

USO DE TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA POR PROCESSO EROSIVO EM ÁREA URBANA NO JARDIM MONT SERRAT NO MUNICÍPIO DE APARECIDA DE GOIÂNIA-GO

Wilkson Flaviano da Silva¹
Milton Gonçalves da Silva Júnior²
Fernando Ernesto Ucker²
Ressiliane Prata Alonso³
Alline Caitano Luz⁴

RESUMO

Devido ao processo de expansão urbana sérios problemas vêm afetando diretamente a sociedade no município de Aparecida de Goiânia, principalmente ao que se refere aos impactos ambientais, dentre vários problemas ambientais em áreas urbanizadas destaca-se os processos erosivos. O trabalho baseia-se em dados coletados *in loco* e pelo sistema Google Earth Pro, onde foi possível verificar a ocorrência e as principais causas que geraram o processo erosivo no Jardim Mont Serrat, o estudo consistiu no levantamento de degradação do solo por processo erosivo em área urbana e o estudo de técnicas mais adequadas para a recuperação desta. Foi possível observar que o processo erosivo possui uma ligação direta com a expansão urbana, a impermeabilização do solo, a supressão vegetal e a má infraestrutura do sistema de drenagem pluvial. Após pesquisar as técnicas mais adequadas para a recuperação de erosão em meio urbano pode-se concluir que a reestruturação do sistema de drenagem urbana (micro e macrodrenagem), as obras de extremidades, a estabilização de taludes, terraplanagem e revegetação, formam um conjunto de técnicas para a recuperação do processo erosivo. Embora as técnicas de recuperação que foram estudadas na pesquisa sejam onerosas se apresentaram adequadas na recuperação da área afetada pela erosão, proporcionando melhorias na infraestrutura urbana e possibilitando a acessibilidade da população as vias de tráfego.

Palavras-chave: Impactos ambientais; Drenagem pluvial; Impermeabilização do solo.

USE OF RECOVERY TECHNIQUES DEGRADED BY AN EROSIVE PROCESS IN URBAN AREA AT THE MONT SERRAT GARDEN IN THE APARECIDA MUNICIPALITY OF GOIÂNIA-GO

ABSTRACT

Due to the process of urban expansion serious problems are directly affecting the society in the city of Aparecida de Goiânia, mainly regarding the environmental impacts, among several environmental problems in urban areas is highlighted the erosive processes. The work is based on data collected *in loco* and by the Google Earth Pro system, where it was possible to verify the occurrence and the main causes that generated the erosive process in the Mont Serrat Garden, the study consisted in the survey of soil degradation by erosive process in urban area and the study of the most appropriate techniques for its recovery. It was possible to observe that the erosive process has a direct connection with the urban expansion, the waterproofing of the soil, the vegetation suppression and the bad infrastructure of the drainage system. After researching the most appropriate techniques for the recovery of urban erosion, it can be concluded that the restructuring of the urban drainage system (micro and macrodrainage), limestone works, slope stabilization, earthmoving and revegetation, form a set of techniques for the recovery of the erosive process. Although the recovery techniques that were studied in the research are expensive, they were adequate for the recovery of the area affected by erosion, providing improvements in the urban infrastructure and making the population accessible to the traffic routes..

Keywords: Erosive process; Techniques; Recovery.

Recebido em 20 de março de 2019. Aprovado em 27 de abril de 2019.

¹ Engenheiro Ambiental – Faculdade Araguaia. wilkson_tst@hotmail.com

² Professor Doutor, curso de Engenharia Ambiental – Faculdade Araguaia.

³ Coordenadora Geral do Núcleo de Extensão, Pesquisa e Pós-graduação – Faculdade Araguaia.

⁴ Bióloga – Consultora Ambiental.

INTRODUÇÃO

A expansão urbana se intensificou com o aumento das atividades industriais, fato que atraiu e ainda atrai milhões de pessoas para as cidades em desenvolvimento, esse fenômeno provoca muitas mudanças no meio ambiente, ocasionado diversos impactos ambientais, como degradação do solo, desmatamento acelerado, redução da biodiversidade, entre outros.

O crescimento da urbanização sem o devido planejamento dos empreendedores e governantes pode acarretar diversos problemas ambientais como o aumento da impermeabilização do solo através dos asfaltos e calçamentos que são construídos, fatores comuns nas cidades em desenvolvimento, porém que dificulta a infiltração da água, com isso, há um aumento no volume e na velocidade do escoamento superficial, que conseqüentemente poderá gerar processos erosivos. Guerra; Silva; Botelho (2012) aponta que a ampliação nas áreas construídas e pavimentadas faz com que aumentem o volume e a velocidade das enxurradas, que não se dissipam com facilidade ocasionando a concentração do escoamento superficial, acelerando o processo de desenvolvimento de boçorocas e ravinas. Segundo Garotti e Barbassa (2010, p. 19-28) afirma que a impermeabilização e compactação do solo é um importante parâmetro no meio urbano que reflete o impacto causado pela urbanização sobrecarregando o sistema de drenagem de águas pluviais ocasionando um colapso na rede.

Segundo Lorandi *et al* (2001, p. 111-117), as áreas urbanas em expansão, através da abertura de novos loteamentos e construção de novas ruas e redes de drenagem, exigem para as suas implantações grande remobilização e exposição dos materiais inconsolidados, facilitando o surgimento de processos erosivos. Lorandi *et al* (2001, p. 111-117) afirma ainda que a maior ou menor intensidade dos fenômenos erosivos, desencadeados pela implantação dos loteamentos, dependerá da adoção de cuidados para sua implantação.

