



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Paleossolos e Estudos Ambientais Quaternários: Discussão Teórica e Possibilidades de Aplicação*

Márcio Luiz da Silva¹

* Parte integrante da Monografia defendida no DCS – UFLA para obtenção do Título de Especialização em Solos e Meio Ambiente.

¹ Graduado em Geografia (UNIMONTES), Especialista em Solos e Meio Ambiente (UFLA) e Mestrando em Ciência Florestal (Pedologia) pela Universidade Federal do Vale do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM.

Artigo recebido em 23/08/2010 e aceito em 24/03/2011

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo discutir o conceito de paleossolo, sua formação e caracterização, e problematizar sua aplicabilidade como apoio nos estudos paleoambientais quaternários. Entende-se por paleossolo todo solo formado em épocas que antecederam o Holoceno e que se encontra preservado no registro geológico, figurando-se em vestígios de ambientes passados. Assim, inicialmente são apresentadas diversas concepções de paleossolos e alguns desdobramentos inerentes à natureza deste conceito e apontados exemplos no Brasil. São discutidas também as principais características dos paleossolos e seus fatores e condições de formação. Posteriormente, aborda-se a utilização dos paleossolos nos estudos de análise ambiental, evidenciando a relação da paleopedologia com a geologia e com a paleogeografia, enfatizando a perspectiva paleoambiental no Período Quaternário. Os paleossolos, aliados a outros vestígios de natureza litológica, geomorfológica, paleoclimática e biogeográfica, e valendo-se de métodos confiáveis, tem servido como bom indicador de ambientes pretéritos.

Palavras-chave: Paleossolo, Paleoambiente, Período Quaternário, Geociências.

Quaternary paleosols and Environmental Studies: Theoretical Discussion and Possible Application

ABSTRACT

The present work has as objective to argue the concept of paleosol, its formation and characterization, and to question its applicability as support in the quaternary paleoenvironment studies. It is understood for paleosol all soil formed at times that had preceded the Holocene and that it meets preserved in the geologic register, being imagined in last environment vestiges. Thus, initially diverse conceptions of paleosols and some unfoldings inherent to the nature of this concept are presented and pointed examples in Brazil. The main characteristics of the paleosols and its factors are also argued and conditions of formation. Later, it is approached use of the paleosols in the studies of environmental analysis, evidencing the relation of the paleopedology with geology and with paleogeography, emphasizing the paleoenvironmental perspective in the Quaternary Period. The paleosols, allies to other vestiges of litological nature, geomorphological, paleoclimatical and biogeographical, and using itself trustworthy methods, have served as good past environment pointer.

Keywords: Paleosol, Paleoenvironment, Quaternary Period, Geosciences.

* E-mail para correspondência: marcgeo10@yahoo.com.br

1. Introdução

O solo ocupa um lugar de destaque enquanto elemento constituinte na interação do ambiente. Na interface da litosfera, da atmosfera, da hidrosfera e da biosfera, encontra-se a pedosfera¹. Segundo Guerra e Guerra (2003), o solo é o único ambiente onde se encontra reunido, em associação íntima, os quatro elementos: domínio das rochas (litosfera), domínio das águas (hidrosfera), domínio do ar (atmosfera) e domínio da vida (biosfera). Para os autores, devido a sua gênese, evolução e propriedades, o solo se difere dos três reinos da natureza [animal, mineral e vegetal], devendo ser considerado como um quarto reino.

No século XIX, Dokouchaiev, considerado por muitos estudiosos da ciência do solo como sendo o fundador da Pedologia, rompeu com a concepção de solo pensado como algo fixo e imutável, e estabeleceu um novo paradigma reconhecendo o solo como um corpo dinâmico e naturalmente organizado que podia ser estudado por si só, como as rochas, plantas e os animais (Lepsch, 2002). Dessa forma, em 1880 as bases da Pedologia, ramo do conhecimento relativamente recente, ou Ciência do Solo como também é chamada, foram, assim lançadas por esse estudioso na União Soviética (IBGE, 2007).

Segundo o IBGE (2007), isso se deu quando Dokouchaiev reconheceu que o solo

não era um simples amontoado de materiais não consolidados, em diferentes estágios de alteração, mas resultava de uma complexa interação de inúmeros fatores genéticos: clima, organismos e topografia, os quais, agindo durante certo período de tempo sobre o material de origem, produziam o solo.

Com o surgimento da Pedologia um conceito de solo é definido, apesar das distintas interpretações que vem sendo empregado a ele por outros ramos do conhecimento, como a engenharia civil. Assim, para a Pedologia o solo é a coleção de corpos naturais dinâmicos, que contém matéria viva, sendo resultante da ação do clima e da biosfera sobre a rocha, cuja transformação em solo se realiza durante certo tempo, sendo influenciado pelo tipo de relevo (Jenny, 1941; Lepsch, 2002; Resende et al., 2002).

Apesar de o solo ter um conceito único, sendo produto resultado do intemperismo físico e químico sobre a rocha e influenciado pelos fatores ativos (clima e organismos) e passivos (material de origem, relevo e tempo), a sua função possui uma poli aplicabilidade.

Dessa forma, o solo pode ser estudado para diversas finalidades e receber diferentes atenções, sendo olhado sob diferentes prismas. Assim, como ressalta Troppmair (2006), o agrônomo se preocupa com o conhecimento do solo a fim de obter o melhor aproveitamento para as culturas agrícolas bem como sua

¹ Esfera ou domínio dos solos. Terminologia baseada em Queiroz Neto (2000).

conservação evitando ação erosiva, enquanto o pedólogo, através de seus estudos, visa a identificação, a interpretação e a classificação do solo. O geógrafo estuda o solo procurando obter dados para poder explicar a organização do espaço, ou seja, a paisagem geográfica (Troppmair, 2006).

Dentre outros, o estudo dos Paleossolos, solos anteriores ao holoceno, tem se mostrado como uma importante ferramenta no entendimento da origem e evolução das paisagens em diversos ecossistemas terrestres.

A Paleopedologia [Do grego paleo = antigo + pedos = solo] é a ciência que estuda os solos antigos. Segundo Pierini (2006) o surgimento da mesma deu-se, de forma discreta, no final do século XIX, concomitante ao desenvolvimento da ciência do solo. Dessa forma, os solos do passado, tanto os que foram soterrados em seqüências sedimentares, como aqueles que persistiram a mudanças de condições superficiais, são os principais objetos de estudo da paleopedologia (PIERINI e Mizusaki, 2007).

O paleossolo é, antes de tudo, um indicador de condições ambientais passadas, um testemunho. O entendimento do mesmo é importante no gerar, via pesquisas diversas, informações que subsidiam uma melhor compreensão do fenômeno de evolução de paisagens em paleoambientes, servindo, dentre outros, como base no nortear planejamentos do uso e ocupação destes ambientes territoriais.

Uma das linhas de grande interesse no estudo de paleossolos refere-se à interpretação de antigos ambientes de formação de solos, onde cada tipo de solo representa um paleoambiente distinto (Pierini, 2006). Segundo a autora, o estudo de solos antigos se caracteriza por ser fundamentalmente uma ciência de campo, sendo que o seu objeto de estudo é tão amplo que não é possível trazê-lo em sua totalidade para dentro de um laboratório.

Assim, constitui objetivo desse trabalho discutir o conceito de paleossolo, sua formação e caracterização, e problematizar sua aplicabilidade como apoio aos estudos paleoambientais quaternários. Apesar de os paleossolos serem empregados em reconstituições paleoambientais pré-quaternárias, segundo Suguio (1999), eles se apresentam como arquivos naturais com resolução temporal ótima de 100 anos e com amplitude temporal de 105 anos, períodos compreendidos dentro do Quaternário.

