

ISSN 0101-708X

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

G BOLETIM GOIANO *de* Geografia

INSTITUTO DE ESTUDOS SÓCIO-AMBIENTAIS/GEOGRAFIA

VOL. 17 - N.º 2 - JUL./DEZ. 1997

ANÁLISE DAS VOÇOROCAS DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA

Roberto Márcio Macedo dos Santos*
José Camapum de Carvalho**

RESUMO

Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica sobre os principais aspectos do meio físico que condicionam o desenvolvimento dos processos erosivos no município de Goiânia. São apresentadas também algumas considerações referentes a ensaios de caracterização geotécnica e análise mineralógica dos perfis de intemperismo da região, assim como alguns ensaios especiais para determinação das características de erodibilidade dos solos. As observações de campo, juntamente com os dados de laboratório, permitem a identificação de dois tipos básicos de voçorocas existentes no município. No primeiro grupo estão as voçorocas de aspecto linear quando vistas em planta, formadas em regiões de média declividade, cujos principais mecanismos de atuação são o fluxo superficial e os movimentos de massa. No segundo grupo incluem-se as voçorocas de aspecto semicircular, formadas em regiões de ruptura de declive, cujos mecanismos de evolução atuam de forma mais complexa, devido à interação entre processos de erosão pelo fluxo superficial, erosão interna devida ao elevado gradiente hidráulico e movimentos de massa.

UNITERMOS: Erosões Urbanas

ABSTRACT

This article presents a bibliographic review regarding to the main environmental aspects that has influenced the development of the erosion

* Geólogo da CPRM-GO

** Professor do Departamento de Engenharia Civil/Faculdade de Tecnologia/UnB

process in Goiânia Municipality, Brazil. Conclusions related to characterization tests, mineralogical analyses and some special testing programmes to determine the erodibility aspects of the existing soil profiles for typical gullies in the region are also presented.

Field observations together with the laboratory tests allow the recognition of two basic types of gullies existents in the region. The first group presents gullies with linear aspect. Such gullies occur in the mid-slope regions with a flat relief. In these regions the main mechanisms of erosion are superficial water flow and soil mass movements. The second group presents gullies formed in the regions of steep slopes that show semicircular forms. The mechanisms of spreading of this gullies are more complex due to the interaction between erosion by superficial water flow, soil mass movements and internal erosion caused by piping.

KEY WORDS: Urban Erosions

1. INTRODUÇÃO

O rápido processo de crescimento urbano experimentado pelo município de Goiânia vem causando uma ocupação desordenada do meio físico e gerando situações de risco geológico sem controle dos trabalhos de infra-estrutura urbana. Uma conseqüência marcante dessa ocupação desordenada são os processos erosivos, que ocorrem indistintamente sobre os diversos domínios morfológicos presentes no município.

As práticas de ocupação urbana utilizadas são as responsáveis diretas pela intensificação dos processos erosivos. A remoção da vegetação nativa e a impermeabilização da área urbana sem a devida implementação de sistemas de drenagem de águas pluviais modificaram o regime hidrológico atuante, gerando então as feições erosivas observadas no município. O trabalho de cadastramento realizado por Nascimento (1994) revelou a presença de 45 voçorocas, formas erosivas de grande intensidade destrutiva, somente nos limites do município de Goiânia, cujo volume de terra removida alcança a casa de 3 milhões de toneladas.

Para melhor caracterizar a ocorrência do fenômeno erosivo nessa região, foram estudadas algumas voçorocas existentes sobre os diversos

domínios morfolitológicos existentes no município. A campanha de laboratório realizada consistiu na realização de ensaios de caracterização geotécnica e mineralógica, ensaios de cisalhamento direto e ensaios especiais para determinação da suscetibilidade dos solos à erosão. Análises de estabilidade de taludes foram também realizadas, a fim de se avaliar a influência dos escorregamentos sobre o processo de evolução das voçorocas.

A partir dos dados obtidos das observações de campo e dos ensaios de laboratório, pôde-se concluir pela existência de dois modelos básicos para as erosões no município. O primeiro tipo consiste em voçorocas que apresentam grande extensão longitudinal em relação à sua altura e largura e se desenvolvem predominantemente em áreas de pouca declividade. Nesse tipo, o fluxo superficial e os movimentos de massa são os principais mecanismos atuantes no processo erosivo. O segundo tipo constitui-se nas voçorocas de aspecto semicircular, de pequena extensão longitudinal, geradas em locais de declividade elevada, onde o processo de *piping* também atua como um importante elemento da sua evolução.

