



**FAPAC - FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS  
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS PORTO LTDA  
ENGENHARIA CIVIL**

**RENAN HENRIQUE ARAÚJO MARINHO SOUZA**

**ANÁLISE TEMPORAL DO PROCESSO EROSIVO DA VOÇOROCA SITUADA NA  
MICROBACIA DO CÓRREGO BREJO CUMPRIDO EM PALMAS – TO**

**PORTO NACIONAL-TO  
2019**

**RENAN HENRIQUE ARAÚJO MARINHO SOUZA**

**ANÁLISE TEMPORAL DO PROCESSO EROSIVO DA VOÇOROCA SITUADA NA  
MICROBACIA DO CÓRREGO BREJO CUMPRIDO EM PALMAS – TO**

Projeto de conclusão do curso de Engenharia Civil da FAPAC/ITPAC PORTO NACIONAL como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área: Hidrologia.

Orientador: Me. Diogo Pedreira Lima.

**RENAN HENRIQUE ARAÚJO MARINHO SOUZA**

**ANÁLISE TEMPORAL DO PROCESSO EROSIVO DA VOÇOROCA SITUADA NA  
MICROBACIA DO CÓRREGO BREJO CUMPRIDO EM PALMAS – TO**

Projeto de Pesquisa submetido ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda., como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Apresentado e defendido em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

---

Professor: Me. Diogo Pedreira Lima

---

Professor: Dr. Ângelo Ricardo Balduino

---

Professor: Esp. Eduardo Gouveia Santiago Lage

## DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais, Paulo Henrique M. de Souza e Soraia M. de Araújo Marinho e aos meus irmãos Ruan A. M. Souza e Cauã A. M. Souza, que sempre me apoiaram nesta jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me proporcionado chegar até esse tão esperado momento e por todos os dias de lutas que eu venci nesta longa jornada.

Aos meus pais, familiares e amigos que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e ajudando nesta jornada.

Ao meu orientador Me. Diogo Pedreira Lima, pela oportunidade e conhecimentos transmitidos.

Aos professores do ITPAC Porto Nacional, pelo aprendizado transmitido nesta jornada em busca da tão sonhada graduação.

E a minha turma 2015/2, que hoje faz parte da minha família.

“Se você sabe fazer apenas uma única coisa, aprimora-se. E se torne o mestre de uma única coisa.” (Demon Salyer)

SOUZA, Renan Henrique A. M. **ANÁLISE TEMPORAL DO PROCESSO EROSIVO DA VOÇOROCA SITUADA NA MICROBACIA DO CÓRREGO BREJO CUMPRIDO EM PALMAS – TO**, 2019 - 34 págs. Projeto de pesquisa (Graduação em Engenharia Civil - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos). Porto Nacional, Tocantins.

### RESUMO

Com o constante crescimento do processo de ocupação dos espaços geográficos, a superfície terrestre vem sofrendo imensas transformações que superam sua capacidade de se reestabelecer, assim, interferindo na intensidade e frequência em que ocorrem seus processos naturais. Entre os quais se destaca os processos erosivos, que devido a incrementação da ação antrópica vem acelerando o surgimento de erosões, principalmente, no espaço urbano através da alteração das características naturais de drenagem, impermeabilização da superfície e a supressão de meios adequados para a drenagem urbana, que pode trazer consigo sérias consequências ambientais como a degradação do solo e dos recursos hídricos. Deste modo, o presente estudo tem como objetivo analisar o comportamento temporal dos processos erosivos por meio da aplicação de técnicas de geoprocessamento, na microbacia do Córrego Brejo Cumprido, localizado no município de Palmas – TO e demonstrar a relação existente entre o avanço do processo erosivo com a ocupação do espaço urbano. A metodologia aplicada a este projeto de pesquisa será o levantamento de dados bibliográficos como base científica para a análise temporal do avanço da voçoroca até o ano de 2020 com o auxílio das ferramentas de geoprocessamento, que por meio de imagens de satélite será identificado o período em que o processo erosivo se instalou e verificar sua evolução, anualmente, até 2020, juntamente como o crescimento do processo de ocupação ocorrido nas proximidades do Córrego. Com a conclusão do trabalho, espera-se demonstrar a influência que o uso e ocupação do solo exerce sobre o processo de formação de erosões e alertar a população sobre os riscos eminentes.

**Palavras-chave:** Erosão; Uso e Ocupação do Solo; Geoprocessamento.

SOUZA, Renan Henrique A. M. **ANÁLISE TEMPORAL DO PROCESSO EROSIVO DA VOÇOROCA SITUADA NA MICROBACIA DO CÓRREGO BREJO CUMPRIDO EM PALMAS – TO**, 2019 - 34 págs. Projeto de pesquisa (Graduação em Engenharia Civil - Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos). Porto Nacional, Tocantins.

