

ESTUDO DE VOÇOROCAS EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL - JARDIM BOTÂNICO GOIÂNIA – GOIÁS

Niransi-Mary da S. R. Carraro PG/Esc. de Agronomia/UFG nirangeo@bol.com.br
Wilson Mozena Leandro Dpto.Ciências do Solo/Esc. de Agronomia/UFG.

1 INTRODUÇÃO

O crescente aumento populacional e o processo acelerado de urbanização contribuíram e contribuem para o aparecimento de problemas de uso/ocupação do solo em Goiânia.

Goiânia, fundada em 1933, foi projetada para 50.000 mil habitantes e em 1999 foi estimada uma população de 1.056.330 habitantes. No estágio de desenvolvimento acelerado advindo da política atual, os problemas de ocupação do solo se sucedem e se agravam em Goiânia.

A questão ecológica se constitui um dos graves problemas atuais e, como tal, se insere no debate público, constituindo-se em luta social e política de interesse de toda a comunidade.

Sabemos que a degradação, provocada pelo desrespeito ao equilíbrio fundamental da natureza é uma constante ameaça ao binômio Homem-Natureza e coloca em risco o equilíbrio dos ciclos naturais e sociais, comprometendo a capacidade regeneradora da biosfera, em particular do solo.

Neste contexto, o presente trabalho teve a preocupação com a melhoria da qualidade ambiental da área de preservação ambiental do Jardim Botânico de Goiânia (JBG), fundo de vale, que vem sendo comprometida pela degradação, provocada pela erosão do tipo voçoroca.

2 ÁREA DE ESTUDO - LOCALIZAÇÃO E LIMITES.

O Jardim Botânico localiza-se na região sul de Goiânia, Setor Pedro Ludovico, na Latitude 16°41'00" S e Longitude de 49°17'00" W. Limita-se ao norte com o Setor Pedro Ludovico, ao sul com a Vila Santo Antônio, a noroeste com o Setor Pedro Ludovico e Jardim das Esmeraldas e a leste com a Vila Redenção (SEMMA,1997). Possui uma área de 100 hectares, onde estão localizadas três nascentes do Córrego Botafogo. À montante da “nascente 2”, desenvolvem processos erosivos em voçoroca, objeto de estudo.

3 METODOLOGIA

Para a consecução do objetivo proposto, a metodologia adotada neste trabalho, consistiu do levantamento bibliográfico sobre o assunto em pauta, trabalho de campo para observação e descrição dos aspectos físicos e bióticos e, discussão dos dados obtidos, objetivando o diagnóstico dos processos atuantes e impactos decorrentes do uso/ocupação e apontar propostas para o controle dos processos erosivos, no sentido do melhor aproveitamento natural da área de preservação.

4 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

4.1 Caracterização

Material de Origem

Esse atributo estabelece implicações diretas e indiretas com os temas solos, lençol freático, geomorfologia e vegetação, tratados neste trabalho.

Conforme dados extraídos do Projeto RADAMBRASIL, 1983, o municípiocaracteriza-se por dois grandes conjuntos de rochas; o Complexo Goiano e o Grupo Araxá de um lado e as aluviões do rio Meia Ponte e do ribeirão João Leite do outro.

O Grupo Araxá é um conjunto de rochas vulcano-sedimentar que sofreu metamorfismo de grau médio a forte. Resultam então, xistos, gnaisses e quartzitos, dobrados, fraturados e falhados (CUNHA, 1992).

A voçoroca analisada neste trabalho ocorre em rochas desse grupo, com estrutura superficial marcada por consideráveis depósitos de cobertura, aluviões.

Solo

Ainda conforme Projeto RADAMBRASIL, 1983, o município de Goiânia caracteriza-se por uma homogeneidade de tipos de solos, predominando os latossolos. Em determinados momentos são substituídos por podzólicos ou câmbissolos (CASSETI, 1991).

Em pesquisa na Bacia do Peixe-Parapanema, Salomão *et al.*, (1990), citado por Nascimento *et al.*, (1993), mostraram que as voçorocas dependem, exceto o fator água, em primeiro lugar do tipo de solo. Entre as características de solos observadas nesta pesquisa, constatou-se que a textura arenosa e média é que mais facilita a erosão.

Na região do Jardim Botânico é encontrado o latossolo vermelho-escuro distrófico - LEd - A moderado, textura argilosa e muito argilosa (CUNHA, 1992)

Nascimento *et al.*, (1993), comenta que o latossolo de textura argilosa a princípio dificulta o aparecimento de voçoroca. Um agravante na área estudada é a presença de aluviões depositados em várias camadas no fundo do vale, local onde é maior a presença de água, o que causa grande instabilidade.