1.1 O Conceito de Solo e de Paleossolo

Dentre vários conceitos, o solo pode ser definido como a parcela dinâmica e tridimensional da superfície terrestre, que suporta e mantém as plantas (IBGE, 2004). Segundo o *Soil Taxonomy* (1975) e o *Soil Survey Manual* (1984) *apud* IBGE (2007, p. 16),

Solo é a coletividade de indivíduos naturais, na superfície da terra, eventualmente modificado ou mesmo construído pelo homem, contendo matéria orgânica viva e servindo ou sendo capaz de servir à sustentação de plantas ao ar livre. Em sua parte superior, limita-se com o ar atmosférico ou águas rasas. Lateralmente, limita-se gradualmente com rocha consolidada ou parcialmente desintegrada, água profunda ou gelo. O limite inferior é talvez o mais difícil de definir. Mas, o que é reconhecido como solo deve excluir o material que mostre pouco efeito das interações de clima, organismos, material originário e relevo, através do tempo.

Para Curi (1993) o solo pode ser definido como a matéria mineral não consolidada, na superfície da terra, que foi sujeita e influenciada por fatores genéticos e ambientais do material de origem, do clima (incluindo efeitos de umidade e temperatura), macro e microrganismos, e topografia, todos atuando durante um período e produzindo um produto-solo, o qual difere do material do qual é derivado em muitas propriedades e características físicas, químicas, mineralógicas, biológicas e morfológicas.

Na aceção de Pierini (2006), o solo, um dos nossos mais importantes recursos naturais, é composto por fragmentos de rochas, argilominerais formados pela alteração química dos minerais da rocha-matriz e pela matéria orgânica produzida por organismos que nele vivem e, embora o solo seja ele próprio um produto do intemperismo, sua presença ou ausência pode afetar o intemperismo químico e físico dos materiais rochosos.

Já a concepção de paleossolo recebe diversos sentidos, segundo diferentes autores, apesar de manterem unicidade nas suas discussões. O conceito de paleossolo traz

consigo vários desdobramentos de acordo com sua aplicação.

Etimologicamente o vocábulo paleossolo denota solo antigo. Esta concepção não nos dá um conceito claro e definido do termo, sendo necessário, ao lado da reflexão etimológica um embate epistemológico.

O IBGE (2004) define paleossolo como um solo formado em épocas que antecederam o Holoceno. Esta definição, apesar de não ir de encontro à etimologia dessa palavra, não se mantém totalmente fiel. Assim, para entender essa concepção de paleossolo é preciso discutir o que é o Holoceno. Segundo Salgado-Labouriau (1994), o Holoceno corresponde aos últimos dez mil anos A.P (antes do presente) e o Pleistoceno compreende o período de 1,6 milhões de anos a 0.01 milhões de anos e ambos constituem as duas Épocas em que se divide o Período Quaternário pertencente à Era Cenozóica.

Curi (1993) não faz menção ao tempo geológico quando discute a definição de paleossolo, apenas classifica-o em paleossolo desenterrado e paleossolo enterrado. Para o citado autor o primeiro refere-se a um

paleossolo anteriormente enterrado que foi exposto na paisagem pela erosão do manto de sedimento subjacente. Já o paleossolo enterrado é um solo formado em uma paisagem numa determinada época e que foi posteriormente recoberto por sedimentos.

Outra definição apresentada pelo IBGE (2007) é a de paleossolo como sendo um solo formado em uma paisagem numa época passada e que foi posteriormente recoberto por

sedimentos. Os paleossolos podem estar à superfície caso tenham sido expostos pela erosão do manto de sedimentos subjacente (IBGE, 2007).

Na concepção de Suguio (1998), o paleossolo é um solo originado em tempos geológicos pretéritos, que pode apresentar-se na superfície do terreno ou soterrado em subsuperfície.



Figura 01. Paleossolo (seta) exposto em uma grande boçoroca às margens da RS 508 trecho Santa Bárbara do Sul-Palmeira das Missões, km 8. A rocha-mãe (abaixo da seta) é constituída por arenitos eólicos, os quais, na região, ocorrem nas formações Serra Geral (intertrápicos), Botucatu e Sanga do Cabral (Nowatzki *et al.* 1999).

Fonte: Nowatzki (2005) - Foto: Tânia Lindner Dutra.

Os paleossolos são solos antigos que são preservados no registro geológico (Pierini, 2006). Segundo Nowatzki (2005), todo solo que vier a ser soterrado constitui um paleossolo (Figura 01), um bom indicador de um intervalo de não-deposição. Como o solo apenas se

desenvolve quando o relevo for estável, o paleossolo também é um excelente marcador temporal de um período de estabilidade (Nowatzki, 2005). De acordo com o autor, o paleossolo pode se tornar reexposto por erosão da cobertura passando, então, a se denominar

paleossolo exumado. Por outro lado, afirma o autor, também existem os paleossolos relictos, ou seja, aqueles que, por razões diversas, não foram soterrados ou erodidos e, portanto, mantiveram-se durante o passar do tempo. Caracteristicamente, representam condições climáticas e biológicas pretéritas diferentes e mais vigorosas do que as atuais, as quais, por serem mais débeis, são incapazes de modificar ou destruir o antigo solo, superpondo-se a ele (Nowatzki, 2005).

No entendimento de Goudie (2006) “*palaeosols are soils formed on landscapes of the past*”. Segundo Ladeira e Santos (2005), o paleossolo é o objeto de estudo da paleopedologia. A Paleopedologia, para os citados autores, é o estudo de solos antigos, tendo por objeto solos soterrados e/ou

incorporados a seqüências sedimentares, ou ainda solos desenvolvidos em superfícies de relevo pretéritas e que, embora tenham permanecido na superfície e sido influenciados por mudanças ambientais posteriores, evidenciam antigos ambientes e contêm registros sobre as ações do clima, a cobertura vegetal, as formas de relevo, a intensidade da pedogênese e as taxas de sedimentação vigentes quando da sua formação. Tais solos são fósseis se estão sob rochas mais jovens; caso contrário, se expostos, estes solos, por não estarem em equilíbrio com o meio ambiente atual, tendem a se degradar (Ladeira e Santos, 2005). O primeiro autor apresenta, através do Laboratório de Solo e Paleossolo da UNICAMP, vários exemplos de paleossolos no Brasil, conforme Figuras 2, 3 e 4 abaixo:



Figura 02. Exemplo de um paleossolo exposto.

Fonte: UNICAMP (2008).



Figura 03. Ocorrência de um perfil de paleossolo em cortes de estradas, algures do Brasil.

Fonte: UNICAMP (2008).



Figura 04. Um exemplo da diversidade de paleossolo, algures do Brasil.

Fonte: UNICAMP (2008).

Há na Figura 4 uma grande quantidade de seixos dispostos horizontalmente ao longo do perfil. Abaixo, na Figura 5, segue um perfil de

solo, mostrando nitidamente o limite entre o solo atual e o paleossolo, marcado pelo horizonte acinzentado.



Figura 05. Perfil de um paleossolo, augures do Brasil.

Fonte: UNICAMP (2008).

Uma das formas de ocorrência dos paleossolos se apresenta nas formações de silcretos e calcretos (Figura 06). No Brasil, os paleossolos são pouco estudados e de forma geral os trabalhos concentram-se no reconhecimento e caracterização de formações de calcretos e silcretos (Pierini e Mizusaki, 2007).

Outras formas de apresentação dos paleossolos são os ferricretes² (canga ou laterito) e as linhas de pedra, de ocorrência comuns no Brasil.

Segundo Rocha, Augustin e Cruz (2008),

as lateritas parecem indicar a existência de uma paleo-superfície geoquimicamente desenvolvida.