Neste contexto podemos dizer que os processos erosivos em áreas urbanizadas são ocasionados por uma variedade de fatores, dentre alguns destes fatores destacados por Lorandi *et al* (2001, p. 111-117), está a declividade da área, visto que a declividade interfere diretamente no escoamento superficial das águas pluviais, alterando o equilíbrio e dificultando a infiltração da água no solo, quanto maior for a declividade menor a taxa de infiltração no solo. Pelo ponto de vista de Filizola *et al*. (2011), a capacidade de transporte da água que escoam superficialmente depende do volume e da velocidade da água e da declividade do terreno, dessa forma, o escoamento pode ser difuso ou concentrado, no caso do escoamento difuso tem início quando a quantidade de água precipitada é maior que a velocidade de infiltração, e pode transportar partículas de solo, e pode provocar de início sulcos poucos profundos com possibilidade de evoluir para ravinas e voçorocas.

Pelo ponto de vista de Mathias (2016), a ocorrência de processos de erosão em áreas urbanas pode ser apontada como situações que requerem atenção constante por parte da administração pública, haja vista, o tamanho do risco para a população que reside no entorno de tais áreas como a própria infraestrutura urbana.

Filizola *et al* (2011) destaca que os principais processos erosivos lineares (ravinas e voçorocas) estão geralmente associados aos solos arenosos e às cabeceiras dos cursos d'água de primeira ordem, os autores afirmam ainda que o controle da erosão exige a caracterização dos fatores e mecanismos relacionados às causas do desenvolvimento dos processos erosivos, sendo assim, o primeiro ponto a ser considerado são os locais onde há maior concentração de erosões lineares, pois esses locais consistem em zonas de convergência dos fluxos superficial e subterrâneo (no caso de cabeceiras de cursos d'água), havendo assim uma interação sinérgica favorável aos processos causadores de incisões sobre vertentes. Em função dessa característica,

áreas de cabeceira de drenagem devem ser consideradas como áreas de risco de erosão e, portanto, de formação de voçorocas (Filizola *et al.*, 2011).

Segundo Alves, Suzuki e Suzuki (2007), A recuperação de áreas degradadas é possível, porém trata-se de um processo lento e difícil, sendo necessária a escolha adequada de práticas para o manejo do solo de forma que favoreça sua recuperação.

De acordo com a ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, na NBR 10703, a degradação do solo ocorre a partir das dos diversos usos do solo alterando suas características física, química e biológica. Do ponto de vista legal a recuperação da área degradada pela erosão se faz necessário, principalmente quando esta degradação pode trazer risco à comunidade devido a continua evolução do processo erosivo, esta recuperação devera atender as necessidades mínimas onde traga estabilidade ao meio ambiente, em conformidade com as leis municipais estaduais e federais.

O controle dos processos erosivos deve então estar fundamentado em princípios básicos de manejo de solos com o propósito de evitar o impacto ambiental causado pelas gotas de chuva, procurando facilitar a infiltração de água no solo, e disciplinar o escoamento superficial das águas pluviais, seja ele difuso ou concentrado.

O trabalho teve como objetivo investigar a causa de um processo erosivo no Jardim Mont Serrat no município de Aparecida de Goiânia, para o uso de técnicas mais adequadas para a recuperação do processo erosivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área alvo de estudo esta localizada na cabeceira do Córrego Bonança na Rua 508 com a Avenida Euclides da Cunha, no Jardim Mont Serrat, em Aparecida de Goiânia. A área e de grande importância por ser uma microbacia do Córrego Santo Antonio e realizar captação da drenagem pluvial do Jardim Mont Serrat e de Setores adjacentes (Figura 01).

Figura 01: Localização da área de estudo, observa-se que o processo erosivo invadiu a Av. Euclides da Cunha e se aproxima da Rua 509.



Coleta de dados

Esta pesquisa pode ser classificada, quanto aos objetivos do trabalho, onde possibilitou um maior entendimento sobre as causas e consequências de uma erosão urbana, quanto aos procedimentos de coleta de dados foi realizado, acompanhamento *in loco* do processo erosivo (registro fotográfico) e coleta de dados pelo sistema espacial do Google Earth.

Análise dos dados

O processo erosivo foi analisado buscando determinar a ocorrências e às causas da degradação ambiental, com base nos dados coletados *in loco* (registro fotográfico) e imagem espacial via Google Earth Pro. Após a análise dos dados foi possível propor técnicas de recuperação que será aplicada ao processo erosivo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ocorrências do processo erosivo em área urbana do Jardim Mont Serrat

A ocorrência do processo erosivo na área de pesquisa possui uma característica comum no município, o avanço das intervenções humanas no que diz respeito à urbanização, vem trazendo grandes prejuízos para o meio ambiente. Moradores que não quiseram se identificar e que residem próximo à região afetada pela erosão informaram que o processo erosivo não é uma situação recente e que a população que circunvizinham a erosão vem solicitando para o poder público uma solução há mais de três anos. Outro fato importante a ressaltar é que não é a primeira vez de acordo com o morador. O processo erosivo já havia ocorrido anos atrás quando o Setor ainda não possuía cobertura asfáltica.

A partir de imagens visualizadas no Sistema do Google Earth Pro (2017), foi possível confirmar o relato do morador. Pelas imagens pode-se desenvolver uma linha de tempo que pode auxiliar nas explicações da ocorrência do processo erosivo, presente na área analisada (Figuras 2, 3 e 4).

