funciona como receptor e redistribuidor de energia solar. Para o agricultor, o solo é a terra arável e fértil ou fertilizável. É a terra que se cava e estruma. No seu modo local de referir o solo, os açorianos falam de **leiva**, um termo radicado no latim *gleba* (terra arável), o mesmo étimo de onde deriva a nossa palavra gleba. Dos solos mais incipientes e pobres

aos mais evoluídos e ricos de matéria orgânica, todos existem porque sempre existiu e existe meteorização das rochas. É comum distinguir **solos eluviais** ou **autóctones**, isto é, não deslocados, permanecendo sobre a rocha-mãe, e **solos aluviais** ou **alóctones**, formados sobre materiais igualmente resultantes de meteorização mas que sofreram transporte.

Do ponto de vista termodinâmico, o solo é um sistema aberto, que permite trocas de matéria e de energia com os sistemas adjacentes, nomeadamente, a litosfera, a biosfera, a atmosfera e a hidrosfera (aqui representada pelas águas pluviais e de infiltração). Absorve e armazena energia solar, é sede de fenómenos físicos, químicos e biológicos e tende, naturalmente, para um estado de equilíbrio estacionário enquanto se mantiverem as condições sob as quais evoluiu. Localizado na interface destes quatro sistemas, o solo faz a ponte entre a vida subaérea^[1] e o esqueleto mineral, abiótico, do substrato geológico, sendo considerado **um dos mais importantes ecossistemas do planeta**.

Funcionando como fronteira e zona de interação entre o orgânico e o inorgânico, o autotrófico^[2] e o heterotrófico^[3], o solo representa, simultaneamente, uma consequência da alteração meteórica das rochas e um agente activo dessa mesma alteração. Com efeito, a evolução do solo sobrepõe-se à meteorização, utiliza-a e, por seu turno, fornece-lhe condições para que prossiga e, até, se intensifique. Tal dinâmica ficou bem clara na afirmação, segundo a qual *à meteorização geoquímica, envolvendo apenas a alteração das rochas, segue-se a meteorização pedoquímica*, avançada, em 1953, pelos pedólogos norte-americanos Marion Jackson (1914-2002) e George Sherman (1904-1973).

[1] Na zona fótica dos mares, isto é, nos níveis superiores, penetrados pela luz solar, esta ponte segue um outro modelo, iniciado com o fitoplâncton na sua capacidade fotossintética. Nas profundezas abissais ocorre ainda um outro modelo, absolutamente diferente, baseado na quimiossíntese da matéria orgânica, em estreita associação com fontes hidrotermais.

[2] Ser vivo que produz o seu próprio alimento a partir da fixação de dióxido de carbono, por meio de, no caso vertente, fotossíntese.

[3] Ser vivo que não possui a capacidade de produzir o seu próprio alimento, pelo que se alimenta de outros seres vivos autotróficos ou heterotróficos.

4.

COMO NOTA PRÉVIA desta 4ª conversa em torno dos solos, convém lembrar que os textos que, neste e noutros propósitos pedagógicos, de há muito venho divulgando, têm como destinatários preferenciais os professores que nas nossas escolas básicas e secundárias se debatem com falta de elementos que complementem os tradicionais livros adoptados. Visam, ainda, o cidadão comum, interessado em conhecer o chão que pisa e lhe dá o pão. Não pretendem, longe disso, ensinar algo de novo aos meus pares, alguns deles bem mais entendidos do que eu nestas matérias. A esses o que se lhes pede é que, com o mesmo empenho e a mesma humildade com que os produzo, corrijam o que eventualmente tiver de ser corrigido, acrescentem o que deva ser acrescentado e melhorem o que precisar de ser melhorado, tudo isto no real interesse de fornecer ao leitor a melhor informação possível.

Com as variações próprias das diversas latitudes e altitudes, os solos estão presentes em grande parte (cerca de 80%) da superfície terrestre emersa, constituindo o que foi convencionalmente considerado a **pedosfera**. Desertos de areia, como o Saara e muitos outros, desertos pedregosos como o Neguev, em Israel, ou as cumeadas rochosas das altas montanhas não têm solos, mas **apenas uma camada de natureza mineral, solta, sem capacidade para suportar vida**.

Evoluindo em condições grandemente determinadas pelo clima, a pedogénese, depende também, em grande parte, do mundo biológico. É um facto sabido e aceite que todos os processos envolvidos na génese e evolução do solo são assegurados pela energia solar e pelos organismos vivos que dele fazem parte. São esses organismos que controlam a mobilidade das substâncias químicas e da energia necessária a essa mobilidade. *Na ausência de organismos, a meteorização das rochas não dá origem a qualquer solo*, afirmou, em 1949, o geoquímico russo Constantin Nikiforoff (1887-1979).

Deduz-se desta realidade que, anteriormente ao Silúrico médio (420 milhões de anos), a capa superfi-

cial resultante da alteração das rochas não continha quaisquer vestígios de matéria orgânica, dado que o essencial da vida ainda não tinha saído das águas. Foi só a partir de então que as primeiras plantas começaram a colonizar as terras emersas, em ambientes alagadiços próximos do tipo sapal, abrindo caminho à ocupação animal, com particular relevo para alguns artrópodes. Só a partir de então essa capa superficial passou a integrar uma componente orgânica e a poder ser aceite como solo.

Anteriormente a este período houve, sem dúvida, meteorização, e disso são provas os milhares de metros de espessura de sedimentos argilosos resultantes da remoção de material rochoso alterado e transportado para os oceanos desde os mais remotos tempos do Pré-câmbrico, posteriormente transformados em xistos argilosos e seus derivados metamórficos (filádios, micaxistos, gnaisses, migmatitos e, até, granitos^[1])

^[1] A profundidades na ordem das dezenas de quilómetros, no interior das cadeias de montanhas em formação, as rochas argilosas como os xistos e os seus derivados metamórficos ficam sujeitas a pressões e temperaturas elevadas que conduzem à sua fusão, gerando um magma que, uma vez arrefecido, gera o granito.

5.

DEVE-SE ao norte-americano Curtis Flechter Marbut (1863–1935), geólogo de formação, a primeira alusão ao conceito geológico de solo. Anos depois, a meados do século XX, o geógrafo francês Henri Herhart (1898-1982), reafirmava este conceito e introduzia um outro fundamental ao pensamento geológico, ao divulgar *La genèse des sols en tant que phénomène géologique: Esquisse d'une théorie géologique et géochimique, biostasie et rhexistasie*, publicada, em 1956, um tema que abordarei oportunamente.

Até essa altura, o solo representava uma mera cobertura que dificultava as observações no terreno, pois ocultava a rocha sã, considerada essencial ao trabalho do geólogo. No estado actual do conhecimento científico e tecnológico, a pedologia tem ligações muito estreitas com várias disciplinas das geociências, entre as quais, a geomorfologia, a hidrogeologia, a estratigrafia, a geologia do ambiente, a geoquímica, a prospecção mineira e a agronomia.

Na medida em que pode reflectir os parâmetros ambientais (nomeadamente, a natureza da rocha-mãe, o clima e o relevo) em que foi gerado, o solo é, com efeito, um corpo geológico que testemunha um processo, quer do passado quer do presente, indispensável à fixação e desenvolvimento das plantas terrestres e a toda a cadeia biológica delas dependentes, a terminar em nós, humanos. Dos líquenes e musgos da tundra boreal, passando pelo tapete herbáceo das pradarias norte-americanas ou das estepes centro-asiáticas, pelo capim e pelos arbustos da savana africana e do cerrado brasileiro, até à exuberância da floresta tropical húmida do Congo, da Amazónia e outras, todas estas comunidades vivas dependem absolutamente do solo.

É, pois, no solo que reside o essencial da subsistência da humanidade. E, na medida em que transforma a energia radiante solar noutras formas de energia (trabalho animal e humano, calor por combustão de lenha e de carvão vegetal), o solo é considerado um recurso económico do maior interesse. E todos sabemos como é importante para qualquer país ter solo em quantidade e qualidade à sua disposição.

Em condições favoráveis muitos solos do passado ficaram arquivados no registo estratigráfico e, neste caso, falamos de solos fósseis ou **paleossolos**, cujo estudo só começou a despertar a atenção dos geólogos a meados do século passado.



Paleossolo (a camada de cor castanha) intercalado entre calcários marinhos com mais de 300 milhões de anos (Carbonífero do Kansas, EUA).
<http://www.scifairhkanas.net/guide/FlintHillsGuide4.html>

6.

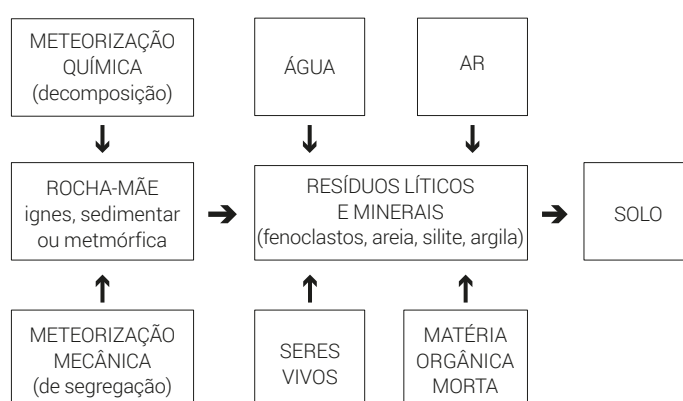
PARA OS ROMANOS, *solum* aludia não só ao solo, tal como ele é descrito em pedologia, mas também ao chão que pisavam, à terra onde nasciam e ao território pátrio que foi o deles.

Alguns pedólogos adoptaram este termo latino para designar apenas a parte superior, mais alterada, do perfil pedológico, rica em matéria orgânica, designando por **alterito**, **rególito** (do grego *rhegós*, cobertura, e *lithós*, pedra) ou **saprólito** (do grego *saprós*, podre, e *lithós*, pedra) a restante parte do perfil que se lhe segue em profundidade, representada pela rocha-mãe simplesmente meteorizada.

Em geologia planetária fala-se, por exemplo, de **solo lunar**, embora sabendo que esta entidade não possui a componente viva essencial à sua definição na Terra. São muitos os que lhe chamam rególito, termo neste caso mais correcto, posto que alude à sua condição de material incoerente de cobertura (ali inexistente), mas sim, da pulverização da crosta rochosa selenita (em especial, anortositos e basaltos), na sequência dos impactes meteoríticos a que esteve intensamente sujeita num passado longínquo, há milhares de milhões de anos, e ainda está, embora mínimo e sem expressão actual. Do mesmo modo, o **solo marciano** não passa de areia solta e pedras (fragmentos de rocha dispersos) à superfície do **planeta vermelho**.