A conceituação de laterita tem sido amplamente discutida por vários pesquisadores, sem que haja um consenso, pois não há nenhuma definição que se mostre abrangente o suficiente para cobrir toda sua complexidade. Mesmo assim, é possível identificar características comuns entre lateritas, apontadas pelos vários pesquisadores do tema, como resultantes de um intenso processo de intemperismo das rochas subaéreas, tendo altas

² Trata-se de paleossolo cimentado por grande quantidade de vários óxidos e hidróxidos de ferro, apresentando-se como uma massa cheia de cavidades e poros e sem qualquer tipo de estratificação. Esse tipo de material, de modo análogo ao calcrete, pode desenvolver estruturas nodular, oolítica ou pisolítica, que podem ser soldadas por cimentação. A erosão do ferricrete conduz à formação de materiais secundários de natureza detríticas, que podem ser novamente cimentados. O termo foi proposto por Lamplugh (1902) e no Brasil, o ferricrete é conhecido como canga ou laterito (Suguio, 1998).

concentrações de ferro e alumínio e rocha parental (Rocha, Augustin e Cruz, 2008).
concentrações de sílica inferior em relação à



Figura 06. Porosidades de raízes em silcretos apresentado feições de redução (porções mais brancas) no arenito da Formação Itaqueri silicificada.

Fonte: Ladeira e Santos (2006).

Nesse sentido, Summerfield (1991) *apud* Rocha, Augustin e Cruz (2008) argumenta que o termo laterita tem sido mais amplamente utilizado, em geral para descrever materiais

com elevadas concentrações de ferro e alumínio no regolito, decorrentes dos processos de intemperismo. Abaixo (Figura 07) segue um exemplo de canga encontrado no Brasil:



Figura 07. Canga laterítica (Arredores do Município de Lavras - Sul de Minas Gerais)

Foto: Silva, M. L. (2008)

Ao se discutir as linhas de pedra no contexto de paleossolo se faz necessário também problematizar a concepção de paleopavimento. A linha de pedra ou *stone line* (Figura 08) corresponde à concentração de pedras que ocorrem no interior do perfil de alguns solos, geralmente distribuídas, guardando certo paralelismo com a superfície do terreno (Curi, 1993). Para o IBGE (2004) a linha de pedras diz respeito à concentração de

seixos que normalmente marcam a base das coberturas das superfícies pediplanadas³, e que evidenciam a alta energia dos processos erosivos associados ao desenvolvimento de tais superfícies. Já o paleopavimento se define como depósito antigo que corresponde muitas vezes a cascalheiras e baixos terraços, relacionados às oscilações climáticas, normalmente marcadas por linhas de pedras (*stone lines*).



Figura 08. Exemplo de linhas de pedra (São Paulo – SP)

Foto: Silva, M. L. (2009)

³ O termo pediplano foi denominado por L. C. King para as planuras formadas pelas justaposições de glaciais, sendo a pediplanação o processo mais eficaz de aplainamento de superfícies extensas do globo terrestre, submetidas a clima árido quente ou semi-árido (GUERRA e GUERRA, 2003). O pediplano surge como a superfície aplainada sob condições de clima seco, através da regressão paralela das vertentes (CHRISTOFOLETTI, 2002). Para Bigarella et al. (2003), a coalescência regional dos pedimentos dá origem ao pediplano, o qual constitui uma superfície de baixo relevo interrompida ocasionalmente por elevações residuais (*inselbergs*).

Para Guerra e Guerra (2003), o paleopavimento é de grande importância na interpretação da origem de formas antigas. Segundo os autores, a posição do paleopavimento em relação aos colúvios (materiais transportados de um local para outro, principalmente por efeito de gravidade) e solos pode servir como indicação da última oscilação seca pré-atual ocorrida no Brasil tropical e subtropical.

A interpretação do paleossolo, enquanto indicador ou vestígio de ambiente passado ganha sentido quando analisado de forma correlata com outros fatores, de ordem geológica, geomorfológica, climática e biogeográfica, e levando em conta seu processo de formação.

1.2 A Formação dos Paleossolos

O paleossolo, segundo Pierini e Mizusaki (2007) é um solo formado em condições atuantes no passado, preservado da erosão em superfícies antigas estáveis e que é, posteriormente, coberto por sedimentação mais recente, sendo assim, fossilizados no interior de seqüências sedimentares (Figura 09).

A formação e a preservação do paleossolo no registro sedimentar dependem da taxa de sedimentação, de sua continuidade ou descontinuidade e, se ocorreram pausas, qual seu tempo de duração (Pierini e Mizusaki, 2007).

A taxa de acumulação sedimentar, segundo Pierini e Mizusaki (2007), varia ao longo do tempo, produzindo diferentes tipos de paleossolos em uma sucessão vertical. Ressalta as autoras que a sedimentação de paleossolos segue um padrão onde em um extremo, estão os paleossolos múltiplos que se formam em sucessões estratigráficas relativamente espessas, devido aos processos de agradação. Em outro extremo, estão os paleossolos desenvolvidos nos limites que representam, dentro do registro sedimentar da bacia, momentos de erosão e/ou não deposição importantes. Assim, muitas das superfícies que representam esses intervalos, diastemas e discordâncias, podem ser marcadas por paleossolos espessos e bem desenvolvidos (Kraus, 1999 *apud* Pierini e Mizusaki, 2007).

No Brasil, os paleossolos são pouco estudados e de forma geral os trabalhos concentram-se no reconhecimento e caracterização de formações de calcretes e silcretes (Pierini e Mizusaki, 2007).

Silcretes são formados quando materiais inconsolidados (sedimentos, saprólito, solos) tornam-se crostas endurecidas devido à cimentação pós deposicional por sílica, que pode ser opala, quartzo criptocristalino, entre outras formas (Wright, 1995 *apud* Pierini e Mizusaki, 2007). Os silcretes, portanto, podem ser formados em ambientes diagenéticos ou durante os processos formadores de solo. Neste

último caso, a dissolução da sílica se dá através da água meteórica, que pode formar soluções com até 6 ppm de SiO₂. Assim, colocam as autoras, silcretes são, normalmente, indicativos

de climas áridos com forte sazonalidade (Leckie; Cheel, 1990), mas também podem ser encontrados em ambientes úmidos (Summerfield, 1983).