Lençol Freático

Um fator decisivo para o desenvolvimento de voçoroca é a presença e a profundidade do lençol freático. Estas condições, presença e profundidade do lençol freático, dependem do tipo de solo. Solos rasos, embora relativamente mais erodíveis, podem não propiciar o desenvolvimento de voçorocas. Por outro lado, solos relativamente menos erodíveis, como latossolos, podem sofrer desenvolvimento de voçorocas, induzidas por elevadas concentrações de águas superficiais, sem dissipação de energia, cuja ação de aprofundamento no solo atinge o lençol freático (DAEE/IPT, 1990).

Segundo Nascimento *et al.*, (1993), a erosão é mais rápida e mais intensa no solo do que na rocha. Ao atingir a rocha, há o afloramento do lençol freático e o aprofundamento da voçoroca tende a estabilizar. A erosão passa a ser mais lenta no sentido vertical, devido a maior resistência oferecida pela rocha. Entretanto, a erosão lateral se intensifica, porque a água do lençol freático escoando no fundo da voçoroca vai solapando os taludes e promovendo seu desmoronamento. Esse processo é rápido e acelera a evolução lateral da voçoroca, aumentando o seu grau de risco, comprometendo assim a estrutura do solo e a ocupação em suas adjacências.

Geomorfologia

O relevo da região de Goiânia vem sofrendo intensivo processo de esculturação, resultando a geração de 5 (cinco) grandes unidades geomorfológicas: Planalto Dissecado de Goiânia, Chapadas de Goiânia, Planalto Embutido de Goiânia, Terraços e Planícies da Bacia do rio Meia Ponte e Fundos de Vales. A essas unidades associam-se os depósitos eluviais, coluviais e aluviais (CUNHA, 1992).

Goiânia está inserida no Planalto Embutido de Goiânia. Na área em estudo as formas de relevo são suaves ou moderadamente convexizadas com declividade entre 0 a 10% (CASSETI, 1991), e dissecação fraca a moderada (CUNHA, 1992). A vertente imediata, superfície mais elevada do relevo, encontra-se urbanizada, verificando-se também ocupação clandestina (invasão) nas bordas da área de preservação ambiental (fundo de vale).

Vegetação

Conforme Carta de Risco de Goiânia, elaborada por uma equipe multidisciplinar (IPLAM, 1993), o JBG se enquadra em áreas especiais, de vegetação nativa, situada de forma dispersa, raras ocorrências em áreas urbanizadas.

A área do JBG apresenta cobertura arbórea característica de mata semi-caducifólia, com espécies centenárias de grande porte e variedades de espécies (SEMMA, 1997).

Uso e Ocupação

O uso e ocupação atual na região mostram que a área vem sofrendo grande intervenção humana pois, a urbanização trouxe consigo diferentes graus de antropismo.

As vertentes imediatas ao JBG, encontram-se totalmente urbanizadas, representadas pelos bairros Santo Antônio situado a montante da nascente 2, Vila Redenção, Setor Pedro Ludovico e Jardim das Esmeraldas.

Essas áreas de interflúvio, se preservadas, permitiriam através da percolação da água pluvial, o abastecimento dos cursos de primeira ordem da bacia hidrográfica, em particular da sub-bacia do córrego Botafogo, conforme Carta de Risco de Goiânia (IPLAM, 1993).

No entanto, a vertente imediata está em grande parte impermeabilizada, o que vem propiciando elevado escoamento superficial das águas pluviais e concentrando-o para o JBG, causando processos erosivos.

Já no fundo do vale, no caso o JBG, vem sendo ocupado imprópriamente pela população de baixa renda. Essa apropriação é feita sob a forma de invasão ou favela, resultando daí um padrão urbanístico deteriorado e que exige a intervenção do Município.

Aspectos Sócio-Econômicos

De um modo geral as voçorocas causam vários danos ao meio ambiente e ao homem. São freqüentemente atingidas pela evolução das voçorocas urbanas as residências, vias públicas, obras do patrimônio público.

Na área em estudo a evolução da voçoroca compromete a reserva ambiental do Jardim Botânico, obra de patrimônio público, remanescente de vegetação nativa que abriga três nascentes do córrego Botafogo.

É ocupada impropriamente por famílias de baixa renda ao redor da área verde, sob a modalidade de invasão e/ou favela. Essas famílias estão sendo transferidas para outras áreas, pela Prefeitura. Essas formas de uso e apropriação do espaço urbano resultam em danos, tanto ao meio ambiente (patrimônio público), quanto à saúde da própria população.

Com relação às vias públicas, ruas e avenidas pavimentadas ou não no entorno, devido a falta de canalização das águas pluviais, falta de meio-fio e falta de galerias pluviais, vem sendo destruído o acostamento da Avenida Contorno e, conseqüentemente, a pista

A perda de solo em razão da erosão na nascente 2, assoreia os lagos a jusante, o córrego Botafogo, pondo em risco as residências mais próximas, bem como as residências situadas nas áreas de risco em vários pontos ao longo da margem do referido córrego.