Analisando a figura 2 no mês de abril de 2005 a área apresentava degradação do solo por processo erosivo, na ocasião o Setor não possuía cobertura asfáltica, fator este que facilitava na deflagração de sulcos erosivos e ravinas devido o escoamento superficial e declividade da região, observa-se também que a área em questão possui uma supressão vegetal significativa. Em maio de 2006 observa-se que houve uma tentativa de recuperação da área afetada utilizando técnicas de aterro, porem com os intensos períodos chuvas na região percebe-se novamente a deflagração do processo erosivo (figura 2).

Em junho de 2007 pode-se observar que novamente a área passa pelo processo de aterro, na tentativa de recuperação da área, moradores informaram que solicitaram para a prefeitura que realizassem o asfaltamento na região e que solucionasse o problema que já vem se arrastando a mais de anos (figura 2). No mês de outubro de 2008 o Jardim Mont Serrat e contemplado com a construção do asfaltamento, embora a população do Jardim Mont Serrat tenha conseguido este benfeitoria e conseqüentemente solucionado o problema do processo erosivo, porem com um mal planejamento da obra de pavimentação e construção do sistema de drenagem pluvial trouxe mais tarde sérios problemas para os moradores do Jardim Mont Serrat, com a grande demanda no escoamento superficial devido a conseqüente impermeabilização do solo houve uma sobrecarga no sistema de drenagem ocasionando o rompimento das tubulações devido o volume e velocidade da enxurrada (figura 2).

Figura 2: Histórico da evolução do processo erosivo em área urbana no Jardim Mont Serrat no município de Aparecida de Goiânia referente ao período de 4/2005 a 10/2008.



Fonte: Google Earth Pro 2017

No mês de abril de 2012 percebe-se que a área de estudo no Jardim Mont Serrat se encontra em perfeito estado de conservação e trafegabilidade, observa-se também que a área esta com sua cobertura vegetal bem evidente, porem pode-se ver uma pequena incisão no meio da área vegetada onde seria o principio do processo erosivo neste ano (figura 3). Após três meses no mesmo ano a área já apresenta uma significativa supressão vegetal no mesmo lugar onde se inicia o processo erosivo, observando a figura 3 no mês de junho de 2012, percebe-se que a vegetação fora retirada através de maquinas, haja vista, que na própria figura do referido mês e ano apresenta sinais de trafego de maquinas, possivelmente seria uma tentativa de recuperação da área.

Após quinze meses da retirada da vegetação do local a área retorna a apresentar uma pequena mudança no mês de setembro de 2013, embora a vegetação venha apresentando um desenvolvimento significativo à vegetação não possui força em seu sistema radicular para combater o avanço do processo erosivo que continua evoluindo, mesmo com o crescimento da vegetação (figura 3).

Com a presença da cobertura asfáltica e o sistema de drenagem pluvial, no Jardim Mont Serrat a ocorrências de áreas impermeabilizadas aumentaram significadamente, associado estas áreas impermeabilizadas com a declividade do terreno a um sistema de drenagem pluvial mal elaborado cria-se uma possibilidade maior para deflagração de processos erosivos como apresenta na figura 3 no mês de junho de 2014. Haja vista, que quanto maior for à declividade maior será a velocidade das enxurradas e maior será sua concentração dificultando diretamente a infiltração da água no solo (figura 3).

Figura 3: Histórico da evolução do processo erosivo em área urbana no Jardim Mont Serrat no município de Aparecida de Goiânia referente ao período de 4/2012 a 7/2014.



Fonte: Google Earth Pro 2017

No mês de junho de 2015 pode-se observar que a área apresenta novamente a ausência da vegetação, esta vez por motivo de queimadas fator comum na região em períodos de seca, este ato ocasiona um enfraquecimento do solo devido à ausência da vegetação ficando mais propício a erodibilidade do solo, percebe-se também que o processo erosivo continua a evoluir rompendo a Av. Euclides da Cunha (figura 4). No mês junho de 2016 a área apresenta sinais de queimadas da mesma forma que apresentava no ano passado, porém desta vez a área afetada pela queimada é superior a de junho de 2015, percebe-se também que o processo erosivo invade a cobertura asfáltica consumindo a Av. Euclides da Cunha e trazendo sérios prejuízos para o Jardim Mont Serrat (figura 4).

Em agosto de 2017 observa-se que o processo erosivo evolui a cada dia que passa sem que a prefeitura do município tome providências, em análise a erosão estuda pode-se classificar com voçoroca devido à magnitude que apresenta erosão, observa-se também que o processo erosivo está avançando em direção as casas causando danos materiais para os moradores, além dos causados para o poder público, haja vista, a via pública ter se rompido separando a Avenida Euclides da Cunha da Rua 509 (figura 4).

Figura 4: Histórico da evolução do processo erosivo em área urbana no Jardim Mont Serrat no município de Aparecida de Goiânia referente ao período de 7/2015 a 8/2017.



Fonte: Google Earth Pro 2017

Após a análise temporal das figuras 2, 3 e 4 pode-se deduzir que o impacto ambiental causado pela degradação do solo possui fatores em comum nos anos analisados, com tudo destaca-se o fluxo concentrado do escoamento superficial devido à impermeabilização do solo causado pela expansão urbana na região, ressalta-se também o auxílio da declividade do terreno. Embora o Setor tenha sido contemplado com a pavimentação por volta do ano 2008, observa-se que não houve um planejamento no que diz respeito ao dimensionamento do sistema de drenagem pluvial na região, fator este que sobrecarregou o sistema fazendo com que a rede rompa-se dando início a erosão.