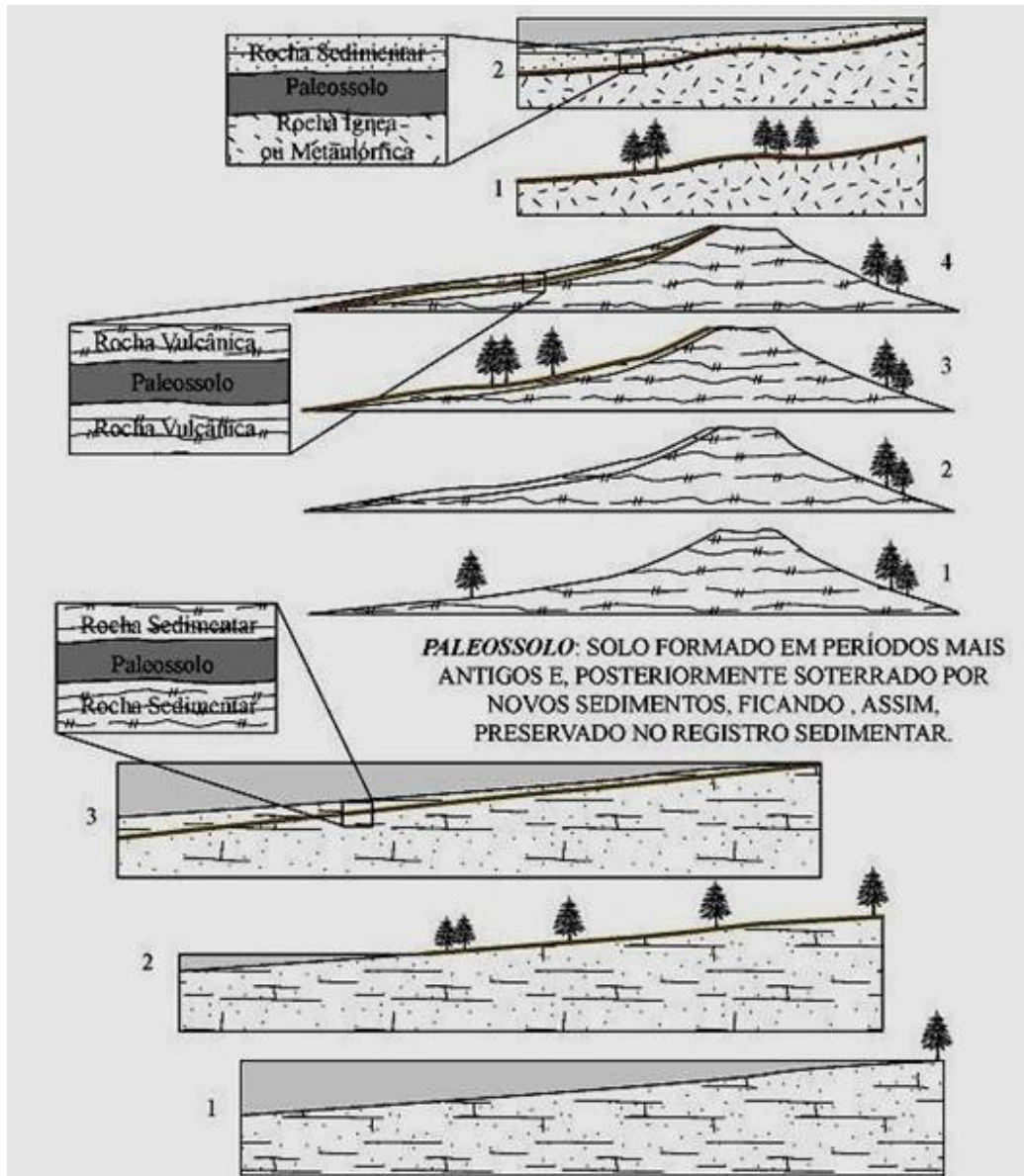


Figura 09. Exemplos de preservação de paleossolos em seqüências sedimentares continentais. Os solos são formados em superfícies estáveis, durante períodos de não-deposição ou de baixa taxa de sedimentação. Quando a sedimentação é reativada, novos sedimentos são depositados sobre o solo préexistente. Esse processo ocorre sucessivamente, permitindo, assim, que os solos formados sejam preservados no registro geológico como paleossolos.

Fonte: Pierini e Mizusaki (2007).

Acumulações carbonáticas que ocorrem próximas à superfície têm sido genericamente designadas pelo termo “calcrete” (ou caliche), sendo constituídas principalmente por carbonato de cálcio (CaCO₃) sob uma variedade de arranjos macroscópicos (Pierini e Mizusaki, 2007). Os calcretes, conforme Suguio (2008), são paleossolos característicos de climas áridos ou semi-áridos. Para as autoras, estas acumulações são resultado da introdução e cimentação de CaCO₃ em perfis de solo, rochas encaixantes e sedimentos, em áreas onde o nível freático das águas subterrâneas é superficial e se torna saturado em carbonato de cálcio (Wright; Tucker, 1991).

Correlacionando os tipos de paleossolos e suas formações com substâncias do material de origem, Nowatzki (2005), analisa que é comum denominar-se de Calcissolo o paleossolo que apresenta horizonte cálcico (carbonato de cálcio) com calcretes⁴ e caliche⁵; Gipsolo, aquele que é rico em sulfato hidratado de cálcio autigênico; Paleoargissolo, o com alto conteúdo em argila; Paleoespodossolo, se ele possuir alto conteúdo em matéria orgânica e ferro, e Oxissolo, se ele for formado por extensa alteração de minerais *in situ*.

1.3 O Diagnóstico e as Características dos Paleossolos

Segundo Guerra e Guerra (2003), uma das formas de se identificar a existência de um paleossolo é quando se localiza, por exemplo, num corte de estrada, a presença de um horizonte mais escuro, em subsuperfície, que pode ser o horizonte A, de um solo que foi recoberto por sedimentos, no passado. A Figura 10 apresenta um exemplo semelhante.

Com o objetivo de facilitar a identificação de um perfil de paleossolo, Retallack⁶ (1990) *apud* Ladeira e Dal’Bó (2006) propôs que sejam observadas algumas feições que podem ser diagnósticas, como camadas de rocha enriquecidas em óxidos de ferro, alumínio, carbonato de cálcio e sílica. Wright⁷ (1992) *apud* Ladeira e Dal’Bó (2006) definiu algumas feições diagnósticas mais seguras, como estrutura pedogenética, marcas de raízes, processos de iluviação, eluviação, e eventualmente gleização, e organização em horizontes pedológicos. Decorrente destas características, apenas se considera como um perfil de paleossolo se ocorrerem pelo menos duas feições exclusivamente pedogenéticas associadas

⁴ São antigos caliches muito endurecidos.

⁵ Superfície endurecida que se constitui na superfície de regiões semi-áridas a áridas quentes por ascensão de água subterrânea rica em carbonato de cálcio. A água evapora, e o carbonato se deposita nos espaços entre os clastos que formam o solo.

⁶ Retallack, G. J. (1990) *Soils of the Past – An Introduction to paleopedology*. Unwin Hyman, London. 520p.

⁷ Wright, V. P. (1992) *Paleopedology: stratigraphic relationship and empirical models*. In Martini, I. P. e Chesworth, W. (ed.) *Weathering, Soils e Paleosols*. Elsevier, Amsterdam, Holand. 475-499p.

(Ladeira e Dal'Bó, 2006).

Brilha (2007) adverte que os horizontes de qualquer paleossolo são diferentes dos que se desenvolveriam no mesmo local sob o clima atual. No diagnóstico de um paleossolo, ressalta o autor, devemos ainda observar alguns aspectos de modo a ter a certeza que o material

encontrado é realmente um paleossolo (apresentando estrutura interna) e não apenas um material solto terroso. Deverão assim existir os horizontes (O, A, E e/ou B), raízes (ou marcas destas), vestígios de atividade biológica, argilas transportadas, concreções, etc.



Figura 10. Exemplo da ocorrência de “*stone lines*” (Planalto Atlântico Paulista)

Foto: Silva, P. A. H. (2006).

As três feições mais importantes e úteis na distinção entre paleossolos e outros tipos de rochas são: marcas de raízes, horizontes de solo e as estruturas de solo (Pierini e Mizusaki, 2007). As marcas de raízes são, sem dúvida, as feições mais diagnósticas, pois na falta de outros indícios, a sua presença já é suficiente para indicar a formação de solo no passado,

conforme mostra Retallack (1988) *apud* Pierini e Mizusaki (2007).

O reconhecimento de um paleossolo é feito através da determinação e descrição de propriedades macroscópicas (trabalhos de campo) e microscópicas (no laboratório), conforme a Figura 11 abaixo:

| <i>CRITÉRIOS DE CAMPO</i> |
|---|
| CRITÉRIOS GEOLÓGICOS |
| Grande extensão areal: pode atingir quilômetros de extensão. |
| Espessura reduzida: a média varia entre 0,50m a 3m. |
| Limite superior: é comum que seja bem definido. |
| Limite inferior: sempre é transicional. |
| Meia cana: num perfil vertical, o paleossolo é mais erodido que os demais componentes do perfil. |
| Cor: marrom-escuro a negro (+ novos); arroxeados (+ velhos). |
| Estruturas: em bloco (comum em solos paleozóicos), prismática e esferoidal (comuns em solos quaternários). |
| Horizontes: horizonte B é o horizonte que pode, normalmente, ser individualizado. |
| Crostras e concreções químicas. |
| CRITÉRIOS PALEONTOLÓGICOS |
| Raízes e troncos: em posição de vida. |
| Crotovinas: pedotúbulos (vegetais) e escavações de invertebrados e vertebrados (icnofósseis). |
| Ninhos: de escarabídeos e vespídeos <i>in situ</i>. |
| Restos esqueléticos e pisadas (icnitos) de vertebrados. |
| CRITÉRIOS DE LABORATÓRIO |
| Micromorfologia: estudo de ocos, aspectos pedológico e matriz do paleossolo em seção delgada. |
| Propriedades texturais: análise da alteração granulométrica do horizonte B por iluviação dos clastos de horizontes superiores. |
| Análise de crostras calcárias: interpretação dos processos de mobilização dos carbonatos. |
| Composição mineralógica: auxilia na caracterização de paleossolos. |
| Datação: C₁₄, K/Ar, etc. |

Figura 11. Critérios de campo e de laboratório empregados no reconhecimento de paleossolos.

