

POTENCIAL EROSIVO DE UM SOLO TROPICAL NA REGIÃO DE ANÁPOLIS-GO

João Paulo Oliveira Silva

Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (joapaulo-da-silva@hotmail.com)

Larissa Borges Silva

Professora Mestra do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (larissaborgestim@gmail.com)

Rafael Rodrigues da Silva

Bacharelado do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (rrs1226@gmail.com)

Vanessa Honorato Domingos

Professora Mestra, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA (vhdomingos@gmail.com)

RESUMO

A erosão é o processo de desgaste, transporte e deposição dos solos, sendo por meio desse fenômeno que os diversos agentes da erosão modificam os relevos. Dentre esses agentes, o mais proeminente no mundo é a água, principalmente a chuva, que é responsável por cerca de 56% de toda degradação do solo em regiões afetadas pela ação do homem. A interferência do ser humano é um importante fator no desenvolvimento das erosões, pois em sua forma natural ocorrem de maneira lenta, no entanto, dependendo da maneira como o homem faz uso do solo, pode acarretar no aceleração dos processos erosivos, os tornando mais prejudiciais. O solo de Anápolis é o solo tropical, que é encontrado em locais de clima tropical e apresenta peculiaridades em relação aos solos de outros climas, peculiaridades que fazem com que se comportem de maneira distinta em relação aos processos erosivos e dificultam a sua análise. Dessa forma, a execução de experimentos se faz necessária para conhecer as características que tornam esse tipo de solo diferente dos demais. No contexto do estudo de processos erosivos, uma das variáveis mais importantes é a erodibilidade, que dita a propensão que um solo tem a sofrer erosão. Para determinar essa propriedade pode ser utilizado o ensaio de Inderbitzen, que já foi utilizado em uma gama de trabalhos, apresentando resultados promissores. Com o intuito de trazer o embasamento necessário para compreender o potencial erosivo, foi feito um levantamento dos assuntos pertinentes, como: a definição e as características dos solos tropicais, o conceito de erosão, juntamente do tipo mais proeminente e suas consequências, além da apresentação do histórico da utilização do ensaio de Inderbitzen para análise de solo tropicais.

PALAVRAS-CHAVE: Erosão. Inderbitzen. Geotecnia. Solos Tropicais.

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Anápolis, localizada entre Goiânia e Brasília, com população estimada de 396.526 habitantes e área de 933,156 km² (IBGE, 2021) é um importante polo agroindustrial do estado de Goiás com a presença de empresas nacionais e internacionais, que atrai trabalhadores para servir de mão-de-obra, ocasionando uma expansão rápida e desordenada da cidade (BORBA *et al.*, 2012).

O surgimento de erosão no meio urbano e no seu entorno é consequência da falta de planejamento durante o processo de ocupação do solo (CARVALHO *et al.*, 2006). De acordo com Lacerda *et al.* (2004), o modo como é feito o uso do solo da área urbana de Anápolis facilita a ocorrência de erosões, como por exemplo: o excesso de impermeabilização do solo somado a falta de um sistema adequado de drenagem das águas da chuva, e tentativas malsucedidas de contenção de erosões.

A erosão é o processo de desgaste, transporte e deposição dos solos, devido a ação de agentes como o vento, gelo e principalmente da água. Quando ocorre de forma natural, o fenômeno erosivo acontece de modo lento, contudo, a interferência do homem funciona como um agravante, acelerando a perda de solo em relação a sua formação. Esse tipo de erosão recebe o nome de acelerada ou antrópica, sendo responsável por prejuízos tanto financeiros quanto ao meio ambiente; como são os casos de deterioração de rodovias por abertura de ravinas e voçorocas, assoreamento de corpos d'água, alagamentos, instabilidade e desmoronamento de taludes, destruição de casas e obras públicas (SANTOS, 1997).