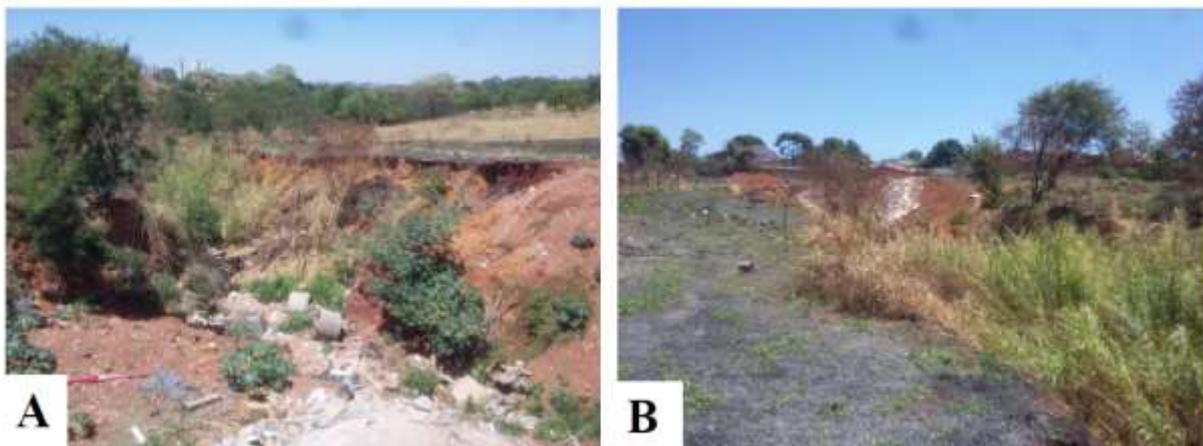
Causas dos processos erosivos

Os principais impactos ambientais observados na área de estudos que auxiliaram na aparição do processo erosivo foram: supressão da cobertura vegetal; impermeabilização e compactação do solo devido à expansão urbana; projetos de rede de drenagem pluviais mal elaborados com dimensionamento de galerias e bueiros insuficiente para suportar o escoamento superficial da região, estes problemas levantado *in loco* podem ser uma das causas para a o início do processo erosivo, e conseqüente rompimento da pavimentação asfáltica da região.

A supressão vegetal que é bem evidente associado com o alto fluxo do escoamento superficial, vem causando na região uma predisposição para a deflagração dos processos de erosão na área de estudo (Figura 5). De acordo com a Carta de Risco do município de Aparecida

de Goiânia as erosões causadas por concentração do fluxo pluvial são em maior número que as demais (Aparecida de Goiânia, 2012).

Figura 5: área afetada pelo processo erosivo (A) Mostra parte da rede de drenagem no interior da erosão (B) Em primeiro plano observa-se a área de pesquisa sem cobertura vegetação nativa e em segundo plano observa-se o processo erosivo em estado avançado próximo as casas.



Observou-se também que o local se transformou em depósito clandestino para o descarte incorreto de resíduos sólidos. Os resíduos sólidos encontrados na área de pesquisa possuem características diversas, como peças de equipamentos eletrônicos, resíduos domiciliares, resíduos da construção civil entre outros, com tudo dentre os resíduos encontrados destaca-se os da construção civil (figura 6).

De acordo com o Art. 4º da Resolução do CONAMA Nº 307/2002 os geradores de resíduos sólidos da construção civil deverão ter como objetivo o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. (nova redação dada pela Resolução 448/12). Ainda em seus incisos 1º e 2º:

§ 1º Os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos sólidos urbanos, em áreas de "bota fora", em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei. (nova redação dada pela Resolução 448/12).

§ 2º Os resíduos deverão ser destinados de acordo com o disposto no art. 10 desta Resolução.

Figura 6: Resíduos da construção civil descartado as margens da erosão.



Dentre os diversos impactos sociais e ambientais identificados nos cenários urbanos, destacam-se aqueles relacionados à ocupação e crescimento da malha urbana em direção às áreas inadequadas (Bilac e Alves, 2014 p. 79-95). De acordo com as pesquisas realizadas na área de estudo o processo de urbanização desordenada do município de Aparecida de Goiânia, associado com a drenagem urbana e seus problemas, e a declividade da região são fatores que afetam diretamente na deflagração dos processos erosivo em área urbana conforme exposto na introdução e na revisão bibliográfica.

De acordo com Sampaio *et al* (2016 p. 125-143), os grandes impactos ambientais negativos relacionados às áreas de drenagem urbanas podem ser atribuídos à falta de planejamento e de ordenamento do uso do solo, os quais têm sido responsáveis por significativas alterações no meio ambiente, dentre estas alterações destaca-se a impermeabilização, compactação do solos e processos erosivos. Analisando a aera de estudo observa-se que a dinâmica urbana na região esta em constante evolução e em muitos casos em direção das áreas que deveria ser protegida.

O acelerado processo de urbanização e o crescimento desordenado das cidades mudam severamente a paisagem, feições desencadeadas por processos físicos, que implicarão em uma degradação ambiental são cada vez mais notáveis em várias áreas, não só em grandes cidades, mas também nas pequenas, feições erosivas decorrentes da má utilização do solo e falta de planejamento provocam sérios impactos no solo (Barbosa *et al*, 2014, p. 125-142).

Segundo Garcia *et al* (2015, p. 03-09), os problemas comumente ocasionado em áreas urbanas é a erosão nos pontos de descarga do sistema de drenagem de águas pluviais, especialmente se não houver dissipação da energia cinética no local de descarga.