Fonte: Andreis (1981), modificado.

Visando uma classificação inicial de paleossolos, uma primeira tipologia, mais simples, foi sintetizada por Andreis (1981) *apud* Ladeira e Santos (2005), a partir de diversos autores, podendo ser reconhecidos três grandes tipos:

1. *Solos Reliquiais*: correspondem aqueles que permaneceram expostos, desde sua formação em ambientes antigos até os dias de hoje, assim, suas propriedades resultam da somatória de processos pedológicos superpostos que se sucederam neste espaço de tempo;
2. *Solos Soterrados*: são aqueles formados em uma superfície de relevo pretérita, recobertos por depósitos sedimentares, sendo sua gênese independente das

condições ambientais existentes na superfície atual, pois suas características pedológicas ficaram preservadas pelo soterramento. Portanto, a evolução dos solos soterrados pré-quadernários é o resultado dos processos pedogenéticos anteriores ao soterramento profundo do solo e à subsequente transformação por diagênese incipiente deste;

3. *Solos Exumados*: são solos que estiveram soterrados e guardaram suas características pedológicas durante certo tempo e posteriormente foram expostos à nova pedogênese, mais recente, em decorrência da erosão dos materiais sobrepostos.

Segundo Goudie (2006),

Ruhe (1975) defined three types: buried, exhumed and relict soils. Buried palaeosols are soils later covered by younger sediment or rock. Exhumed palaeosols are those buried but later re-exposed on the land surface, and relict palaeosols are those formed on a pre-existing landscape but never buried. As researchers began to demonstrate the close interdependence of soils and landscapes, palaeosols also became indicators for understanding past landscapes. Often, buried soils are known as stratigraphic markers and are especially useful as keys to past environments (e.g. Follmer 1982).

Para Brilha (2007), existem pelo menos três termos que descrevem solos anômalos, isto é, solos classificados como paleossolos: paleossolos, solos relíquia e solos fósseis. *Paleossolos* são solos formados principalmente em climas pré-existente, em especial durante o Quaternário. Os *solos relíquia* são paleossolos expostos que foram formados em tempos anteriores em condições ambientais muito diferentes das atuais. Os *solos fósseis* são solos

relíquia que se encontram enterrados em zonas da crosta mais profundas que os solos atuais. Apesar de serem solos relíquia, eles permanecem inalterados desde que foram enterrados.

1.4 O Período Quaternário e suas Paisagens

A palavra Quaternário, segundo Suguio e Sallun (2004), refere-se ao depósito marinho superposto aos sedimentos do Terciário da

Bacia de Paris (França) e foi, pela primeira vez, usada por Desnoyers (1829). Em geral, é aplicável, ressalta os autores, a depósitos sedimentares que contêm associações de restos de animais e vegetais vivos, podendo ser considerada como a idade das Glaciações e do Homem. Ela veio completar a tabela de tempo geológico proposta por G. Arduíno (1714-1795) em termos de Primário, Secundário e Terciário que, mais tarde, foram substituídos por Paleozóico, Mesozóico e Cenozóico respectivamente, com base em seus conteúdos faunísticos (Suguio e Sallun, 2004). Conforme os autores, a atualmente denominada Era Cenozóica abrange os períodos Terciário e Quaternário.

O uso do termo Quaternário, mesmo sem definição cronológica mais precisa, difundiu-se muito rápido, principalmente no mapeamento de depósitos superficiais menos consolidados (Suguio, Sallun e Soares, 2005). Porém, coloca Suguio (1999), alguns anos foram necessários para que o significado do termo Quaternário se tornasse mais claro pois, ainda em 1833 o geólogo britânico Lyell, aparentemente ignorando a proposta anterior de Desnoyers (1829), usou o termo *Recente* referindo-se ao tempo pós-Terciário (Fairbridge, 1968).

Salgado-Labouriau (2007) lembra que o Quaternário é constituído por dois períodos de tamanho desigual. O mais antigo, denominado Pleistoceno, teve a duração de 1,6 a 2 milhões

de anos e vem em seguida ao Plioceno (Salgado-Labouriau, 2007). O Holoceno ressalta a autora, é o período mais recente e abrange os últimos 10 mil anos de história da Terra.

Assim, o Período Quaternário, que engloba o Pleistoceno (1,6 M.a.) e o Holoceno (que inclui somente os últimos dez mil anos), se caracteriza como um período de grandes pulsações climáticas, com longos intervalos de tempo com temperaturas muito baixas (as glaciações) intercalados com tempos mais quentes, como o atual (Salgado-Labouriau, 1994). Esse período comporta-se, do ponto de vista fitogeográfico, pela ocorrência de muitas transformações na paleovegetação que se processaram em diferentes locais, nas passagens dos estádios glaciais para interglaciais e vice-versa (Suguio, 1999).

A maioria dos processos geológicos relacionados a esse curto intervalo de tempo ainda estão ativos e deve continuar de maneira semelhante no mínimo no próximo milhão de anos. Portanto, o estudo desses processos é fundamental para a geologia ambiental, que é comumente considerada como sinônimo de geologia aplicada (Keller, 1988).

Salgado-Labouriau (2007) pondera que um dos grandes problemas da interpretação paleoclimática baseada em evidências geológicas e geomorfológicas é que a erosão e meteorização posteriores podem destruir parcial

ou totalmente as evidências. Porém, para o passado recente essas marcas ainda não foram erodidas ou destruídas o que permite uma boa reconstrução do ambiente físico do Quaternário Tardio (Salgado-Labouriau, 2007).

Mas para reconstruir o ambiente físico do quaternário, adverte Salgado-Labouriau (2007), é necessário utilizar as informações que vêm da geologia e da geografia física, e é necessário levar em conta a climatologia e a edafologia.

Dessa forma, os paleossolos têm sido utilizados como bons indicadores de ambientes passados, principalmente na reconstrução das paisagens do período quaternário, uma vez que tem uma resolução e amplitude temporal compreendida nesse período.

1.5 Paleopedologia e Estudos das Paisagens Quaternárias

O estudo de paleossolos teve grande impulso durante as últimas décadas, inclusive os de idade pré-quaternária, pela possibilidade de obter-se informações importantes para a solução de reconstituições paleoambientais (Pierini e Mizusaki, 2007). Na visão das autoras, o reconhecimento da distribuição dos diferentes tipos de paleossolos em paleo-superfícies tem sido uma importante ferramenta para as investigações paleoambientais, principalmente paleoclimáticas, vigentes em bacias continentais antigas e para determinar a importância relativa de processos autocíclicos e

alocíclicos que determinam o padrão da sedimentação nessas bacias.

Na concepção de Troppmair (2006), o estudo de épocas passadas é feito pelo emprego de diferentes técnicas, muitas vezes acopladas, que se resumem na interpretação de formas geomorfológicas, na análise polínica, na análise do carbono 14 e na interpretação de paleossolos. Essas técnicas, vale ressaltar, apenas nos fornece aspectos parciais e incompletos de épocas pretéritas uma vez que os seres vivos, principalmente os vegetais, decompõem-se de forma rápida e muitas vezes sem deixar vestígios. Para o citado autor, a interpretação de paleossolos e depósitos sedimentares, através de partículas finas ou grosseiras podem revelar aspectos paleoclimáticos, sendo a linha de seixos um acusador de período semi-árido.

O reconhecimento e estudo de paleossolos, segundo Pierini (2006), tiveram início com trabalhos em sequências quaternárias, onde foi amplamente desenvolvido. Já na década de 60, surge o interesse pelo estudo de paleossolos pré-quaternários, que se estende pelos anos futuros.