No trabalho de Lacerda *et al.* (2004) foi organizado um inventário das áreas de risco da cidade de Anápolis, classificando as erosões como de pequeno (área <1000m²), médio (área de 1000 a 5000m²) e grande porte (área >5000m²). Foram identificadas 5 áreas de risco devido erosão acelerada, sendo elas localizadas no: Catingueiro, Jardim Alexandrina, São Carlos, Leopoldo de Bulhões e Itamaraty. Dentre essas áreas estão presentes 11 sulcos, sendo 9 de pequeno e 2 de médio porte; 23 ravinas e voçorocas, sendo 14 de pequeno, 5 de médio e 4 de grande porte.

Nos Estados Unidos, os gastos anuais causados pela erosão do solo foram estimados em cerca de 37 bilhões de dólares (URI, 2001). Na União Europeia os custos foram ainda maiores, encontrando-se na faixa de 38 bilhões de euros (MONTANARELLA, 2007). Já no Brasil, apesar da escassez de pesquisas que considerem os custos da erosão no País como todo, há estudos pontuais, como é o caso do estudo de Rodrigues (2005) sobre o solo do Cerrado goiano, onde este estimou um gasto de 38,39 a 165,73 dólares/ hectare.

De acordo com Carvalho *et al.* (2006), a magnitude do desenvolvimento das erosões depende de diversos fatores que agem em conjunto, dentre eles há a erodibilidade, que é a suscetibilidade que um solo tem de erodir e tem sido foco de interesse de pesquisas no campo da geotecnia. A fim de evitar gastos excessivos por conta da erosão dos solos, é necessário que sejam definidas medidas preventivas ou corretivas de maneira eficiente e econômica. É por meio de análises do solo e de suas características que se tem o embasamento para que seja feita a escolha adequada do método de combate ao processo de erosão.

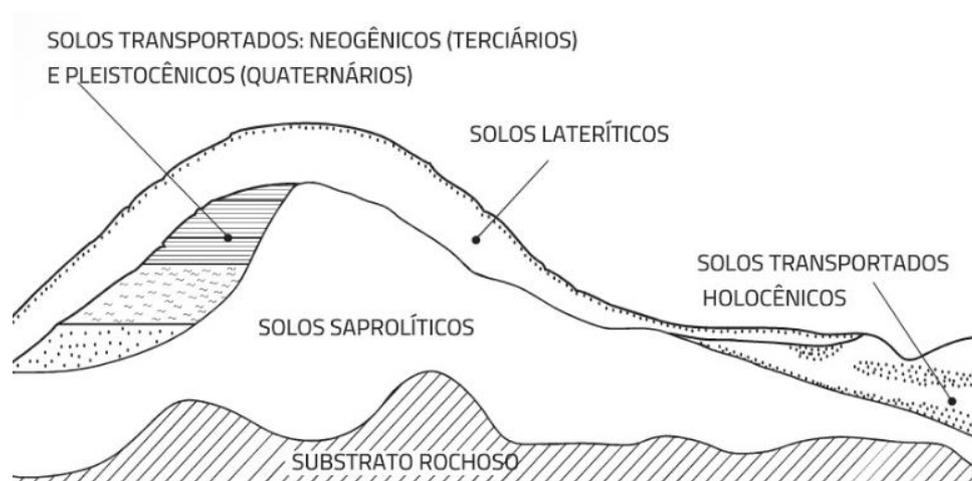
O objetivo desse trabalho é trazer o embasamento teórico necessário para compreender o conceito de potencial erosivo. Com esse intuito, foram reunidas informações de diversos autores sobre: o conceito e as peculiaridades dos solos tropicais, que são característicos da região de Anápolis; a definição de erosão, com foco nas erosões causadas pela chuva, já que são as mais significativas; o histórico da utilização do ensaio de Inderbitzen, que é o método utilizado para analisar a erodibilidade do solo.

2 SOLOS TROPICAIS

Os solos tropicais são aqueles que em razão da ação do clima tropical na sua formação, apresentam certas peculiaridades no seu comportamento e composição se comparados aos solos formados em outras regiões (COMMITTEE ON TROPICAL SOILS OF THE ISSMFE, 1985). Por conta dessas peculiaridades, os solos tropicais se mostram difíceis de classificar por meio de métodos tradicionais. Observando essa dificuldade, Nogami e Villibor desenvolveram a metodologia MCT de classificação de solos tropicais, na qual os solos são divididos entre solos de comportamento laterítico e não laterítico (VILLIBOR; NOGAMI, 2009).

