

## A influência do componente geológico ou natural na vulnerabilidade de encostas

### *The influence of the geological or natural component on the vulnerability of slopes*

Thales Hieron Soares de Almeida<sup>1</sup>, Isabelly Cícera Dias de Vasconcelos<sup>2</sup>, Camilo Allyson Simões de Farias<sup>3</sup>, Aline Carla de Medeiros<sup>4</sup>, Anna Catarina Costa de Paiva<sup>5</sup>, Leonardo Souza do Prado Junior<sup>6</sup>, Patrício Borges Maracajá<sup>7</sup>

**Resumo:** O presente artigo tem como objetivo abordar através da literatura pertinente, os fatores que influenciam o componente geológico ou natural na vulnerabilidade das encostas. Isso devido aos processos de instabilizações de encostas e relatos dos fenômenos que ocorrentes associados aos desastres naturais, sobretudo nas áreas urbanas intensamente ocupadas por assentamentos, favelas, vilas e loteamentos. Esta investigação, trata-se de um estudo bibliográfico, onde levantou-se informações em periódicos sobre a temática, realizada no período compreendido entre setembro de 2006 e maio de 2007. Para isto, realizou-se consultas a livros, periódicos e artigos científicos selecionados. Onde foram visto que os movimentos de massas correspondem aos mecanismos de transporte de sedimentos, solos ou rochas que são induzidos pela força gravitacional e pela ação conjunta ou isolada de fatores como a presença de águas superficiais e subterrâneas ou ações antrópicas como desmatamentos, cortes e aterros, entre outras. Como forma de minimizar essas movimentações, tem a utilização de cobertura vegetal, e tão logo, pode atuar positiva ou negativamente na estabilização das vertentes. No que tange a atuação positiva é baseada na proteção do solo aos impactos diversos, e como negativo permite o arraste de sedimentos. Logo, pode-se concluir que esse estudo possibilita advertir à sociedade e aos órgãos públicos e gestores entender as consequências das suas ações humanas, a partir das necessidades e avanços do progresso, assumindo os riscos de ameaça à própria vida e o comprometimento do ambiente natural.

**Palavras-chave:** Movimentações de terra; Fragilidade de encosta; Instabilizações de encostas.

**Abstract:** This article aims to address, through the pertinent literature, the factors that influence the geological or natural component in the vulnerability of the slopes. This is due to the processes of instability of hillsides and reports of the phenomena that occur associated with natural disasters, especially in urban areas intensely occupied by settlements, favelas, villages and subdivisions. This research is a bibliographical study, where information was collected in periodicals about the theme, carried out in the period between September 2006 and May 2007. For this, consultations were carried out on selected books, periodicals and scientific articles. It was observed that the mass movements correspond to the transport mechanisms of sediments, soils or rocks that are induced by the gravitational force and by the joint or isolated action of factors such as the presence of surface and subterranean waters or anthropic actions such as deforestation, cuts and embankments, among others. As a way of minimizing these movements, it has the use of vegetal cover, and as soon as, it can act positively or negatively in the stabilization of the slopes. As far as the positive action is based on the protection of the soil to the diverse impacts, and as negative allows the sediment drag. Therefore, it can be concluded that this study makes it possible to warn society and public bodies and managers to understand the consequences of their human actions, based on the needs and advances of progress, assuming the risks of threat to one's life and the commitment of the natural environment.

**Keywords:** Land movements; Fragility of slope; Slope instability.

\*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 06/17/2016; aprovado em 22/011/2016

<sup>1</sup> Engenheiro Civil, Centro Universitário de João Pessoa (Unipê) - thales.engcivil@gmail.com

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia Civil, Docente do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de João Pessoa (Unipê) - Isabelly.vasconcelos@unipe.br

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia Civil, CCTA- UFCG - camilo@ccta.ufcg.edu.br

<sup>4</sup> Licenciada em Biologia, Mestre em Sistemas Agroindustriais e Doutoranda em Engenharia de Processos- PPGEP- UFCG- alinecarla.edu@gmail.com

<sup>5</sup> Eng. Agrônoma, Mestre em Sistemas Agroindustriais e Doutoranda em Engenharia de Processos pelo PPGEP – UFCG – anna.paiva@hotmail.com

<sup>6</sup> Aluno de Eng. Ambiental CCTA – UFCG – Pombal – PB Email: leonardojuniorprado@hotmail.com

<sup>7</sup> D.Sc. CCTA PPGSA- (UFCG) – patriciomaracaja@gmail.com

## INTRODUÇÃO

Os processos de instabilizações de encostas são relatados entre os fenômenos mais ocorrentes associados aos desastres naturais, sobretudo nas áreas urbanas intensamente ocupadas por assentamentos, favelas, vilas e loteamentos. Áreas de relevo de elevada declividade aliado à ocupação humana inadequada vêm tornando vulnerável à estabilidade de encostas que, ainda, acentuada devido à ocupação desordenada dos centros urbanos resultam nos fatores que potencializam a ocorrência de acidentes, fundamentalmente em países em desenvolvimento ou em regiões em expansão demográfica.