4.2 Documentação e investigação das erosões de Goiânia

Em 1993, através de um convênio entre Universidade Federal de Goiás e o Departamento de Estradas de Rodagem do Município (DERMU) de Goiânia, foi firmado o Termo Aditivo para realizar um levantamento das erosões de Goiânia, que apresentava na ocasião (1993), um número muito grande de voçorocas nas áreas periféricas que já colocava em risco a vida de grande número de pessoas.

Neste levantamento foram cadastradas 45 erosões em Goiânia, entre elas, duas no J BG. A erosão em estudo recebeu a denominação de “nascente 2, n.º 24”, conforme fichas de cadastro das voçorocas. Neste estudo, a autora comenta que a cidade de Goiânia possui características favoráveis (a erosão), relevo suave e solos argilosos, entrecortada por muitos córregos que na maioria apresentam susceptibilidade à erosão. (NASCIMENTO *et al.*, 1993).

Terminologia e conceituação

Erosão

Erosão é um processo de desprendimento e arraste acelerado de partículas do solo causado pela água e pelo vento. A água é o mais importante agente de erosão: água de chuva, córregos, rios, mares, todos carregam solos. Onde há água em movimento, ela está erodindo seus limites (DAEE/IPT, 1990).

Na superfície da Terra, diversos processos atuam de forma contraditória, formando e erodindo os solos naturalmente, ou seja, há um equilíbrio na natureza. Esses processos que modificam a crosta terrestre são conhecidos como erosão natural ou geológica. Entretanto, quando esse equilíbrio é rompido com intensificação da erosão, desencadeada por alterações das condições geológicas ou climáticas é considerada erosão acelerada, que sendo mais veloz que os processos de formação dos solos, não permite que estes se regenerem (DAEE/IPT, 1990).

Nesse desequilíbrio observa-se a perda das diversas camadas ou horizontes do solo, até que as rochas subjacentes aflorem. Quando esta erosão acelerada é induzida por atividades humanas, é denominada erosão antrópica e pode ocorrer em poucos anos. É uma das formas de erosão acelerada ou antrópica, que nos interessa estudar para combater.

A erosão híbrida pode ocorrer de forma laminar, em sulcos e voçorocas. Essas três formas de erosão podem ocorrer simultaneamente no mesmo terreno e estão relacionadas

com a progressiva concentração de enxurrada na superfície do solo. A erosão do solo constitui sem dúvida, a principal causa de depauperamento acelerado das terras (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985).

Erosão Antrópica

Sabemos que a ação das águas de chuva (erosão hídrica) é atenuada pela cobertura vegetal das terras. Porém, desde a ocupação do território brasileiro, bem como o goiano, o desmatamento vem sendo utilizado e seguido pelo cultivo das terras, implantação de estradas, criação e expansão das cidades, sobretudo quando efetuada de modo inadequado, constitui o fator decisivo da aceleração dos processos erosivos.

O solo desprotegido recebe o impacto direto da gota de chuva, desagregando suas partículas. Essa ação é complementada pelo escoamento superficial, que é mais intenso em áreas com solo desnudo, ou seja, as gotas se juntam, formando filetes de água, com força suficiente para arrastar as partículas liberadas (DAEE/IPT, 1990).

Os filetes d'água ao escoarem, vão carreando a superfície do terreno como um todo, sem formar canais definidos (erosão laminar) ou juntam-se nas partes mais rebaixadas formando enxurradas arrancando novas partículas do solo e transportando grande volumes de material. O escoamento concentrado vai formando os sulcos e, quando mais erodidos, as ravinas, podendo atingir a configuração de voçorocas.

Infelizmente, a ocupação vai além do desmatamento. As ruas, cercas, caminhos, galerias, esgotos, propiciam a imediata concentração das águas. Quando somada as águas pluviais às águas servidas, despejadas nas periferias, com lançamentos de forma inadequada, as águas concentradas provocam uma ação erosiva intensa, cujo resultado são as ravinas e até mesmo as voçorocas.

Erosão em Voçoroca

O termo voçoroca também pode ser expresso como, voçoroca ou vossoroca ou bossoroca sendo esta última a forma oficial da língua portuguesa. No entanto, o termo de uso técnico geológico-geomorfológico é o primeiro, voçoroca, cuja palavra vem do tupi-guaraní, "ibiçoroc" que corresponde a terra rasgada ou rasgão do solo, segundo Fleury (1983).

A voçoroca é o resultado do escoamento turbulento e direcionado das águas, de enxurradas (diferente do escoamento laminar) após chuvas torrenciais. Segundo Nascimento *et al.*, (1993), podem ser uma passagem gradual da erosão laminar para a erosão em sulcos e ravinas cada vez mais profundas, ou então, diretamente, a partir de um ponto de elevada concentração de águas sem a devida dissipação de energia. Assim, a voçoroca é palco de diversos fenômenos: a erosão superficial, a erosão interna, solapamentos, desmoronamentos e escorregamentos, que se conjugam no sentido de dotar esta forma de erosão de elevado poder destrutivo e na rápida evolução de seus ramos ativos, podem atingir edificações, obras públicas e estradas.