Segundo Guerra; Silva; Botelho (2012), a ampliação das áreas construídas e pavimentadas faz com que aumentem o volume e a velocidade das enxurradas, desde que não dissipadas e concentram o escoamento e com isso acelera o processo de desenvolvimento de boçorocas e ravinas, os autores destacam ainda a ocupação nos terrenos mais próximos às ocorrências de erosão que multiplica os riscos de acidentes que consequentemente e associado ao processo erosivo, alem de se tornarem áreas de despejo de lixo e lançados de esgotos domestico transformando a erosão em foco de doenças e tornando as mais danosas ao meio ambiente e a saúde humana. Guerra; Silva; Botelho (2012) destaca ainda em suas pesquisas que com a ocorrência no entupimento das redes de galerias faz com que agrave mais os problemas causados pela erosão.

Técnicas de recuperação para processo erosivo urbano

Dado o grande número de técnicas de recuperação de erosão, será descrito no trabalho, as medidas corretivas relacionadas à área estudo, por apresentarem eficiência e se adequarem ao cenário de degradação analisado na área. Para recuperação do processo erosivo no Jardim Mont Serrat serão utilizadas técnicas de recuperação do sistema de drenagem (microdrenagem e macrodrenagem), obras de extremidade, estabilização dos taludes (retaludamento), terraplanagem (aterro e reaterro), e revestimento da vegetal.

Sistemas de Drenagem

O Projeto de Drenagem urbana tem por objetivo o dimensionamento do sistema de forma que seja capaz de captar e conduzir adequadamente o escoamento pluvial no período de precipitações intensas na região, evitando a deflagração de enchentes e processos erosivos no município de Aparecida de Goiânia, além de preservar a estrutura asfáltica da região. O sistema tradicional de drenagem urbana pode ser dividido em dois sistemas distintos, a microdrenagem e a macrodrenagem.

Martins (2012, p. 11), explica em sua pesquisa que toda bacia hidrográfica é composta por uma rede de elementos de drenagem constituída por rios, riachos, córregos e pântanos ou várzeas, que naturalmente se formaram e se mantém em função da dinâmica das precipitações e das características do terreno de cada região, como tipo de solo, declividades, cobertura vegetal, entre outros. Com o uso urbano intenso do solo da bacia hidrográfica, este sistema é alterado substancialmente pela introdução de elementos artificiais e pelo aumento do escoamento superficial que será descarregado no sistema de drenagem urbana.

Microdrenagem

A microdrenagem possui um papel importante, para o controle e prevenção da erosão em área urbana, esta técnica evita o escoamento direto sobre o solo, através de estruturas de captação e condução das águas superficiais, o sistema de microdrenagem é composto por vias, sarjetas, meio-fio, bocas de lobo, tubos e conexões, poços de visita e os condutos forçados (Almeida Filho, 2015 p. 72-83).

Neste contexto a principal função do sistema de Microdrenagem é coletar e conduzir a água pluvial do meio urbano até o sistema de macrodrenagem, além de retirar a água pluvial dos pavimentos das vias públicas, conseqüentemente evitando ou reduzindo danos ao meio ambiente e para a população. De um modo geral o sistema de microdrenagem é dimensionado para o escoamento de vazões de 5 a 10 anos de período de retorno e, quando bem projetado, havendo manutenção adequada, praticamente elimina as inconveniências ou interrupções das atividades urbanas advindas das inundações e das interferências de enxurradas. Todavia, Martins (2012, p. 11), destaca que em termos de desempenho, os elementos estruturais que compõem o sistema de microdrenagem, são caracterizados por admitir alto risco de falha devido à falta de planejamento ou projetos mal elaborado ao construir o sistema de drenagem, conseqüentemente ocasionando problemas urbanos como enchentes e inícios de processos erosivos em fundos de vales.

Macro drenagem

O sistema de macrodrenagem é constituído, em geral, por canais abertos de maiores dimensões, e são planejados para um período de vazão em torno de 25 a 100 anos, observando

o período de retorno de maior intensidade pluviométrica. A prevenção na degradação do solo depende do funcionamento adequado do sistema de drenagem urbana.

Macrodrenagem que são obras responsáveis pelo escoamento final das águas pluviais drenadas da área urbana, para fora do perímetro urbano, até atingirem os locais adequados para deságue em dissipadores de energia, ou seções artificiais ou naturais, hidraulicamente estáveis (emissários em tubos de concreto armado, canais abertos ou fechados de concreto armado, canais abertos em gabiões e grama). As obras de macrodrenagem visam melhorar as condições de escoamento para reduzir os problemas de erosões, assoreamento e inundações ao longo dos principais talwegues. A solução definitiva seria prolongar o emissário até um córrego ou talvegue que apresentasse estabilidade, conduzindo-o às vezes, pelo interior da erosão até um local adequado para a descarga das águas, onde a sua energia possa ser dissipada (Almeida Filho, 2015, p. 72-83). Segundo Martins (2012, p. 11), nas áreas urbanas, o sistema de macrodrenagem recebe as funções da malha hídrica original da bacia na quais córregos, riachos e rios foram substituídos por canalizações túneis, elevatórias, reservatórios de retenção e retenção, barragens e outros dispositivos.

Obras de Extremidade

São os dissipadores de energia, dispostos na saída dos emissários, tendo a finalidade de reduzir a velocidade das águas, de tal forma a permitirem um escoamento tranquilo no talvegue receptor, (bacia de imersão, dissipadores de ressalto hidráulico e ressalto de esqui).

Dissipadores de energia

Dissipadores de energia são obras de extremidades, construídas na saída dos emissários, tendo a finalidade de reduzir a velocidade das águas, permitindo um escoamento tranquilo no talvegue receptor. Segundo Houghtalen; Hwang e Akan (2012) existem diversos tipos de dissipadores de energia, todos com o princípio básico de exercer uma força de obstrução e de atrito para desacelerar o escoamento, onde grande parte da energia danosa é perdida. Estes sistemas podem ser posicionados horizontalmente ou inclinados de acordo com o canal receptor.