Dentre os principais componentes do solo tropical estão três grupos: os solos lateríticos, os saprolíticos e os transportados. Em condições naturais, a camada laterítica compõe a parte superior do perfil do solo e a saprolítica se encontra logo abaixo, entre o substrato rochoso e a camada de solo laterítico ou do transportado, como mostra a Figura 1 (VILLIBOR; ALVES, 2019).

Figura 1 – Distribuição das camadas do solo tropical



Fonte: NOGAMI e VILLIBOR, 1995.

Os solos lateríticos são considerados maduros, bastante intemperizados e surgem por conta do processo de laterização em regiões de clima tropical úmido que possuam boa drenagem. Têm como característica a presença quase que exclusiva da caulinita, que é um argilo-mineral estável e uma concentração alta de óxidos e hidróxidos de ferro e/ou alumínio que cimentam a caulinita, dando um aspecto de pipoca a sua microestrutura. Esses elementos também conferem colorações características ao solo, como o marrom, vermelho, alaranjado e amarelo (VILLIBOR; ALVES, 2019). Ademais, possuem estrutura porosa, marcada pela presença de macro e micro poros e apresentam estabilidade quando confrontados por energia mecânica e variação de umidade, logo, são resistentes aos processos erosivos (CARVALHO *et al.*, 2006).

Os solos saprolíticos são denominados como solos residuais jovens, surgindo por conta do processo de desagregação e/ou decomposição da rocha matriz, mantendo a estrutura da rocha que lhe originou. A composição mineralógica é bastante variada, com destaque a presença de quartzo, que é comum nesse tipo de solo. Compõem a camada subjacente à superficial laterítica, aparecendo na superfície apenas por meio de ação do homem ou de erosões (VILLIBOR; ALVES, 2019).

De acordo com Castro (2014), os aspectos físicos dos solos saprolíticos, como a mineralogia, granulometria e plasticidade depende da rocha e do processo de intemperismo que os deram origem. A estrutura desses solos varia conforme se altera a

profundidade analisada, nas camadas mais altas apresenta característica de solo, mais abaixo transaciona para uma rocha muito alterada, até uma rocha pouco alterada que se apoia na rocha inalterada. Isso se dá pelo fato das camadas superiores serem mais intemperizadas que as inferiores.

Na cadeia evolutiva dos saprólitos, há primeiro uma presença maior dos minerais primários que, ao sofrerem o processo do intemperismo, resultam também na presença de argilominerais 2:1. Com o tempo e a ação do intemperismo, há a transformação total do minerais primários, exceto ao quartzo, em argilominerais 2:1 e em menor quantidade, argilominerais 1:1. Ao final do processo há a presença de oxi-hidróxidos de ferro e alumínio, quartzo e argilominerais do grupo das caulitas. Assim sendo, os solos saprolíticos são ricos em minerais primários inertes e em argilominerais expansivos (2:1) ativos, consequentemente sendo uma camada susceptível aos processos erosivos (CARVALHO *et al.*, 2006).

3 EROSÃO

A palavra erosão tem sua origem no latim (*erodere*) e quer dizer “corroer”. É um termo usado para descrever o processo de desgaste do solo pela ação dos diversos agentes causadores da erosão, como por exemplo: o vento, o gelo, a água e os seres vivos, incluindo o ser humano. Esse fenômeno tem como função, alterar o relevo da superfície, transportando as partículas do solo de um local para outro (SANTOS, 1997). A intensidade do desenvolvimento das erosões depende de uma gama de fatores internos e externos. Os fatores internos são relativos às características do solo, como a sua erodibilidade e desagregabilidade, já os externos se referem aos demais influenciadores, como a geometria de um talude, a erosividade das chuvas e as condições de infiltração e escoamento superficial (CARVALHO *et al.*, 2006).