#### **Abstract**

With the constant growth of the process of occupation of geographical spaces, the terrestrial surface has been undergoing immense transformations that surpass its capacity to reestablish itself, thus interfering with the intensity and frequency in which its natural processes occur. These include erosive processes, which due to the increase of anthropic action have accelerated the appearance of erosions mainly in urban space, through the alteration of natural drainage characteristics, surface sealing and the suppression of adequate means for urban drainage, serious environmental consequences such as soil and water degradation. Thus, the present study aims to analyze the temporal behavior of erosive processes through the application of geoprocessing techniques, in the Swamp Cumplido Stream watershed, located in the city of Palmas - TO, and to demonstrate the relationship between the progress of the erosive process. with the occupation of urban space. The methodology applied to this research project was the survey of bibliographic data as a scientific basis for the temporal analysis of the gullies advancement until the year 2020 as the aid of geoprocessing tools, which will be identified by satellite images. in which the erosive process has set in and verify its evolution annually until 2020, together with the growth of the occupation process that took place nearby. With the conclusion of the work, it is expected to demonstrate the influence that the use and occupation of the soil has on the erosion formation process and alert the population about the imminent risks.

**Keywords:** Erosion; Land Use and Occupation; Geoprocessing.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico do aumento da vazão em função da área impermeável e canalização do sistema de drenagem. ....	18
Figura 2 – Processos Erosivos.....	20
Figura 3 – Erosão Laminar .....	22
Figura 4 – Erosão em Sulcos .....	23
Figura 5 – Erosão em Voçorocas .....	24
Figura 6 – Área de estudo.....	27
Figura 7 – Estação Total .....	28
Figura 8 – Google Earth Pro.....	30

## LISTA DE QUADROS



Quadro 1 – Cronograma.....31

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

m	Metros unidade de medida
m <sup>2</sup>	Metros quadrados unidade de medida
S	Segundos unidade de medida
SIG	Sistema de Informações Geográficas

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	14
2.1 OBJETIVO GERAL .....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	15
3.1 ESCOAMENTO SUPERFICIAL .....	15
3.2 FATORES CONDICIONANTES DOS PROCESSOS EROSIVOS.....	16
<b>3.2.1 Clima</b> .....	16
<b>3.2.2 Topografia</b> .....	17
<b>3.2.3 Vegetação</b> .....	17
<b>3.2.4 Solo</b> .....	17
<b>3.2.5 Uso e Ocupação do Solo</b> .....	17
<b>3.2.6 Infiltração</b> .....	18
<b>3.2.7 Escoamento superficial</b> .....	18
3.3 PROCESSOS EROSIVOS.....	19
3.4 EROSÕES HÍDRICAS.....	20
<b>3.4.1 Erosão Laminar</b> .....	21
<b>3.4.2 Erosão em Sulcos</b> .....	22
<b>3.4.3 Erosões em Voçorocas</b> .....	23
3.5 EROSÃO URBANA.....	24
3.6 PRÁTICAS DE CONTROLE E RECUPERAÇÃO .....	25
3.7 GEOPROCESSAMENTO UTILIZADO EM PROCESSOS EROSIVOS .....	25
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	27
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	27
4.2 MÉTODO DE ANÁLISE.....	27
4.3 MATERIAIS PARA A VISITA A CAMPO .....	28
4.4 SELEÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE.....	29
<b>5. CRONOGRAMA</b> .....	31
<b>6. RESULTADOS ESPERADOS</b> .....	32
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	33

## 1. INTRODUÇÃO

À medida que vem se desenvolvendo o processo de ocupação do espaço geográfico, o ser humano tem provocando uma série de modificações na superfície terrestre através da retirada da vegetação, urbanização, impermeabilização do solo, entre outros. Desta forma, a constante transformação da superfície vem ocasionando a intensificação da ocorrência de processos erosivos acelerado, chamando a atenção para os estágios de evolução da erosão, de sulcos para ravinas até o ponto de ser tornarem voçorocas que é o ápice do processo evolutivo da erosão.

O processo de erosão do solo é um fenômeno natural, que ocorre devido à ação de agentes superficiais como o fluxo de água (enxurradas) e o vento que provocam a remoção dos solos e das rochas, além do transporte dos sedimentos para outras regiões. Com a interferência humana, este fenômeno vem se tornando comum e provocando imensos problemas socioambientais, destacando-se a degradação dos recursos hídricos, os processos de desertificação do solo e a movimentação de massa (deslizamentos de terra), principalmente, na zona urbana.

Com o avanço do uso e ocupação do solo surgiu a necessidade de se acompanhar e/ou monitorar o desenvolvimento desses processos, especialmente, para dar origem a um bom planejamento e uma adequada orientação ao processo de ocupação, respeitando sua capacidade de suporte para a segurança da sociedade e preservação dos recursos naturais.

Através de ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento é possível se obter informações referentes ao uso e ocupação do solo. Por meio dessas informações é possível identificar áreas com processos erosivos, controlar as inundações, avaliar os impactos ambientais, entre outros. Podendo, assim, auxiliar na intervenção desses processos e adequar uma melhor utilização dos recursos naturais sem que ocorra a degradação do meio ambiente.

Desta forma, o objetivo deste trabalho é analisar o comportamento temporal dos processos erosivos por meio das ferramentas de sensoriamento e geoprocessamento, com intuito de verificar seu comportamento evolutivo, quantificar a área degradada e propor medidas corretivas e soluções para mitigar o avanço dos processos erosivos.