Os aglomerados urbanos brasileiros marcados pela exclusão sócio espacial, muito peculiares à maioria das cidades, são caracterizados pelos processos de instabilizações de encostas relacionados a desastres naturais, geralmente associados a eventos climáticos de pluviosidades intensos e prolongados, durante as estações chuvosas, com maiores reflexos à falta de infraestrutura urbana, afetando os movimentos de massa (TOMINAGA et al., 2009).

Nas análises sobre o risco, a vulnerabilidade designa condições e características sociais da população, como a fragilidade social, a densidade demográfica, a infraestrutura, o conhecimento, a situação econômica que aumentam a suscetibilidade de uma comunidade ao impacto do perigo (KOBAYAMA et al., 2006). Deste modo, conforme analisado por Wiggers (2013), mesmo que uma comunidade apresente grande vulnerabilidade à ocorrência de um evento adverso, causador de desastre, algumas pessoas podem apresentar menor ou maior vulnerabilidade, dependendo de suas condições econômicas, da infraestrutura da sua moradia, do seu conhecimento e da sua percepção sobre o risco.

Nesse sentido, o presente artigo tem como objetivo abordar através da literatura pertinente, os fatores que influenciam o componente geológico ou natural na vulnerabilidade das encostas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de um estudo bibliográfico, onde levantou-se informações em periódicos sobre a temática, realizada no período compreendido entre setembro de 2006 e maio de 2007, no qual realizou-se consultas diversas a livros, periódicos presentes e artigos científicos selecionados através de busca no banco de dados. Utilizou-se como palavras-chave das consultas: vulnerabilidade em encostas, conservação do solo, ação antrópica e espaços naturais de encostas. Buscou-se compreender os principais fatores naturais que atuam no desgaste em regiões de encostas como também os riscos existentes em seu entorno.

### Fatores naturais relevantes no estudo da vulnerabilidade de encostas no Brasil

De acordo com Silva (2014), os movimentos de massas correspondem aos mecanismos de transporte de sedimentos, solos ou rochas que são induzidos pela força gravitacional e pela ação conjunta ou isolada de fatores como a presença de águas superficiais e subterrâneas ou ações antrópicas como desmatamentos, cortes e aterros, entre outras.

Para Fernandes (2011), os movimentos de massa podem ser definidos como movimentos de descida de material de

composição diversa (solo, rocha e/ou vegetação) pelas encostas devido à ação da gravidade. Esses processos naturais podem ocorrer em qualquer área que apresente declividade causada pela atuação do intemperismo e da erosão, tendo como um dos principais agentes deflagradores a água da chuva.

Em virtude da complexidade dos processos envolvidos e da multiplicidade de ambientes de ocorrência, existem várias classificações de movimentos de massa gravitacionais. Algumas são baseadas na cinemática do movimento, como considerações sobre a massa em movimento e o terreno estável, velocidade, direção e sequência dos deslocamentos, considerando o tipo do material envolvido, quanto à sua estruturação, textura e conteúdo hídrico e aspecto geométrico, definido pela forma e tamanho das massas mobilizadas (FREITAS NETO et al., 2015).

Dentre todos os processos de movimento de massa, os mais comuns no Brasil são os escorregamentos, também chamados de deslizamentos, quedas de barreira ou desbarrancamentos. Ainda se destacam os movimentos de blocos rochosos ou quedas, os rastejos e as corridas (WIGGERS, 2013).

Contudo, se os fatores estão relacionados às condições naturais, considerando as características intrínsecas dos materiais, sem a ação humana, são denominados agentes predisponentes. Cita-se, entre os principais agentes predisponentes: condições geológicas, topográficas e ambientais. Por outro lado, quando a alteração das condições originais dos materiais e/ou do equilíbrio inicialmente existente na encosta, são nominados de agentes efetivos (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007).

Dentre os elementos climáticos que mais influenciam a ocorrência de movimentos de massa, destacam-se: a precipitação, a temperatura e a umidade. A temperatura e a umidade atuam sobretudo nos processos de intemperismo e erosão das rochas e dos materiais do solo. Já a precipitação, considerada elemento climático de maior importância no movimento de massa em encostas, é responsável pelo maior fluxo de água a atuar na desestabilização das encostas.