No sentido a que se referem pedólogos e geólogos, a composição do solo decorre da **natureza da rocha-mãe**, da **topografia** e do **clima**, quer o decorrente da zonalidade latitudinal, quer o relacionado com a altitude, e, consequentemente, dos processos que lhe deram origem. A rocha-mãe começa por se descomprimir, por diminuição da pressão litostática com a aproximação da superfície, e, eventualmente, a sofrer alguma **desagregação mecânica**, abrindo-se à penetração da água e dos gases atmosféricos (oxigénio e dióxido de carbono) que promovem a sua meteorização química abiótica (**decomposição**), mais ou menos pronunciada, em função das citadas condições ambientais. Como resultado, a rocha

evolui para um material terrígeno (fenoclastos^[1], areia, silte e argila) incoerente ou desagregado, ou seja, o alterito, como é, por exemplo, no caso do granito ou do gnaisse, o **saibro** ou **arena**. Via de regra, a esta fase segue-se a instalação de microorganismos e de plantas sucessivamente mais exigentes (muscíneas, herbáceas, arbustivas e arbóreas), transformando o alterito num solo.



A invasão desta capa de alteração (ou de um qualquer tipo de depósito aluvionar) pela vida vegetal acrescenta-lhe, ainda, os seus restos mortos em decomposição e os produtos da sua actividade biológica, desenvolvendo processos bioquímicos hoje muito bem estudados.

Consoante a intensidade e a duração deste processo podemos distinguir **solos imaturos** ou **incipientes** (pouco ou nada evoluídos), **solos evoluídos** ou **maturos**, havendo todos os termos de passagem entre estes dois extremos.

^[1] Fragmentos ou clastos rochosos de dimensão superior à das areias.

7.

EM CONDIÇÕES normais, coexistem no solo uma componente mineral e uma orgânica, a que se associam uma fase líquida e uma fase gasosa essenciais ao bioquimismo e à vida que nele têm lugar.

Componente mineral do solo

A fracção mineral preenche, em média, 80% ou mais do corpo do solo, sendo constituída por pedras, ou seja, fragmentos da rocha-mãe, e por grãos de minerais dessa mesma rocha, ditos primários^[1], muito, pouco ou nada alterados, e por minerais ditos secundários^[2], tais como, entre outros, os argilosos, o óxido e os hidróxidos de ferro, os hidróxidos de alumínio e, ainda, substâncias minerais não cristalizadas (amorfas), como é o caso da opala^[3] e da alofana^[4]. Um outro grupo de minerais secundários do solo é representado pelos que são herdados directamente de uma rocha-mãe de natureza sedimentar, como são, por exemplo, os minerais argilosos de um solo estabelecido sobre um argilito ou sobre um xisto, argiloso.

De entre os grãos de minerais primários, variáveis consoante a rocha-mãe, destacam-se: (1) o quartzo, inalterado; (2) os feldspatos, com graus de alteração que dependem da respectiva natureza (potássicos e calco-sódicos) e do clima; (3) as palhetas de mica preta (biotite), também ela num grau de alteração determinado pelo clima; (4) e as de mica branca (moscovite), pouco ou nada alterada. Facilmente alteráveis, a olivina e espécies dos grupos das anfíbolas e das piroxenas são pouco frequentes e raras nos solos.

Entre os minerais secundários do solo, as argilas^[5] têm um papel fundamental e múltiplo: (1) retêm a água e conferem mais ou menos plasticidade ao conjunto, quando húmido, e tenacidade, quando seco; (2) promovem adesividade entre as partículas; (3) em virtude das suas propriedades de expansão/retracção; (4) proporcionam variações de volume no corpo do solo responsáveis pela abertura e fecho de fendas e outros vazios, com consequências evidentes na permeabilidade à água e ao ar; (5) possibilitam trocas de iões entre os constituintes.

O teor da fracção argilosa do solo depende, sobretudo, da natureza da rocha-mãe e do grau de maturidade que atingiu. Nos solos das regiões de clima quente e húmido a percentagem de argila é, normalmente, superior a 60 %. Pelo contrário, nos solos das regiões áridas ou das de clima frio e húmido, esta percentagem é inferior a 10 %. Em igualdade de temperatura ambiente, o teor de argila no solo cresce linearmente em função da humidade. Por outro lado, em idênticas condições de humidade, este teor cresce exponencialmente com a temperatura.

Outros minerais secundários, com particular influência nas características do solo, são a calcite e a opala, associadas a crostas pedológicas de natureza, respectivamente, calcárias (caliços ou calcretos) e siliciosas (silcretos).

Mercê da presença de minerais (primários e secundários), o solo dispõe sempre de uma reserva mineral, entendida como o conjunto das espécies susceptíveis de lhe fornecerem elementos biogénicos, isto é, elementos químicos necessários à vida das plantas (potássio, fósforo, cálcio, ferro, magnésio, enxofre, sódio, entre outros). Esta reserva é tanto mais eficaz quanto maior for a alterabilidade desses minerais e quanto menor for o diâmetro das respectivas partículas, condições essenciais à libertação dos respectivos elementos químicos. Entre as espécies constituintes de uma tal reserva destacam-se os minerais argilosos (caulinite, ilite, montmorilonite e outros), os silicatos ferromagnesianos (olivinas, piroxenas, anfíbolas, biotite), a mica branca e outras, os feldspatos potássicos (ortoclase, microclina, sanidina) e calcossódicos (plagioclases, em especial, albite e oligoclase), os carbonatos (calcite, dolomite), os sulfatos (gesso, anidrite) e os fosfatos (apatite, monazite).

O ferro e o magnésio provêm dos silicatos ferromagnesianos, o cálcio é fornecido pelas plagioclases, anfíbolas, epidoto e apatite, nas rochas primárias, ou pela calcite e dolomite nas rochas carbonatadas (calcários, dolomitos, carbonatitos). O sódio sai facilmente das plagioclases sódicas e o potássio,

dos respectivos feldspatos e das micas. Finalmente, o fósforo, elemento capital da matéria viva, provém essencialmente da apatite.

O alumínio, o silício e, em parte, o ferro constituintes dos minerais do solo têm alguma dificuldade em abandonar o sistema. Outros, como o sódio, o potássio, o cálcio, o magnésio, o manganês, o titânio e o fósforo são facilmente libertados, primeiro, no decurso da meteorização e, depois, durante a pedogénese. Com efeito, na generalidade e em termos médios, a sílica (no quartzo nos feldspatos e noutros silicatos), a alumina (em especial nos feldspatos) e os óxidos de ferro (sobretudo, hematite, goethite) perfazem 90%, ou mais, da fracção mineral do solo e, entre esta, a sílica representa 50 a 75%. Tão importante é a presença destes três componentes que, com base nas suas proporções relativas, se distinguem três grandes tipos de solos:

sialíticos, com $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 > 2$ e $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3 > 2$,

fersialíticos, com $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 > 2$ e $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$

ferralíticos, com $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$

Nos solos aluviais, a fracção mineral, maioritariamente areno-argilosa, não resulta da meteorização do substrato rochoso sobre que assenta. Resulta, sim, da deposição mais ou menos temporária de um material transportado (em especial, areias e argilas) que, assim, fica à mercê da ocupação orgânica que o transforma em solo. Desta realidade resulta a importância das planícies aluviais, de que se destacam, entre nós, as dos vales do Mondego, do Sorraia e do Sado, os sapais de Corroios e de Castro Marim, a campina de Faro, a veiga de Chaves e a lezíria do Tejo.

São ainda exemplos deste tipo de solos, as imensas áreas vestibulares e os deltas dos grandes rios de todo o mundo, onde os benefícios próprios dos bons solos aluviais são duramente pagos nas frequentes e catastróficas inundações, sempre que ocupadas de modo irracional, *contra natura*.

[1] Herdados directamente da rocha-mãe.

[2] Quer transformados, a partir dos minerais primários, quer neoformados durante a fase de meteorização, ou já no próprio solo.

[3] A opala, em rigor, não é um mineral. É uma forma natural de sílica considerada um mineralóide.

[4] A alofana é um silicato de alumínio hidratado, afim da caulinite, sem a organização triperiódica que caracteriza o estado cristalino próprio dos minerais. É, pois, não um mineral, mas sim um mineralóide.

[5] A natureza dos minerais argilosos do solo será objecto de um texto a editar mais adiante.



Campos do Mondego ©DiogoErvideira

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bb/Arrozais.jpg>

8.

No bloco anterior aludi à componente mineral do solo. Neste abordo a componente orgânica e as fracções líquida e gasosa que lhes estão associadas.

Componente orgânica do solo

Na fracção orgânica do solo, para além das raízes vivas, dos restos de plantas vasculares mortas, de vermes, artrópodes, outros invertebrados e os produtos das respectivas decomposições após a morte, estão presentes micro-organismos, representados por bactérias autotróficas e heterotróficas, algas, fungos, protozoários e vírus. Das bactérias, merecem referência as que promovem a fixação do azoto e, entre os protozoários, são comuns os flagelados e as amibas. Todos estes seres e os seus restos, associados aos nutrientes minerais e regulados pela temperatura, humidade, arejamento, são fundamentais à vida do solo.

De entre a componente orgânica do solo, merece referência o húmus^[1] ou humo (do latim *humu*). De cor castanha escura a negra, é constituído por partículas extremamente finas, coloidais, evidenciando um estado avançado de decomposição da matéria orgânica. Esta fracção, classificada entre os cerabétumes^[2], corresponde ao que resta depois de a maior parte dos resíduos vegetais e animais se ter decomposto por acção biológica e química.

Entendido como um conjunto de substâncias resistentes à decomposição, dele fazem parte ácidos húmicos (solúveis em NaOH e insolúveis em HCl, com pH 1-2), ácidos fúlvicos (solúveis em NaOH e em HCl, com pH 1-2) e huminas, constituídas pelos resíduos insolúveis em NaOH.

Com elevada percentagem de água, o húmus é um material amorfo, poroso, pouco denso, com elevada capacidade de troca de bases (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), bom controlador do pH e fonte fornecedora de azoto, enxofre e fósforo às plantas. O húmus é ainda um agente aglutinador das partículas minerais do solo e, na medida em que é um material escuro, actua como um bom absorvente da radiação solar, proporcionando elevações de temperatura e consequente

aumento das velocidades das reacções químicas e bioquímicas. Uma outra característica particular do húmus é a formação de complexos organo-minerais, mais precisamente **complexos argilo-húmicos**, fundamentais nesta interface do mundo vivo com o mundo mineral e de capital importância no bioquimismo do solo. Sem estes complexos (ditos absorventes), as raízes não absorvem o complemento alimentar disponível no solo.

Outros produtos resultantes da actividade e/ou da decomposição da componente orgânica do solo, como celulose, lenhina, proteínas, lípidos, ceras, resinas, ácidos orgânicos, álcoois, entre outros menos comuns, não fazem parte do húmus.

No que se refere aos elementos químicos ligados à componente orgânica do solo, merecem destaque o azoto, o carbono, o oxigénio, o hidrogénio, o enxofre e o fósforo.

Entre os profissionais, fala-se de **solos orgânicos** ou **húmicos**, quando têm mais de 20% de componentes orgânica, em solos de granularidade grosseira, e mais de 30% em solos de granularidade média a fina. Nos restantes casos fala-se de **solos minerais**.

