

ANÁLISE E PROPOSTA DE RECUPERAÇÃO DE UMA EROÇÃO DO CÓRREGO GÓIS - SETOR BOM CLIMA

BORGES, Álefe da Silva

Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis (alefesilvaa76@gmail.com)

PINTO, Wine Eler Assunção

Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis (wine.eler@hotmail.com)

SILVA, Fabrício Nascimento

Professor Mestre, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis (fabriciolegal@hotmail.com)

RESUMO

A erosão acontece quando há a quebra de um equilíbrio em que a quantidade de solo erodida se torna diferente da quantidade produzida. Essa quebra pode resultar de fatores de ordem natural ou então quando há intervenção antrópica. Em países de clima tropical, a erosão comumente vista é a hídrica, que se classifica em três principais formas, sendo elas erosão superficial, erosão subterrânea e erosão linear. Esta última acontece em quatro estágios: o primeiro em lâminas, sulcos, ravinas e por último as voçorocas. As fortes concentrações de chuvas, a falta de planejamento para urbanização, a ação do homem, contribuem fortemente para o surgimento de erosões. Nessa vertente se faz necessário medidas preventivas e, quando essa não for a solução, adota-se medidas como: isolamento do local, impedimento do escoamento superficial, estabilização de talude e outros mais. Este trabalho tem como objetivo o estudo da erosão situada às margens do córrego Góis no setor Bom Clima, na cidade de Anápolis-GO. Esse estudo foi composto por visitas in loco, relatórios fotográficos, coletas de materiais, análises e testes em laboratório, visando integralmente medidas corretivas e propostas de recuperação para a área de estudo.

PALAVRAS-CHAVE

Solos. Erosão. Laboratório. Medidas de Correção.

1 INTRODUÇÃO

O processo erosivo é gerado quando há uma quebra no equilíbrio entre a quantidade de solo erodida e a quantidade de solo produzida em condições naturais, gerando, assim, uma desagregação da superfície terrestre, sendo ocasionado por fatores naturais e/ou antrópicos. Podem ser classificadas conforme sua evolução em: lâminas (ravinas), sulcos e voçorocas (CARVALHO *et al.*, 2006).

Segundo Carvalho *et al.* (2006), os principais fatores que desencadeiam um processo erosivo devem ser bem caracterizados, a fim de se obter as melhores técnicas para sua recuperação. O processo erosivo natural pode ser intensificado, por alterações das condições de proteção do solo e do redirecionamento do escoamento superficial, sendo estes fatores de origem antrópica.

Outro fator contribuinte é a urbanização sem planejamento, gerando grandes áreas impermeáveis sem as devidas infraestruturas necessárias, acarretando problemas sociais, econômicos e ambientais (CARRIJO & BACCARO, 2001 *apud* SILVA *et al.*, 2015).

Neste cenário, este trabalho visa o desenvolvimento de um estudo de caso de uma erosão de origem hídrica com aceleração do processo por ações antrópicas, e a elaboração de medidas de recuperação ou estabilização da área.

2 METODOLOGIA

Visando a melhor elaboração deste estudo, faz-se necessário utilizar métodos exploratórios, quantitativos e descritivos.

Foram realizadas visitas *in loco* na área do processo erosivo, situada no bairro Bom Clima, na cidade de Anápolis – Goiás, no qual foram feitos registros fotográficos, entrevistas com moradores do entorno, para uma maior quantidade de informações e a coleta de materiais para análises laboratoriais.

Para obter informações do solo da área afetada com erosão, fez-se uma coleta de amostras e analisou-se por meio de testes específicos, como: limite de liquidez, limite de plasticidade e granulometria.

Após levantar informações por meio desses métodos, foi feita a análise do fenômeno, dando possibilidade de fazer um diagnóstico e propor técnicas de recuperação do solo.

3 EROSÃO

Em estudos relacionados a ciências da terra, a erosão é definida como processos de desgaste da superfície rochosa ou terrestre, ocasionada pela ação do vento, da água, do gelo, de organismos vivos e também pela ação do homem. Ainda nessa vertente, são ressaltados os processos erosivos, que de maneira natural dão a modelagem do relevo e atuam de modo conjugado aos processos pedogenéticos, havendo um equilíbrio entre ambos na quantidade de solo erodida e na quantidade produzida. Quando há a quebra desse equilíbrio, devido à interferência humana, acontece então a erosão acelerada, ou comumente chamada erosão antrópica (CARVALHO *et al.*, 2006).