3.1 EROSÃO PLUVIAL

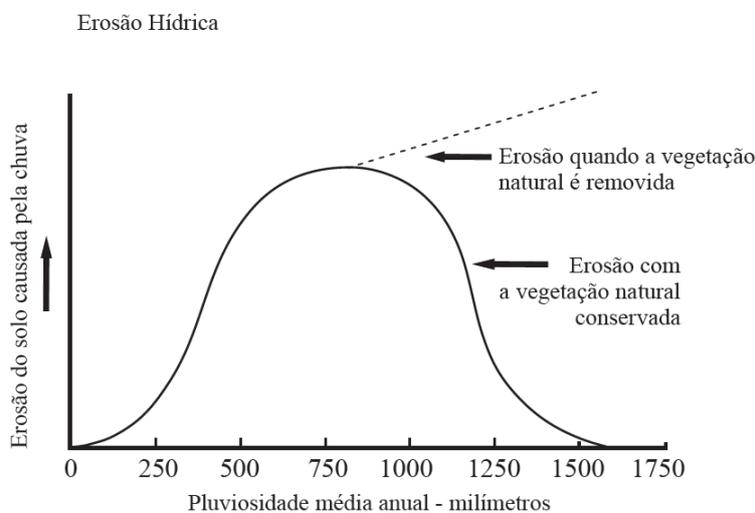
A Erosão pluvial é o nome dado a erosão causada pela água da chuva, originada por meio do impacto das gotas e do escoamento da água da chuva, que desagregam e transportam os grãos do solo (SANTOS, 1997). A água é a principal agente de erosão no mundo, sendo responsável por 56% da degradação do solo em regiões que sofrem de interferência humana. Dentre os fatores que influenciam esse processo, a pluviosidade média anual é o de maior importância na gravidade da erosão causada pela água.

As regiões que possuem baixas pluviosidades, naturalmente apresentam pouca erosão causada pela chuva. Em contrapartida, as regiões com pluviosidade muito elevada tendem a possuir vegetação densa, sendo o cobrimento vegetal um dos maiores responsáveis por reduzir a erosão causada pela água. Portanto, os maiores impactos serão presentes em locais que se encontram entre essas duas faixas de pluviosidade. A exceção para esta regra está em locais onde a cobertura vegetal foi retirada, como acontece muitas vezes em meios urbanos, nesses casos quanto maior a pluviosidade, maiores são os danos causados pela chuva, como mostra a Figura 2 (HUDSON, 1995).

É possível subdividir o processo de erosão pluvial em quatro fenômenos, que podem agir simultaneamente ou não: a desagregação dos grãos do solo pelo impacto das gotas da chuva diretamente na superfície, o espalhamento do solo devido ao salpico, a desagregação e o transporte do solo por meio do escoamento superficial (FOSTER; MEYER, 1975). Certos tipos de solo apresentam comportamentos diferentes quando confrontados por cada um desses fenômenos. Os grãos de solos arenosos são desagregados mais facilmente do que os de solo argiloso, devido a sua característica

menos coesiva, em contrapartida, os solos argilosos são mais propensos a serem transportados do que os arenosos, já que a alta infiltração da areia dificulta na formação de escoamento superficial. Os solos argilosos são então classificados como solos predominantemente transportados durante o processo de erosão pluvial e os arenosos, em sua maioria, como desagregados (HUDSON, 1995).

Figura 2 – Relação entre pluviosidade e erosão do solo



Fonte: Adaptado de HUDSON, 1995.

3.1.1 Erosão Superficial

A erosão superficial é causada pelo escoamento da água que não se infiltrou no solo. O fluxo uniformemente distribuído é responsável pelo transporte das partículas desprendidas do solo e sua capacidade erosiva está relacionada a fatores como a velocidade do escoamento, o volume que compõe a lâmina d'água e a inclinação do terreno, além da infiltrabilidade do solo, que tende a decrescer com o decorrer da chuva (CARVALHO *et al.*, 2006). Além disso, a ação das gotas de chuva sobre a lâmina do escoamento causa turbulência e aumenta o seu potencial erosivo. No entanto, a turbulência faz com que a remoção do solo não seja completamente uniforme, justificando o surgimento de sulcos, ravinas e voçorocas (HUDSON, 1995).