Segundo Bertolini e Lombardi Neto (1994), relatam que a voçoroca se forma quando a enxurrada se concentra em depressões mal protegidas e a água escorre por longos períodos em forma volumosa, adquirindo grande velocidade. À medida que a ação progride, as grotas vão atingindo grandes dimensões, às vezes, e ter vários quilômetros de comprimento, de 10 a 15 m de largura e 6 m ou mais de profundidade.

Área de ocorrência

As voçorocas são, em geral, encontradas em áreas de clima semi-árido, impróprias para uma agricultura intensiva, ou em solos com propriedades químicas e físicas adversas e de um potencial agrícola muito baixo (BERTOLINI e LOMBARDI NETO, 1994).

Normalmente, são encontrados terrenos de características friáveis, desprotegidos de vegetação arbustiva ou sub-arbustiva, predominantemente arenosos, areno-argilosos, areno-siltosos. Muito raramente encontradas em terrenos de características argilo-arenosas ou argilo-siltosas devido à maior coesão dos grãos destes solos (FLEURY, 1983).

O decréscimo no teor da fração silte tende a tornar o solo menos erodível, em correspondência a um aumento dos fatores das frações areia e argila.

EEDE, (1971) e Rodrigues e Vilar, (1984), citados por Salomão, (1994), apontam que as condições de ocorrência de fenômenos de ravinamento e voçorocamento podem estar relacionadas tanto com as características hidráulicas dos materiais da zona de percolação das águas superficiais e subsuperficiais, quanto às características do gradiente hidráulico, ou melhor, do comportamento piezométrico do lençol freático. Essas características podem ser determinadas em coberturas pedológicas, desde que a abordagem se estenda à vertente como um todo, conhecendo os diferentes materiais que a constituem, e suas características direta ou indiretamente relacionadas com a circulação da água.

Origem e Ocorrência da voçoroca

A análise dos cadastros e de documentário fotográfico realizado por Nascimento *et al.*, (1993), permitiram verificar que os principais fatores que originaram as voçorocas em Goiânia, foram as galerias pluviais lançadas à meia encosta e obras de terraplanagem. Por outro lado, a ausência das mesmas galerias pluviais, faz com que as águas superficiais se concentrem nos locais de maior declividade, originando o escoamento concentrado, outra importante causa que origina voçorocas. Obras de terraplanagem abandonadas, se não forem devidamente recobertas por cobertura vegetal adequada também podem ser causadoras de erosão.

A causa principal que originou a voçoroca em estudo foi o escoamento superficial concentrado das águas pluviais, devido a impermeabilização da área a montante, principalmente, depois da pavimentação da avenida Contorno há aproximadamente 11 anos, que ainda se encontra sem as devidas obras de canalização (galerias pluviais), o que vem agravando os processos erosivos ali existentes.

Medidas de controle

O controle de voçorocas, além de difícil, é muito oneroso, podendo ser mais elevado que o próprio valor da terra. É essencial, todavia, adotar medidas de controle das voçorocas para prevenir a sua formação (BERTOLINI e LOMBARDI NETO, 1994).

Medidas Preventivas

Segundo o DAEE/IPT, (1990), nos estudos preventivos da erosão urbana, os problemas abordados, direta e indiretamente relacionados aos processos erosivos, precisam ser adequadamente caracterizados por meio da elaboração da carta geotécnica. Esta carta sintetiza as características dos terrenos em função dos seus problemas e fenômenos,

destacando a sua aptidão para diferentes tipos de ocupação urbana, aspecto urbanístico, fator este que pode envolver assuntos de caráter político, jurídico e técnico.

As áreas que desenvolvem ravinas e voçorocas devem ser contempladas com estudos de suscetibilidade à erosão, que permitem orientações, não só de caráter preventivo contra o aparecimento de voçorocas, mas, também como condição básica, para a correta concepção e o bom desempenho de obras de correção para as voçorocas que já estão instaladas.

Medidas Corretivas.

Segundo o DAEE/IPT, 1990, os projetos devem necessariamente abranger alternativas de obras que contemplem as seguintes questões: disciplinamento das águas superficiais; disciplinamento das águas subsuperficiais e estabilização dos taludes das voçorocas.

Ficou evidente que o combate à erosão acelerada se fundamenta em dois pilares: uso e ocupação do solo e conhecimento dos fatores naturais. Não é possível determinar, sem conhecê-los, quais as formas e práticas de uso e ocupação mais adequadas (DAEE/IPT, 1990).

Existem também medidas alternativas como o plantio de bambu entre outras. As medidas aqui sugeridas são formas de eliminar as causas ativas do desenvolvimento dos processos erosivos, lembrando que cada voçoroca deve ter um tratamento específico.

Medidas de controle sugeridas para o JBG.