Carvalho *et al.* (2006) classifica “a erosão em quatro grandes grupos: erosão hídrica, erosão eólica, erosão glacial e erosão organogênica”. Na região centro oeste destaca-se em grande escala a erosão hídrica, pelo comportamento do clima local. Esse trabalho enfatiza a erosão antrópica de origem hídrica.

3.1 ETAPAS DO PROCESSO DE EROSÃO HÍDRICA

Com base em estudos realizados por Carvalho *et al.* (2006) a erosão hídrica se divide em quatro partes, quanto a sua origem: impacto de gotas da chuva; desagregação de partículas do solo; transporte por fluxo e sedimentação.

Impacto: ocorre quando as gotas de água da chuva entram em contato com o solo. O potencial das gotas da chuva em causar erosão, também conhecida como erosividade (SCHWAB *et al.*, 1957; FAO, 1967 *apud* CARVALHO *et al.*, 2006).

Desagregação: ela se dá logo em sequência ao impacto das gotas de chuva no solo. Acontece então o cisalhamento, ou seja, a ruptura dos agregados do solo, que com impacto são desprendidos e inicia-se, assim, a formação de crostas.

Transporte: ocorre quando a intensidade do escoamento ultrapassar o limite de infiltração do solo, podendo o fluxo aumentar a velocidade de acordo com a declividade do terreno. Inicialmente esse transporte ocorre em uniformidade com o terreno e, conforme aumenta o fluxo, ele passa a fluir em pequenos canais, propiciando o cisalhamento das partículas de agregados.

Sedimentação: quando a energia do fluxo se diminui, devido à incapacidade de transporte das partículas, seja pela magnitude dessas ou pela diminuição da precipitação, inicia-se, então, a deposição dos sedimentos ou propriamente dita a sedimentação.

3.2 FORMAS DE EROSÃO

As erosões hídricas geralmente são classificadas, de acordo com Carvalho (2006), “em três formas principais: erosão superficial, erosão interna e erosão linear, segundo o seu estágio de evolução”.

Erosão superficial: surge a partir do escoamento da água que não percola, gerando um fluxo uniforme no terreno, sendo pouco perceptível a remoção dos agregados. Carvalho *et al.* (2006) entende que “ela está associada ao transporte, seja das partículas ou agregados desprendidos do maciço pelo impacto de gotas da chuva, seja das partículas ou agregados arrancados pela força trativa entre água e solo”.

Erosão subterrânea ou Piping: Hargerty (1991 *apud* CARVALHO *et al.*, 2006), descreve como um fenômeno no qual as partículas do interior do solo são removidas por causas da percolação de água, formando cavidades de forma tubular, ou seja, formação de canais a partir da face de uma encosta ou talude por meio do carreamento de partículas, podendo evoluir para grandes cavidades no subsolo.

Erosão linear (sulcos, ravinas e voçorocas): a voçoroca é o estágio mais complexo de um processo erosivo. Nela pode estar inclusa erosão laminar, erosão interna, solapamentos, desmoronamentos, deslizamentos de taludes etc. Os sulcos resultam do fluxo concentrado de água. Com a intensificação dos sulcos, surge a ravina, em forma de “V”. No limite da ravina, ela entra em contato com o lençol freático, dando início a erosão voçoroca, onde suas dimensões podem variar grandemente.

3.3 FATORES CONDICIONANTES

Em países de climas tropicais, a forte concentração de chuvas em um período do ano acarreta o surgimento de erosões no solo. A intensidade da chuva e a resistência do solo à mesma são dois fatores físicos centrais para o desencadeamento do processo erosivo. Essa resistência, também conhecida como erodibilidade do solo, é tratada por Vilar e Prandi (1993 *apud* CARVALHO *et al.*, 2006) como a incapacidade do maciço em resistir a diferentes processos erosivos, dependendo não somente das características do solo, mas também da composição química do fluxo e do ciclo de umedecimento e secagem.

Para Brito (2012), dentre os fatores fundamentais para o processo erosivo está presente o relevo, o clima, os solos, a cobertura vegetal e por último, a ação do homem. Este fator anteriormente citado tem a capacidade de modificar a intensidade dos outros

fatores que são uma forma natural de erosão. Carvalho *et al.* (2006) ainda ressalta a ação humana como sendo o principal fator responsável pelo desencadeamento dos processos erosivos, atuando no meio urbano e rural, provocando o desequilíbrio natural do ecossistema.