Fase líquida do solo

Igualmente indispensável à vida do solo e à sua evolução e caracterização, esta fase é, praticamente, constituída por água - a chamada **água do solo** - na qual se distinguem: (1) água higroscópica, fixada ou absorvida por tensão superficial das partículas mais finas, em especial, as coloidais, não sendo utilizada directamente pelas plantas; (2) água capilar, que forma películas contínuas entre as partículas sólidas maiores e preenche os vazios mais pequenos (microporos), movendo-se por capilaridade, podendo ser absorvida pelas raízes; (3) água gravítica, que corresponde à água que circula nos vazios mais alargados (macroporos) e que, não estando sujeita a força atractiva por parte das partículas sólidas, se escoia por gravidade, pouco participando no metabolismo das plantas.

O teor de água no solo depende do clima, do relevo

e da cobertura vegetal, aspectos que, como se sabe, têm inter-relações complexas e profundas. Ao entrar no solo, a água carrega-se de substâncias solúveis inorgânicas (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , etc.), substâncias orgânicas e, inclusive, gases atmosféricos, constituindo o que se convencionou chamar **solução do solo**. A água que se infiltra no solo e pode aí ser veículo de processos químicos (abióticos) ou bioquímicos, depende do balanço hídrico que se estabeleça entre a água que cai (precipitação), a que escorre à superfície (água de escorrência), mais intensamente nas vertentes de maior declive, e toda a que se evapora directamente do solo ou pela transpiração através da folhagem das plantas (evapotranspiração). Depende ainda, em especial, da porosidade, que lhe permite escoar-se por gravidade, e da capacidade de retenção de alguns elementos da fase sólida (argila, húmus).

Por sua vez, a água do solo relaciona-se com o teor de argila, em geral, e com o tipo dos filossilicatos (caulinite, illite, esmectites, clorites, interestratificados) que a compõem, a que não é alheia a temperatura ambiente.

No que diz respeito ao teor de água, distinguem-se solos saturados e solos insaturados, aspectos do maior interesse na evolução pedológica e até na sua utilização agrícola.

Fase gasosa do solo

Mais conhecida por **ar do solo** ou **atmosfera do solo**, esta fase é uma presença indispensável à vida deste corpo natural, igualmente importante na pesquisa das suas evolução^[3] e características. Dela fazem parte: oxigénio, entre 15 e 20%, dióxido de carbono, de 0,2 a 45%, azoto, entre 79 e 81%^[4], e vapor de água (saturado). Estes gases resultam do equilíbrio entre a penetração de ar atmosférico nos vazios do solo e a respiração ao nível das raízes das plantas e dos micro-organismos, com libertação de dióxido de carbono e consumo de oxigénio. Uma tal composição é, ainda, função: (1) da granularidade e porosidade do solo (dois aspectos que condicionam a permeabilidade); (2) da humidade, que reduz a permeabilidade,

dificultando a renovação do oxigénio; (3) da matéria orgânica, que induz aumento dos teores de dióxido de carbono; (4) do clima, que também controla as actividades química e biológica, com implicações directas na razão O_2/CO_2 .

[1] Um outro conceito de húmus, caído em desuso, proposto, em 1936, pelo bioquímico ucraniano, Selman Abraham Waksman (1888-1973), abrange a totalidade da matéria orgânica do solo, viva ou morta, decomposta ou não.

[2] Caustobiólito insolúvel nos solventes habituais (sulfureto de carbono, tetracloreto de carbono e clorofórmio), composto de carbono, hidrogénio, pequenas quantidades de azoto e, eventualmente, enxofre. O elemento cera, que compõe a palavra, radica no grego *kéros*, corno.

[3] Uma parte do ar está livre e outra parte está dissolvida na água do solo.

[4] No ar atmosférico estes valores são, respectivamente, 21 %, 0,03% e 79%.

9.

Textura

Esta importante característica do solo é definida pela dimensão das partículas terrígenas nele contidas, encaradas como elementos de uma população, neste caso, a respectiva componente mineral. Por influência dos colegas franceses, o estudo desta característica tem sido designado, entre nós, pela maioria dos autores, pelas expressões **granulometria** e **análise granulométrica**. Amplamente divulgadas na bibliografia científica da especialidade e nos manuais e outros textos dirigidos ao ensino, estas duas expressões, sinónimas entre si, apenas são correctas quando aplicadas aos sedimentos arenosos, siltosos e argilosos. Não o são, em rigor, quando se referem aos clastos grosseiros como são os calhaus, os seixos e outros ruditos^[1]. Com efeito, o elemento *grânulo* (diminutivo de grão), usado na composição destas expressões, não é coerente com o carácter, por definição, grosseiro de conglomerados, brechas, cascalheiras, concheiras, moreias, etc.. Ao preferirem as designações *textural analysis*, *mechanical analysis* e *size analysis*, os autores anglo-saxónicos encontraram maneira de contornar esta incoerência.

Pioneiro da investigação sedimentológica, Soares de Carvalho, Professor jubilado da Universidade do Minho, com obra publicada neste domínio, propôs para este tipo de análise, em 1968, o nome *dimensometria*, que abandonou em favor da expressão **análise dimensional**, (equivalente do inglês *size analysis*) no que tem sido seguido por outros autores nacionais. Uma vez que, como se referiu atrás, as dimensões dos elementos terrígenos são usadas na definição das texturas clásticas, a expressão *análise dimensional* é, de facto, sinónima de **análise textural**. A outra expressão equivalente – **análise mecânica** – pouco ou nada usada entre nós, decorre, e bem, do capítulo da física, no qual se fundamenta este tipo de análise baseado, em especial, na crivagem, na queda por gravidade e na dinâmica dos fluidos. Não obstante as razões aduzidas, *granulometria* e *análise granulométrica* são hoje expressões generalizadas e consagradas entre muitos profissionais portugueses que utilizam esta técnica analítica (geólogos, pedólogos, geógrafos, engenheiros, etc.) e, como tal,

ganharam direito a figurar no nosso vocabulário. Em conclusão, acentua-se que as expressões *análise textural*, *análise dimensional*, *análise mecânica* e *análise granulométrica* ou *granulometria* são sinónimas e todas elas (umas mais, outras menos) usadas entre nós.

Têm sido, ao longo dos anos, várias as propostas de escalas dimensionais com vista a este tipo de análise, não só de populações naturais (rochas detríticas e piroclásticas, rególitos e solos), como também de outras artificiais (britas, granulados e pulverizados das indústrias mineira, vidreira, cerâmica, alimentar, farmacêutica, etc.). Em 1898, o americano Johan August Udden (1859-1923) propôs a sua escala granulométrica, segundo uma progressão geométrica de razão 2 (ou 1/2, consoante o sentido do cálculo) com doze classes definidas pelos seguintes valores em milímetros: 16, 8, 4, 2, 1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64, 1/128 e 1/256. Anos mais tarde, em 1922, o seu discípulo Chester Keeler Wentworth (1891-1969) introduziu-lhe ligeiras alterações, alargando grandemente a sua utilização entre uma comunidade de sedimentólogos nascente e em crescimento. Em 1905, o alemão Albert Mauritz Atterberg (1846-1916) divulgou a sua classificação com base no valor unitário 2 mm, desenvolvida segundo uma progressão geométrica de razão 10 (dez), com os seguintes intervalos:

- >200 mm – **Block** (bloco)
- 200 a 20 mm – **Stein** (burgau)
- 20 a 2 mm – **Geröl** (cascalho)
- 2 a 0,2 mm – **gross Sand** (areia grosseira)
- 0,02 a 0,002 mm – **fein Sand** (areia fina)
- 0,002 a 0,0002 – **Silt** (limo)

Segundo este autor, os valores escolhidos para limites das classes dimensionais propostas correspondem a pontos de mudança das propriedades físicas fundamentais dos clastos como, por exemplo, capilaridade, adesão, sensibilidade aos movimentos brownianos^[2]. A escala de Atterberg foi adoptada em 1927 pela Comissão Internacional da Ciência dos Solos, sendo

ainda utilizada, em especial, nos laboratórios de Pedologia de muitos países europeus, entre eles, Portugal. Ao qualificarem os solos com base nesta distribuição dimensional, os pedólogos usam expressões como **pedregoso** ou **cascalhento**, **arenoso** ou **areento**, **limoso** ou **siltoso**, **argiloso** ou **barrento**^[3] e outras que expressam termos intermediários, como **argilo-limoso**, **silto-argiloso**, **areno-limoso**, **areno-argiloso**, **saibrento**, **piçarroso** ou **areno-pedregoso**, etc. Ainda do ponto de vista textural, um solo é qualificado de equilibrado quando não revela predominância de umas classes dimensionais sobre as outras.

A permeabilidade e a porosidade do solo e, consequentemente, a sua capacidade de retenção da água dependem grandemente da textura, o mesmo acontecendo com o seu comportamento químico e, daí, também com as respectivas aptidões agrícolas. Por seu turno, a textura depende da natureza da rocha mãe, da sua granularidade, da alterabilidade ou estabilidade dos seus minerais, do clima e, ainda, do pendor da superfície do terreno (declive).

Com a prática, o pedólogo consegue ter uma avaliação aproximada da textura do solo, esfregando uma pequena porção seca entre os dedos, operação que lhe permite averiguar da sua **aspereza** ou **macieza**. Fazendo este tipo expedito de ensaio com a terra molhada, avalia as suas qualidades adesivas e a sua plasticidade, que sabemos serem função do teor de finos (limo e argila).

[1] Do latim *rude* - grosseiro.

[2] Movimento desordenado das partículas de um líquido ou de um gás, mesmo em repouso, descrito pelo botânico escocês Robert Brown (1773-1853).

[3] De *barro*, termo pré-romano, com o significado de argila.

10.

Estrutura

No propósito de caracterizar e classificar os solos, os pedólogos criaram o conceito de **estrutura do solo**, uma das suas características mais importantes. Descrita como a organização espacial dos seus constituintes, envolve não só a forma, a natureza, a dimensão e o arranjo das partículas simples e dos **agregados** (torrões, em linguagem popular) ou **pedes**, mas também a geometria dos vazios, ou seja, as suas dimensões, formas e distribuição. No que se refere a esta característica, alguns autores falam da **tessitura**, termo que apenas diz respeito ao arranjo das partículas, e de **pedalidade**^[1], que alude à dimensão, à forma e à distribuição dos agregados. Os agregados são unidades estruturais do solo constituídas por aglomerados de partículas terrosas (**esqueleto**), tendo por material aglutinador (**plasma**), as argilas, os óxidos e hidróxidos de ferro e/ou de manganês, os hidróxidos de alumínio e o húmus, todos susceptíveis de migrar no seio do solo. De dimensões variadas, entre os blocos e os grãos milimétricos, são correntes as formas prismática, lamelar e granular. No respeitante aos vazios, a caracterização estrutural considera os existentes entre partículas simples e os que delimitam os pedes.

Neste capítulo do estudo dos solos, distingue-se a **microestrutura**, definida com recurso ao microscópio petrográfico ou electrónico de varrimento (*scanning*), e a **macroestrutura**, observável em amostra de mão, directamente no terreno.