Fazendo alusão aos paleossolos, Press et al. (2006) analisam que atualmente tem havido muito interesse nos solos antigos que foram preservados como rochas no registro geológico. Esses paleossolos, na visão dos autores, estão sendo estudados como guias para entender o

clima antigo e, mesmo, para quantificar a concentração de dióxido de carbono e oxigênio na atmosfera de épocas passadas.

Os paleossolos representam registros paleoambientais naturais, que se acham preservados no interior dos depósitos quaternários, especialmente de países continentais muito estáveis em termos tectônicos, como a Austrália e o Brasil e, em geral, representam *solos enterrados (buried soils)* ou *solos reliquias (relict soils)*, frequentemente formados sob condições paleoambientais diferentes das atualmente reinantes na mesma área (Suguio, 1999). Conforme Suguio (2001), comumente os paleossolos apresentam-se superpostos por sedimentos mais novos, exibem teores variáveis de matéria orgânica vegetal e evidências de bioturbação (perturbação dos sedimentos devido à ação de organismos, que chegam por vezes a destruir completamente as estruturas sedimentares) de origens animal ou vegetal. Nas regiões que sofreram os efeitos das glaciações quaternárias, ressalta Suguio (2001), refletem muito bem as mudanças paleoclimáticas, representadas pelas alternâncias de estádios glaciais e interglaciais.

Os paleossolos têm servido a diversas pesquisas de ambientes atuais e pretéritos e apoiado estudos em diferentes áreas, como na geologia (edafostratigrafia) e na geografia física (paleogeomorfologia, paleoclimatologia, paleobiogeografia), dentre outras.

1.5.1 Paleopedologia e Estratigrafia

O passo fundamental para a subdivisão do Paleozóico foi dado no século XVIII, quando Hutton, em 1788, reconheceu conjuntos de estratos de idades distintas separados por lacunas no registro estratigráfico, nascendo, assim, o conceito de *discordância*, separando ciclos de soergimento, erosão e deposição (Assine, 2001).

Assine (2001) lembra que muitas das primeiras tentativas de dividir o registro estratigráfico basearam-se na identificação de superfícies de mudanças litológicas e/ou estruturais marcantes. Segundo o autor, com o avanço no conhecimento, os pesquisadores nos séculos XVIII e XIX perceberam que inúmeros gêneros e famílias de organismos desapareciam do registro estratigráfico acima de muitas dessas superfícies.

A. Sedgwick e R. J. Murchison, na primeira metade do século XIX, foram os pioneiros na tentativa de estabelecer a subdivisão do registro estratigráfico da Era Primária (Paleozóico) e usaram, para isso, as discordâncias como limites físicos para separar conjuntos rochosos distintos, litológica e paleontologicamente, definindo as primeiras unidades cronoestratigráficas (Assine, 2001).

O surgimento da Estratigrafia de Seqüência se deu graças à evolução e aplicabilidade do conceito de discordância, conforme sugere Assine (2001).

A palavra seqüência significa uma

sucessão ordenada de eventos, de procedimentos ou de coisas. Várias seqüências podem estar encadeadas numa seqüência lógica maior, como as seqüências de um filme. As sucessivas seqüências são definidas, portanto, por quebras ou interrupções, de forma que sua caracterização pressupõe a identificação do seu início e do seu fim. Dessa forma, foi bastante apropriada a proposição do termo seqüência para designar uma sucessão de estratos limitada por discordâncias no topo e na base, estabelecendo as bases do que posteriormente passou a ser referido como *Estratigrafia e Seqüências* (Assine, 2001).

Para Faccini e Paim (2001), o reconhecimento dos limites de seqüências é de importância crítica porque sempre representam quebras no registro estratigráfico (hiato ou lacunas deposicionais). Além disso, colocam os autores, as seqüências são formadas em intervalos de tempos variados e passíveis de hierarquização. Contudo, alguns cuidados devem ser tomados ao assumir o nível de base como controlador de estratos depositados em curtos intervalos de tempo, onde os *processos alogênicos* podem ser indistinguíveis dos *autogênicos* (Faccini e Paim, 2001).

O reconhecimento de que muitos paleossolos formam depósitos individuais e distintos, com extensões laterais expressivas, trouxe à tona a possibilidade de utilizá-los para subdividir depósitos quaternários (Pesci, 1995 apud Pierini e Mizusaki, 2007), assim como

depósitos terciários e também em rochas mais antigas (Abbott *et al.*, 1976 apud Pierini e Mizusaki, 2007). Desta forma, salientam as autoras, níveis de paleossolos começaram a ser utilizados, com crescente interesse no seu significado estratigráfico em seqüências sedimentares, por marcarem discordâncias regionais.

Relativo à pedostratigrafia, Nowatzki (2005) analisa que uma unidade litoestratigráfica aflorante sujeita a períodos de mínima gradação (deposição) e degradação (erosão) será submetida aos processos pedogenéticos por se tratar de uma superfície estabilizada. Segundo o autor, a profundidade do alcance dessa transformação depende de alguns fatores, tais como a duração da estabilidade e o rigor da pedogênese, podendo atingir uma ou mais unidades litoestratigráficas. Caso a deposição seja retomada, ressalta o autor, o solo será soterrado, e o contato entre o topo desse paleossolo e a base da camada superposta é uma superfície de discordância e representa o lapso de tempo decorrido entre a estabilidade da região e o novo período deposicional.

O Código Norte-Americano de Nomenclatura Estratigráfica contempla as unidades pedostratigráficas, que são corpos rochosos com um ou mais horizontes pedológicos desenvolvidos em uma ou mais unidades litoestratigráficas, aloestratigráficas ou litodêmicas formalmente definidas

(Nowatzki, 2005, p. 66). O autor acrescenta que os horizontes referidos correspondem, normalmente, aos horizontes A e B dos solos atuais, sendo identificáveis por propriedades como cor, estrutura e conteúdo em matéria orgânica. Apesar de os termos solo soterrado e paleossolo estarem consagrados, a orientação da Comissão de Estratigrafia Norte-Americana enfatiza o uso da expressão geossolo como a unidade pedoestratigráfica fundamental e única; seu limite inferior é o nível mais baixo de um horizonte pedológico dentro de um perfil de paleossolo, e o superior, o nível mais basal da camada superposta (Nowatzki, 2005, p. 66).

Os trabalhos em estratigrafia de seqüências geralmente enfatizam a importância dos paleossolos para o reconhecimento de limites de seqüência de interflúvios e para a diferenciação entre vales incisos de canais arenosos (Aitken; Flint, 1996 *apud* Pierini e Mizusaki, 2007). Ainda assim, ponderam as autoras, trabalhos como os de McCarthy; Plint (1998) e Álvaro *et al.* (2003), consideram às suas características micromorfológicas associadas a critérios de campo e as relações estratigráficas para obter um melhor entendimento da seqüência de eventos que formaram um determinado tipo de paleossolo em um limite de seqüência.

Uma aplicação adicional no estudo de paleossolos é sua utilização como marcadores de horizontes estratigráficos, ou seja, horizontes distintos que podem ser traçados para

estabelecer relações de tempo e espaço entre diferentes unidades sedimentares (PIERINI, 2006). Segundo a autora, os paleossolos são especialmente úteis para estabelecer idades relativas em seqüências quaternárias muito antigas (mais que 100.000 anos) para a aplicação do método de datação com radiocarbono ou ainda, muito jovens e com um conteúdo fossilífero e insuficiente para essa finalidade. Os paleossolos quaternários podem ser diferenciados pelo conteúdo de argila e pela coloração avermelhada ou pela grande quantidade carbonatos (Pierini, 2006).

Apesar de sua limitação enquanto cronoestratificador, dada a classificação litoestratigráfica muito utilizada na geologia, os paleossolos mantêm sua importância. Segundo Suguio (2001), em regiões que estiveram submetidas a processos de recuos glaciais, precipitação de cinzas vulcânicas ou sedimentação de *loess*, a técnica de classificação edafoestratigráfica é especialmente importante pois, diferentemente da simples classificação litoestratigráfica, fornece mais elementos para a reconstituição das condições paleoambientais.