Não existe uma divisão exata que defina o fim da erosão superficial e o começo de uma erosão em forma de sulcos, podendo as duas ocorrerem simultaneamente em um mesmo local. Os sulcos chegam a ser considerados por alguns autores como uma erosão superficial e outros os classificam como a primeira fase das erosões lineares (CARVALHO *et al.*, 2006). Em uma região onde há a presença de sulcos, a erosão superficial continua ocorrendo nos espaços entre eles. Há então a separação do processo erosivo em erosão entressulcos e em sulcos, já que o escoamento e o impacto das gotas agem de maneira distinta nesses casos. O processo de desagregação dos grãos na erosão entressulcos se dá por meio da combinação de impacto das gotas e de escoamento superficial, que são transportados pelo fluxo de água até os sulcos. As áreas entressulcos são então responsáveis por descarregar os seus sedimentos nos sulcos, onde a erosão acontece majoritariamente em função do escoamento superficial concentrado (NUNES, 2006).

3.1.2 Erosão Linear

A erosão linear acontece devido a concentração do fluxo superficial da água, causando um aumento no seu poder erosivo que, conseqüentemente, faz com que surjam feições lineares no solo. A seqüência evolutiva da formação das erosões lineares se dá, respectivamente, pelos sulcos, ravinas e voçorocas, sendo a última a mais profunda delas, conforme a Figura 3 (SANTOS, 1997).

Os sulcos são canais pequenos formados por conta de filetes de água concentrada do escoamento superficial e possuem profundidade de no máximo 10 cm. Conforme sofrem a ação do processo erosivo causado pela maior concentração do fluxo, os sulcos podem aumentar de tamanho e se tornarem ravinas. O termo ravina se refere a canais com profundidade maior que 10 cm e menor do que 50 cm ou na profundidade na qual os taludes perdem sua estabilidade por falta de coesão real. O limite de 50 cm está relacionado ao fato de que até essa profundidade a presença de raízes e matéria orgânica confere certa estabilidade ao talude. A partir das profundidades de 50 cm as erosões lineares são classificadas como voçorocas (CARVALHO; LIMA; MORTARI, 2001).

Figura 3 – Tipos de erosão linear



(a) Sulcos



(b) Ravina



(c) Voçoroca

Fonte: (a) CARVALHO *et al.*, 2006; (b) PENA, s.d.; (c) CARVALHO *et al.*, 2006.

As voçorocas são o estado mais avançado das erosões, nelas atuam uma gama de processos erosivos que podem agir simultaneamente ou não, fazendo com que as voçorocas sejam erosões complexas, destrutivas e de evolução muito veloz. Dentre os processos que podem atuar para erodir uma voçoroca vale destacar: erosão superficial e interna, solapamentos, desabamentos, escorregamento de taludes e queda de blocos. Em meio urbano, o seu surgimento acontece, principalmente, por lançamento inadequado das drenagens de água das chuvas, já que se trata da concentração de um grande volume de água com alta capacidade de desagregar e transportar grãos do solo (CARVALHO *et al.*, 2006).

Um dos fatores que diferencia as voçorocas dos demais tipos de erosão linear é a possibilidade da influência de águas subterrâneas. Não são todas as voçorocas que sofrem pelas surgências de água, seja por conta de um período de estiagem ou simplesmente pela profundidade da voçoroca não ser suficiente para alcançar o lençol freático. Porém, quando há a presença de água atuando na voçoroca, existe uma intensificação do processo erosivo por favorecer o surgimento de erosões internas (SANTOS, 1997).

3.1.3 Erosão Interna

Erosão interna ou *piping*, é um fenômeno de erosão subterrânea no qual acontece a formação de tubos no interior do solo por meio do processo de percolação de água. A água remove as partículas do solo criando cavidades que podem se estender por centenas de metros. O processo de *piping* tem seu início quando as forças do gradiente hidráulico são maiores do que os mecanismos de resistência do solo suportam. Esses mecanismos são: a coesão entre as partículas do solo, o atrito e o imbricamento dos grãos, além da cimentação e aglutinação por raízes. Terrenos estratificados são propensos ao surgimento de erosão interna, já que o fluxo é concentrado nas regiões entre as camadas de solo (HARGERTY, 1991a).