O conhecimento pormenorizado das estruturas dos solos é fundamental, não só à correcta classificação destas entidades, mas também à investigação da natureza da rocha mãe e, em termos práticos, ao conhecimento das suas capacidades de retenção de água, arejamento, aptidão e produtividade agrícolas.

Cor

A cor é uma propriedade usada, por vezes, na caracterização dos solos. Imediatamente perceptível, depende da rocha-mãe e do clima, dois factores que interagem, gerando substâncias que lhes dão as tão variadas colorações que lhes conhecemos. Se a

pedogénese altera a coloração do solo relativamente à da rocha-mãe, este qualifica-se de **pedocrómico**. Se não altera a cor original da rocha-mãe, qualifica-se de **litocrómico**, como é o caso dos solos instalados sobre os arenitos vermelhos do Triásico (grés de Silves) e outras séries detríticas do Jurássico, do Cretácico e do Cenozóico.

A cor do solo constitui um critério de classificação secundário, auxiliar, dado que são frequentes os solos com cores convergentes, não obstante terem origens diferentes ou terem sofrido evoluções distintas. Esta particularidade tem, no entanto, relativa utilidade quando associada a outros elementos de caracterização.

Como exemplos de substâncias corantes dos solos, começamos pela matéria orgânica que lhes confere tonalidades de cinzento a negro, em função do teor em que esteja representada. Igualmente negros são os solos impregnados de óxidos de manganês. Quando misturada a óxidos de ferro, a matéria orgânica fica acastanhada e os solos dizem-se pardos. O sexquíóxido de ferro (hematite) colora o solo de vermelho intenso, ao passo que os hidróxidos (entre os quais goethite) são responsáveis pelas tonalidades amarelas e acastanhadas. Os tons cinzento-esverdeado e cinzento-azulado têm relação com a presença de ferro ferroso na constituição de alguns dos seus minerais. Por exemplo, os solos associados aos depósitos do Miocénico superior da península de Setúbal (ricos de glauconite, um filossilicato com ferro ferroso, de cor verde), como são os da região do Meco, tornam-se amarelados logo que se verifique a meteorização deste mineral, com produção de hidróxidos férricos. Pelo contrário, em determinadas condições, a matéria orgânica pode reduzir os óxidos de ferro e decorar os solos inicialmente avermelhados ou amarelados.

Dado que conhecemos hoje o comportamento físico e químico das substâncias corantes do solo em função da temperatura, da humidade, do tipo de rocha-mãe ou do pH (ao qual estão associados produtos da matéria orgânica), é, em certos casos, possível reconhecermos tratar-se de um solo que se

formou em condições distintas das actuais, e assim estabelecer paralelos no sentido da formulação das condições geomorfológicas e climáticas que presidiram à génese de tais paleossolos.

A definição da cor dos solos tem recorrido a sistemas de cores padronizadas (já existentes ou expressamente concebidos para os solos) no sentido de precisar e uniformizar as descrições dos inúmeros estudiosos espalhados pelo mundo.

Entre os padrões ou códigos de cor, destacam-se:

- *Munsell Soil Colour Charts* (1905), Baltimore, com 268 cores (mais tarde revista e ainda em uso), das quais cerca de 200 nos solos;
- *Code Universel des Couleurs* (1936), de E. Ségny (Paris), com 720 cores, das quais, cerca de 70 figuram nos solos;
- *Die kleine Farbentafel nach Ostwald* (1939), Göttingen, com 672 cores, das quais cerca de 70 existem nos solos;
- *Rock color chart* (1948), de E. N. Goddard et al., Geol. Soc. Amer., Boulder (Col., EUA);
- *Code EXPOLAIRE* (1956), de A. Cailleux & G. Taylor, Éd. Boubée et Cie. (Paris), com 259 cores, das quais cerca de 250 nos solos. Este código foi concebido para as expedições polares francesas e tem entre as principais características: quatro cores próximas em torno de um orifício, atrás do qual se coloca a amostra a observar; letras em ordenadas e números em abcissas; a identificação da cor deve ser feita à sombra, longe de objectos ou superfícies coradas e com a amostra seca.

[1] O solo sem pedalidade diz-se apédico.

11.

Conceito de pédon

NA PERSPECTIVA da cartografia pedológica, ou seja, no propósito de delimitar os vários tipos de solo existentes numa dada região, foi criado o conceito de **pédon** (solo, em grego) definido como um solo de determinadas características, com dada espessura média (que pode variar entre alguns centímetros a escassos metros) e ocupando uma certa área. O pédon é normalmente caracterizado pelo **perfil pedológico** observável em corte vertical entre a superfície e a rocha-mãe, perfil que é definido por uma sucessão de níveis, mais ou menos diferenciados, a que se dá o nome de **horizontes do solo**. Os limites do pédon são sempre difusos. Com efeito, a passagem do solo à rocha-mãe nunca é nítida. Mais difusos, ainda, são os seus limites laterais, na transição para outros pédon.

Os horizontes do solo são unidades tabulares, mais ou menos paralelas à superfície do terreno, vagamente semelhantes a camadas, mas que nada têm a ver com o processo sedimentar de deposição e sobreposição gravíticas. Os seus limites são, via de regra, igualmente difusos e irregulares, embora se conheçam algumas situações em que são nítidos (abruptos). Na literatura da especialidade e relativamente a estes limites, expressões como *evidentes, graduais, contínuos, descontínuos, planos, ondulados, irregulares*, etc., reflectem a diversidade de situações relacionadas com a migração dos diversos constituintes no interior do solo e a zonalidade daí decorrente.

A apresentação clássica e esquemática do solo como sendo constituído por três horizontes, **A, B e C** (nalguns casos apenas **A e C**), descritos de cima para baixo, até ao encontro da rocha-mãe, procurando simplificar o que é complexo, tem, contudo, a vantagem de sintetizar, em linhas gerais, o essencial da evolução pedológica.

O horizonte A, o mais superficial, é uma unidade de lixiviação (lavagem) ou eluviação. É, em geral, o horizonte mais escuro devido à maior concentração de húmus e de outras matérias orgânicas. É aqui que se fixam as raízes das plantas e onde coexistem diversos tipos de animais (vermes, insectos e outros

artrópodes, etc.) e, ainda, uma multidão de microorganismos, num conjunto responsável pela grande actividade bioquímica que caracteriza este horizonte. Um dos componentes minerais mais importantes nesta zona é a argila, em virtude da sua capacidade de troca de bases dos respectivos minerais com o meio e da formação de complexos argilo-húmicos. Outros componentes desta unidade são espécies residuais como quartzo, feldspatos, micas, entre outros. A água de percolação retira-lhe não só parte maior ou menor de substâncias solubilizáveis (Na, K, Ca, Mg, Fe), mas ainda as partículas mais finas, como minerais argilosos, colóides ferruginosos e orgânicos.

O **horizonte B**, quando existe, é um horizonte de precipitação ou de iluviação, imediatamente por baixo do horizonte A. Pobre em matéria orgânica, este nível está enriquecido em argilas e, às vezes, em óxidos e hidróxidos de ferro, o que lhe confere tonalidades avermelhadas, amareladas ou acastanhadas. É neste horizonte que se formam, por exemplo, as couraças lateríticas. Em condições propícias é ainda neste nível que se acumulam os hidróxidos de alumínio, formando bauxitos, ou, noutros ambientes, os carbonatos, originando calcretos.

A parte mais profunda do perfil constitui o **horizonte C**, que corresponde à capa de alteração da rocha-mãe (alterito, rególito ou saprólito) parcialmente decomposta, desagregada e fragmentada, que faz a transição para a rocha sã, simbolizada pela letra **R**.

A FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) desenvolveu um longo, complexo e abrangente processo de estudo e classificação dos solos, à escala global, com a colaboração dos mais credenciados pedólogos mundiais, entre os quais, alguns portugueses. Relativamente ao perfil dos solos, a proposta desta organização modifica ligeiramente a divisão tradicional. Assim, propõe o estabelecimento de dois horizontes superiores, **H** e **O** que apelidou de **horizontes orgânicos**.

O **horizonte H** é constituído apenas por restos vegetais reconhecíveis à vista, podendo conter restos

faunísticos e seus excrementos, sendo um horizonte típico das turfeiras.

O **horizonte O**, mais bem drenado do que o horizonte H, é igualmente constituído por restos vegetais reconhecíveis à vista, algo decompostos (**manta morta** ou **liteira**), e é próprio de solos florestais ácidos.

A FAO propõe mais um **horizonte mineral E**, localizado entre os tradicionais **A** e **B** que, no conjunto (**A**, **E** e **B**) constituem o **solum**.

O **horizonte A**, mais superficial, caracteriza-se por ser o horizonte mineral mais rico de componente orgânica, com grande actividade biológica, e por ser, de todos, o mais exposto aos factores do clima e às acções de plantas e animais.

O **horizonte E** é um horizonte eluvial, pois está sujeito à perda de componentes mais finos (argilas, óxidos e hidróxidos de ferro, hidróxidos de alumínio e húmus) por acção da água de percolação.

O **horizonte B** é um horizonte iluvial, imediatamente abaixo do horizonte E, onde se acumulam os materiais a ele subtraídos e onde tem lugar a alteração de alguns minerais; há nele concentração de argilas, óxidos e hidróxidos de ferro e manganês, hidróxidos de alumínio e, em certos meios, carbonatos.

O **horizonte C** continuou a ser considerado nos mesmos moldes em que era usado; corresponde à capa de alteração da rocha rocha-mãe não penetrada pela componente orgânica, ou seja, a rocha simplesmente meteorizada, isto é, como se disse atrás, o alterito, o rególito ou o saprólito, três maneiras de dizer a mesma entidade.

Nesta classificação foi mantida a letra **R** para referir a rocha sã (*bed rock*) e é usada a letra **D**, em substituição de **R**, quando o subsolo é uma rocha não consolidada (uma aluvião fluvial, por exemplo).

Do mais superficial ao mais profundo, é importante caracterizar cada um destes horizontes, pois isso

ajuda a compreender não só a natureza do solo como o seu papel na ligação da litosfera ao mundo vivo.

Muitas vezes, na literatura pedológica, às letras maiúsculas, indicadoras dos horizontes do solo, estão associadas letras minúsculas, no sentido de acentuar esta ou aquela característica mais significativa. Para o leitor interessado em pormenorizar este aspecto, aqui as deixamos:

b indica que o horizonte se afundou (*buried*);

g alude à coexistência de manchas esbranquiçadas e coradas (vermelhas, amarelas, castanhas) em resultado de processos de redução e oxidação do ferro;

h refere acumulação de húmus;

m indica que o horizonte respectivo se encontra endurecido por cimentação que, no caso de ser devida à acção de compostos de ferro, é especificada pela sigla **ms**;

p indica que o horizonte está afectado pela lavoura;

r alude à existência de redução intensa por acção de águas subterrâneas;

s chama a atenção para a concentração de sexquióxidos; e

w alude à ocorrência de fenómenos de alteração ao nível do respectivo horizonte.

12.