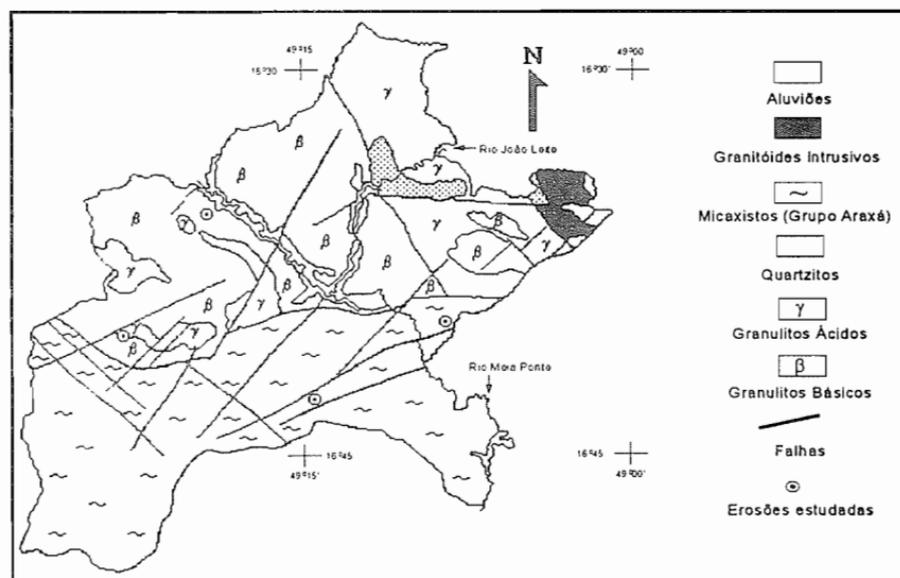
2. ASPECTOS FÍSICOS DA REGIÃO

Com relação à geologia, destaca-se no município a ocorrência, na sua porção sul, de rochas xistosas pertencentes ao grupo Araxá, e na sua parte norte, de gnaisses e granulitos ácidos e básicos do complexo Anápolis-Itauçu (CPRM, 1994). Depósitos aluvionares de idades terciária e quaternária ocorrem ao longo das principais redes de drenagem existentes na região. O mapa geológico simplificado da região, com a indicação das erosões estudadas, é mostrado na Figura 1.

As principais unidades geomorfológicas reconhecidas na região foram descritas por Casseti (1992), que propõe uma divisão geomorfológica do município de Goiânia baseada fundamentalmente no grau de dissecação do relevo. São reconhecidas, então, duas regiões de altitudes mais elevadas, no nordeste e no sudoeste do município, denominadas respectivamente de Planalto Dissecado de Goiânia e Chapadões de Goiânia, constituídas por cristas de rochas xistosas ou

quartzíticas. Na porção central do município ocorre o Planalto Embutido de Goiânia, que corresponde a uma região mais dissecada, com menores altitudes e declividades moderadas, sobre a qual se assenta a maior parte da ocupação urbana do município. Destacam-se ainda o domínio dos terraços e planícies da Bacia do Rio Meia Ponte e as áreas dos fundos de vales, que acompanham o sistema de drenagem existente nessas regiões, caracterizadas por elevadas declividades. Os principais domínios geomorfológicos existentes são mostrados na Figura 2.

