

2 Intemperismo e Rocha Alcalina

As rochas quando expostas à superfície da Terra ficam submetidas a pequenas pressões, temperaturas variáveis, agressão da atmosfera devido à percolação de água que transporta parte dos constituintes e renova os agentes agressores, entre outros condicionantes ambientais diferentes daqueles que prevaleciam durante a sua formação. Como resultado, a rocha procura se adequar ao novo ambiente mudando suas características e, dessa forma, a rocha intacta começa a se fragmentar em partes cada vez menores devido aos processos de ordem física, química ou biológica, caracterizando o intemperismo.

Os fatores que influenciam na ação do intemperismo são: o clima, expresso pela distribuição das chuvas e variação sazonal da temperatura; a rocha de origem, que apresentará uma resistência diferenciada devido à ação intempérica, segundo sua natureza; a fauna e a flora, que contribuem com o fornecimento de matéria orgânica para as reações químicas e remobilizam materiais; o relevo, que influencia no regime de percolação e drenagem das águas e, por último, o tempo de exposição da rocha aos agentes intempéricos (Toledo *et al*, 2003). O fator primordial que determina a variação do intemperismo é o clima (Leinz e Amaral, 2001).

A formação do solo ocorre quando as modificações, químicas e mineralógicas, sofridas pelas rochas por meio da ação intempérica atuam sobretudo estruturalmente reorganizando e transferindo os minerais, argilominerais, oxi-hidróxidos de ferro e alumínio, que formam o solo entre os níveis superiores do manto de alteração. Solos provenientes de uma mesma rocha podem ser totalmente diferentes quando formados em ambientes climáticos distintos, assim como solos idênticos podem ser formados a partir de rochas diferentes quando submetidos ao mesmo clima (Leinz e Amaral, 2001).

Uma transição gradual é formada entre o solo residual e a rocha são devido à ação dos agentes intempéricos que é denominada de perfil de alteração ou perfil de intemperismo. Este perfil consiste basicamente em uma seqüência de camadas formadas por materiais decompostos originários da rocha subjacente. Essas camadas são distintas quanto as suas características físicas, químicas, mineralógicas, biológicas e micromorfológicas.

De uma forma geral, como a formação do perfil em termos de composição, estrutura e textura vai se diferenciando da rocha parental quanto mais afastado estiver da mesma, pode-se estruturar um perfil de solo, normalmente vertical, a partir da rocha mãe que dará origem ao solo. Assim, o perfil constitui-se primeiramente da base, que é formada pela rocha sã. O horizonte imediatamente superior, sobre a qual se encontra a rocha alterada ou saprolito, é uma transição entre o solo e a rocha. Nessa transição o intemperismo avança mais profundamente nas juntas e descontinuidades da rocha, criando uma matriz de solo saprolítico envolvendo fragmentos da rocha (pedras, matacões e blocos). Em seguida encontra-se o solo residual jovem ou solo saprolítico, que ainda apresenta características reliquiares da rocha mãe como, por exemplo, marcas de juntas, concentração e direção preferencial de minerais. Por último, o solo maduro que já foi totalmente decomposto e é constituído essencialmente por minerais secundários (argilominerais, óxidos e hidróxidos). Na engenharia geotécnica uma variedade de terminologias utilizadas para a caracterização dos diferentes horizontes do solo são utilizadas por alguns autores, dentre esses cita-se: Deere e Patton (1971), Pastore (1992) e Lrfan (1988).

Os solos originados a partir dos perfis de alteração são denominados solos residuais, já que os mesmos são resíduos da alteração das rochas, isto é, eles são formados pela ação do intemperismo sobre a rocha devido a sua desagregação e decomposição, permanecendo no local de formação sem sofrer qualquer tipo de transporte. Esse tipo de solo é predominante nos países de clima tropical devido, principalmente, ao comportamento de parâmetros como a água das chuvas e o clima quente.

O material proveniente do intemperismo formado pela movimentação, transporte e deposição é denominado solo transportado. Geralmente é formado num local diferente do de origem e, portanto, não guarda as características reliquiares da rocha de mãe.

O solo estudado neste trabalho é de origem residual. Segundo Macari *et al.* (1996) a determinação das propriedades de engenharia de um solo residual é normalmente problemática pelo fato de, em geral, elas serem extremamente heterogêneas. Além disso, esses materiais quando próximos a superfície são facilmente afetados pela precipitação e infiltração da água, provocando uma rápida mudança na resistência dos solos tornando-os altamente variáveis.

A estrutura dos solos tropicais, residuais ou transportados, depende de sua origem e formação que afetam o arranjo e as ligações entre os grãos e os poros formados. De acordo com Leroeil e Vaughan (1990), a destruição progressiva

dessas ligações entre partículas dos solos estruturados ocorre principalmente devido a compressão, expansão, ação do intemperismo, fluência ou fadiga.