3.4 EROSÃO E IMPACTOS SOCIAIS

Além de ser um fenômeno físico, a erosão é também um problema econômico e social, segundo Pimentel (1997 *apud* BRITO, 2012). É de suma importância observar os transtornos sociais, que indiretamente afeta a qualidade de vida da população. Por exemplo, a obstrução do trânsito, que interfere na passagem dos moradores, serviços de ambulância, viaturas de segurança policial entre outros e em casos mais graves, acarreta riscos à vida humana, por queda de pessoas ou desmoronamento em massa, onde moradores podem perder suas vidas e seus bens materiais, gerando, assim, uma população carente de recursos necessários para o exercício de seus direitos de cidadão.

Brito (2012) afirma que é preciso controlar o crescimento desordenado das moradias, em regiões não planejadas, pois há uma tendência da população a procurar lugares para residir onde os mesmos apresentam custos monetários inferiores ou até gratuitos, que são as chamadas "invasão". Dessa forma, se não houve fiscalização, as residências e todas as instalações de infraestrutura poderá ser executado em solos não adequados e posteriormente vir a se tornar erosões.

3.5 PREVENÇÃO E CONTROLE

Segundo Jesus *et al.* (2009b *apud* JESUS, 2013) medidas corretivas para esses processos erosivos são muito onerosas para os órgãos públicos. Por isso, vê-se a necessidade de medidas preventivas, no intuito de conservar as características naturais e equilibradas do solo. No entanto, cada erosão tem sua gênese da problematização, portanto deve-se conhecer o meio físico do caso de estudo, para então escolher a medida mais adequada para controlar e recuperar a erosão (GIANGIULIO, 2009).

Giangiulio (2009) menciona que quando se pretende estabilizar o processo, o mais adequado seria fazer o isolamento do local, evitando a passagem de animais e pessoas, que de alguma forma poderia agravar a situação; impedir o escoamento superficial, com cobertura vegetal, para auxiliar na drenagem; estabilização do talude,

caso haja um, com estruturas de contenção. E em casos de sulcos e ravinas, estas simples medidas poderão ser suficientes para a recuperação natural das mesmas.

4 ESTUDO DE CASO

A erosão de estudo está situada no setor Bom Clima, na cidade de Anápolis – Goiás, nas coordenadas $16^{\circ}21'34.8''S$ e $48^{\circ}56'56.3''W$, às margens do Córrego Góis e próxima a Rua Elza Zago, onde há também um fluxo muito grande de veículos na rodovia, por se tratar de uma via importante de acesso aos setores do entorno e também por ser rota da linha de ônibus.

Ao se aproximar da área afetada pela erosão, a via de tráfego se torna pista única, devido ao afunilamento da área disponível ao trânsito, onde a passagem de veículos foi bloqueada por barreiras de segurança, tipo *New Jersey*.

Há fissuras e recalques do pavimento asfáltico, onde provocou a queda de algumas das barreiras. Também há uma considerada quantidade de entulho na erosão, que o caracteriza como o local de descarte da população do entorno, prejudicando o solo, e o córrego que está a 25 m de distância, como pode ser visto na Figura 1.

A topografia é bastante acentuada, com trechos inclinados e diferença de níveis, onde a encosta do córrego é o próprio aterro do pavimento.

Figura - Acúmulo do entulho na erosão



Fonte: AUTORES, 2018.

4.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A preparação da amostra foi realizada conforme o item 5.1 da NBR 6457 (ABNT, 1986). O material foi trago ao laboratório e por quatro dias foi deixado em descanso, até atingir a umidade higroscópica, para a realização dos testes.

Para esse ensaio utilizou-se a amostra com secagem prévia, sendo os métodos peneiramento fino e peneiramento grosso, conforme o que especifica a normatização do item 4.4 e 4.5 da NBR 7181 (ABNT, 2018). Foi tomada uma parte da amostra, desmanchado os torrões e passada na peneira de 5,0 mm, desprezando o material retido. Da amostra passada, retirou-se 1,0 kg para realização do ensaio. O material foi passado na peneira de malha 2,0 mm, tomando assim o material retido e lavando-o cuidadosamente em água corrente. Esse material foi transferido para uma cápsula metálica, pesado e levado à estufa com temperatura 105°C/110°C por aproximadamente 24 horas, para realização do peneiramento grosso.

Do material passado, foram separados 100 g em três capsulas metálicas para realizar o teste da umidade higroscópica. Em seguida levado a estufa, por cerca de 24 horas. Foi tomado 120 g do material passado na peneira de 2,0 mm. O restante do material passado foi transferido para uma peneira de 0,075 mm, que segundo Pinto (2006), é a menor peneira com utilização viável para o teste. Em seguida, lavou-se o material retido e depois de pesado, foi anotado como material fino e levado à estufa, por 24 horas.