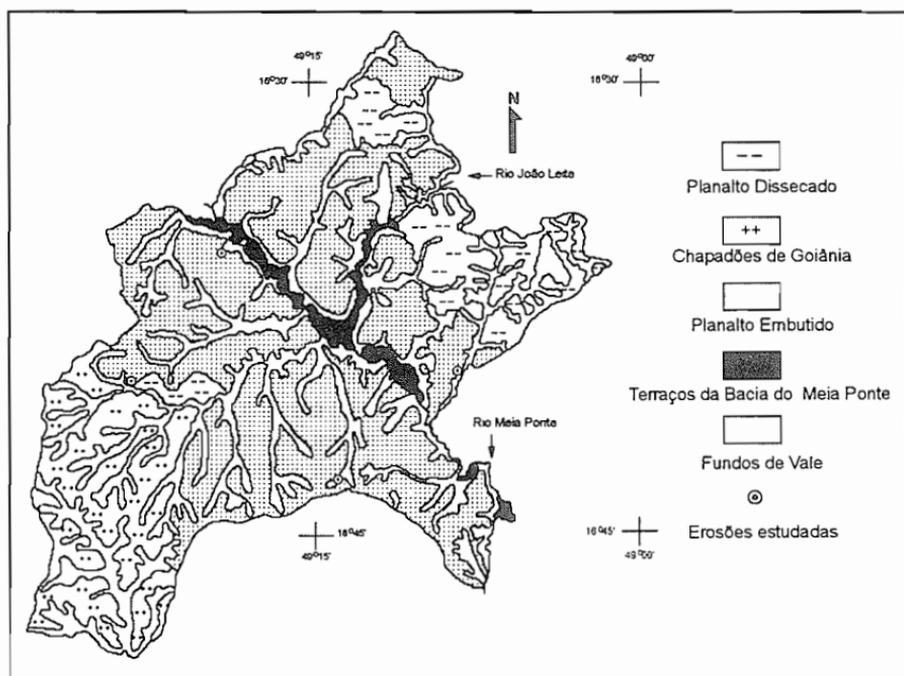
FIGURA 1



Mapa geológico do município de Goiânia (modificado - CPRM, 1994)

As principais classes de solos reconhecidas no município de Goiânia, de acordo com a classificação pedológica, são os latossolos vermelho-escuros, os latossolos roxos e os latossolos vermelho-amarelos (Iplan, 1990). Esses solos recobrem a quase totalidade do município de Goiânia e são mostrados na Figura 3. Subordinadamente, ocorrem solos podzólicos, cambissolos, gleissolos, litossolos e solos aluviais.

FIGURA 2

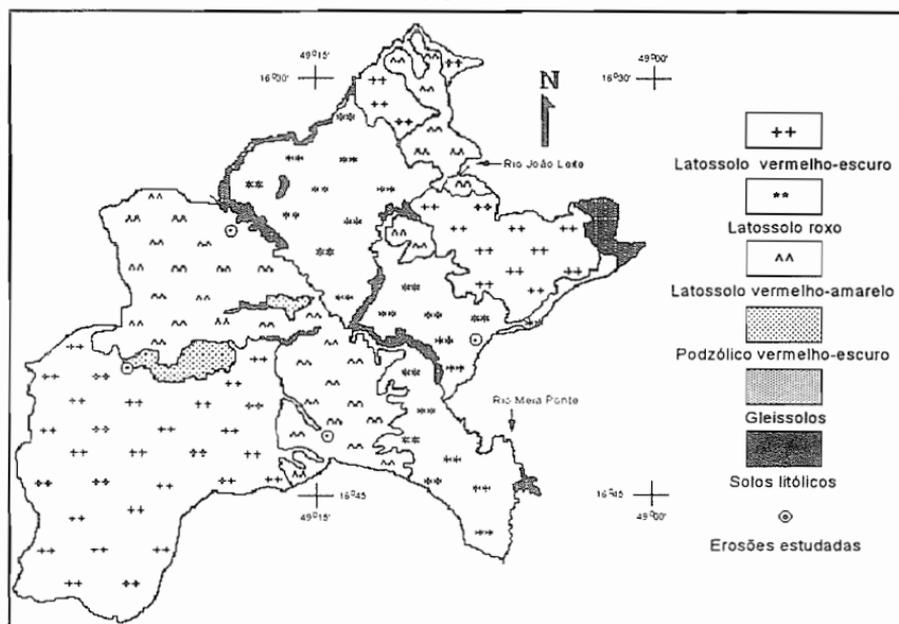


Mapa geomorfológico do município de Goiânia (modificado - Casseti, 1992)

O clima da região de Goiânia, segundo classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical úmido, caracterizado por duas estações bem definidas: um inverno seco e um verão com chuvas torrenciais. O regime térmico da região registra temperaturas de amenas a elevadas, sem variações significativas durante o ano. As médias térmicas anuais oscilam entre 21° C e 22° C, com as temperaturas maiores ocorrendo na porção ocidental. Médias acima de 26° C são registradas durante a primavera. O regime pluviométrico caracteriza-se por chuvas máximas mensais em torno de 260 mm nos meses de verão e mínimas inferiores a 8 mm nos meses de inverno. A pluviosidade média para o município de Goiânia oscila entre 1.500 e 1.600 mm anuais. Com relação ao clima, é preciso ressaltar que as chuvas intensas desempenham papel fundamental no desencadeamento dos processos erosivos observados no

município de Goiânia, já que a estrutura urbana existente não suporta as vazões geradas durante esses eventos, problema que se agrava devido às altas taxas de impermeabilização do solo, levando à ocorrência de processos erosivos nas áreas desprovidas de pavimentação ou de cobertura vegetal apropriada.