No Brasil, em períodos de índice pluviométrico elevado, a grande pluviosidade, atuando sobre vertentes íngremes, provoca a saturação do solo ou rocha. Esse processo de saturação, segundo Wiggers (2013), atua diretamente na deflagração dos movimentos de massa através da alteração da resistência do solo devido à diminuição da coesão, eliminação das tensões capilares e dissolução da cimentação; diminuição da resistência ao cisalhamento dos materiais devido ao aumento da pressão hidrostática; diminuição da coesão e ângulo de atrito interno por processo de alteração; aumento das solicitações externas devido ao aumento do peso específico sobre uma determinada área de encosta; dentre outros fatores.

Malko et al. (2014) relatam que um dos problemas da movimentação de materiais inconsolidados em encostas são favorecidos por fatores geológicos e geomorfológicos, regime das chuvas, perda da cobertura vegetal, ações de ocupação urbana e mineração de calcário. Tonus (2009) aborda que os fenômenos de origem natural, tais como inundações, erosões, deslizamentos de terra, terremotos e furacões podem ameaçar a estabilidade desses empreendimentos, trazendo graves consequências econômicas, sociais e ambientais.

Malko (2014) diz que taludes estão quase em sua totalidade localizados acima do nível freático do local, o que

leva ao surgimento de forças de atração entre as partículas do solo. Esta força de atração, chamada de sucção, tem ação primordial na resistência ao cisalhamento dos solos. Quando ocorre uma precipitação, as forças de atração diminuem, provocando a queda de resistência do solo e, dependendo das condições locais, o escorregamento do talude.

Gizelini et al. (2011) propõe uma metodologia de interpretação do efeito da não saturação sobre a resistência ao cisalhamento de solos não saturados baseando-se no domínio da saturação. A vantagem de tal procedimento é a não necessidade de espera para equalização da sucção na amostra a ser ensaiada. Para melhorar as abordagens do mapeamento de risco qualitativo, diminuindo a subjetividade na análise dos indicadores e na hierarquização dos setores de perigo e risco de movimentos de massa, considera-se pertinente incorporar técnicas quantitativas, como o Processo de Análise Hierárquica (AHP).

A cobertura vegetal pode atuar positiva ou negativamente na estabilização das vertentes, dependendo das suas próprias características, da situação do entorno e das condições da encosta. Quanto ao desempenho positivo, observa-se que a vegetação protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, dispersando-as e/ou interceptando-as, através das folhas, além de permitir a evaporação de parte dessas gotas, antes que estas atinjam o solo. Os troncos e as raízes das plantas orientam a infiltração da água de maneira lenta e seguram as partículas de solo dificultando o seu arraste.

Nogueira (2006) define Risco (R) como a probabilidade (P) de ocorrer um fenômeno físico (ou perigo) A, em local e intervalo de tempo específicos e com características determinadas (localização, dimensões, processos e materiais envolvidos, velocidade e trajetória); causando consequências C (às pessoas, bens e/ou ao ambiente), em função da vulnerabilidade V dos elementos expostos; podendo ser modificado pelo grau de gerenciamento. Aplicando os conceitos de suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade e risco apresentados aqui, pode-se afirmar que as áreas de risco são resultado da ocupação de áreas suscetíveis a fenômenos ou processos naturais, tais como movimentos de massas, oferecendo perigo para a população e sujeitando-a a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais.

Nessa perspectiva, as geotecnologias possibilitam os estudos socioambientais, por consistirem em ferramentas que subsidiam várias demandas aplicadas ao planejamento e gestão territorial (MORAES, 2010). Essas ferramentas, segundo esse autor, abrangem análise espacial de ambientes, permitindo o conhecimento do uso do solo, área, comprimento, entre outros, ofertando, assim, uma maior capacidade de avaliação, gerenciamento e planejamento de áreas passíveis de degradação, poluição e ocupação indevida.

Portanto, a aplicação de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e outras geotecnologias (sensoriamento remoto, GPS, geoprocessamento), que são instrumentos determinantes no mapeamento de áreas geoambientais contribuem para eficiente monitoramento, planejamento e avaliação dos riscos. O emprego de ferramentas de geoprocessamento possibilita compreender a relação dos dados espaciais e propiciar a retratação e as representações do mundo real em uma determinada escala, oferecendo padrões

quanto à forma, estrutura, localização e outras interfaces ambientais.