Epipédon, o horizonte de diagnóstico

Não tem havido, entre os autores, concordância na definição dos diversos horizontes do solo. Por um lado, há grande dificuldade (se não mesmo impossibilidade) de generalizar a clássica e demasiado esquemática nomenclatura ABC, à totalidade das situações existentes nas mais variadas latitudes e altitudes terrestres. Assim, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América criou o conceito de **horizonte de diagnóstico**, usado na descrição e classificação do solo, com muito pouca ou nenhuma correspondência aos definidos nas nomenclaturas mais antigas atrás referidas. Surgiu, então, o conceito de **epipédon** (do grego *epi*, por cima, sobre; e *pedón*, solo.) descrito como um horizonte do solo gerado à superfície, correspondente à parte superior (A), de tonalidade mais escura (em virtude da presença de matéria orgânica), e ou a parte do horizonte eluvial (E).

Consoante as características, os **epipédons** são referidos adjectivando-os com os termos que aqui se transcrevem:

Fíbrico – horizonte com restos orgânicos reconhecíveis. Do latim *fibra*, fibra.

Hístico – horizonte orgânico em solo mineral. Do grego *histós*, tecido (orgânico), em referência à presença de matéria orgânica pouco ou nada decomposta.

Mólico - horizonte orgânico, espesso, friável e arejado. Do latim *mollis*, fofo, macio.

Ócrico – horizonte orgânico, delgado, pouco húmido e, como tal, pouco corado. Do grego *ochrós*, pálido.

Sáprico – horizonte com matéria orgânica intensamente decomposta. Do grego *saprós*, podre.

Úmbrico – horizonte de estrutura maciça, espesso e muito escuro. Do latim *umbra*, sombra.

Sempre que os horizontes sejam modificados por acção do homem, o que acontece nos terrenos agricultados, usam-se expressões como **horizonte antrópico** e **horizonte agrícola**. Nesta nova concepção do referido Departamento de Agricultura, são ainda reconhecíveis no perfil do solo outros horizontes

subjacentes ao **epipédon**, no geral coincidentes com o horizonte iluvial (B) da nomenclatura clássica:

Argílico - com acumulação importante de fracção argilosa.

Câmbico – com textura fina em resultado de intensa alteração in situ da rocha-mãe. Do latim *cambiare*, trocar.

Espódico – com material amorfo orgânico e mineral (hidróxido de ferro). Do grego *spodion*, cinza ou lava vulcânica.

Nátrico – horizonte argiloso rico em sódio, com estrutura colunar ou prismática. Do árabe *natrun*, sódio.

Óxico – com perda de sílica e enriquecimento em óxidos e hidróxidos de ferro.

Da nova nomenclatura constam ainda outras qualificações relativas a horizontes cujas características merecem referência especial:

Álbico – horizonte lavado dos óxidos e hidróxidos de ferro e, portanto, descolorido. Do latim *alba*, branca.

Cálcico – com acumulação de cálcio de neoformação, de aspecto pulverulento. No caso de haver cimentação (crosta), usa-se o termo petrocálcico.

Gípsico – com acumulação de gesso. Do grego *gypsós*, gesso.

Sálico – com acumulação de sais.

Finalmente, há que distinguir os horizontes superficiais mais ou menos endurecidos, cimentados e impermeáveis, isto é, que constituem crostas designadas por **durimperme** ou **duripan**, normalmente siliciosas (silcretos), às vezes, carbonatadas (calcretos), outras vezes ferralíticas (lateritos) e outras, ainda, aluminosas (bauxitos), quatro tipos particulares de crostas pedogénicas, um tema a desenvolver mais adiante.

13.

Classificação dos solos

AS CLASSIFICAÇÕES, ainda que obedecendo a critérios diferentes, escolhidos em função de cada caso, têm como principal propósito ordenar o conhecimento com vista a destacar as relações existentes entre os objectos ou os materiais classificados, e, como fim último, avançar no desconhecido.

De tudo o que tem sido exposto, ficou clara a estreita relação existente entre a génese, a evolução e a natureza dos solos por um lado, e o clima das regiões onde estes ocorrem, por outro. Assim, como na meteorização e pelas mesmas razões, existe um certo paralelismo entre a zonalidade climática (quer a definida em latitude, quer a determinada pela altitude) e a zonalidade dos solos. E, na medida em que os minerais argilosos são componentes do solo transformados ou neoformados pelos agentes externos, também eles reflectem, nas respectivas naturezas, estreita relação com o clima, contribuindo para acentuar o referido paralelismo.

Com base neste paralelismo, acentuado há pouco mais de um século pelo pedólogo russo Leonild Sibirceff (1898), já citado atrás, pode esquematizar-se uma classificação dos solos que, não só põe em evidência um tal condicionalismo, como tem a vantagem de relacionar o solo com os processos supergénicos e atribuir-lhe os correspondentes significado e importância no âmbito da geologia.

A – SOLOS ZONAIS

Também referidos por **solos térmicos**, correspondem, por definição, a solos em equilíbrio com o clima, isto é, solos cujas principais características são consequência do clima da região onde se encontram. Este grupo de solos compreende:

1 - Solos polares

São solos muito pouco evoluídos, imaturos, praticamente reduzidos a capas de meteorização (alteritos ou rególitos), em que predomina a desagregação. Estes solos estão normalmente sujeitos a um regime alternante de gelo e degelo da *camada* mais superficial (molissolo), estando a parte mais profunda permanen-

temente gelada (pergelissolo ou **permafrost**). Em tais condições, apenas se desenvolvem líquenes, musgos e raras plantas de raízes muito superficiais.

2 - Solos podzólicos ou podzóis

Também ditos solos húmicos brutos, são próprios das regiões frias e húmidas, com temperaturas médias anuais entre 0 e 8°C e pluviosidade abundante, superior à evapotranspiração^[1]. Nestas regiões, onde dominam as florestas de coníferas (taiga), os solos adquirem qualidades acidificantes (pH menor que 4) e complexantes que conduzem à cheluviação, de que resulta concentração residual de sílica. Nos solos sujeitos a estas condições, a matéria orgânica forma complexos de alumínio e de ferro (quelatos ou chelatos) hidrossolúveis, permitindo, assim, a migração destes dois elementos, deixando um resíduo rico em sílica. O perfil deste solo mostra um horizonte inferior com o aspecto e a cor da cinza e, daí, o seu nome, derivado do russo *pod* (inferior) e *zola* (cinza). São ainda destas regiões os solos da tundra^[2] e das turfeiras boreais^[3].

3 - Solos pardos e negros

Nas latitudes médias, temperadas húmidas e sub-húmidas, com temperaturas médias anuais entre 8 e 15°C, os solos são mais evoluídos e, portanto, mais ricos em húmus, o que lhes confere a cor escura que os caracteriza. Para além do húmus, são significativos os teores de argila e de matéria orgânica não humificada. No que se refere à componente argilosa, em parte dependente da natureza da rocha-mãe, há condições ambientais para a neoformação sobretudo de clorite, ilite, esmectites e interstratificados vários. Nestes solos, ditos húmicos, podem distinguir-se: **solos pardos a negros da floresta caducifolia** (de folha caduca), próprios das regiões de maior pluviosidade e temperatura mais constante ao longo do ano; **solos pardos a negros da pradaria**, nas grandes planuras de vegetação herbácea e de gramíneas do continente norte-americano; **solos pardos a negros da estepe**, com vegetação igualmente herbácea e de gramíneas, dos extensos plainos da Ásia Central. Muitas vezes estes solos contêm carbonatos de cálcio, o que caracteriza um tipo muito particular

descrito na estepe russa, referido por **chernozem**^[4]. Neste processo, conhecido por calcificação, diferencia-se um horizonte rico em carbonatos (calcite e ou dolomite) que tendem a ascender, por capilaridade, para níveis mais superficiais. Este enriquecimento tem lugar em regiões continentais, interiores, de climas frios e relativamente secos, todavia com precipitações superiores à evapotranspiração. Concomitantemente há concentração de matéria orgânica e formação de húmus. A calcificação é uma característica dos solos das referidas pradarias e estepes. Na fracção argilosa predominam as esmectites, a ilite e os interstratificados ilite-montmorilonite.

4 - Solos vermelhos mediterrâneos

Nas regiões temperadas sub-húmidas, de baixa latitude (subtropicais), de floresta de folhagem perene, predomina a rubefacção. São os solos característicos das regiões envolventes do Mediterrâneo, com temperaturas médias anuais entre 15 e 20 °C e uma estação seca bem marcada no verão e pluviosidade no inverno. O solo enriquece em óxido de ferro (hematite), o que lhe confere a característica cor vermelha. Este processo permite alguma lixiviação das bases (sódio e potássio) durante a estação húmida e enriquecimento do horizonte B em argilas, no geral caulinite e ilite. O horizonte A empobrece em húmus.

No Alentejo abundam os solos vermelhos, quer sobre rochas xistosas, quer sobre rochas calcárias, como são os mármore, onde a carsificação^[5] conduziu à formação de uma argila residual de intensa cor vermelha conhecida por **terra rossa**^[6].

5 - Solos subdesérticos

Próprios das regiões subáridas ou xéricas^[7], tropicais, com pluviosidade inferior a 250 mm/ano, muito pobres, ou praticamente desprovidos de argilas e de matéria orgânica. São propícios à formação de crostas calcárias (calcretos) e silíceas (silcretos). São próprios destas regiões os **pedocals**, ricos em carbonato de cálcio, como os descreveu o geopedólogo americano C. F. Marbut, em 1927. Nas regiões mais áridas (hiperáridas), não há solo no sentido pedológico do termo. A rocha sã (inalterada) aflora por todo o

lado e mesmo que exista uma capa de desagregação (rególito) é sempre muito delgada e não tem, via de regra, nem matéria orgânica nem argila.

6 - Solos vermelhos intertropicais

Nas zonas vizinhas do equador e dos trópicos, entre, aproximadamente, os paralelos 30° N e 30° S, com pluviosidade superior a 1000 mm/ano e temperaturas médias anuais acima de 20°C, domina a ferralitização. Este tipo de solo, passível de formação sobre, praticamente, qualquer tipo de rochas (excepção feita aos quartzitos), corresponde aos **pedalfers** de Marbut e necessita de uma estação quente e suficientemente pluviosa (que permita a hidrólise dos silicatos, a mobilização do ferro e a completa evacuação das bases), alternante com uma estação seca que possibilite a oxidação da matéria orgânica e consequente imobilização do ferro. Tal imobilização conduz à ferralitização, isto é, à formação de óxido vermelho (hematite) e ou de hidróxidos de ferro (goethite) com colorações variáveis entre o amarelado e o acastanhado mais ou menos escuro. A sílica é parcialmente libertada e a parte que resta combina-se com a alumina para formar argilas (caulinite, essencialmente). Havendo alumina em excesso formam-se hidróxidos de alumínio. A intensidade da acção bacteriana é tal que consome grande parte da matéria orgânica, não havendo, praticamente, produção de húmus. Um caso particular da ferralitização é a formação de **solos ferralíticos** ou **lateríticos**^[8], uma expressão não usada na actual nomenclatura pedológica, mas que persiste em virtude do seu interesse económico.