1.5.2 Paleopedologia e Paleogeografia

Bronger; Catt (1998, segundo Barczyszyn, 2001) *apud* Ladeira e Dal'Bó (2006), consideram que muitos paleossolos levam um longo período de tempo para se formarem e, conseqüentemente, representam

episódios de estabilidade da paisagem, com pouca ou nenhuma ocorrência de sedimentação ou erosão. Estes intervalos podem ser reconhecidos e são especialmente utilizados para subdividir e correlacionar seqüências sem fósseis e de litologia monótona.

Como bons indicadores de paleopaisagens, os paleossolos têm sido utilizados como ferramentas complementares nos estudos de paleogeografia, destacando-se sua aplicação nas reconstituições paleogeomorfológicas, paleoclimáticas, dentre outras.

Na perspectiva paleogeomorfológica, vale destacar os paleossolos são testemunhos diretos da ação de um sistema de erosão sobre as rochas. Podem estar associados à desagregação mecânica ou à decomposição química, possibilitando inferências quanto aos processos que concorreram para a elaboração do relevo (a presença de depósito de bauxita, por exemplo, indica gênese ligada a um clima tropical úmido, considerando o ambiente em biostasia, na concepção de Erhart, 1958) (CASSETI, 2006).

Pierini e Mizusaki (2007) afirmam que os argilominerais presentes em paleossolos também permitem detectar e interpretar variações climáticas. Segundo Suguio (2008), os vários tipos de argilominerais são produtos do intemperismo químico sobre os minerais componentes das rochas. No entanto, advertem Pierini e Mizusaki (2007), é importante

identificar todas as variáveis que possam ter afetado as propriedades de um paleossolo, antes de utilizá-lo em interpretações paleoclimáticas.

2. Considerações Finais

Apesar de ser considerada uma ciência relativamente recente, não há como negar a importância da Paleopedologia para os estudos do Quaternário. Essa ciência desempenha um papel singular no campo das geociências, principalmente nos estudos de reconstituições ambientais, com destaque para a geologia, a geomorfologia, a climatologia, a biogeografia. Embora seja bem mais rara, a aplicabilidade da paleopedologia também se estende aos campos da hidrologia e da paleontologia.

No Brasil, não se tem desenvolvido muitas pesquisas partindo do enfoque da paleopedologia. Ainda são tímidos os trabalhos que centralizam suas discussões em torno do tema dos paleossolos. Esses paleossolos têm sido enfatizados como complementos para os estudos da geologia, geomorfologia, biogeografia, dentre outras.

O estudo dos paleoambientes ou paleopaisagens se dá com diferentes enfoques e perspectivas, necessitando de abordagens multidisciplinares. A paleopedologia, ao lado da geomorfologia, biogeografia, e outras ciências, têm assumido um papel definido nesse enfoque.

Para estudos ambientais, atuais ou pretéritos, visando maior confiabilidade e

credibilidade, as análises e interpretações da paleopedologia devem ser acompanhadas, de forma simultânea, com estudos geomorfológicos, climáticos, geológicos e biogeográficos, visando a obter resultados num quadro mais completo.

3. Agradecimentos

A todos que contribuíram direto ou indiretamente para a realização desse trabalho. Em especial ao Professor Dr. Vicente Gualberto, do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras, pelo apoio e contribuição como meu orientador durante o Curso de Especialização em Solos e Meio Ambiente.

4. Referências

Ab' Sáber, A. N. (2003). Os domínios de natureza no Brasil: AB' potencialidades paisagísticas. 3. ed. São Paulo: Ateliê Editorial.

Ab' Sáber, A. N. (1998). Participação das Depressões Periféricas e Superfícies Aplainadas na Compartimentação do Planalto Brasileiro – Considerações Finais e Conclusões. Revista IG, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 51-69.

Achyuthan, H. (2004). Paleopedology of Ferricrete Horizons around Chennai Tâmil Nadu, Índia. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 21, n. 1, p. 133-143.

Andreis, R. R. (1981). Identificación e Importancia Geológica de los Paleosuelos. Porto Alegre: Editora da UFRGS.

Assine, M. L. Evolução do Conceito de Seqüência. In: Ribeiro, H. J. P. S. (Org.). (2001). Estratigrafia de Seqüências: fundamentos e aplicações. São Leopoldo – RS: Editora da Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

Bigarella, J. J. et al. (2003). Estrutura e origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais. vol. 3. Florianópolis: Editora da UFSC.

Brilha, J. (2007). Materiais e Recursos Geológicos. Portugal: Departamento de Ciências da Terra da Universidade do Minho.

Cassetti, V. (2006). Geomorfologia. Goiás: FUNAPE/UFMG.

Christofoletti, A. (1966). Estudos sobre o Quaternário. Notícia Geomorfológica, Campinas, v. VI, n. 12.

Christofoletti, A. (2002). Geomorfologia. 2. ed., 7. reimp. São Paulo: Editora Edgard Blücher.

Cumba, A.; Imbellone, P. (2004). Micromorphology of Paleosols at the Continental Border of the Bueno Aires Prvince, Argentina. Revista Mexicana de Ciências Geológicas, vol. 21, n. 1, p. 18-29.

- Cunha, S. B.; Guerra, A. J. T. (Org.). (2004). *Geomorfologia e Meio Ambiente*. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Curi, N. (Coord.). (1993). *Vocabulário de Ciências do Solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo.
- Dereczynski, C. P.; França, J. R. A. (2008). *Métodos para Determinação dos Climas do Passado*. Instituto de Geociências – Departamento de Meteorologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Dergacheva, M. (2002). *Paleosols and New Approaches to Paleoenvironment Reconstruction*. In: XVII World Congress of Soil Science, 2002. Bangkok, Thailand. Anais... Bangkok, Thailand.
- Faccini, U. F.; Paim, P. S. G. (2001). *Estratigrafia de Sequências em Depósitos Continentais*. In: Ribeiro, H. J. P. S. (Org.). *Estratigrafia de Sequências: fundamentos e aplicações*. São Leopoldo – RS: Editora da Universidade do Vale do Rio dos Sinos.
- Fairchild, T. R.; Teixeira, W.; Babinski, M. (2000). *Em busca do Planeta: Tempo Geológico*. In: Guerra, W. T. (Org.). *Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Filho, C. J. M. (Coord.). (2004). *Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE - Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.
- Filho, M. C.; Camargo, G. (2007). *Presença de Paleofendas de Dessecação em Paleossolos de Mais de 40 Ka no Sul do Segundo Planalto Paranaense*. In: I Workshop Regional de Geografia e Mudanças Ambientais, 2007. Paraná. Anais... Paraná.
- Follmer, L. R. (1982). *The Geomorphology of the Sangamon Surface: its spatial and temporal attributes*. In: C. Thorn (ed.). *Space and Time in Geomorphology*. Boston: George Allen and Unwin.
- Golyeva, A. A.; Chichagova, O. A. (2004). *Soils of Arid Ecosystems of Kalmykia in the Late Holocene*. *Revista Mexicana de Ciências Geológicas*, vol. 21, n. 1, p. 48-53.
- Goudie, A. S. (2006). *Encyclopedia of Geomorphology*. vol. 1. London and New York: Taylor & Francis Group.
- Guerra, A. T.; Guerra, A. J. T. (2003). *Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico*. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Iannuzzi, R.; Vieira, C. E. L. (2005). *Paleobotânica*. Porto Alegre: Editora da UFRGS.