A adoção de medidas efetivas de controle preventivo e corretivo da erosão depende do entendimento correto dos processos relacionados com a dinâmica de funcionamento hídrico sobre o terreno. Para tanto é necessário que se conheçam as características específicas da voçoroca.

O processo de voçorocamento tem influência não somente das águas superficiais, mas também dos fluxos d'água subsuperficiais, onde se inclui o lençol freático, ocorrendo o desenvolvimento de "piping" (PICHLER 1953, citado por SALOMÃO, 1994).

O fenômeno de "piping", segundo Salomão (1994), normalmente estão relacionados a processos erosivos de reativação de drenagem, especialmente em cabeceiras de cursos d'água. Na área em estudo ocorrem processos semelhantes, desenvolvidos através do escoamento superficial das águas pluviais concentradas, como também dos fluxos subsuperficiais.

Recomendamos para a vertente imediata e urbanizada, que as águas provenientes do escoamento concentrado sejam parceladas para que os coletores (canalização) tenham o menor diâmetro possível. Em alguns casos, para controlar a direção do escoamento e sua vazão, deve-se prever a instalação de lombadas transversais à direção de fluxo d'água e desviar as águas das ruas até o local de controle seguro. No caso, para as galerias pluviais.

O controle da erosão deve ser efetuado em toda a bacia de captação de água da voçoroca, para evitar que a enxurrada tenha na voçoroca um canal escoadouro. Por ser a vertente, urbanizada, isso pode ser conseguido através das práticas citadas acima, implantadas em toda área urbanizada à montante e laterais, cujos canais coletores devem

situar-se principalmente nas ruas secundárias, utilizando as ruas de pequena declividade, evitando assim, o acúmulo de águas da drenagem nas ruas de maior declive.

Para a área de preservação (JBG), pode-se construir canais escoadouros ou divergentes, ou ainda, cordões de terra e pedra, formando a bacia de captação da voçoroca (BERTOLINI e LOMBARDI NETO, 1994), bem como; isolar a área afetada com cerca, para evitar o acesso de pessoas e animais; drenar a água subterrânea. Essa água deve ser captada e conduzida para fora da voçoroca até o leito de drenagem estável. Como se trata de uma nascente pode drená-la ou deixá-la com drenagem livre; construir paliçadas ou pequenas barragens de espaço em espaço no interior da voçoroca; suavizar os taludes laterais da voçoroca, para facilitar a implantação da vegetação protetora; vegetar a ravina e taludes da voçoroca, com plantas rústicas que desenvolvem bem nessas condições e observando também a vegetação existente na área, que tenham um sistema radicular abundante. Em situações normais de solos erodíveis, a vegetação mais usada é a de gramíneas, algumas leguminosas e essências florestais.

E o mais importante, que deve estar em primeiro plano é o término da implantação da rede de águas pluviais, com captação adequada, margeando o Jardim Botânico, conforme projeto existente no DERMU/COMPAV, de Abril de 1993 (OLIVEIRA, 1997). Este projeto, quando concluído, assegurará a condução das águas pluviais até o leito de drenagem estável.

5 DISCUSSÃO DOS DADOS OBTIDOS

O processo de ocupação de Goiânia, em particular dos bairros vizinhos ao Jardim Botânico, propiciou o desenvolvimento dos processos erosivos em voçorocas na área de pesquisa.

Com a retirada da cobertura vegetal para ampliação das áreas construídas, a intensa impermeabilização do solo e traçado viário, desconsiderando os níveis do terreno, aumentam, direcionam e concentram o escoamento superficial das águas pluviais. Os processos erosivos vão evoluindo de forma acelerada, tanto em número como em dimensão.

Os processos de ravinamento surgem com o escoamento, principalmente quando ocorre forte precipitação pluviométrica, ocorrendo escoamento superficial maior que o sub-superficial e infiltração, concentrando as águas nas partes mais baixas do relevo. O desgaste acelerado do solo proporciona o surgimento da voçoroca.

Na área de preservação do JBG esse processo vem ocorrendo e ameaça a Avenida Contorno devido à falta de canalização e intensifica-se para o interior da mata, na forma de voçoroca. Esses fatos exigem ações preventivas e/ou corretivas urgentes, para impedir que esses problemas se multipliquem na área.

Todo o material desagregado na forma de detritos, ou em suspensão incluindo o lixo, são transportados para o fundo do vale. Com a diminuição do volume das águas, os sedimentos vão sendo depositados desde a nascente e por todo o curso do córrego, dando origem ao processo de assoreamento que eleva o nível de base dos mesmos provocando as enchentes e inundações nas zonas centrais.

De acordo com as fichas de cadastro das voçorocas e do Mapa das Erosões em Goiânia, trabalho realizado por Nascimento *et al.*, (1993), elaboramos uma tabela síntese com as características da voçoroca estudada, visitada em trabalho de campo (Tabela 1).