FIGURA 3



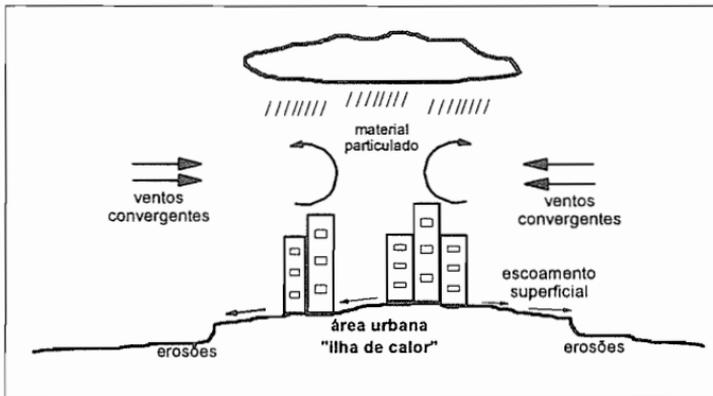
Cassetti (1991) ressalta que, além das alterações no comportamento hidrodinâmico das vertentes, decorrentes do processo de impermeabilização de superfícies, o processo de crescimento urbano leva à formação de disritmias pluviométricas, conforme ilustrado na Figura 4. Essas disritmias podem favorecer a ocorrência de processos erosivos. A elevação da temperatura na área urbanizada cria um sistema de ventos convergentes que tendem a entrar em convecção ao atingirem a ilha de calor. A umidade contida nesses ventos tem a sua condensação facilitada pela existência de materiais particulados, típico de concen-

trações urbanas, que atuam como núcleos de condensação. Ocorrem então pancadas de chuva de forte intensidade em curto espaço de tempo, caracterizando-se as disritmias pluviométricas. A consequência é o aparecimento de erosões nas áreas periurbanas desprovidas de sistemas de drenagem pluviais adequados, que não suportam as altas vazões geradas durante esses eventos.

Tal fato pode ser comprovado na Figura 5, que mostra os resultados obtidos pelo trabalho de cadastramento realizado por Nascimento (1993). Verifica-se aí uma forte coincidência entre a concentração de erosões e a área de expansão urbana do município, onde os sistemas de drenagem inexistem ou são mal dimensionados.

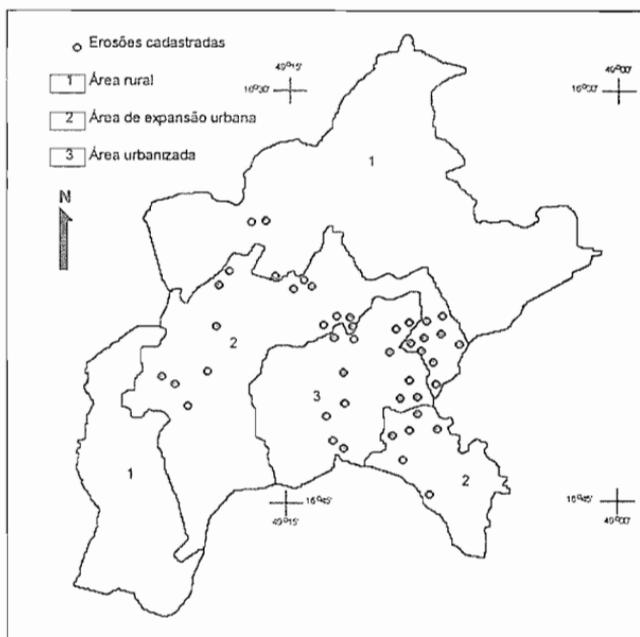
Diante do que foi exposto, fica evidente que o modelo de desenvolvimento urbano utilizado é o principal responsável pela deflagração dos processos erosivos por voçorocamento existentes na região, devido à adoção de um sistema inadequado de drenagem urbana das águas pluviais. Porém, uma vez iniciado o processo erosivo, os condicionantes do meio físico é que vão ditar a forma e a intensidade de sua evolução. Dessa forma, justifica-se um conhecimento detalhado desses condicionantes para um perfeito entendimento da evolução desses processos.

FIGURA 4



Atuação de disritmias pluviométricas no desenvolvimento de erosões

FIGURA 5



Erosões existentes no município de Goiânia (modificado - Nascimento, 1993)

3. DESCRIÇÃO DOS PERFIS DE ALTERAÇÃO

Os perfis de alteração observados descritos por Santos (1997) na região de Goiânia, quando classificados segundo a proposta de Pastore (1995), são bastante semelhantes em sua forma e mineralogia, qualquer que seja o substrato rochoso, e caracterizam-se, *grosso modo*, pela existência de cinco horizontes distintos (descritos aqui da base para o topo):