B – SOLOS INTRAZONAIS

Solos cujas características pouco ou nada dependem do clima. Num caso (os dois primeiros) dependem da natureza da rocha-mãe, noutros (os dois últimos) estão condicionados por deficiente drenagem do terreno. Este grupo de solos compreende:

1 - *Rendzinas*

Termo de origem russa para designar os solos calcários, ou calcimórficos, sobre rocha calcária. O **solum**, não diferenciado, resume-se a uma argila calcária pulverulenta.

2 - *Rankers*

Termo alemão para designar solos siliciosos, saibren-tos, pobres em matéria orgânica, gerados sobre rochas ácidas (granitos, gnaisses e afins), comuns em alta montanha.

3 - Solos halomórficos ou halomorfos

Próprios das regiões endorreicas em zonas subáridas, onde a precipitação atmosférica é inferior à evapotranspiração. São solos salinos, isto é, impregnados de sais, no geral sódicos(carbonatos, cloretos, sulfatos) formando crostas.

4 - Solos hidromórficos ou hidromorfos

Nas regiões húmidas alagadas, com matéria orgânica redutora e formação de horizonte *gley*, caracterizado pela existência de manchas coradas, escuras (de ferro ferroso e matéria orgânica) e descoradas. Neste processo, referido por gleização, há empobrecimento em oxigénio do horizonte A e consequente diminuição da actividade biológica.

C – SOLOS AZONAIS

São solos imaturos ou incipientes, praticamente reduzidos ao manto de alteração, exemplificados pelos:

1 - Litossolos

Com origem em rochas consolidadas.

2 - Regossolos

Derivados de rocha não consolidadas, areníticas e arenosas.

^[1] Conjunto da água que se evapora ao nível do solo e da superfície das plantas e de toda a água que se liberta na sequência do metabolismo das mesmas.

^[2] Termo de origem lapónica para os terrenos planos, ora gelados ora alagadiços, desprovidos de vegetação arbórea e cobertos de plantas rasteiras, entre as quais musgos e líquenes.

^[3] Boreal, do latim boreale, que significa setentrional, do norte, é o mesmo que ártico, do grego arkticós, com o mesmo significado.

^[4] Expressão composta a partir do russo chern (preto) e zemlja (solo).

^[5] Processo de erosão particularmente comum nas rochas calcárias, produzido por dissolução dos carbonatos pelas águas pluviais carregadas de dióxido de carbono.

^[6] Expressão italiana que refere o barro (terra) vermelho.

^[7] Do grego, xerós, seco, não húmido.

^[8] Do latim later, tijolo, em alusão ao seu aspecto e ao facto de, cortado em blocos paralelepípedicos, ser usado, como tal, na construção.

14.

Os solos de Portugal

O conhecimento sistemático dos solos de Portugal teve início nos anos cinquenta do século XX com os trabalhos inerentes à elaboração da Carta dos Solos de Portugal na escala de 1:50 000 e da Carta de Capacidade e Uso do Solo, na mesma escala. Destes trabalhos resultou, ainda, uma sistemática dos solos nacionais, editada pelo antigo Serviço de Reconhecimento e de Ordenamento Agrário (SROA), actual Centro Nacional de Reconhecimento e Ordenamento Agrário (CNROA). Nesta carta que, na sua concepção e bases de classificação, reflecte a “filosofia” da agricultura nacional em meados do séc. XX., são propostas como categorias taxonómicas: ordens, subordens, grupos, subgrupos, família e séries.

À semelhança das cartas ou mapas geológicos, os pedólogos elaboram cartas ou mapas dos solos nas quais se desenham, a uma dada escala, e se explicam as unidades pedológicas (unidades-solo) consideradas, para o efeito, pertencentes a um escalão taxonómico compatível com essa escala. Assim, quanto maior for a escala adoptada, maior será a pormenorização e, portanto, mais baixa será a categoria taxonómica da unidade cartografada. Na Carta dos Solos de Portugal, a unidade-solo adoptada é a família. Em complemento da parte gráfica, há uma parte descrita versando todos os elementos susceptíveis de possibilitar e, até, valorizar a leitura da carta, entre os quais, por exemplo, indicações no sentido da sua melhor utilização para fim agrícolas, planeamento, etc. Todavia, nas notas que aqui deixamos à disposição do leitor, apenas serão referidas os primeiro e segundo escalões hierárquicos, num caso ou noutro o terceiro (grupos), dado que são estes que definem e caracterizam os grandes tipos de solo.

I – SOLOS INCIPIENTES (ordem)

Solos não evoluídos, praticamente reduzidos à capa de alteração da rocha-mãe, sem horizontes pedológicos bem diferenciados. Inclui quatro subordens.

1- Litossolos

De muito pequena espessura (? 10cm), esqueléticos, derivados de rochas consolidadas.

2 - Regossolos

De muito maior espessura, derivados de rochas arenosas e areníticas não consolidadas. (Do grego *regos*, cobertura).

3 - Aluviosolos

Instalados sobre aluviões, não embebidos de água (não hidromórficos). Podem separar-se em dois grupos: Modernos e Antigos.

4 - Coluviosolos ou de sopé

Instalados na base das vertentes

II – SOLOS LITÓLICOS

Designação proposta por Botelho da Costa para os solos pouco evoluídos, derivados de rochas não carbonatadas, com duas subordens:

1 - Solos litólicos húmicos

Com *epipédon* úmbrico (do latim, umbra, sombra).

2 - Solos litólicos não húmicos

Sem *epipédon* úmbrico.

III – SOLOS CALCÁRIOS

Solos pouco evoluídos derivados de rochas carbonatadas, com duas subordens:

1. Solos calcários pardos

De cores castanho-escuras.

2. Solos calcários vermelhos

De cores vermelhas e avermelhadas.

IV – BARROS

Solos evoluídos, muito argilosos, com três subordens.

1 - Barros pretos

De cor negra, geralmente muito escuros, como acontece com os barros de Beja, bem conhecidos como campos de trigo.

2 - Barros pardos

Escuros, acastanhados.

3 - Barros castanho-avermelhados

De tons variados.

V – SOLOS MÓLICOS

Solos evoluídos com epipédon mólico (do latim, mollis, fofo, macio).

1 - Castanozemes

Próprios de climas secos de regime xérico (do grego xeros, seco). As rendzinas são castanozemes (do latim *castanea*, castanha, e do russo *zemlja*, solo.), ricos de carbonato de cálcio.

VI – SOLOS ARGILUVIADOS

Termo introduzido por J. Carvalho Cardoso na literatura pedológica internacional. Dele foi retirada a designação *luvisol* adoptada na Carta dos Solos do Mundo (FAO - UNESCO). Correspondem a solos evoluídos comuns nas regiões mediterrâneas, com duas subordens:

1 - Solos mediterrâneos pardos

De cores pardacentas.

2 - Solos mediterrâneos vermelhos ou amarelos

De cores avermelhadas ou amareladas. Alguns destes solos derivam de rochas-mãe calcárias, sendo conhecidos por *terra rossa*, de que temos bons exemplos em associação com os mármore de Vila Viçosa – Estremoz - Borba.

VII – SOLOS PODZOLIZADOS

Solos evoluídos, com diferenciação de um horizonte espódico. Inclui duas subordens:

1 - Solos podzolizados não hidromórficos

Sem características de embebimento de água (encharcamento).

2 - Solos podzolizados hidromórficos

Com características próprias de hidromorfismo.

VIII – SOLOS HALOMÓRFICOS

Com excesso de sais solúveis.

1 - Solos salinos – em geral, com cloreto de sódio.

IX – SOLOS HIDROMÓRFICOS

Com encharcamento temporário ou permanente de água, sujeitos a gleização (do russo *gley*, termo que refere uma massa de solo resultante da redução do ferro pela matéria orgânica.), com duas subordens:

1 - Sem horizonte eluvial.

2 - Com horizonte eluvial (planossolos).

X – SOLOS ORGÂNICOS HIDROMÓRFICOS

Solos com *epipédon* hístico (do grego *histós*, tecido orgânico), em condições de saturação de água.

1 - Solos turfosos

Com horizontes de matéria sáprica (apodrecida).

Convidado a participar na Carta de Solos do Mundo, na escala 1/5 000 000, Portugal contribuiu com a Carta de Solos de Portugal, na mesma escala. Para tal houve que estabelecer correspondência entre as unidades taxonómicas adoptadas pela FAO e as utilizadas no CNROA, na Carta do Solo de Portugal 1/50 000. Assim, às unidades pedológicas adoptadas pela organização da Unesco (à esquerda) correspondem as respectivas designações taxonómicas do CNROA (à direita).

Luvisolos - Solos argiluvitados pouco insaturados.

Do latim *luere*, lavar.

Planossolo - planossolos.

Podzóis - solos podzolizados.

Lixissolos

Solos mediterrâneos não calcários, com materiais lateríticos. Do latim *lixivare*, lavar.

Alissolos

Solos argiluvitados muito insaturados. Do latim *alumen*, alumínio, elemento essencial na composição das argilas.

Histossolos

Solos orgânicos hidromórficos.

Fluvissolos

Aluviosolos e coluviosolos.

Gleyssolos

Solos hidromórficos sem horizonte eluvial.

Leptossolos

Litossolos, rankers e rendzinas. Do grego *leptós*, delgado.

Arenossolos

Regossolos psamíticos.

Vertissolos

Barros. Do latim *vertere*, entornar, verter.

Cambissolos

Solos calcários.

Calcissolos

Solos calcários.

Kastanozems

Castanozemes.

15.

Crostras pedogénicas

Em determinadas condições morfoclimáticas favoráveis, certos solos evoluem no sentido de gerar um horizonte endurecido, mais ou menos impermeável, habitualmente designado por **crosta** e **couraça**, sendo o último termo reservado aos casos em que este endurecimento é mais acentuado e abrange uma maior espessura. Não cabendo os materiais constituintes destas crostas nos conceitos convenionados para os três grupos de rochas tradicionalmente aceites (ígneas, sedimentares e metamórficas) e tendo em atenção, por um lado, o seu carácter habitualmente coeso e rígido, isto é, rochoso, no sentido vulgar do termo, e, por outro, o seu modo de formação no âmbito da pedogénese, há autores que as consideram **rochas residuais**. Geólogos e geomorfólogos de língua inglesa tratam-nas por duricrusts e diferenciam-nas em função da natureza química dominante. Os pedólogos referem-nas como **durimpermes** e **duripans** (estas de natureza siliciosa).

Entre as crostas (*croûtes*, *cuirasses* ou *dalles*, dos autores de língua francesa) geradas nestas condições, merecem destaque as ferruginosas (ferricretos), mais conhecidas por **lateritos**, as aluminosas (alcretos) ou **bauxitos**^[1], as calcárias (calcretos) e as siliciosas (silcretos). Outras há com menor expressão no terreno, como sejam as dolomíticas, de natureza magnésiana (dolocretos), as fosfatadas (phoscretos)^[2], as gipsíferas, isto é, à base de gesso (gypcretos) e as salinas (salcretos). Nas áreas aplanadas e depressivas, como sejam as superfícies envolventes das *sebkhas* norte-africanas ou das *alkaliflats* nos *pediments* das *Basins and Ranges* do Oeste norte-americano, o ressurgimento de águas de infiltração, de elevado teor salino, desenvolve tapetes de eflorescência, em geral, de gesso ou anidrite, mas também de outros sais.