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes em sua Norma 022/2006, dissipadores de energia são dispositivos cuja finalidade é reduzir a velocidade do escoamento, podem ser instalados em canalizações naturais ou não naturais, saídas de emissários de drenagem, ou seja, a montante do seu corpo hídrico receptor e estradas, diminuindo a energia do escoamento, e, conseqüentemente, evitando erosões. Os dissipadores mais comuns para obras de drenagens são os contínuos de concreto, existindo os seguintes tipos: de berço contínuo de pedra argamassada; de caixa de pedra argamassada; monolítico com dentes de concreto; e em degraus.

Os dissipadores poderão ter diferentes formas cuja adoção será definida no projeto específico, em função das descargas a serem dissipadas e das condições de deságue, conforme definição do projeto. Os tipos de dissipadores usualmente adotados são: dissipadores de concreto com berço contínuo de pedra argamassada; dissipadores de concreto com caixa de pedra argamassada; dissipadores de concreto monolítico com dentes de concreto; dissipadores de concreto monolítico em degraus (DNIT, 2006).

Estabilização dos Taludes

Pode-se entender como talude, qualquer terreno inclinado, natural ou artificialmente, os taludes naturais são aqueles formados pela natureza, pela ação geológica ou pela ação das intempéries (chuva, sol, vento, etc.), já os taludes artificiais são aquele construído pelo ser humano.

Almeida Filho (2015, p. 72-83), destaca em sua pesquisa que a estabilização dos taludes dos processos erosivos, são obras complementares que possui a finalidade de proteger os taludes resultantes, contra a erosão promovida pelas chuvas e contra possíveis escorregamentos. Na área de empréstimo usada como aterro, deve ser executada a remoção da camada superficial e o armazenamento do solo para, posteriormente, lançá-lo sobre o material de aterro, possibilitando uma recuperação imediata da vegetação.

Retaludamento

Ribeiro (2015), afirma em sua pesquisa que o retaludamento é um tipo de obra não estrutural, simples e de baixo custo, que ocorre, muitas vezes, associado ao aterramento de erosões. Sua finalidade é estabilizar os taludes contra a erosão pluvial e possíveis escorregamentos.

De acordo com Luz *et al.* (2014, p. 151-160) a técnica de retaludamento oferece maior consistência aos taludes, que são superfícies inclinadas limitantes de um maciço de terra, rocha ou ambos. Para isso, devem-se aplicar métodos de conservação do solo (controle de escoamento de água e manutenção da proteção do solo) aliados a métodos de caráter preventivo e corretivo. Também é preciso controlar a vazão, a declividade ou a natureza do terreno para contenção de erosões. Para que haja controle de vazão, é necessário desviar ou conduzir a água por caminhos preferíveis em relação ao sulco erosivo. O controle do sulco é obtido com retaludamento ou adição de obstáculos que diminuem a velocidade de escoamento da água.

Terraplanagem

O trabalho de terraplanagem é uma operação essencial na recuperação de processos erosivos, o objetivo da terraplanagem é regularizar o terreno existente conforme o que especifica no projeto de recuperação da área degradada. Segundo Nichols (2010), a terraplanagem ou movimento de terras pode ser definida, como o conjunto de operações que são necessárias em um projeto que consiste em remover material terroso através de escavação, e a sua relocação em locais que há a necessidade de nivelamento do terreno.

Aterro e Reaterro

Aterro ou reaterro consiste na reposição do material escavado, complementando os vazios deixados pelo processo erosivo, ou seja, a colocação ou recolocação de solo em uma área específica, a fim de nivelar ou elevar esta área baseando-se no projeto que será implantado no local, o material de reposição deve estar isentos resíduos que possa comprometer a compactação do solo que deve ser em camadas de 20 cm de altura, em umidade ótima para compactação.

A limpeza do local também e de grande importância deve-se remover toda a camada vegetal e resíduos que por ventura possua no interior da erosão, o material que será utilizado no aterro não deverá ser depositada sobre vegetação ou resíduos que estejam no interior da erosão, pois pode se tornar um material de separação entre o terreno e o aterro o que podem interferir de alguma maneira na instabilidade futura do aterro.

De acordo com SANEPAR (2012) quando os processos erosivos são situados em ruas ou áreas de trânsito de veículos, deve-se obrigatoriamente efetuar a substituição dos solos que não permitam a compactação adequada para receber o tráfego, neste caso o solo deve ser substituído por material de boa qualidade, como brita ou rachão.

Para a execução de aterros faz-se necessário o conhecimento dos materiais advindos do corte. De acordo com a especificação da norma DNIT-ES – 108/2009, os materiais a serem utilizados na execução dos aterros serão provenientes das escavações referentes à execução dos cortes e da utilização de empréstimos, devidamente caracterizados e selecionados com base nos Estudos Geotécnicos desenvolvidos através do projeto de engenharia.

De acordo com SANEPAR (2012), no caso de áreas onde houver necessidade de aterros, o solo a ser utilizado deve ser procedente de área com licença ambiental para a exploração e ter suas características previamente estudadas no local de origem, visando conhecimento do tipo do solo, quantidade disponível, homogeneidade, capeamento a ser descartados, compactação, umidade, suporte expansibilidade e compressibilidade, entre outras, deve ainda ser isentos de material orgânico ou contaminados.

Revestimento Vegetal

Revestimento vegetal é uma forma de proteção natural contra a erosão de um modo geral e tem como benefícios a dispersão da água, proteção do solo contra a precipitação direta, melhora da estrutura do solo através da adição de matéria orgânica, decomposição das raízes de plantas e diminuição da velocidade de escoamento da água (LUZ *et al.*, 2014, p. 151-160).