Na produção e manipulação de dados em geotecnologias disponíveis, para ampla utilização de dados espaciais disponíveis aplicados aos modelos de gestão por análise espacial há vários softwares, todavia, ressalte-se que o *Quantum Gis* (QGIS) oferece excelente objetividade de uso, podendo ser empregado com facilidade em estudos básicos de monitoramento e controle de riscos de encostas. O *Quantum Gis* é um software livre, licenciado pela GNU (*General Public License*), baseado em um SIG (Sistema de Informação Geográfica), que propicia consultas espaciais, exploração interativa de dados, identificação e seleção de geometrias, pesquisa, visualização e seleção de atributos e criação de simbologia vetorial e raster, disponível em banco de dados para *download* (ALMEIDA, SÁNCHEZ, 2005).

Neste sentido, os sistemas de informações geográficas podem analisar e interfacear com os estudos de encostas, sendo que o emprego dessas ferramentas associadas às imagens das áreas estudadas e aos testes dos materiais em laboratoriais tornam-se possíveis compreender, a partir das definições da literatura científica, os aspectos da erosibilidade de solos, fatores climáticos, aspectos geológicos, relevo, solo, cobertura vegetal, uso do solo, processos erosivos, sulcos, ravinas e voçorocas dentre outros que devem ser considerados nos estudos de deslizamentos de encostas.

### **Erosão dos solos**

De acordo com Lima (2003), a erosão dos solos afeta a vida de muitas maneiras, daí ser um assunto que envolve profissionais de várias áreas do conhecimento, por vezes, com visões distintas sobre o mesmo problema. Existem linhas de pesquisa em erosão por todo o país na agronomia, geografia, geologia, geotecnica e outras áreas do conhecimento.

De acordo com Jesus (2013) com referências em Barreto et al. (2009) apontaram que o Brasil ocupa o 12º lugar mundial em publicações de artigos científicos sobre erosão e conservação de solos. Em contrapartida, conforme apresentam Barretto et al. (2009), sabe-se que outras instituições têm se dedicado firmemente ao estudo de processos erosivos sendo seus resultados apresentados em dissertações, teses, livros, anais de eventos e periódicos.

Tendo em vista que em países com solos tropicais, as ocorrências de problemas relacionados à erosão dos solos são consideravelmente constantes, assim se mostra a necessidade de instituições de pesquisa para o estudo e análise e prevenção de riscos, justificando assim a grande quantidade de pesquisas e um vasto referencial teórico sobre o assunto.

As causas de uma erosão estão relacionadas a alguns fatores, são esse: Climas, geologia, relevo, solo, vegetação.

### **Clima**

O clima se relaciona com os processos exógenos, Press et al. (2007), relatam que, o intemperismo é um dos maiores processos geológicos, no ciclo da rocha, que dão forma à superfície terrestre e alteram materiais rochosos, convertendo todo tipo de rocha em sedimento e formando o solo. Os fatores que controlam o intemperismo são o material parental, o clima, a topografia, a biosfera e o tempo. O clima se destaca

como fator preponderante, principalmente, em regiões de clima quente e úmido (INPE, 2008).

Segundo Jesus (2013) a precipitação é o elemento mais importante do clima no que se refere aos processos erosivos. Seu impacto sobre o solo sofre forte influência do vento. O impacto das gotas de chuva sobre o solo favorece a desagregação das partículas do solo, além do que a água também atuará como agente de transporte dessas partículas.

## Geologia

Os estudos afirmam que a Bacia Pernambuco-Paraíba representa uma sedimentação estuariana e lagunar, passando à plataformar no intervalo entre o Santoniano e o Maastrichtiano, ligada à abertura do Oceano Atlântico sul. Especificamente a Bacia Paraíba alcança a faixa sedimentar costeira, que existe a partir do Lineamento Pernambuco próximo a cidade de Recife e que se estende até o alto estrutural de Mamanguape ao norte de João Pessoa, enquanto a Bacia Pernambuco está situada ao sul do Lineamento Pernambuco até o Alto de Maragogi (BRASIL, 2002; LIMA FILHO, 2006).

Arai (2006), diz que particularmente no Nordeste do Brasil, o seguimento associado ao arqueamento crustal é notável, onde as ocorrências residuais do Grupo Barreiras (Formação Barreiras para outros pesquisadores) e unidades correlatas formam tabuleiros mais ou menos isolados, que nas cotas topográficas correm em direção ao interior. O autor, ainda contextualiza que o soerguimento epirogenético foi responsável pela atual configuração topográfica litoestratigráfica da unidade.

Segundo Díaz (2001), em solos residuais e rochas meteorizadas, a erosividade está relacionada intimamente com o tipo e as características da rocha parental. As principais características litológicas que podem condicionar a erosão são o grau de fraturamento das rochas, a intensidade do intemperismo, a natureza do material alterado, especialmente no que se refere à textura.