A erosão interna muitas vezes tem início em voçorocas com presença de água subterrânea, causando um aumento das forças de percolação e, conseqüentemente, da instabilidade e do transporte de partículas (CARVALHO *et al.*, 2006). Quando o fluxo é turbulento, a remoção de material ocorre de maneira ainda mais intensiva e o gradiente hidráulico de saída aumenta conforme acontece essa retirada de partículas, mostrando uma tendência de aumento na intensidade do processo de erosão. Por se tratar de um fenômeno subterrâneo, o *piping/sapping* é de difícil identificação, sendo muitas vezes disfarçado por outros tipos de erosão (SANTOS, 1997).

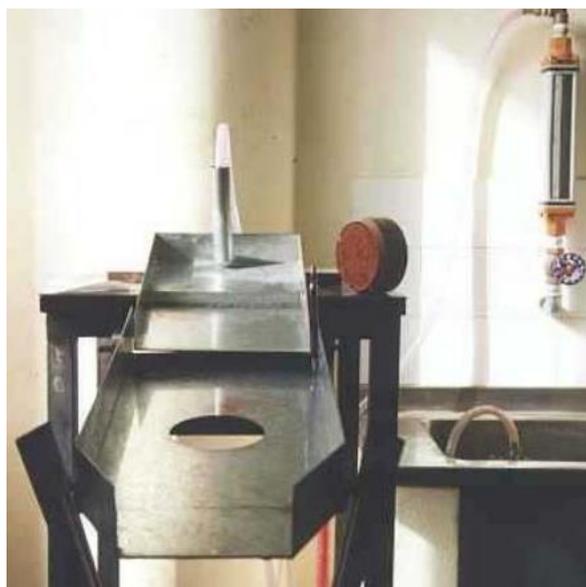
Hargerty (1991b), classifica formas de identificar o processo de erosão interna entre evidências diretas e indiretas. A evidência direta é a mais determinante, caracterizada pela surgência de água turva devido a remoção de grãos do solo. As evidências indiretas foram subdivididas em primárias, secundárias e terciárias, de acordo com seu valor. As primárias são causadas predominantemente pelo processo de *piping*, as secundárias podem ou não ser indicativos do fenômeno e as terciárias estão associadas a processos causados pelo *piping*. Alguns exemplos das evidências primárias são cavidades nas zonas de surgência e depósitos de sedimentos, das evidências secundárias são manchas ou descolorações devido a presença de água nas faces dos taludes, das terciárias são escarpas irregulares e blocos abatidos.

4 INDERBITZEN

A metodologia foi idealizada por Inderbitzen em 1961, com o intuito de analisar a erodibilidade dos solos. O equipamento utilizado para a sua execução é composto por uma rampa, de dimensões e inclinação conhecidas, com um orifício por onde é inserida a amostra de solo, como mostrado na Figura 4. Sobre o equipamento é simulada uma situação de escoamento superficial de vazão controlada, quantificando a perda de solo em certos intervalos (CARVALHO *et al.*, 2006).

Conforme o ensaio foi difundido no Brasil, certos autores propuseram alterações no equipamento em uma tentativa de aproximar os resultados a uma condição real de erosão. No trabalho de Fácio (1991), o aparelho foi alterado para ter três rampas, possibilitando a execução de múltiplos ensaios simultaneamente. O autor também definiu valores ideais de vazão, inclinação da rampa, tempo de ensaio e umedecimento prévio das amostras. Esses valores foram: vazão de 50ml/s, inclinação de 10°, tempo de ensaio igual a 20 minutos e tempo de umedecimento de 15 minutos. O umedecimento tem como função evitar o favorecimento do processo erosivo durante o ensaio, que poderia acontecer por uma redução brusca da sucção devido a variação das condições de saturação do corpo de prova.

Figura 4 – Aparelho de Inderbitzen



Fonte: BASTOS, 1999.