A maioria dos estudos realizados para caracterizar perfis de alteração foi desenvolvida em rochas metamórficas como pode ser visto em vários trabalhos (Brito, 1981; Falcão; 1984; Sertã, 1986; Polivanov, 1998; Fonseca, 2006; Oliveira, 2006), entre outros. Trabalhos com o mesmo enfoque também foram desenvolvidos para rochas ígneas, dentre esses cita-se: Tanaka (1976), Rigo (2000) e Brant (2005). No caso de rochas alcalinas, normalmente, os trabalhos desenvolvidos estão voltados para os estudos geológicos como apresentado por Valença, (1980), Amaral *et al.* (1967), Bailey (1974), Powel e Bell (1970), Sorensen (1974), dentre outros. Contudo, são poucos os trabalhos geológico-geotécnicos desenvolvidos em solos e/ou rochas de proveniência alcalina encontrados na literatura.

As principais ocorrências desse tipo de rocha situam-se em Poços de Caldas - Minas Gerais, Ilha de São Sebastião - São Paulo e na região da Serra do Itatiaia - Rio de Janeiro (Leinz e Amaral, 2001). A rocha do presente trabalho está localizada no Complexo Alcalino de Tanguá, situado no leste do estado do Rio de Janeiro, compondo as cinco maiores intrusões alcalinas localizadas naquela região (Valença, 1980).

As rochas alcalinas são rochas ígneas muito ricas em álcalis (Na_2O e K_2O) apresentando composições mineralógicas peculiares com minerais de Na e K. Essas rochas contêm feldspatóides que são minerais ditos “insaturados em sílica”. Isso ocorre quando o teor de sílica no magma em cristalização é insuficiente para garantir a incorporação de todos os álcalis e alumina disponíveis ao feldspato (Szabó *et al.*, 2003).

De acordo com Sorensen (1974) existem vários tipos de rocha de origem alcalina e os mais comuns são: traquitos, fonolitos, riolitos, sienitos e nefelina sienitos. Segundo Valença (1980) no complexo alcalino de Tanguá as rochas são do tipo nefelina sienito.

As características de latossolos roxos provenientes de rochas alcalinas e básicas em Jaboticabal, São Paulo, foram estudadas por Centurion *et al.* (1995). Nesse trabalho, foram realizadas análises químicas e petrográficas para obter maiores informações sobre o material estudado. Ao analisarem o processo de alteração desses latossolos, a relação molecular Ki indicou latossolo sesquioxídico para o solo de origem básica (basalto) e caulínítico para o de origem alcalina (tinguaíto). Os autores detectaram a presença de minerais mais resistentes ao intemperismo, provavelmente devido à ocorrência da rocha

alcalina posterior ao basalto, que deu origem ao latossolo roxo eutrófico. O estudo concluiu que a ocorrência do latossolo roxo está associada à influência de rochas alcalinas, notadamente o tinguaito.

Römer *et al.* (2002), estudaram a influência da litologia no desenvolvimento de encostas de montanhas na área do Complexo Alcalino de Jacupiranga (rochas ultramáficas) e redondezas (rochas ricas em quartzo). O objetivo do trabalho foi de examinar a relação entre a litologia e a forma das encostas em uma área caracterizada por uma elevada variedade de montanhas de diferentes tipos de rocha que ocorrem lado a lado. Foram encontrados contrastes marcantes na forma dos perfis dos taludes não só entre as rochas ultramáficas e as ricas em quartzo como também entre os diferentes tipos de rocha ultramáficas do Complexo Alcalino.

Os autores identificaram também que na área de estudo, particularmente no pleistoceno superior, o processo de formação de montanhas respondeu às mudanças de condições climáticas apenas por variações na intensidade e não por uma mudança geral na forma em que o material foi removido. As mudanças aceleraram ou retardaram o processo de denudação, mas não modificaram o sistema de resposta dos processos existentes, então o modo de desenvolvimento da forma permaneceu inalterado. Embora a taxa de denudação tenha variado certamente em resposta às mudanças nas condições climáticas, não existem evidências que processos de rastejo afetaram significativamente o desenvolvimento de alteração profunda nas encostas montanhosas.

Carvalho (2006) estudou a resistência ao cisalhamento de dois solos (residual jovem e coluvionar) de origem alcalina provenientes do Complexo de Poços de Caldas, quando submetidos à contaminação por um fluido intersticial procedente do processo de beneficiamento da bauxita. Além dos ensaios mecânicos, ensaios de caracterização (física, química e mineralógica) também foram realizados nesses dois solos. Os resultados dos ensaios indicaram que esses solos são compostos por caulinita, gibsitita e ilita/mica, sendo o solo residual, caulínico, e o coluvionar, gibsítico. Não houve amorfização significativa dos minerais presentes nesses solos, conforme observado nos ensaios mineralógicos. Com relação à resistência e compressibilidade desses solos, elas se mostraram diferenciadas com a presença do licor, já que, segundo a autora, esse fluido intersticial quebra e/ou enfraquece as ligações interpartículas e ainda age como dispersante, afetando a estrutura do solo.