Após, o solo fino foi levado ao agitador mecânico e passado nas peneiras de malha 1,18 mm, 0,6 mm, 0,425 mm, 0,3 mm, 0,15 mm e 0,075 mm. Foi usada uma frequência de 80 para um tempo de 3 minutos.

Para o peneiramento grosso, utilizou o material retido na peneira de 2 mm, que quando retirado da estufa, foi pesado. Esse material foi encaminhado para o agitador mecânico e passado nas peneiras, 9,5 mm e 4,8 mm, visto que diante de uma análise visual, não necessitaria passar em peneiras de malhas maiores, como a de 50 mm, 38 mm, 25 mm e 19 mm, conforme a Figura 2.

4.2 LIMITES DE PLASTICIDADE

Do solo preparado, conforme o item 5.1.1 da NBR 6457 (ABNT, 2016,) foi pego uma fração do solo e passado na peneira de malha 0,42mm, separando 200g do material passado. Desse material, pegou-se a metade para a realização desse ensaio.

Figura 2 - Agitador mecânico



Fonte: AUTORES, 2018.

Logo se transferiu o solo para uma cápsula de porcelana, amassando vigorosamente com auxílio da espátula de lâmina flexível e adição de pequenas quantidades de água, para a formação de uma mistura homogênea, compreendendo um tempo de aproximadamente 17 minutos.

Como indicado no item 4.2 da NBR 7180 (ABNT, 2016), pesou-se 10 g dessa mistura e com a palma da mão, foi modelada sobre a placa de vidro de superfície esmerilhada, com intuito de formar um corpo cilíndrico de diâmetro 3,0 mm e comprimento 100 mm. Como a amostra não se quebrou antes de atingir o diâmetro de 3,0 mm, então não houve necessidade de voltá-la a cápsula de porcelana para outra homogeneização.

Ao atingir um corpo cilíndrico sem se fragmentar, de acordo com a Figura 3. Foi transferida a amostra para uma cápsula metálica e pesado o conjunto, foi levado à estufa com temperatura 105°C/110°C por aproximadamente 24 horas. O ensaio foi repetido duas vezes, de forma a obter três valores de umidade.

Figura 3 - Medição do corpo cilíndrico



Fonte: AUTORES, 2018.

4.3 LIMITES DE LIQUIDEZ

Foi feita a regulagem do aparelho Casagrande, Como descrito no item 3.3 da NBR 6459 (ABNT, 2017), que consiste em calibrar a altura de queda do aparelho, deixando uma distância de 1,0 cm entre a concha e a base do aparelho. Feito isso, gira-se a manivela e ao mesmo tempo regulando o parafuso traseiro até que a ponta do excêntrico apenas raspe o suporte da concha sem suspendê-la. Para concluir a regulagem, apertam-se os parafusos superiores.

Utilizou-se uma amostra preparada conforme o item 5.1.3 da NBR 6457 (ABNT, 2016).

Transferiu-se metade da amostra para uma cápsula de porcelana, acrescentando água destilada em pequenos incrementos e amassando o solo com o auxílio da espátula de lâmina flexível, até a homogeneização do mesmo, compreendido num intervalo de 15 a 30 minutos. Em seguida, foi transferida parte da amostra para a concha do aparelho, fazendo, assim, a moldagem da mesma na concha, medindo-se sempre com a ponta do cinzel para que na parte central da concha esteja uma espessura de solo da ordem de 1,0 cm. Logo se fez uma ranhura no solo com a ponta do cinzel, separando a mistura em duas partes.

Com o acionamento da manivela, à velocidade de duas voltas por segundo, foi registrado um número de 19 batidas da concha contra a base do aparelho para a união das duas bordas inferiores da ranhura, em uma extensão de 1,3 cm, aproximadamente. Com auxílio da espátula, retirou-se uma porção de ambos os lados da ranhura que se

uniu, como pode ser visto na Figura 4, e transferido para uma cápsula para a pesagem do conjunto.

Após pesagem, a amostra foi encaminhada para estufa com temperatura entre 105°C e 110°C, permanecendo cerca de 24 horas. Foram repetidas as operações para a obtenção de mais quatro valores para o ensaio.

Figura 4 - Retirando as amostras que se uniram



Fonte: AUTORES, 2018.