- a) rocha muito alterada – possui resistência reduzida em relação à rocha sã. Ainda apresenta vestígios da mineralogia original, além de argilo-minerais do tipo 2:1;
- b) saprólito – constitui-se na transição entre a rocha muito alterada e o solo saprolítico, situado logo acima. O solo se desenvolve ao longo das descontinuidades da massa rochosa, regiões de mais fácil percolação. A

quantidade de blocos pode variar de 10% a 95% da massa total, conferindo a esse horizonte um comportamento bastante variável;

c) 'solo saprolítico – apesar de bastante alterado, ainda preserva a estrutura original da rocha. As cores mais freqüentemente observadas são branco, creme, roxo e amarelo. Os minerais mais observados são quartzo, caulinita e illita;

d) solo laterítico – não apresenta nenhum vestígio da estrutura original da rocha. Sua espessura varia em função de sua posição no relevo. Os minerais principais são caulinita, hematita, goethita e gibbsita, além do quartzo. As cores variam entre tons avermelhados e amarelados;

e) solo orgânico – geralmente de pequena espessura, caracteriza-se pela cor mais escura devido à presença de matéria orgânica e está presente na maioria dos perfis estudados. Nesse horizonte, a quantidade de gibbsita aumenta bastante, revelando o alto grau de intemperismo a que foram submetidos.

Observa-se que, embora desenvolvidos sobre substratos geológicos diversos, os perfis de alteração estudados não apresentam propriedades físicas substancialmente diferentes que permitam o estabelecimento, na região, de domínios geotécnicamente distintos. Essa tendência também é observada na análise da composição mineralógica, que, de um modo geral, também se mostra bastante uniforme, principalmente nos horizontes superiores. Pode-se supor, então, que os processos pedogenéticos que levam à formação desses perfis de intemperismo tendem a homogeneizar algumas de suas características físicas independentemente da rocha de origem.

Com relação ao potencial de perda de solo dos horizontes analisados, torna-se difícil o estabelecimento de uma relação direta entre as propriedades físicas estudadas e a suscetibilidade à erosão, já que as características geotécnicas do solo não são capazes isoladamente de identificar a erodibilidade dos solos estudados.

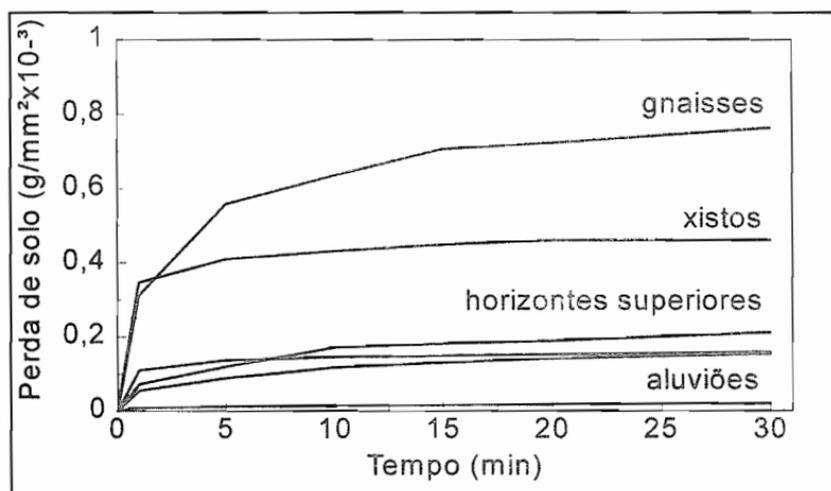
4. ENSAIOS DE ERODIBILIDADE

Um ensaio bastante simples e eficiente usado para uma previsão qualitativa do comportamento de solos frente aos esforços erosivos é o ensaio de Inderbitzen (1961). Esse ensaio consiste na passagem de um

fluxo de água sobre uma rampa onde é colocada uma amostra de solo, sob condições controladas de vazão e declividade, visando simular situações de fluxo superficial. De acordo com a quantidade de material erodido, coletada por uma peneira no final da rampa, obtêm-se uma previsão do comportamento do solo sob condições de escoamento superficial. O ensaio de Pinhole, ou ensaio do furo de agulha, foi proposto por Sherard et al. (1976) para a determinação de solos dispersivos, ou seja, solos que se desagregam em presença de água devido ao estabelecimento de forças de repulsão, levando à ocorrência do fenômeno de erosão interna (*piping*). Os ensaios realizados por Santos (1997) revelam também a eficácia desse ensaio para a previsão do fenômeno de erosão mecânica por destacamento e transporte de partículas, devido ao estabelecimento de um gradiente hidráulico. O ensaio de Pinhole consiste na passagem de um fluxo d'água em um furo de 1 mm de diâmetro feito no interior da amostra. O valor do gradiente hidráulico é progressivamente elevado até um valor fixo, retornando depois aos mesmos valores iniciais. A eventual ocorrência de erosão interna é verificada pela turbidez do líquido efluente, pelo aumento do diâmetro do furo ou por um aumento relativo da vazão durante a fase de diminuição do gradiente hidráulico.