Santos (1997) se baseou em Fácio (1991) e utilizou as condições ideais encontradas no seu estudo, apenas aumentando a duração do ensaio para 30 minutos, com o objetivo de facilitar a observação do processo erosivo. Além disso, reduziu a largura da rampa para que coincidissem com o diâmetro do corpo de prova, de modo que todo o fluxo d'água corresse sobre a amostra de solo. Devido a redução da largura da rampa, também houve uma diminuição na vazão para 17,5ml/s, para que não houvesse alteração nas condições do ensaio. Lima (1999) utilizou as mesmas variáveis que Santos (1997), realizando o ensaio em amostra de solo em umidade natural e saturada.

Bastos (1999) construiu um equipamento composto de uma rampa articulada, permitindo a variação da sua inclinação entre os ângulos de 10 e 54 graus. Realizou os ensaios em diferentes condições de inclinação, vazão e umidade das amostras de solo, obtendo bons resultados na tentativa de estimar o fator de erodibilidade dos solos estudados. As condições adotadas foram: inclinação de 10°, 26°, 45° e 54°; vazões de 50 e 100ml/s; amostras secas ao ar, na umidade natural e pré-umedecidas.

Motta (2001) seguiu o tempo de ensaio e a largura da rampa determinados por Santos (1997), utilizando valores vazão entre 25 e 75ml/s e inclinações entre 5° e 40°. Além disso, em busca de tentar simular o efeito das gotas de chuva no processo erosivo, utilizou o aparelho de Inderbitzen como base e fixou um chuveiro a uma altura de 38cm da amostra de solo. Foi utilizada uma inclinação de 10° na rampa e duração de 20 minutos, sem a atuação do escoamento superficial que é normalmente utilizado no ensaio. Como resultado, os valores da perda de solo, por conta das gotas de chuva, foi de quatro a sete vezes menor do que os do escoamento superficial.

Por meio do ensaio de Inderbitzen foi definido que a perda de solo tende a aumentar conforme há um aumento da vazão, maiores declividades da rampa e quanto menor for o grau de saturação. Também foi observado que a perda de solo se mostra mais significativa nos primeiros 5 minutos do ensaio (FÁCIO, 1991).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo exibir o embasamento teórico necessário para compreender o conceito de potencial erosivo. Para esse fim, foi necessário estudar sobre

os fenômenos da erosão, com destaque a erosão pluvial, já que se trata do agente erosivo mais significativo no mundo. Também foram citados nesse trabalho conceitos sobre os solos tropicais e suas peculiaridades inerentes, sendo eles os solos encontrados em grande parte do Brasil, devido ao seu clima tropical. Além disso foi apresentado o ensaio utilizado para determinação da erodibilidade dos solos.

Percebe-se que os solos tropicais são divididos em camadas e, apesar da sua camada superficial laterítica apresentar certa resistência aos processos erosivos, a inferior saprolítica é suscetível à erosão, em função da presença de argilominerais 2:1 em sua composição. Isso mostra que os solos tropicais não deveriam ter a tendência de sofrer erosão, mas por meio da intervenção antrópica, seja pela remoção da cobertura vegetal, seja por alterações nas camadas do solo e/ou da forma que o escoamento superficial se desenvolve, pode fazer com que haja a formação dos processos erosivos. Caso a erosão se torne profunda o bastante para alcançar a camada de solo saprolítico a evolução do fenômeno vai acontecer de forma mais intensa.

Foi possível concluir que o conhecimento do solo e dos agentes causadores da erosão é essencial quando se busca entender mais sobre as causas do surgimento e evolução dos processos erosivos. Além disso, com o uso de ensaios como o ensaio de Inderbitzen, é possível determinar se o solo é propenso ou não a sofrer com esse fenômeno, possibilitando a tomada de decisões com relação a prevenção.

REFERÊNCIAS

BASTOS, C. A. B. **Estudo Geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados**. 1999. 269 p. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 1999.

BORBA, Odiones de Fátima; MILAGRES, Géssica Filgueiras; BARREIRA, Celene Cunha Monteiro Antunes. **Anápolis/go e suas interfaces com a região urbana do eixo Goiânia/GO– Brasília/DF**. Observatório Geográfico da América Latina, 2012.

CARVALHO, José Camapum de; LIMA, Marisaides Cruz; MORTARI, Diógenes. Considerações sobre prevenção e controle de voçorocas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 7., 2001, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: ABGE, 2001.