A proteção ou ação estabilizadora é beneficiada pelo tipo de vegetação adequada no processo de deterioração das encostas, com isso os benefícios da vegetação se iniciam desde o reforço das raízes à sua contenção mecânica, resultando a retirada da umidade das raízes do solo (ARAÚJO *et al.*, 2012 p. 23-24). Para Ferreira (2015) a revegetação sempre desempenha papel importante, já que resulta na restauração da produção biológica do solo, a redução e controle da erosão, a estabilização dos terrenos instáveis, a proteção dos recursos hídricos e a integração paisagística.

Segundo Almeida Filho (2015, p. 72-83), o revestimento vegetal é necessário nestes locais devido, às inclinações e instabilidade do talude, a não proteção dos taludes poderá acarretar processos erosivos superficiais. O autor resalta ainda que esta e a etapa final dos trabalhos de recuperação de áreas degradadas, e somente deverá ser executada esta atividade após terem sido executadas todas as correções necessárias com relação às obras estruturais.

Almeida Filho (2015, p. 72-83) ainda destaca que muitas vezes o revestimento vegetal é executado sem que as etapas anteriores descritas sejam perfeitamente executadas, neste caso o insucesso é quase certo, em importante salientar que em qualquer dos métodos de revestimento vegetal a eficiência depende exclusivamente da quantidade de insumos aplicada (sementes, matéria orgânica, fertilizantes, corretivos, adesivos e fixação no solo). Sua utilização é para proteger imediatamente o solo em taludes de corte e aterros, canais e áreas degradadas.

Para Araújo *et al.*, (2012 p. 23-24) na maioria das vezes, o uso da vegetação beneficia a estabilidade dos taludes e encostas, porém, pode afetar a segurança ocasionando impactos indesejáveis devido à escolha inapropriada, a seleção correta deve ser aplicada de forma minuciosa, a fim de propor proteção contra a os agentes erosivos da superfície através das raízes mais profundas para prevenir futuras rupturas.

Guimarães (2010) salienta que em situações altamente críticas poderá ser necessário o uso de equipamentos pesados em uma etapa prévia, tais como escavadeiras e tratores de esteira, para a remodelagem topográfica das bordas da voçoroca, a fim de gerar uma condição mais

susceptível à estabilização dos processos erosivos. Quando necessário este tipo de manejo é fundamental que se faça alguma ação no sentido de romper a compactação do terreno, reduzindo as restrições físicas à infiltração de água pluvial, e melhorando o desenvolvimento radicular da vegetação.

CONCLUSÃO

Tendo em vista os aspectos observados na área de estudo percebeu-se que a evolução do processo erosivo no Jardim Mont Serrat no município de Aparecida de Goiânia, se relaciona diretamente com a expansão urbana na região. A impermeabilização do solo, a supressão vegetal e a má infraestrutura do sistema de drenagem pluvial, são fatores que auxiliaram na deflagração do processo erosivo no local, observou-se também que o processo erosivo vem trazendo grandes problemas, percebe-se claramente que a área traz riscos de acidentes a população, além de se tornar um depósito para resíduos da construção civil, com tudo as técnicas de recuperação pesquisadas se apresentaram adequadas e viáveis para a recuperação da área, proporcionando melhorias na infraestrutura urbana e melhorando a acessibilidade das vias na região.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10703. **Degradação do solo, terminologia**. Rio de Janeiro, 1987 p. 45.
- ALMEIDA FILHO, G. S. Controles de erosão. **Revista Fundações & Obras Geotécnicas**, São Paulo - SP, Ed. n. 54, p. 72 – 83, março de 2015. Disponível em http://abge.org.br/uploads/arquivos/archivoseccion_244_emfococontroldeeros.pdf. Acesso em 21 de outubro de 2017.
- ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 617-625, 2007.
- ARAUJO, G. H. S et al. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. 8º ed. RIO DE JANEIRO: BERTRAND BRASIL LTDA, 2012. p 23-24.
- BARBOSA, A. R. et al. Evolução de um voçorocamento em área urbana no município de Cruzília, MG. **Revista Territorium Terram**, v. 2, n. 4, p. 125-142, 2014
- BILAC, R. P. R; ALVES, A. de M. Crescimento urbano nas áreas de preservação permanente (APPs): um estudo de caso do leito do rio Apodi/Mossoró na zona urbana de Pau dos Ferros RN. **Revista Geotemas**, v. 4, n. 2, p. 79-95, 2014.
- BRASIL. Ministério dos transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Norma 022/2006-ES. **Drenagem – dissipadores de energia–especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2006.
- BRASIL. Ministério dos transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. ES 108/2009: **Terraplenagem Aterros – Especificação de Serviço**. Rio de Janeiro, 2009.
- CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Vol. 33, n.1, p.147-157. 2009.
- COSTA, N. D.; GODINHO, J. P.; COSTA, J. O. Erosão hídrica em um afluente do rio km 119 na área urbana de Campo Mourão (PR). **Geoiंगा: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia**, v. 4, n. 1, p. 104-124, 2012.