Segundo Souza et al. (2010) muitas das feições das encostas possuem sua origem associada a processos geológicos e geomorfológicos que atuaram no passado e que, em muitos casos, ainda atuam naqueles locais. A geologia do local possui papel de fundamental importância no processo de deslizamento de encostas. Entre os processos geológicos e geomorfológicos vale destacar: fraturas, falhas e propriedades dos solos.

## Relevo

A geomorfologia estuda as formas de relevo, entretanto, o homem na evolução do conhecimento, não se limitando a conhecer simplesmente os tipos de relevo e os processos a que se relaciona, visando entender como mutuamente esses processos se interagem, a exemplo, da evolução dos grandes conjuntos de relevo e à compreensão da interferência e do controle do funcionamento dos processos geomorfológicos e até a convivência as catástrofes ambientais (MARQUES, 2009).

Todavia, o relevo é um importante componente do quadro natural e, suas particularidades, determinam a distribuição dos solos, a vegetação e algumas características climáticas locais, bem como as possibilidades do aproveitamento de recursos hídricos, da exploração mineral e, até mesmo, do espaço para construções. Nesse sentido, o conhecimento geomorfológico é um precedente das características ambientais e, por meio dele, pode-se condicionar as atividades. O relevo é um recurso natural imprescindível para uma gestão ambiental adequada.

Guerra et al. (2011) ao definirem o relevo, abordam que a diversidade de aspectos da superfície da crosta terrestre e complementam dizendo que é o conjunto dos desnivelamentos do globo. Neste sentido, Press et al. (2006) contribuem ao considerarem o relevo como a medida da rugosidade da superfície terrestre que varia conforme a extensão de medida da área de sua inserção.

Nestes aspectos do relevo associado às características e dos eventos da superfície terrestre, segundo Jesus (2013) a influência do relevo na erosão está associada principalmente à declividade, ao comprimento e à forma de vertente. Quanto maior o declive, maior a velocidade do escoamento. Se o comprimento de vertente também for extenso, essa velocidade se amplia ainda mais. Bertoni e Lombardi Neto (1999) destacaram que um terreno com 20 metros de comprimento e 20% de declividade tem a mesma taxa de perda de terra que um terreno de 180 metros de comprimento e 1% de declividade, nas mesmas condições de chuva, tipo de solo e tipo de cobertura e manejo.

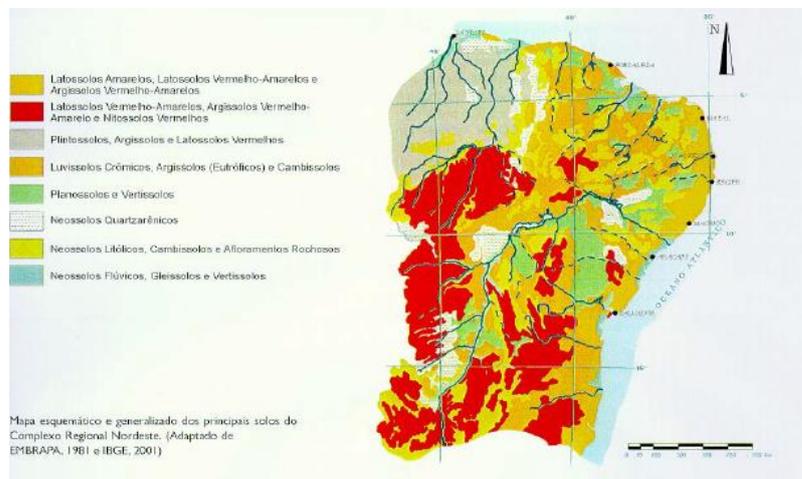
A erosão dos solos tem sido conduzida por causas que se correlacionam aos fenômenos da própria natureza, como a distribuição das chuvas, a declividade, o comprimento e forma das encostas, as propriedades químicas e físicas dos solos, o tipo de cobertura vegetal e à ação humana, que tende a acelerar os processos erosivos.

## Solo

Solo é a superfície inconsolidada que recobre as rochas e mantém a vida animal e vegetal da Terra. Segundo Guerra e Guerra (2011), o solo é um complexo vivo elaborado na superfície de contato da crosta terrestre, sendo o ambiente que reúne os quatro elementos: litosfera, hidrosfera, atmosfera e biosfera. O solo é um sistema complexo, constituído de materiais sólidos, líquidos e gasosos. As partículas sólidas formam um arranjo poroso tal qual os espaços vazios, denominados poros, que tem a capacidade de armazenar líquido e gases.