Os resultados apresentados pelo ensaio de Inderbitzen (Figura 6) mostram que os horizontes superiores, pertencentes aos latossolos que recobrem a quase totalidade do município de Goiânia, possuem suscetibilidades semelhantes ao esforço erosivo por fluxo superficial. Essa homogeneidade é devida aos processos pedogenéticos que tendem a unificar as características geotécnicas e mineralógicas dos solos nesses horizontes. Já as amostras dos horizontes inferiores, onde as rochas encontram-se bastante friáveis mas preservam a estrutura original, revelam comportamentos distintos para os diferentes substratos geológicos existentes. Amostras relativas ao domínio das rochas gnáissicas, assim como as amostras relativas às rochas xistosas, mostraram-se bem mais erodíveis nas porções mais profundas do perfil de intemperismo. Por outro lado, amostras relativas aos domínios dos aluviões quaternários, quando em suas porções mais argilosas, mostraram-se bem mais resistentes aos processos erosivos do que os horizontes superiores.

FIGURA 6



Resultado dos ensaios de Inderbitzen

Através desses ensaios, pode-se estabelecer uma previsão das formas de evolução dos processos erosivos que atuam no município. Considerando-se apenas as características de resistência dos perfis de intemperismo, pode-se dizer que a erosão se inicia de forma semelhante, qualquer que seja o substrato rochoso, devido à homogeneidade apresentada pelos latossolos da região. Ao atingir os horizontes inferiores, onde as características são distintas, a erosão por fluxo superficial deve evoluir mais rapidamente nos domínios dos gnaisses, e em seguida no domínio das rochas xistosas. Por fim, o domínio com menor suscetibilidade a esse tipo de processo erosivo corresponde aos depósitos quaternários de composição argilosa. Tal fato se confirma por ocasião das observações de campo. As voçorocas mais profundas localizam-se nos domínios das rochas graníticas e das rochas xistosas, ao passo que o domínio das formações quaternárias apresenta voçorocas de pouca expressão.

Os ensaios de Pinhole mostram bem o comportamento dos solos quando são plotados os gráficos de vazão *versus* gradiente hidráulico (Figura 7). Os gráficos das amostras consideradas não-erodíveis mostram

um comportamento quase retilíneo, com ligeira inflexão para baixo. Já nos solos considerados erodíveis, ocorre uma inflexão bem

marcante para cima a partir do momento em que o processo de erosão interna começa a ocorrer, evidenciando um incremento adicional da vazão devido ao aumento do diâmetro do furo. Uma característica marcante das amostras consideradas erodíveis nesse ensaio é a abundância de caulinita. Verifica-se também, para os ensaios de Pinhole, uma forte correspondência entre os resultados obtidos em laboratório e as observações de campo. Voçorocas onde o processo de *piping* atua na sua formação revelam um comportamento erodível nos ensaios de Pinhole.

5. ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE TALUDES

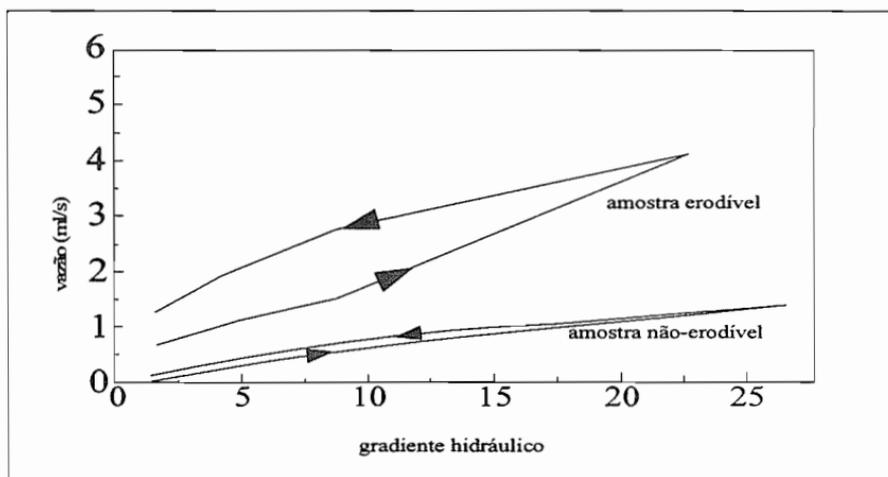
As análises de estabilidade de taludes realizadas mostraram que, para todas as simulações realizadas, o principal mecanismo instabilizador dos taludes das voçorocas estudadas é o solapamento de suas bases, seja pelo fluxo superficial, seja pela erosão interna.