Foi verificado que a erosão urbana está estreitamente relacionada ao processo de ocupação, que nas últimas décadas vêm se agravando em todos os centros urbanos, em particular em Goiânia. As invasões e a falta de um projeto de drenagem adequado são os fatores determinantes na formação e evolução da erosão. O planejamento urbano e a fiscalização adequada constituem o elemento chave na prevenção da erosão desse tipo.

Conforme bibliografia consultada podemos inferir que a área que se encontra a voçoroca está sobre rochas do Grupo Araxá, (micaxistos e quartzitos). Em trabalho de campo, observamos que a erosão atingiu estas rochas. A forma do canal do fundo da voçoroca apresenta sinuosidade, denotando a direção da xistosidade dessas rochas (NASCIMENTO *et al.*, 1993). Esse fato leva a crer que a xistosidade das rochas do Grupo Araxá facilita ou orienta a direção do desenvolvimento da voçoroca.

Sobrepondo estas rochas, há predomínio de solo do tipo latossolo com textura argilosa, o que, a princípio, dificulta o aparecimento de voçorocas. Porém, a existência de gibbsita e hematita no latossolo favorece, no horizonte subsuperficial a formação da estrutura granular pequena forte. Apesar da alta infiltração de água neste horizonte, a baixa coesão entre os grânulos facilitam a erosão quando ocorre perda do horizonte superficial. Assim, a presença do latossolo, considerado um solo menos erodível, não impede o desenvolvimento de voçoroca.

Um agravante para o aparecimento da voçoroca no local é a presença, na superfície do solo, de depósito de cobertura e aluviões sedimentados no fundo do vale. A descontinuidade litológica é marcada pela seqüência de camadas: camada A de cor escura, (presença de matéria orgânica), camada B, cor amarelada (muito arenosa) e a camada C, constituída de um material turfoso, de cor escura (acinzentada). Essa seqüência de material promove instabilidade, principalmente com presença de água (superficial e subsuperficial) esse processo é intensificado, favorecendo o desenvolvimento da erosão em voçoroca. Essa seqüência de camadas pôde ser observada e descrita em trabalho de campo.

A presença e a profundidade do lençol freático do solo é um fator decisivo para o desenvolvimento da voçoroca. A voçoroca ao atingir a rocha, expõe o lençol freático e a erosão lateral passa a ser mais agressiva, com solapamento e desmoronamento. Na área, o lençol freático é aflorante em condições normais, por se tratar de uma nascente.

A vertente imediata é uma região de interflúvio e área de recarga do lençol freático, com relevo suave e forma moderadamente côncava em direção ao fundo do vale. Este constitui o suporte da Unidade de Conservação, definida pela mata semicaducifolia (vegetação nativa), rara ocorrência em áreas urbanizadas. A ocupação indevida dessas áreas resulta em danos tanto ao patrimônio público (meio ambiente) quanto à saúde da população.

Esse uso indevido, sem planejamento, onde as vias existentes obedecem à declividade do terreno, a velocidade das águas pluviais e do escoamento superficial é aumentada, promovendo o desencadeamento de processos erosivos em voçoroca ou acelerando a velocidade daqueles já existentes. A voçoroca em estudo é desenvolvida pela elevada carga de águas superficiais concentradas, sem dissipação de energia, aliada a descontinuidade litológica do fundo do vale. Seus taludes medem aproximadamente 5 metros de altura.

TABELA 1: TABELA SÍNTESE - CARACTERÍSTICAS DA VOÇOROCA N.º 24

Localização: Jardim Botânico Drenagem – Córrego Botafogo (Sub-bacia) Bacia – Rio Meia Ponte
Aspectos Geotécnicos Volume de Terra retirado m ² (estimado) – 10.400 Litologia – micaxisto / quartzito Tipos de Solos – LEd (Latosolo Vermelho-Escuro distrófico) Afloramento do Lençol Freático – sim
Origem Avenida sem bueiro
Conseqüências Sócio-Econômicas Não compromete residências Compromete vias públicas – Av. Contorno Patrimônio Público comprometido – Área de preservação (Jardim Botânico)
Grau de Risco – alto grau de risco
Medidas de Combate Medidas utilizadas – nenhuma Medidas sugeridas: Construção de bocas-de-lobo e canalização da Avenida Contorno que lança águas na área de preservação (JBG). Dissipador de energia nos locais de lançamentos para evitar impactos e novas erosões.
Modificado de NASCIMENTO <i>et al.</i> , 1993.

O escoamento concentrado propicia a depredação da Unidade de Conservação, além de poluir e assorear a nascente do córrego Botafogo. A pavimentação da Avenida Contorno, realizada há aproximadamente 11 (onze) anos, sem a canalização das águas pluviais e “boca de lobo”, agravou ainda mais a situação.

Sabemos que a voçoroca é o estágio mais avançado e complexo da erosão, cujo poder destrutivo é superior ao das outras formas de erosão, portanto, de mais difícil contenção. É palco de diversos fenômenos: a erosão superficial, a erosão interna (piping), solapamentos, desmoronamentos e escorregamentos.