4.4 IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES CONDICIONANTES

Um processo erosivo pode ter vários fatores condicionantes, sendo eles fatores externos: ambientais e antrópicos e/ou fatores internos, característicos do tipo de solo decorrente do local.

Observou-se, em uma das visitas *in loco*, que há a deságua de outro córrego a montante, notando-se que esta foz está aumentando o fluxo de água do córrego, principalmente em épocas chuvosas, não possuindo dissipadores de energia.

Anápolis vem enfrentando uma sequência de fortes chuvas, o que ocasiona grandes enxurradas. E devido haver uma grande área impermeável ao redor, a drenagem superficial pluvial fica comprometida, já que não há um sistema de escoamento das águas pluviais.

Verificou-se uma topografia acidentada, onde a encosta do rio é o talude do aterro da via, sendo bastante solicitado pelos esforços recorrentes da rodovia urbana.

Há nascentes d'águas situadas no interior da erosão, mostrando a proximidade do lençol freático da superfície. No entanto, não há nenhum sistema de drenagem para o escoamento das águas subterrâneas, que evitaria o carregamento das partículas de solo e a perda das características de compactação do subleito.

Verificou-se, no local, a presença de vegetação, mais a mesma não atende em sua totalidade a legislação, uma vez que esta estabelece critérios a áreas com menor estabilidade. A área que corresponde a mata ciliar não apresenta a metragem adequada, pois a pavimentação está localizada a 25 m do curso do córrego e tão pouca a quantidade de árvores, que em alguns casos é representada por uma vegetação rarefeita ou rasteira. Fator este que contribui para uma área cada vez menos estável e após grandes chuvas, o local apresenta grande carreamento do solo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Frente aos resultados obtidos em laboratório e pesquisas em literaturas, é possível classificar o solo analisado como sendo do tipo arenoso, classificação essa que o aponta como sendo bastante erosivo, pois o mesmo percola grande quantidade de líquido, o que resulta uma baixa resistência à permeabilidade e baixa resistência ao cisalhamento, sendo assim um solo não coesivo. O ensaio de limite de consistência permite identificar tal permeabilidade, pois o solo apresenta baixa trabalhabilidade quando encharcado, que por visitas ao local de estudo de caso, consta a situação atual da erosão analisada.

A proposta para a mitigação do processo erosivo será a implantação medidas conjuntas, por se tratar de mais de um fator que o propicia. Sendo assim, a implantação de dispositivos de drenagem das águas precipitadas, como sarjetas, descidas d'águas com dissipadores contínuos, tipo degraus, que amortizará o deságue; realizar o escoamento das águas do lençol freático, por meio de drenos profundos, onde protegerá o subleito do pavimento; a construção de um muro de arrimo por gravidade, tipo gabião, onde será possível a drenagem das águas, através da estrutura; associar a estrutura de contenção com o revestimento do talude com a vegetação adequada, e adequar a área de preservação permanente do córrego, com o reflorestamento de espécies apropriadas, conforme a legislação ambiental; amenizar o fluxo d'água proveniente do deságue afluyente, implantando dissipadores de energia, tipo cascata.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457: Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro, p. 9. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180: Solo - Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro, p. 3. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459: Solo - Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro, p. 6. 2017.

BRITO, A. O. **Estudos da erosão no ambiente urbano, visando planejamento e controle ambiental no Distrito Federal**. 2012. 77 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)- Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/10876/1/2012_AnnanerydeOliveiraBrito.pdf>. Acesso em: 29 set. 2017.

CARVALHO, José Camapum de et al. (Org.). **Processos erosivos no Centro-oeste brasileiro**. Brasília: Finatec, 2006. 464 p.

GIANGIULIO, A. R. **Gestão ambiental aplicada a prevenção, controle e recuperação de erosão linear acelerada no município de Ipeúna-SP**. 2009. 69 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental)- Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009. Disponível em: <http://200.145.6.238/bitstream/handle/11449/119245/giangiulio_ar_tcc_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01 nov. 2017.

JESUS, A. S. **Investigação multidisciplinar de processos erosivos lineares: estudo de caso da cidade de Anápolis - GO**. 2013. 340 p. Tese (Doutorado em Geotecnia)- Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/15086?mode=full>>. Acesso em: 03 out. 2017.

SILVA, M. G. S. et al. **Análise evolutiva de processo erosivo acelerado em uma área urbana da cidade de Goiânia**. Revista Monografias Ambientais, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 38-48, maio. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/17991>>. Acesso em: 11 set. 2017.

PINTO, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos. 2006. 363 p.