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2007). Manual Técnico de Pedologia. 2. ed. (Série Manuais Técnicos em Geociências), n. 4, Rio de Janeiro.
- Jacobs, P. M. e Mason, J. A. (2004). Paleopedology of Soils in Thick Holocene Loess, Nebraska, USA. *Revista Mexicana de Ciências Geológicas*, vol. 21, n. 1, p. 54-70.
- Jenny, H. (1941). *Factors of soil formation*. New York: McGraw-Hill, 281p.
- Keller, E. A. (1988). *Environmental Geology*. 5 ed. Columbus: Charles E. Merrill Publ., 548 p.
- King, L. C. (1956). A Geomorfologia do Brasil Oriental. *Revista Brasileira Geografia*, R. de Janeiro, 18 (2):3-121, abr./jun.
- Kovaleva, N. (2004). Northern Tian-Shan Paleosol Sedimentary Sequences as a Record of Major Climatic Events in the Last 30,000 Years. *Revista Mexicana de Ciências Geológicas*, vol. 21, n. 1, p. 71-78.
- Ladeira, F. S. B. (2004). Paleopedologia Aplicada a Reconstituição Ambiental do Quaternário no Sudeste do Brasil. In: Encontro sobre Mudanças Globais, Vol. 1, p. 51-52, Campinas.
- Ladeira, F. S. B.; Dal’Bó, P. F. F. (2006). Ambientes Paleoclimáticos da Formação Marília Baseado em Análise Paleopedológica na Região de Monte Alto (SP). *Geociências*, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 127-134.
- Ladeira, F. S. B.; Santos, M. (2005). O Uso de Paleossolos e Perfis de Alteração para a Identificação e Análise de Superfícies Geomórficas Regionais: O Caso da Serra de Itaqueri (SP). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 6, n. 2, p. 3-20.
- Ladeira, F. S. B.; Santos, M. (2006). Tectonics and Cenozoic Paleosols in Itaqueri's Hill (São Paulo - Brazil): Implications for the long-term Geomorphological Evolution. *Zeitschrift für Geomorphologie. Supplementband*, 145, p. 37-62.
- Lakatos, E. V.; Marconi, M. A. (2007). *Fundamentos de Metodologia Científica*. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas.
- Lepsch, I. F. (2002). *Formação e Conservação dos Solos*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Modenesi, M. C.; Toledo, M. C. M. (1993). Morfogênese Quaternária e Intemperismo: Colúvios do Planalto do Itatiaia. *Revista do Instituto Geológico de São Paulo*, vol. 14, n. 1, p. 45-53.

- Mantesso-Neto, V. et al (Org.). (2004). *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca.
- Nowatzki, C. H. (2005). *Fundamentos de Geologia Arqueológica*. São Leopoldo: NEPGEA.
- Passos, M. M. (2003). *Biogeografia e Paisagem*. 2. ed. Maringá: UEM.
- Pessenda, L. C. R. (1998). *Laboratório de C14. Técnicas e Aplicações Paleoambientais*. Piracicaba: CENA/USP. (Série Didática, v. 2, 53p.).
- Pierini, C.; Mizusaki, A. M. P. (2007). *Significados Paleoambientais e Paleoclimáticos dos Paleossolos: Uma Revisão*. *Revista Pesquisa em Geociências*, Porto Alegre, v. 34, n. 1, p. 45-61.
- Pierini, C. (2006). *Caracterização de Paleossolos Aluviais em Bacias Sedimentares Mesozóicas: determinação dos controles sedimentares e implicações paleoambientais*. 2006. 193 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- POPP, J. H. (2004). *Geologia Geral*. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora.
- Press, F. et al. (2006). *Para Entender a Terra*. 4. ed. São Paulo: Bookman.
- Pustovoytov, K.; Terhorst, B. (2004). *An Isotopic Study of a Late Quaternary Loess-Paleosol Sequence in SW Germany*. *Revista Mexicana de Ciências Geológicas*, vol. 21, n. 1, p.88-93.
- Queiroz Neto, J. P. (2000). *Geomorfologia e Pedologia*. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 1, n. 1, p. 59-67.
- Queiroz Neto, J. P. (2001). *O Estudo de Formações Superficiais no Brasil*. *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, v. 22, n. 1/2, p. 65-78.
- Queiroz Neto, J. P. (2008). *Relações entre as Vertentes e os Solos: Uma Revisão*. In: VII SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA e II ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 2008. Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: UFMG.
- Retallack, G. J. (1990). *Soils of the Past – An Introduction to Paleopedology*. London: Unwin Hyman.
- Resende, M. et al. (2002). *Pedologia: base para distinção de ambientes*. 4. ed. Viçosa: NEPUT.
- Ribeiro, H. J. P. S. (Org.). (2001). *Estratigrafia de Seqüências: fundamentos e aplicações*. São Leopoldo – RS: Editora da Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

- Rocha, L. C.; Augustin, C. H. R. R.; Cruz, L. O. M. (2008). O Papel Geomorfológico das Lateritas no Espinhaço Meridional, MG. In: VII SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA e II ENCONTRO LATINOAMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, 2008. Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: UFMG.
- Ruhe, R. V. (1975). *Geomorphology, Geomorphic Processes and Surficial Geology*. Boston: Houghton Mifflin.
- Salgado-Labouriau, M. L. (2007). *Critérios e Técnicas para o Quaternário*. São Paulo: Editora Edgard Blücher.
- Salgado-Labouriau, M. L. (1994). *História Ecológica da Terra*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher.
- Sallun, A. E. M. et al. (2007). Datação Absoluta de Depósitos Quaternários por Luminiscência. *Revista Brasileira de Geociências*, vol. 37, n. 2, p. 402-413.
- Semmel, A. (1989). Paleopedology and Geomorphology: examples from the Western part of Central Europe. In: Bronger, A.; Catt, J. A. (ed) *Paleopedology: Nature and application of paleosols*. *Catena Supplement*, 16. p.143-162.
- Silva, M. L. (2008). *A Paleopedologia no Contexto dos Estudos Paleoambientais Quaternários: Algumas Considerações*. 2008. 60 f. Monografia (Especialização em Solos e Meio Ambiente) – Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Silva, A. C. et al. (2004). Solos do Topo da Serra São José (Minas Gerais) e Suas Relações com o Paleoclima no Sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, São Paulo, 28, p. 455-466.
- Soil Survey Manual. Washington, D.C.: U.S. (1984). Department of Agriculture, cap.1. (*Agriculture handbook*, n. 430).
- Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. (1975). Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, 754 p. (*Agriculture handbook*, n. 436).
- Solleiro-Rebolledo, E. et al. (2004). Quaternary Pedostratigraphy of the Nevado de Toluca Volcano. *Revista Mexicana de Ciências Geológicas*, vol. 21, n. 1, p. 101-109.
- Souza, C. R. G. et al (ed). (2005). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos Editora.

- Suguio, K. (1998). *Dicionário de Geologia Sedimentar e Áreas Afins*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Suguio, K. (2001). *Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais (Passado + Presente = Futuro?)*. 1. reimp. São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas.
- Suguio, K. (2008). *Mudanças Ambientais da Terra*. 1. ed. São Paulo: Instituto Geológico e Secretaria de Estado do Meio Ambiente.
- Suguio, K.; Sallun, A. E. M. (2004). *Geologia do Quaternário e Geologia Ambiental*. In: Mantesso-Neto, V. et al (Org.). *Geologia do Continente Sul-Americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca.
- Suguio, K.; Sallun, A. E. M.; SOARES, E. A. A. (2005). *Período Quaternário: "Quo Vadis"?*. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 35, n. 3, p. 425-432.
- Summerfield, M. A. (1991). *Global Geomorphology: an introduction to the study of landforms*. New York: Longman Scientific & Technical, 537 p.
- Troppmair, H. (2006). *Biogeografia e Meio Ambiente*. 7. ed. Rio Claro: Divisa.
- Viadana, A. G. (2000). *A Teoria dos Refúgios Florestais Aplicada ao Estado de São Paulo*. 2000. 165 f. Tese de Livre Docência em Geografia. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro.
- Wright, V. P. (1992). *Paleopedology: stratigraphic relationship and empirical models*. In Martini, I. P.; Chesworth, W. (ed.) *Weathering, Soils e Paleosols*. Elsevier, Amsterdam, Holand. p. 475-499.