As voçorocas são encontradas normalmente em terrenos de características friáveis, desprotegidas de vegetação, predominantemente arenosos, areno-argilosos e areno-siltosos. Muito raramente são encontradas em terrenos de características argilo-arenosa ou argilo-siltosa devido a maior coesão dos grãos destes solos (FLEURY, 1983). O seu controle é difícil é muito oneroso. A melhor medida de controle é a sua prevenção (BERTOLINI e LOMBARDI NETO, 1994).

O estudo das características do terreno em função dos seus problemas e fenômenos, é recomendado como medida de prevenção, destacando a aptidão dos terrenos para diferentes tipos de ocupação urbana e aspectos urbanísticos. Este último envolve assuntos de caráter político, jurídico e técnico.

Nas áreas onde desenvolvem ravinas e voçorocas devem ser contempladas com estudos de suscetibilidade à erosão, que permitem orientações de caráter preventivo bem

como a correta concepção e o bom desempenho de obras de contenção para as voçorocas já existentes.

Portanto, para minimizar tais problemas ambientais no meio urbano, necessário se faz conhecer melhor as características do meio físico antes de adotar qualquer medida. É necessário, também, a aplicação e o cumprimento das Leis, ou se necessário for, um reestudo das mesmas pelos órgãos competentes.

Quanto às medidas corretivas é necessário conhecer as características específicas da voçoroca. As medidas sugeridas para eliminação das causas ativas do desenvolvimento dos processos erosivos, devem abranger alternativas de obras que contemplem o disciplinamento das águas superficiais, disciplinamento das águas subsuperficiais e a estabilização dos taludes das voçorocas.

As águas superficiais provenientes de chuva e servidas devem ser captadas e, quando necessário, tratadas e conduzidas através de estruturas de captação e condução (canais ou tubulações) desde a cabeceira da voçoroca até o córrego mais próximo, onde a sua energia possa ser dissipada. Os dissipadores de energia, vertedores e obras auxiliares de proteção, são obras terminais para diminuir a energia do escoamento. Já o disciplinamento das águas subsuperficiais o tratamento convencional é feito com a aplicação de drenos enterrados, visando a drenagem das águas subsuperficiais, de maneira a impedir o arraste do solo.

Para o disciplinamento das águas subsuperficiais o tratamento convencional é feito com a aplicação de drenos enterrados, visando à drenagem das águas subsuperficiais, de maneira a impedir o arraste do solo.

Os procedimentos anteriores devem ser contemplados com obras de proteção dos taludes e obras de represamento, contra a erosão promovida pelas águas de chuva e contra possíveis escorregamentos e desmoronamentos. Essas obras são normalmente implementadas através de serviços de terraplanagem (conformação das bordas) e a implantação de cobertura vegetal protetora. Devem ser projetadas e adaptadas às condições locais no momento da construção. Normalmente requerem inspeções técnicas periódicas e monitoramento específico.

Medidas alternativas foram sugeridas como plantio de bambu, barragens de madeira, paliçada (tatume feitos com estacas fincadas na terra) e a coleta de lixo.

As medidas de combate específicas para a voçoroca do Jardim Botânico, requerem principalmente o controle do escoamento superficial das águas pluviais. As recomendações para a vertente imediata (à montante da área de preservação ambiental) constituem-se em parcelar as águas de escoamento concentrado; controlar a direção do escoamento e sua vazão com instalação de lombadas transversais à direção do fluxo d'água e desviar as águas das ruas até um local de controle seguro, ou seja, para as galerias pluviais.

A área de preservação ambiental - JBG requer alguns cuidados específicos como isolar a área afetada com cerca; efetuar o controle e a captação de água (superficial) de toda a sub-bacia, o que pode ser conseguido através da construção de canais escoadouros, ou ainda, cordões de terra e pedra, formando a bacia de captação da voçoroca, para evitar que a enxurrada tenha na voçoroca um canal escoadouro; construir paliçadas ou pequenas barragens de espaço em espaço no interior da voçoroca; drenar a água subterrânea (pode-se

drená-la ou deixá-la com drenagem livre) por se tratar de uma nascente; suavizar os taludes laterais da voçoroca para facilitar a implantação da vegetação protetora; vegetar a ravina e a voçoroca com plantas que desenvolvem bem nestas condições, observando sempre a vegetação existente e, o término da implantação da rede de águas pluviais.

Portanto, áreas que apresentarem terrenos suscetíveis a processos de voçorocamento, devem contemplar um cuidadoso estudo de suscetibilidade à erosão, adequando os projetos à natureza dos terrenos e prevendo-se obras de controle de erosão.

Sempre que possível deve-se considerar toda a área de drenagem que contribui para o escoamento superficial, com estudo prévio da planta topográfica da cidade, planejando o sistema de drenagem e prevendo as ruas com ou sem pavimento.