Observou-se também que as condições de saturação geravam um decréscimo da resistência dos taludes, devido à diminuição das forças de sucção atuantes sobre o solo. Porém, esse decréscimo de resistência não produz reduções significativas dos fatores de segurança a ponto de levar os taludes à condição de ruptura. Os fatores de segurança só atingem valores críticos quando se processa a remoção do material de sua base. Tal fato é comprovado em observações de campo, nos quais se verifica que os taludes em situação de ruptura iminente apresentam solapamento de suas bases.

6. MODELOS DE EVOLUÇÃO OBSERVADOS E TÉCNICAS DE CONTROLE

Com base nas observações de campo e nos ensaios realizados, Santos (1997) define dois tipos básicos de voçorocas existentes no município de Goiânia, classificados essencialmente em função de sua forma e posição na vertente. Os processos formadores dessas voçorocas são basicamente os mesmos, porém a interação entre eles ocorre de forma diferenciada.

FIGURA 7



Resultado dos ensaios de Pinhole

No primeiro grupo, incluem-se as voçorocas situadas à meia vertente, em áreas de declividade mediana. Essas voçorocas possuem um aspecto retilíneo, quando observadas em planta, onde a extensão longitudinal é bem maior do que a largura. A profundidade varia pouco ao longo da extensão longitudinal da voçoroca. Essas erosões encontram-se desconectadas dos canais da rede de drenagem natural existente. Os principais mecanismos atuantes na formação desse tipo de voçoroca são o fluxo superficial e os movimentos de massa. O início do processo erosivo ocorre devido à sulcagem do terreno promovida pelo fluxo superficial concentrado. À medida que o sulco se aprofunda, começam a ocorrer também deslizamentos das paredes das voçorocas. O principal mecanismo ativador desses deslizamentos é o solapamento das bases dos taludes pelo fluxo superficial. Apesar de interceptarem o lençol freático, não se verifica a ocorrência do processo de *piping* nesse grupo de voçorocas. Supõe-se, nesses casos, que o gradiente hidráulico não deve atingir valores críticos que causem a deflagração do fenômeno.

No entanto, ressalta-se que o afloramento da superfície freática contribui para a intensificação do processo erosivo. A elevação do grau de saturação dos solos ocasiona um decréscimo na resistência ao transporte pelo fluxo superficial, assim como contribui para a instabilização dos taludes das voçorocas.

O segundo grupo consiste nas voçorocas formadas nas regiões de ruptura de declive, pertencentes ao domínio geomorfológico dos fundos de vale, e são também conhecidas como cabeceiras de drenagem reativadas. Nesse grupo, o comprimento e a largura apresentam grandezas semelhantes e a voçoroca assume um aspecto semicircular quando observada em planta. O gradiente hidráulico de saída é sempre elevado, devido à própria declividade do terreno, e a ocorrência do processo de *piping* é bastante freqüente. Essas voçorocas também têm a sua origem ligada ao fluxo superficial, mas a interação com o fluxo subterrâneo e os movimentos de massa faz com que os mecanismos de sua evolução sejam mais complexos. A evolução dessas voçorocas se faz através da interação entre os mecanismos de erosão superficial, erosão interna e movimentos de massa.

A partir dos modelos aqui estabelecidos, podem ser discutidos alguns fundamentos teóricos que devem subsidiar o processo de escolha de uma metodologia de intervenção e controle dos processos erosivos. Lembrando que os projetos de contenção de voçorocas devem ser adaptados para cada caso, em função de suas particularidades, podem-se traçar aqui algumas considerações básicas para a realização de projetos de controle de voçorocas.

As voçorocas de aspecto retilíneo podem suportar sistemas de drenagem de fundo, nos quais as escavações realizadas promovam aumento no gradiente hidráulico, desde que devidamente monitorados. Nessas voçorocas, a superfície freática geralmente acompanha a superfície do terreno e os valores de gradiente hidráulico não são muito elevados. Dessa forma, o risco de erosão interna é menor. Já nas voçorocas de formato semicircular estudadas, em que os valores de gradiente hidráulico são mais elevados devido às maiores declividades, o rebaixamento do nível do lençol freático na região da base do talude irá aumentar ainda mais os valores do gradiente hidráulico e, por

conseqüência, a possibilidade de erosão interna. Para esse tipo de voçoroca, o uso de soluções que envolvam o rebaixamento do nível do lençol freático deve necessariamente contemplar a adoção de critérios de filtragem.