CARVALHO, J.C.; SALES, M.M.; SOUZA, Newton Moreira de; MELO, M.T.S. **Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro**. Brasília: Finatec, 2006. 464p.

CASTRO, Michele Alves de. **Utilização de solos saprolíticos na construção de pequenas barragens de terra**. 2014. 102 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

COMMITTEE ON TROPICAL SOILS OF THE ISSMFE. **Progress report, chapter 4.2.4: lateritic gravels**. São Paulo: publicado pela Associação Brasileira de Mecânica dos Solo (ABMS), 1985.

PENA, Rodolfo Alves. **Tipos de erosão**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/tipos-erosao.htm>. Acesso em: 7 jun. 2022.

FÁCIO, J. A. **Proposição de uma metodologia de estudo da erodibilidade dos solos do Distrito Federal**. 1991. 120 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geotecnia, Universidade de Brasília, Brasília, 1991.

FOSTER, G. R.; MEYER, L. D. Mathematical simulation of upland erosion by fundamental erosion mechanics. In: SEDIMENT-YIELD WORKSHOP, 1972, Oxford. **Proceedings [...]**. Washington: USDA, 1975. p. 190-207.

HARGERTY, D. J. Piping/Sapping Erosion. I: Basic Considerations. In: JOURNAL OF HIDRAULIC ENGINEERING, 117(8), 1991a, New York. **Proceedings [...]**. New York: ASCE, 1991a. p. 991-1008.

HARGERTY, D. J. Piping/Sapping Erosion. II: Identification and Diagnosis. In: JOURNAL OF HIDRAULIC ENGINEERING, 117(8), 1991b, New York. **Proceedings [...]**. New York: ASCE, 1991b. p. 991-1008.

HUDSON, Norman. **Soil Conservation**. 3. ed. London: B T Batsford Ltd., 1995. 387 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/anapolis/panorama> >. Acesso em 2 jun. 2022.

LACERDA, H.; JESUS, Andrelisa Santos de; SANTOS, Lidiane Ribeiro dos; TEIXEIRA, Leide Laura Francisca da Mota; OLIVEIRA, Sandro Nunes de. **Riscos Geológicos e Uso da Terra em Anápolis (GO)**. Educação & Mudança, Anápolis, n.13/14, 2004.

LIMA, M.C. **Contribuição ao estudo do processo erosivo de boçorocas na área urbana de Manaus**. 1999. 150 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotecnia, Universidade de Brasília, Brasília, 1999.

MONTANARELLA, L. Trends in Land Degradation in Europe. In: SIVAKUMAR, M.V.K; NDIANG'UI, N. (eds.). **Climate and Land Degradation**. New York, Springer, 2007.

MOTTA, N. O. **Caracterização geotécnica e dos processos erosivos na cidade de Campo Grande – MS**. 2001. 179 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. **Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos**. São Paulo: Villibor, 1995.

NUNES, Maria Cândida Moitinho. **Erosão hídrica em entressulcos de latossolos do Rio Grande do Sul**. 2006. 160 p. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

RODRIGUES, W. **Valoração econômica dos impactos ambientais de tecnologias de plantio em Região de Cerrados**. Revista de Economia e Sociologia Rural, v. 43, n. 1, p. 135-153. 2005.

SANTOS, Roberto Márcio Macedo dos. **Caracterização geotécnica e análise do processo evolutivo das erosões no município de Goiânia**. 1997. 120 f. Dissertação

(Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Geotecnia, Universidade de Brasília, Brasília, 1997.

URI, N.D. **The environmental implications of soil erosion in the United States.** Environmental Monitoring and Assessment, v. 66, n. 3, 2001.

VILLIBOR, Douglas Fadul; ALVES, Driely Mariane Lancarovici. **Pavimentação de baixo custo para regiões tropicais:** projeto e construção - novas considerações. Florianópolis: Tribo da Ilha, 2019. 544p.

VILLIBOR, Douglas Fadul; NOGAMI, Job Shuji. **Pavimentos econômicos:** tecnologia do uso dos solos finos lateríticos. São Paulo: Arte & Ciência, 2009. 291p.