A cobertura vegetal assume papel importante no combate desse tipo de erosão. Entretanto, na área em estudo, apesar de possuir boa cobertura vegetal, esta não foi suficiente para controlar a força das águas pluviais concentradas e impedir a formação dos processos erosivos.

O desflorestamento na área de preservação ambiental, causado pela erosão, vem provocando alterações no solo, no perfil da flora e conseqüentemente, da fauna, resultando em prejuízos para o meio ambiente.

6 CONCLUSÕES

O crescimento desordenado de Goiânia nas últimas décadas favoreceu o aparecimento de processos erosivos em voçorocas. Apesar da iniciativa de preservar algumas áreas com remanescente de vegetação nativa (características naturais), o modelo econômico vigente que fomenta o processo de ocupação urbana, propicia formas de ocupações que desrespeitam a maioria das áreas protegidas por lei, agravando ou desencadeando problemas.

As atividades desenvolvidas à montante da área de preservação ambiental do Jardim Botânico, sem o devido planejamento, contribuíram para o aumento do volume de água pluvial concentrada.

A falta de infra-estrutura básica, aliada à topografia do terreno, direcionou e direciona as águas pluviais concentradas para o JBG, propiciando o desenvolvimento de processos erosivos, agravados com a instabilidade do local e intensificam-se com o desbarrancamento. Os sedimentos provenientes destes processos acumulam-se na nascente do córrego Botafogo e a jusante, nos lagos e em trechos do canal fluvial, assoreando-os.

As medidas de contenção devem enfocar a sub-bacia com um todo, uma vez que refletem a diversidade de impactos produzidos em toda área e em toda a extensão do córrego Botafogo. São também indispensáveis a anuência, a colaboração e a participação de todos interessados, além da própria Administração Pública.

Os problemas ambientais que ocorrem na área de preservação, foram intensificados à medida que a ocupação urbana avançou, sem levar em conta as características naturais dos terrenos. Para minimizar os problemas ambientais do meio urbano, é necessário conhecer as características do meio físico antes de adotar qualquer medida. Na área em estudo, a origem da voçoroca está relacionada à falta de um planejamento, que leve em conta as características locais.

REFERÊNCIAS

- ASSAD, E. D. **Sistema de Informações Geográficas. Aplicações na Agricultura** - Editado por Eduardo Delgado Assad; Edson Eyji Sano - 2 ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa - SPI/Embrapa-CPAC, 1998.
- BERTONI, J e LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985.
- BERTOLINE, D. e LOMBARDI NETO, F.. Controle de Voçorocas **In: Manual Técnico de Manejo e Conservação do Solo e Água**. Tecnologias Disponíveis para a Implementação de Técnicas Complementares no Solo. vol. V; Centro de Comunicação Rural - CECOR - CATI/SAA, Campinas - S.P, 1994.
- CASSETI, V. **Geomorfologia do Município de Goiânia**. Boletim Goiano de Geografia. Goiânia V. 12 N. 1, Jan. Dez., 1991. p. 65-85.
- CUNHA, C. C. da *et al.*. **Saneamento Básico e Problemas Ambientais em Goiânia**. Goiânia: IBGE/DIGEO-CO,1992 (Estudos e Pesquisas: Informação Geográfica, 1).
- DAEE/IPT - Departamento de Águas e Energia Elétrica/Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Controle de Erosão: Bases Conceituais e Técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de voçorocas urbanas**. São Paulo, 2 ed. 1990.
- FLEURY, J. M. **Voçorocas: Origem e Métodos de Contenção**. Boletim Goiano de Geografia, Vol. 3 n. 1-2. Janeiro/Dezembro, Goiânia, 1983.
- GUERRA, A.T. Dicionário Geológico-Geomorfológico, 6 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Censo Demográfico de 1991**. Rio de Janeiro, 1991, Goiás.
- Diário Oficial de 30-08-1999; Resolução n.º 5 de 25 de Agosto de 1999. **Estimativa da população com data referência de 1º de julho de 1999**. Goiânia, 1999.
- INSTITUTO DE PLANEJAMENTO MUNICIPAL - IPLAM . **Carta de Risco de Goiânia**, 1993.
- NASCIMENTO, M. A. L. S. do *et. al.*. Erosões Urbanas em Goiânia **In: Levantamento e Cadastramento das Erosões**. Convênio: Universidade Federal de Goiás e Prefeitura Municipal de Goiânia. Goiânia, 1993.
- PROJETO RADAMBRASIL. Programa de Integração Nacional - **Levantamento de Recursos Naturais**. Volume 31. Rio de Janeiro, 1983.
- SALOMÃO, F. T. X. **Processos Erosivos Lineares em Bauru (S.P)**: Regionalização Cartográfica Aplicada ao Controle Preventivo Urbano e Rural. São Paulo: Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 1994.
- Secretaria Municipal do Meio Ambiente - SEMMA. Coordenadoria de Desenvolvimento Ambiental - CDA. **Jardim Botânico: Levantamento e Propostas**. Goiânia, 1997.