Com relação ao uso de técnicas de retaludamento, ressalta-se que as voçorocas de formato semicircular, geralmente de grande profundidade, apresentam taludes com baixos fatores de segurança, e se tornam necessárias obras de retaludamento para sua contenção. Para as voçorocas de aspecto retilíneo, os fatores de segurança são geralmente maiores e as instabilizações são geradas pela atuação de um agente adicional, nesse caso, o solapamento da base do talude pelo fluxo superficial. Para essas situações, a construção de um canal de fundo que evite o solapamento eliminará a atuação dos agentes ativadores, gerando uma situação de estabilidade que não exige trabalhos de retaludamento. Um pequeno acerto das paredes do talude pode ser executado para uma melhoria estética do perfil do talude. A movimentação de material necessária nesse caso é certamente bem menor.

Outra solução freqüentemente adotada na contenção de voçorocas é a construção de barragens, de terra ou material semelhante, a serem assoreadas pelo material proveniente de montante. No caso das voçorocas de aspecto semicircular, a sua aplicação é limitada, devido à pequena altura das paredes da voçoroca em sua porção de jusante. Já para as voçorocas de aspecto retilíneo, em que o aporte de sedimentos é maior e a construção dessas barragens se justifica, devem ser tomadas algumas precauções. A subida do nível da superfície freática, gerada devido à construção da barragem, pode conduzir a um processo de instabilização dos taludes das laterais da voçoroca em virtude da diminuição dos parâmetros de resistência pela saturação, ocasionando o seu alargamento e aumentando a intensidade do processo erosivo. A possibilidade de ocorrência de fenômenos de erosão interna, em função do estabelecimento de um fluxo que se cria no interior da barragem ou em suas ombreiras, deve ser também considerada.

No caso de erosões pouco profundas, a construção de bacias de dissipação de energia pode ser uma técnica eficiente. Porém, é também

necessário um estudo do fluxo subterrâneo a ser criado para evitar o desencadeamento do processo de erosão interna.

7. CONCLUSÕES

O município de Goiânia, assim como vários outros municípios do território brasileiro, ainda carece de trabalhos efetivos de controle dos processos erosivos devido principalmente à falta de estudos detalhados que possam subsidiar as obras de contenção que se fazem necessárias. Os trabalhos de contenção que vêm sendo realizados até o momento têm se mostrado pouco eficientes ou muitas vezes perigosos, como é o caso da adição de lixo doméstico ao material de aterramento utilizado. A partir de trabalhos de caráter diagnóstico, como o que é aqui apresentado, pode-se então entender melhor a dinâmica dos processos erosivos atuantes e, dessa forma, aplicar soluções mais eficientes e de baixo custo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASSETI, V. *Ambiente e apropriação do relevo*. Goiânia: Cegraf, São Paulo: Contexto, 1991.
- CASSETI, V. Geomorfologia do município de Goiânia-GO. *Boletim Goiano de Geografia*, Goiânia, v. 12, n. 1, p. 65-85, 1992.
- CPRM. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: Folha SE.22-X-B-IV - Goiânia. Brasília, DF. CPRM/DNPM, 1994. 136p. Escala 1:100.000
- HERBILLON, A.J. & NAHON, D. Laterites and laterization processes. In: J.W. Stuck, B.A. Goodman & U. Schertmann. Iron in soils and clay minerals. New York: D. Reidel Publishing Company, 1988, p. 779-796.
- INDERBITZEN, A.L. An erosion test for soils. *Materials Research & Standards*, v. 1, n. 7, p. 553-554. 1961.
- INSTITUTO DE PLANEJAMENTO MUNICIPAL. Mapa de Solos do Município de Goiânia. Goiânia, 1990. Escala 1:40.000.

- NASCIMENTO, M.A.L.S. *Cadastro das erosões urbanas em Goiânia*. Goiânia: Convênio UFG/Dermu, v. 2, 1993.
- NASCIMENTO, M.A.L.S. Erosões urbanas em Goiânia. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 14, n. 1, p. 77-101, 1994.
- PASTORE, E.L. Weathering Perfíles. In: PANAMERICAN CONFERENCE IN SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING. 10. Guadalajara, 1995. *Anais ... Sociedad Mexicana de Mecanica de Suelos*, p. 353-364.
- SANTOS, R.M.M. *Caracterização geotécnica e análise do processo evolutivo das erosões no município de Goiânia*. Brasília, 1997. Dissertação (Mestrado em Geotecnia).Universidade de Brasília.
- SHERARD, J.L., DUNNIGAN L.P., DECKER, R.S. & STEELE, E.F. Pinhole test for identifying dispersive soils. *Journal of Geotechnical Engineering Division*, v. 102, n. 1, p. 69-85, 1976.