- DE OLIVEIRA, E. M.; SOUTO, J. S. Mesofauna edáfica como indicadora de áreas degradadas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 01-09, 2010.
- FERREIRA, E. M. **Área de preservação permanente em processo de revegetação com espécies arbóreas e adubos verdes**. Goiânia, 2015. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solo e Água) - Escola de Agronomia Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.
- FILIZOLA, H. F. *et al.* Controle dos processos erosivos lineares (ravinas e voçorocas) em áreas de solos arenosos. **Circular Técnica**, v. 22, 2011.
- GARCIA, C. *et al.* Avaliação da drenagem urbana no entorno do Parque Florestal dos Pioneiros. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)**, v. 1, n. 1, p. 03-09, 2015.
- GAROTTI, L. M.; BARBASSA, A. P. Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial. **Eng. sanit. ambient**, v. 15, n. 1, p. 19-28, 2010.
- GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. SANEPAR, Companhia Saneamento do Paraná. **MOS Manual de Obras de Saneamento**. 4ª Ed. Versão 00, Junho 2012. Disponível em <http://site.sanepar.com.br/informacoes-tecnicas/305>. Acesso em 07 de novembro de 2017.
- GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão Conservação dos Solos; Conceitos, Temas e Aplicações**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 340 p.
- GUIMARÃES, J. C. C. Sustentabilidade ambiental através da restauração ecológica de minas de bauxita em florestas tropicais nativas. In: **Anais IV Congresso Internacional de Alumínio**, São Paulo, Brasil, p. 254-265, 2010.
- HOUGHTALEN, R. J; HWANG, N.; AKAN, A. O. **Engenharia hidráulica**. Pearson 4ª Ed. 2012.
- JÚNIOR, J. F. P.; CRUZ, L. M.; RODRIGUES, S. C. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia–MG. **Sociedade & natureza**, v. 20, n. 2, p. 157-175, 2008.
- LORANDI, R. *et al.* Carta de potencial à erosão laminar da parte superior da bacia do Córrego do Monjolinho (São Carlos, SP). **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 53, p. 111-117, 2001.
- LUZ, A. B. *et al.* Prevenção e contenção de processos erosivos causados pela expansão urbana no município de belo horizonte-minas gerais. **Revista e-xacta**, v. 7, n. 2, p. 151-160, 2014.
- MARTINS, J. R. S. Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente?. **Artigo Científico**, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, v. 1, p. 11, 2012.
- MATHIAS, D. T. **Contribuição metodológica para o diagnóstico da dinâmica erosiva linear e seu prognóstico evolutivo visando subsidiar projetos de recuperação**. 2016. 178 f. Tese (Doutorado em Geografia: solo) - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Presidente Prudente, 2016.
- MENDES, P. P. M.; ORLANDO, P. H. K.; RIBEIRO, L. L.. A QUESTÃO AMBIENTAL E PROCESSOS EROSIVOS NA CIDADE SATELITE CEILÂNDIA (DF). **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 2, n. 13, 2014.
- MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & natureza**, v. 20, n. 1, p. 111-124, 2008.
- NARDIN, C. F. *et al.* Uso de medida física para recuperação de áreas degradadas em ambiente de Cerrado. Resultado para o uso de barreiras com material de baixo custo na recuperação de voçorocas. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 27, n. 2, p. 178-189, 2011.
- NICHOLS, H.; DAVID, D. **Moving the Earth: The workbook of excavation**. Sixth Edition. US: McGraw-Hill Professional, 2010.

- NUNES, A. N.; DE ALMEIDA, A. C.; COELHO, C. OA. Impacts of land use and cover type on runoff and soil erosion in a marginal area of Portugal. **Applied Geography**, v. 31, n. 2, p. 687-699, 2011.
- OLIVEIRA, J. R. et al. Erosão hídrica em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes padrões de chuva simulada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 140-147, 2010.
- PEREIRA, J. S. *et al.* Avaliação do índice de sobrevivência e crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 4, p. 138-148, 2016.
- PINTO, N. G. M.; LOPES, M. M.; CORONEL, D. A. Análise da Degradação Ambiental nos Municípios e Mesorregiões do Estado do Paraná. **Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD**, v. 35, n. 126, p. 191-206, 2014.
- PREFEITURA DE APARECIDA DE GOIÂNIA. **Relatório Técnico da Carta de Risco do Município de Aparecida de Goiânia**. Cadastro Imobiliário da Prefeitura de Aparecida de Goiânia, Aparecida de Goiânia, 2012.
- REZENDE, W. S. *et al.* Recuperação de voçorocas na zona rural do município de Mineiros(GO): financeiramente viável e ambientalmente sustentável. **Revista Ibero - Americana de Ciências Ambientais**, v. 2, n. 2, p. 64-81, 2011.
- RIBEIRO, C. R; AFFONSO, E. P. Avaliação da percepção ambiental de alunos do ensino fundamental residentes na bacia hidrográfica do córrego São Pedro–Juiz de Fora/MG-doi: 10.4025/bolgeogr. v30i2. 10077. **Boletim de Geografia**, v. 30, n. 2, p. 73-85, 2012.
- RIBEIRO, Rhael Maycon Noronha. **Análise de área urbana degradada por processo erosivo voçoroca no município de Planaltina de Goiás**. 2015. 35 f. Dissertação (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Brasília, 2015.
- RODRIGUES, A. P. *et al.* Caracterização do Meio Físico, dos Recursos Minerais e Hídricos do Município de Aparecida de Goiânia. **Goiânia: Superintendência de Geologia e Mineração**, 2005.
- SAMPAIO, A. C. P.; CORDEIRO, A. M. N.; DE HOLANDA BASTOS, F. Susceptibilidade à Erosão Relacionada ao Escoamento Superficial na Sub-Bacia do Alto Mundaú, Ceará, Brasil (Susceptibility to Erosion Related to Surface Runoff in the Sub-Basin of the Upper Course of the Mundaú, Ceará, Brazil). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 1, p. 125-143, 2016.
- TORRES, FS de M. **Carta de suscetibilidade a movimentos de massa e erosão do Município de Ipojuca–PE**. 2014 106p. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 2014.