Solos brasileiros são predominantemente bem drenados, profundos e de baixa atividade de argila (caulinita + óxidos). Há regiões onde ocorrem áreas significativas de solos com mineralogia 2:1 (semiárido, sul) e outras com solos oxidicos (superfícies de planaltos antigos). A Figura 1, apresenta os principais tipos de solos do complexo nordestino, conforme adaptações consideradas pela Embrapa (2006) e IBGE (2001).

Figura 1. Principais tipos de solos do Complexo da Região Nordeste brasileira.



Fonte: Adaptado de Embrapa, 1981 e IBGE, (2001).

A capacidade do solo em resistir à erosividade da chuva é denominada de erodibilidade. Destacam-se as seguintes características do solo que influenciam na sua erodibilidade: composição químico-mineralógica, presença de matéria orgânica, textura, estrutura e umidade. Tais características intervêm diretamente na estabilidade estrutural do solo e na sua drenabilidade (permeabilidade), responsáveis diretos pela maior ou menor resistência dos solos frente aos processos erosivos.

A composição químico-mineralógica confere ao solo coesão real e é definidora do seu potencial de expansão e contração, comportamentos que interferem diretamente na erodibilidade. Aqui cabe destaque à relação direta dessa característica com a maior ou menor susceptibilidade do solo à erosão em consequência de mudanças químicas do meio, como as que ocorrem oriundas do escoamento superficial e/ou infiltração das águas servidas (ALMEIDA, 2005).

No que se refere à textura, deve-se considerar que as partículas de solo não são igualmente deslocadas pela água. As partículas mais finas, como a argila, vencida a força de coesão, são facilmente deslocadas e transportadas. Partículas maiores, como areia grossa, pedregulho e matacões, são, nessa escala, mais resistentes à erosão e tendem a se acumular sobre a superfície. O que diferencia a resistência de um solo argilo-siltoso daquela de um solo granular, frente à erosão, é a natureza das energias que resistem. Enquanto no primeiro elas são de natureza interna, a coesão, no segundo elas provêm do embricamento e da energia gravitacional, respectivamente, a forma das partículas e a massa, responsável pela maior ou menor força de atrito que resiste ao processo erosivo. Ainda quanto à textura, os solos com teores consideráveis de silte geralmente concorrem para uma elevada erodibilidade. Essa característica associa-se a solos jovens, como o Cambissolo, ou ao horizonte C de rochas félsicas com rocha alterada de estrutura conservada.

A estrutura do solo diz respeito à organização das partículas de argila, silte e areia isoladamente ou em

agregados com características variadas. As partículas isoladas se organizam em estruturas floculadas e em estruturas orientadas ou dispersas nas argilas e em estruturas simples ou alveolares nos solos siltosos e arenosos. Nas estruturas que marcam as partículas de argila isoladas, a floculada resulta de interações face-bordo combinando cargas negativas com positivas, o que lhes confere coesão e maior resistência à erosão.

A erosão dos solos, conforme relata Freitas (2012), tem causas relacionadas à própria natureza, como a distribuição das chuvas, a declividade, o comprimento e forma das encostas, as propriedades químicas e físicas dos solos, o tipo de cobertura vegetal e à ação humana, que tende a acelerar os processos erosivos.

Os solos são organizados em camadas, diferenciando-se entre si do material parental subjacente em suas propriedades e composição. Excetuando-se as diferenças de cor e textura, que ajudam a reconhecer o solo no campo, as propriedades de maior importância, que afetam a dispersão geoquímica dos elementos, são pH, conteúdo de matéria orgânica, tipo e assembleia de argilo-minerais e soma de sesquióxido (FREITAS, 2012). Nos solos siltosos e arenosos, a estrutura menos estável frente à erosão é, pelo próprio arranjo dos grãos, a alveolar (EMBRAPA, 2006).

Para Pinto (2006) os índices são relações entre as diversas fases, em termos de massa ou pesos e volumes, que procuram caracterizar as condições físicas em que um solo se encontra em um dado momento e por isso, pode ser alterado ao longo do tempo, esses mesmos índices desempenham importante papel no estudo das propriedades dos solos, uma vez que estas dependem dos seus constituintes e das proporções relativas entre eles, assim como da interação de uma fase sobre as outras.

Os solos com elevados teores de silte, tendem a apresentar boa agregação quando secos, porém, quanto umedecidos, passam a ter uma baixa taxa de estabilidade. Solos com textura arenosa são altamente permeáveis, estando

sujeitos a uma rápida movimentação das águas pelo perfil. Quando ocorre a associação de areia e matéria orgânica vemos claramente um aumento na retenção de água e o aumento da formação de agregados. Isso em parte está ligado à capacidade da matéria orgânica de reter de 2 a 3 vezes o valor de seu peso, em quantidade de água (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1999).

### Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal ou a cobertura morta presente no sistema evita o impacto direto das gotas de chuva e possível erosão por salpicamento como também a destruição dos agregados que promovem a formação de crostas superficiais que reduzem a capacidade de infiltração de água no solo.

A vegetação é a cobertura natural do solo, que dificulta a ação erosiva da água. Segundo Salomão e Iwasa (1995), ela é responsável por: proteger o solo do impacto direto as gotas de chuva; dispersar a energia do deflúvio; aumentar a infiltração através dos poros produzidos pelo sistema radicular, e aumentar a capacidade de retenção de água. Silva et al. (2003) apontam o papel importante da serapilheira como barreira ao fluxo superficial impedindo a formação de linhas de escoamento.

### Uso do solo

Na literatura concernente à erosão, os autores são unânimes em apontar a ocupação humana como um fator decisivo na aceleração dos processos erosivos. Segundo Drew (1994), o mais negativo dos efeitos do homem sobre o solo consiste em criar condições para que se dê a erosão parcial ou total.

Segundo Jesus (2013), tanto as formas de ocupação urbana, como as formas de ocupação rural do solo promovem o desmatamento para implementarem suas respectivas ações e infraestrutura. Logo, o desmatamento seria uma das primeiras formas de atuação humana que impactam o meio ambiente, resultando na perda da proteção natural do terreno, como exposto no item anterior. Na falta da cobertura vegetal, é necessário que se implemente, tanto nas áreas rurais como nas urbanas, infraestrutura adequada para evitar o fluxo concentrado do deflúvio. No caso das áreas rurais, recomendam-se terraceamentos, camalhões, plantio em curvas de nível, instalação de bebedouros para animais nas áreas mais planas, evitando que estes criem trilhas vertente abaixo até os cursos d'água. Em áreas urbanas, a primeira recomendação que se faz é a de que a ocupação do solo se dê de modo progressivo e acompanhado da implantação de infraestrutura, evitando-se a ocupação esparsa e os desmatamentos e arruamentos inoportunos. Recomenda-se, ainda, evitar os sistemas de arruamento com ruas muito longas perpendiculares às curvas de nível, ocupação de cabeceiras de drenagem, fundos de vale e áreas muito inclinadas. Também é extremamente importante o disciplinamento das águas superficiais com instalação de sarjetas, bocas de lobo, galerias condutoras e equipamentos dissipadores da energia do escoamento.

### CONSIDERAÇÕES

Assim, o resultado desse estudo possibilita advertir permite à sociedade e aos órgãos públicos e gestores entender as consequências das suas ações humanas, a partir das necessidades e avanços do progresso, assumindo os riscos de ameaça à própria vida e o comprometimento do ambiente natural.

Com a construção de moradias e a substituição da vegetação nativa pode ocasionar problemas com erosão e arraste de materiais.

### REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. C. P. **Caracterização Física e Classificação dos Solos**. Minas Gerais, UFJF, 145p. 2005.
- ALMEIDA, R. P. O.; Sánchez, L. E.; **Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho**.R. *Árvore*, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.47-54, 2005.
- ARAI, M. A grande elevação eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. *Revista do Instituto de Geociências – USP. Geol. USP Série Científica*. São Paulo: v. 6, n. 2, outubro de 2006. p. 1-6.
- BARRETTO, A.G.O.P., Lino, J.S. & Sparovek, G. Bibliometria da Pesquisa Brasileira em Erosão Acelerada do Solo: Instituições, Temas, Espaço e Cronologia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 6, p. 1845-1854. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG. 2009.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO F. (1999). **Conservação do solo**. Ed. Ícone, São Paulo, SP, 2.ed, 355p.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Minas e Metalurgia. CPRM (Serviço Geológico do Brasil). **Geologia e recursos minerais do estado da Paraíba**. Recife: CPRM, 2002.
- DÍAZ, J. S. Control de Erosión em Zonas Tropicales. Bucaramanga, **Univesidad Industrial de Santander**. 2001.
- DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, RJ, 206p. 1994.
- FERNANDES, M.M. **Mecânica dos solos - Introdução à engenharia geotécnica**. 1. ed. Porto: FEUP edições, 2011.
- FREITAS NETO, O. *et al.* Ruptura de Estrutura de Contenção localizada na Comunidade do Jacó – Natal / RN. In: **57º Congresso Brasileiro do Concreto - Simpósio de Estruturas de Fundações**, 2015, Bonito - MS. Anais do CBC 2015 - Simpósio de Estruturas de Fundações, 2015.
- FREITAS, GILVONETE MARIA ARAUJO. **Caracterização geomorfológica e morfométrica da**