Ferricretos

Em associação com os solos ferralíticos das regiões subáridas, com alternância bem marcada de estações seca e húmida, desenvolvem-se extensas concentrações de óxidos e hidróxidos de ferro sob a forma de crostas ou couraças, mais conhecidas por

lateritos férricos ou, simplesmente, lateritos, explorados como matéria-prima para a indústria do ferro^[3].

Para muitos autores o termo **laterito**, assim chamado pelo facto de este material ter sido usado na construção, depois de cortado em paralelepípedos, à semelhança dos tijolos (*later*, em latim), inclui quer os férricos, quer os aluminosos. A corroborar esta posição está o facto de os dois materiais ocorrerem frequentemente associados. O ganho ou a perda de ferro, induzidos pelas condições locais, determinam a natureza da crosta que, assim, pode variar entre essencialmente férrica (laterito, em sentido restrito), essencialmente aluminosa (bauxito) ou ser uma mistura dos dois materiais.

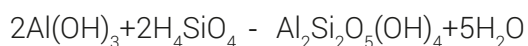
O horizonte situado abaixo da couraça laterítica, designado por litomargem, é essencialmente caulínico e encontra-se, por vezes, **marmorizado**^[4].

Se a floresta for destruída, a couraça aflora e endurece, num processo praticamente irreversível. Acontece muitas vezes, nestas regiões, proceder-se à desflorestação com o propósito de criar áreas de cultivo. Passados pouco anos, o encouraçamento laterítico torna o terreno incultivável mas, como há muita terra, abre-se nova clareira e, assim, se vão desertificando extensas áreas florestadas desta zona climática. Na transição do Terciário para o Quaternário houve, em Portugal, condições climáticas favoráveis à lateritização. São disso testemunhos os encouraçamentos de Marmelar (Vidigueira) e da faixa planáltica a sul de Santiago do Cacém.

Alcretos

Nas regiões mais equatoriais, húmidas, como são as bacias do Amazonas e do Congo, tais condições são favoráveis à bauxitização, isto é, à produção e concentração de hidróxidos de alumínio – gibbsite, $\text{Al}(\text{OH})_3$, diásporo, $\text{AlO}(\text{OH})$ e boehmite $\text{AlO}(\text{OH})$, - com predominância do primeiro, constituindo, por vezes, grandes acumulações, de elevado interesse como matéria-prima de alumínio, mais conhecida por bauxito, geralmente em associação com argilas caulínicas. Estes solos residuais, no geral, de textura pisolítica^[5],

igualmente conhecidos por lateritos aluminosos, devem o seu grande enriquecimento em alumínio à perda dos restantes componentes das rochas-mães que lhes estão na origem. A intensa lixiviação e drenagem propiciadas pela constante pluviosidade e pelo bioquimismo próprio dos solos nestas condições, para além dos alcalinos e calco-alcalinos, facilmente removíveis, acabam por libertar os componentes menos solúveis como são os férricos e a sílica. A associação dos bauxitos às argilas cauliníticas resulta da incompleta evacuação da sílica que, assim, se combina com a alumina para formar o respectivo silicato hidratado, segundo a equação



Lateritos e bauxitos, tanto podem ser expressões de um solo, como corresponder a autênticos depósitos sedimentares. No primeiro caso são corpos residuais, autóctones, merecendo por parte de alguns autores, como se disse atrás, a designação de **rochas residuais**. No segundo, trata-se de acumulações de materiais oriundos dos perfis pedológicos onde foram gerados e, só depois, mobilizados e transportados, para mais perto ou mais longe, e depositados em locais favoráveis à sua imobilização. São pois, neste caso, materiais rochosos alóctones e, como tal, autênticas rochas sedimentares, a que se fará a devida referência em capítulo próprio.

[1] Termo proposto por Dufrenoy (1845), inspirado em Le Baux, localidade do sul de França, onde este tipo de crosta foi encontrado por Berthier, em 1821. Nesta localidade, o bauxito integra antigas formações de idade eocénica, quando o território estava sob clima quente e húmido, muito diferente do actual.

[2] O elemento *crete*, que compõe este e os restantes termos afins, é o mesmo da palavra *concreto* (do latim *concretus*, tornado sólido por efeito de concreção), que no Brasil se usa como sinónimo de betão. Os elementos *al*, *cal*, *dolo*, *ferri*, *gyp*, *phos*, *sal* e *sil* aludem às respectivas composições. O aportuguesamento destes nomes muda-lhes o te final em to, como é regra na nossa terminologia dos materiais rochosos (a terminação te é exclusiva dos nomes dos minerais).

[3] Em alguns casos há manganês associado ao ferro e, mais raramente, níquel e ou cobalto.

[4] Sobre o fundo argiloso claro sobressaem manchas coradas, ferruginosas. O termo corresponde ao *mottled*, na terminologia inglesa, ao *marmorisée* ou *tachetée*, na francesa.

[5] Constituída por pisólitos, isto é, pequenas concreções esferoidais, de crescimento mais ou menos concêntrico, lembrando ervilhas.

16.

Crostras pedogénicas (continuação)

Calcretos

Com cem anos de uso, o termo *calcrete*, proposto por G. H. Lamplugh (1902), só nas últimas décadas começou a figurar na nossa terminologia geológica. Este tipo de crostras pedogénicas, próprio de ambientes morfoclimáticos caracterizados por uma certa subaridez (precipitação abaixo dos 500 mm/a), resultam de acumulação de carbonato de cálcio ao longo de extensões superficiais maiores ou menores^[1]. Os calcretos variam bastante em espessura, desde algumas dezenas de metros, na Austrália, África do Sul, Novo México (EUA), a alguns metros no sul e sudeste ibérico (3 a 5 m em Portugal, no Algarve).

Uma das primeiras referências a este tipo de crosta é da autoria do naturalista Charles. Darwin (1846) que, sob a designação de *tosca*, a descreve em pormenor nas pampas argentinas.

O termo *calcrete*, dos autores ingleses e aceite como unificador pela comunidade científica, abarca um sem número de designações regionais (cerca de meia centena), de entre as quais se destacam *batha* e *kunkar* (Índia), *calcário da catinga* (Brasil), *caliche* (sul dos EUA), *canto blanco* (Canárias), *croûte calcaire* (Argélia e Tunísia), *gigilim* (Nigéria), *nari* (Israel), *Steppenalk* (Namíbia), *tafeza* (Norte de África), *tape-tate* (México), *travertine crust* (Austrália), etc..

O termo português *caliço*, corrente na toponímia do sul do país, é mais um entre nomes locais e regionais a acrescentar a esta lista, tendo sido usado por Paul Choffat (1887) nos seus trabalhos sobre a geologia do Algarve. *Branqueiros* e *lajinhas de cal* são expressões locais usadas na terminologia geológica para referir este tipo de ocorrências em Porto Santo e no extremo oriental da Madeira (S. Lourenço), onde a subaridez é a regra climática.

Os calcretos constituem corpos geológicos dispostos horizontalmente, sendo constituídos, no geral, por um nível friável, esbranquiçado, de aspecto pulverulento, farináceo (às vezes referidos entre nós, impro-

priamente, pelo nome de *cré*) sobre o qual se desenvolve, em estádios mais avançados de evolução, a crosta propriamente dita. Quando a evolução climática se faz no sentido do aumento da humidade, as crostras tendem a degradar-se, dando lugar a concreções calcárias espaçadas entre si.

Na maior parte das situações, os calcretos formam-se sobre rochas-mãe calcárias, como se verifica no Algarve em relação com as sequências carbonatadas mesozóicas. Menos frequentes, mas não raras, são as ocorrências sobre gabros e outras rochas ígneas ou metamórficas, susceptíveis de fornecer cálcio, com acontece na região de Beja. Conhecem-se calcretos a culminar perfis em rochas praticamente destituídas de cálcio, facto que leva a aceitar que estas crostras, para além de enriquecerem em calcite, a expensas da rocha, do substrato (*per ascensum*), podem receber essa contaminação, lateralmente, vinda de outras rochas através das águas de percolação no solo. Neste último caso, à semelhança do que se passa com os lateritos e os bauxitos, coloca-se o problema da sua condição sedimentar, uma vez que há transporte do material carbonatado, ainda que em solução.

Na qualidade de solos residuais, os calcretos, para além do carbonato de cálcio, conservam um resíduo insolúvel resultante da meteorização e evolução pedológica da rocha-mãe. Assim, contêm, em geral, uma fracção detrítica grosseira (fragmentos rochosos, areias) e uma outra essencialmente argilosa, de alteração e de neoformação no solo, ou herdada, no caso das rochas que lhes estão subjacentes conterem estes filossilicatos na sua composição.

Os calcretos são conhecidos a vários níveis do registo estratigráfico mundial, dos *Old Red Sandstones* do Devónico da Escócia, ao Cenozóico, de que temos exemplos no Paleogénico da região de Macedo de Cavaleiros, na Beira Baixa, no Alentejo e na região de Colares (Sintra).

Silcretos

Em coerência com a uniformização da nomenclatura, Lamplugh (1907) propôs também o nome *silcrete*

para as crostas pedogénicas enriquecidas em sílica. Sob diversas designações, estes **arenitos do deserto**, como lhes chamou R. Daintree (1872), ao descrevê-los no norte de África, são conhecidos por **grés polimorfos** em Angola e no Congo, **duripan** nos Estados Unidos, **surface quartzite** na África do Sul, **porcelanite** na Austrália, **meulière** em França, etc..

Os silcretos são característicos de regiões de tendência árida com drenagem deficiente, muito planas, com declives mínimos (inferiores a 5%), sendo comuns na África do Sul, Namíbia, Calaari, Mauritânia, Austrália e nordeste do Brasil, onde as espessuras são da ordem das dezenas de metros, podendo ocorrer sobre quaisquer tipos de rocha-mãe. É, em particular, sobre as rochas sedimentares terrígenas ou os seus equivalentes não consolidados que os silcretos são mais frequentes e atingem maior expressão em espessura e em extensão.

A silicificação, nuns casos **per ascensum**, a partir do substrato, noutros por contaminação lateral, é feita sob a forma de opala, nos silcretos mais recentes, ou de quartzo microcristalino (calcedonite) ou fanerítico, nos mais antigos. No decurso da diagénese, como é sabido, a sílica amorfa tende a passar a cristalina. Nuns casos, a silicificação consiste na cimentação do horizonte pedológico por penetração da sílica nos vazios; noutros, verifica-se ter havido substituição epigénica (molécula a molécula) do material do perfil por sílica. É o que acontece na transformação (frequente) de calcretos em silcretos, por substituição do carbonato de cálcio pela sílica. **Silcalcretos** e **calsilcretos** são, assim, designações que procuram referir estádios intermediários dessa metassomatose.