- Folha Alhandra (1:25.000).** Gilvonete Maria Araújo de Freitas. - João Pessoa, 2012.
- GIZELINI, A. P. **Estudo do comportamento hidromecânico de solos visando a construção de sistemas de cobertura alternativos para aterros sanitários**, Curitiba, 2011.
- GUERRA, A. J. T. Encostas Urbanas. In: GUERRA, A.J.T. (Org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas temáticos do Brasil**. Disponível em <ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\_ambientais/pedologia/mapas/brasil/solos.pdf. Acesso em: 02/06/17.
- INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Centro de previsão de Tempo e Estudos Climáticos. El Niño & La Niña. 2008**. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 13 de abril de 2017.
- JESUS, A. S. Investigação multidisciplinar de processos erosivos lineares: Estudo de caso da cidade de Anápolis – GO. **Tese de Doutorado em Geotecnia Departamento de Engenharia Civil e Ambiental**. FT, UnB, Brasília, DF, 2013.
- KOBIYAMA, M. *et al.* **Prevenção de Desastres Naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006.
- LIMA, M.C. Degradação físico-química e mineralógica de maciços junto às voçorocas. **Tese de Doutorado em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental**, FT, UnB, Brasília, DF, 2003.
- LIMA-FILHO, M. F.; BARBOSA, J. A.; SOUZA, E. M. Eventos tectônicos e sedimentares nas Bacias de Pernambuco e da Paraíba: implicações no quebraamento de Gondwana e correlação com a Bacia do Rio Muni. **Geociências**. UNESP, v.25, n.1, 2006. p. 117-126.
- MALKO, J. A. C.; CASAGRANDE, M. T.; S., L. F. P.; FOLLE, D.; DILDA, V. Avaliação da Estabilidade de um Talude Rodoviário através de Dados Provenientes de Instrumentação Geotécnica. **Revista de Engenharia Civil IMED**, n.1, v.2, p.15-22, 2014.
- MARQUES, J. S. Ciência Geomorfológica. In: GUERRA, A. T.; CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia: uma atualização de conceitos e bases**. 9ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 23-47.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios /Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, rganizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 2007.**
- MORAES, Iranilda Silva et al. **A utilização do SIG como ferramenta para indicação de áreas possíveis a implantação de aterro sanitário na região metropolitana de Belém – PA**. Recife, 2010. Disponível em <http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO\_CD/artigos/CartografiaeSIG/SIG/R.pdf>. Acesso em 15 out. 2015.
- NOGUEIRA, F. R. **Gestão dos Riscos nos Municípios**. In: BRASIL. CARVALHO, C. S. e GALVÃO, T. (Orgs.). **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais**. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006.
- PINTO, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas**. 3ª ed. São Paulo – SP: Oficina de textos, 2006.
- PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para entender a Terra**. 4ª ed. Porto Alegre – RS: Editora ARTMED, 2006. p. 646.
- SALOMÃO, F.X. & IWASA, O.Y. Erosão e a ocupação rural e urbana. Bitar, O.Y. (Org.). **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. ABGE/IPT, São Paulo, SP, p. 31-57. 1995.
- SILVA, A.M., SCHULZ, H.E. & CAMARGO, P.B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. Ed. Rima, São Carlos, SP. 2003.
- SILVA, E.E.S. *et al.* **Mapeamento de Risco Geomorfológico na Comunidade do Jacó-Rocas - Natal, RN**. Revista Geonorte, Edição Especial 4, v.10, n.1, p.170-176, 2014.
- SOUZA, C. R. G. *et al.* **Relação solo-relevo-substrato geológico nas restingas da planície costeira do estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, São Paulo, 2010.
- TABALIPA, N. L.; FIORI, A. P. Influência da vegetação na estabilidade de taludes na Bacia do Rio Ligeiro (PR). São Paulo, UNESP, **Geociências**, v.27, n.3, p.387-399, 2008.
- TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 1 ed. Instituto Geológico. São Paulo, 2009.
- TONUS, B. P. A. **Estabilidade de taludes: Avaliação dos métodos de equilíbrio limite aplicados a uma encosta coluvionar e residual da serra do mar paranaense**. 2009. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil, UFPR, Curitiba, 2009.
- WIGGERS, M. M. **Zoneamento das áreas de risco a movimentos de massa no perímetro urbano do município de Caxias do Sul (RS)**. 2013. 131p. Porto Alegre: Instituto De Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013. Disponível em:

<<http://hdl.handle.net/10183/75687>>. Acesso em: 05-10-2016.