Em Portugal, nas últimas décadas tem vindo a ser reconhecida a ocorrência de silcretos^[2] quer sub-actuais (Quaternário de Rio Frio, Setúbal) quer mais antigos, em especial no Cenozóico da Beira Baixa, da Bacia do Tejo-Sado e do Alentejo interior. O grés porcelanóide, de há muito reconhecido no cimo aplanado do Buçaco, na vizinhança da Cruz Alta, deve ser considerado um silcreto de idade compreendida entre o Cretácico superior e o Paleogénico.

[1] Relativamente a este tema, o leitor encontra informação mais pormenorizada, quer geral quer sobre a ocorrência de calcretos em Portugal, in A. M. Galopim de Carvalho & M. Teresa Azevedo (1993-97), "Calcretos", Geolis, Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa, Vol. VII (1-2); A. M. Galopim de Carvalho & Silvério Prates (1983-85), "Sobre a Ocorrência de Calços no Algarve", Boletim da Sociedade Geológica de Portugal, Vol. XXIV, Lisboa.

[2] O leitor encontra informação mais pormenorizada, bibliografia geral e sobre a ocorrência de silcretos em Portugal, in Silcretos, M. Teresa Azevedo & A. M. Galopim de Carvalho (1993-1997), Geolis, Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências de Lisboa, Vol. VII (1-2).

17.

Bio-rexistasia

Numa concepção do solo como um fenómeno geológico, introduzida pelo geólogo americano Cutis Fletcher Marbut (1863-1935), o geógrafo francês Henri Herhart (1898-1982) publicou, em 1956, uma interessante e original teoria *La genèse des sols en tant que phénomène géologique: Esquisse d'une théorie géologique et géochimique, biostasie et rhexistasie*, com uma segunda edição na Masson, Paris, em 1967.

Segundo o autor francês, certas regiões do globo estiveram ou estão numa situação que referiu por **biostasie**, (do grego *bios*, vida, e *státis*, estabilidade) isto é, uma situação de equilíbrio biomorfológico, expresso principalmente por uma muito vasta e densa cobertura vegetal, de longa duração e estável. Tal acontece porque, durante períodos muito longos, não se verificaram variações sensíveis das condições ambientais sob as quais essa cobertura se desenvolveu, situação exemplificada pela actual floresta quente-húmida amazónica. O equilíbrio biológico próprio deste tipo de cobertura vegetal protege o solo da erosão mecânica, mas é favorável à alteração química em profundidade e subsequente evacuação dos materiais solubilizáveis. O período biostático é sempre um intervalo de tempo longo, à escala geológica, e de pedogénese intensa. Por seu lado, **rexistasia** (do grego *rhexis*, rotura, e *státis*, estabilidade) refere, ao contrário, um tempo muito mais curto, caracterizado pela rotura daquele equilíbrio e consequente destruição da cobertura vegetal, com exposição do solo à erosão mecânica. As causas desta interrupção são geralmente devidas a mudanças climáticas, mais ou menos acentuadas e bruscas, quer no sentido do arrefecimento, quer no da elevação da temperatura, acompanhada de secura, conduzindo à desertificação.

Durante os longos períodos biostáticos, a manutenção de condições de humidade e de temperatura relativamente elevadas e estáveis, associadas à exuberância da cobertura vegetal dela dependente, conduzem a intensa alteração das rochas e a profunda evolução dos solos, proporcionando, contudo, acentuada protecção destes materiais, face aos

agentes de erosão mecânica. Praticamente, só os produtos solúveis resultantes da decomposição são mobilizados e arrastados pelas águas de infiltração, no trabalho de lavagem que exercem ao atravessá-las antes de atingirem os cursos de água. Neste contexto, poderá falar-se de **erosão química**.

Com efeito, ricos de substâncias químicas em solução (iões como Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , CO_3H^- , CO_3^{2-} , PO_4H_2^- , SO_4^{2-} , etc., e moléculas como SiO_2) os rios promovem o seu transporte até aos locais de sedimentação, onde esta se processa por mera precipitação química destas substâncias ou através da acção de seres vivos que, previamente, as incorporam na construção dos seus esqueletos, isto é, por via bioquimiogénica. Em síntese e por outras palavras, diremos que, no que se refere à sedimentogénese em períodos de biostasie, a sedimentação terrígena é reduzida, ao contrário da sedimentação química e/ou bioquímica. O material terrígeno resultante da alteração neste tipo de ambiente e que tinge a água dos rios é, predominantemente argiloso, impregnado de óxidos de ferro.



Vista aérea da Floresta Amazónica
<https://www.flickr.com/photos/lubasi/4934885054>

Nos períodos de desnudação da cobertura vegetal, resultante das crises rexistáticas, a floresta deixa de proteger a superfície do solo que, em consequência do período anterior, está profundamente alterado e, portanto, facilmente atacável pela erosão. Os materiais postos em jogo no transporte e sedimentação subsequentes são essencialmente detriticos e reflectem, na parte inferior das séries sedimentares que

alimentam, os produtos da capa de alteração (a primeira a ser erodida) e, na parte superior, os materiais não alterados do substrato desnudado, sujeito, sobretudo, a desagregação e erosão mecânicas. O período rexistásico é um período de morfogénese intensa, não necessariamente longo, e a ele se associam escassez de sedimentação química e/ou bioquímica, em contraste com a grande importância de sedimentação detrítica, muitas vezes de carácter torrencial bem marcado e sempre revelador de maior ou menor imaturidade.

A dialéctica biostasia versus rexistasia, tal como a concebeu Ehrhart, reforçou a dimensão geológica dos solos, na medida em que estes são também testemunhos das paisagens continentais suas contemporâneas, quer nos aspectos físicos (relevo, clima) quer biológicos, em particular, a vegetação. Os constituintes minerais do solo (areia, argila) ficam, muitas vezes, com marcas características dos ambientes a que estão submetidos. O mesmo acontece com os solos do passado, e as marcas que levaram consigo, na sequência da erosão, acabaram por transitar para as rochas sedimentares detríticas, hoje patentes em sequências estratigráficas nas quais, como nas páginas de um livro, as procuramos ler e interpretar.



Paisagem em ambiente rexistático

http://sopasdepiedra.blogspot.pt/2015/05/2015-ano-internacional-dos-solos_24.html

18.

Importância dos solos

Inspirados na frase que ficou célebre do grande mestre da Renascença, Leonardo da Vinci (1452-1519), são muitos os que, de quando em vez, nos lembram que *"não se pode amar aquilo que não se conhece"*. Afirmção, tornada lugar comum, tem plena e justa aplicação face a tudo, material ou imaterial, o que nos rodeia.

E os solos são parte importante desse tudo.

É neste contexto e no propósito de promover, a nível mundial, um melhor conhecimento acerca do solo, como base para o desenvolvimento agrícola e subsequente segurança alimentar, que a Assembleia Geral das Nações Unidas, reunida a 20 de Dezembro de 2013, aprovou a Resolução n.º 68/232 que estabeleceu o dia 5 de Dezembro como **Dia Mundial do Solo** e o ano de 2015 como **Ano Internacional dos Solos**.

No que nos diz respeito, professores, investigadores e divulgadores de ciência, cabe-nos providenciar para que esta mensagem entre e permaneça nas nossas escolas e seja pretexto para incluir nos programas curriculares conceitos fundamentais da ciência dos solos. Indispensáveis à formação dos alunos, os professores que ensinam Geografia, Biologia e/ou Geologia, devem transmitir estes conceitos, no conteúdo e na forma adequados aos diferentes patamares de escolaridade, sem esquecer outros, não menos importantes, de cariz económico e social relacionados com a utilização do solo.

Para além do seu significado como fenómeno geológico do presente e do passado, o solo tem capital importância no desenvolvimento e manutenção da vida subaérea, com reflexo evidente na sociedade humana. Suporte fundamental da biosfera acima das terras emersas, está na base da cadeia alimentar dos animais e do homem.

O solo fornece às plantas o indispensável complemento alimentar do que lhes é facultado pelo CO₂ atmosférico. Esse complemento consiste nas substâncias químicas provenientes quer da manta morta, quer da alteração das rochas do subsolo.

Sendo certo que dispomos hoje, como nunca, de valiosa informação científica sobre o solo, torna-se urgente aumentar, a nível das populações, a consciencialização e a promoção da sustentabilidade deste recurso que sabemos ser degradável, frágil e irremediavelmente finto.

Desde sempre alvo da erosão natural, o solo está hoje, mais do que nunca, sujeito a agressões físicas, químicas e biológicas (resultantes de práticas de exploração intensivas e incorrectas) e à destruição decorrente do alastramento da urbanização e de um vasto conjunto de realizações próprias da sociedade moderna, com destaque para rodovias, barragens e aeroportos.

As alterações climáticas, a desertificação e a seca (que já ameaçam o Alentejo) são uma realidade, constituindo desafios de dimensão mundial que a todos devem preocupar e que sabemos serem objectivo da Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação, assinada no Rio de Janeiro, em 2010, por 192 países.

Assim, têm sido desenvolvidos esforços no sentido de condicionar a gestão do solo, quer quanto à satisfação das necessidades do presente, quer à das futuras gerações, tendo em vista não apenas a sua utilidade na agricultura, silvicultura e pecuária, mas também nos aspectos do terreno em termos de beleza paisagística.

Nestes termos e no que se refere a Portugal, a Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, consciente deste grave problema, procedeu, em 1975 (já lá vão quatro décadas), à adaptação para o nosso país da *European Soil Charter*, divulgada em 1972, pelo Comité dos Ministros do Conselho da Europa, cujos artigos se transcrevem:

1º O solo é um dos bens mais preciosos do património natural.

2º O solo é um recurso natural limitado, facilmente degradável e perecível.

3º A política de ocupação do solo deve ser gizada em função das propriedades do solo, da ecologia e das necessidades permanentes do país.

4º A qualidade do solo deve ser preservada e, sempre que possível, restaurada ou melhorada.

5º O solo deve ser protegido contra a erosão e contra as inundações. Cabe à conservação do solo lugar de relevo no planeamento das actividades nacionais.

6º O solo deve ser protegido contra a poluição.

7º Os solos mais férteis e produtivos devem ser reservados para a agricultura, mediante promulgação de leis que impeçam a usurpação dos mesmos por outras actividades.

8º Nos projectos de engenharia civil devem-se prever as repercussões desfavoráveis das grandes obras no solo e as verbas necessárias para a sua protecção e restauração.

9º Deve ser incrementada a inventariação do solo e assegurada a vigilância contínua deste recurso.

10º A investigação científica, a colaboração interdisciplinar e a extensão agrária devem ser estimuladas e fortalecidas com o fim de racionalizar a utilização do solo e, sem o degradar, aumentar o produto agrícola.

11º A conservação do património-solo deve ser incluída nos programas de ensino primário, secundário e superior e constituir preocupação constante dos cidadãos.

12º O Estado e as autarquias locais devem planear e gerir racionalmente os recursos do solo, a bem do povo português.