Por este fato, o presente trabalho utilizará imagens de satélite que serão relacionadas conforme uma série temporal, altura de visão, nitidez e escala para

identificar o avanço da erosão e do processo de ocupação pertinente a área de estudo. Com isso, espera-se demonstrar a influência que o uso e ocupação do solo exerce sobre o processo erosivo em uma das vias de movimento contínuo da capital do Tocantins.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o comportamento temporal dos processos erosivos, por meio da aplicação de técnicas de geoprocessamento na microbacia do Córrego Brejo Cumprido.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar por meio de imagens de satélite a série temporal dos processos erosivos instalados na microbacia;
- Verificar os estágios de evolução dos processos erosivos, por meio do *software Google Earth Pro*;
- Apresentar possíveis medidas ou soluções para a contenção e reabilitação da área degradada.

### 3. REFENRÊNCIAL TEÓRICO

#### 3.1 ESCOAMENTO SUPERFICIAL

A água é a substância mais abundante na superfície do planeta e exerce influência direta no processo de modelagem da superfície terrestre, por meio da dissolução dos materiais e no transporte de sedimentos. Após a precipitação atmosférica atingir a superfície do solo, há dois caminhos a serem tomados: o primeiro é a infiltração, que é o processo de passagem da água presente na superfície para o interior do solo e é influenciada pela natureza do solo. E o segundo é o escoamento superficial, que ocorre quando o solo atinge sua capacidade máxima de absorção da água, onde o excesso dá início ao escoamento ou enxurradas (QUEIROZ, 2009).

No ciclo hidrológico, o escoamento superficial é uma das fases de maior relevância para a engenharia, onde sua intensidade está relacionada com a capacidade de infiltração e permeabilidade dos solos. Nesta etapa em que se estuda o deslocamento das águas superficiais, que está diretamente ligado com o aproveitamento das águas oriundas do escoamento superficial e à proteção contra os fenômenos gerados pelo seu deslocamento (OLIVEIRA; BRITO 1998).

De acordo Queiroz (2009), a relação entre o escoamento e a infiltração da água é extremamente variável, uma vez que dependem de vários fatores que interferem diretamente na capacidade de absorção da água e na intensidade do escoamento como a natureza dos solos e das rochas, a cobertura vegetal, a topografia do terreno e do uso e ocupação do solo.

Conforme a natureza do solo, a capacidade percolação da água pode variar conforme as características dos solos ou das rochas, assim, quanto maior for a permeabilidade do material, mais fácil será a percolação da água e maior a infiltração. Além disso, em áreas vegetadas a infiltração é favorecida devido a interceptação das folhas e galhos, onde parte da precipitação é retardada e só atinge a superfície do solo através do gotejamento (TEIXEIRA *et al.*, 2009).

O caráter topográfico e ocupação do solo são os principais fatores que interferem no equilíbrio entre o escoamento superficial e a capacidade de infiltração do solo. O avanço desordenado da urbanização vem provocando o aumento do escoamento superficial direto devido às transformações que o homem tem causando

na superfície, como a ocupação urbana em morros, impermeabilização da superfície que podem acarretar uma série de consequências para a sociedade (TUCCI, 2013).

### 3.2 FATORES CONDICIONANTES DOS PROCESSOS EROSIVOS

Com a ocupação do espaço geográfico, as alterações no meio ambiente vêm sendo influenciadas de forma direta pela urbanização que hoje é uma das formas mais agressivas e impactantes na alteração do ambiente natural. Entre as alterações no ambiente, podemos destacar as alterações no ciclo hidrológico, nas características naturais da drenagem, o que pode gerar problemas como inundações, assoreamento e erosão (TUCCI, 2002).

Os fenômenos associados aos processos erosivos são guiados em função de dois condicionantes: os fatores antrópicos, que estão relacionados como os processos de exploração dos recursos naturais, uso e ocupação do solo (obras civis, urbanização, agricultura, etc.) e os fatores naturais, que ditam a intensidade e o comportamento dos processos erosivos, destacando, principalmente, a chuva, a cobertura vegetal, a topografia e os tipos de solos (BRITO, 2012).

A erosão é o produto final da ação simultânea de forças consideradas ativas, como as características da chuva, declividade e comprimento de rampa do terreno e a permeabilidade do solo. E das forças passivas como a densidade da cobertura vegetal que auxilia na proteção do solo contra os impactos e aumento da infiltração por meio da interceptação realizada pelas folhas e galhos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005).

#### 3.2.1 Clima

A chuva é um fator climático que mais exerce influência nos processos erosivos, sobretudo, por fornecer a energia necessária para provocar a desagregação do solo e pela capacidade de originar o escoamento superficial. A água é o principal agente erosivo, justamente pela concentração do fluxo das enxurradas que provocam a formação de incisões e movimentação de massas generalizadas (COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).



### **3.2.2 Topografia**

As características do relevo influenciam os processos erosivos em função da declividade e o comprimento de rampa, visto que ambos influenciam na velocidade do escoamento superficial e no poder de desprender e transportar as partículas de solo. Terrenos com maiores declividades e comprimento de rampa, as enxurradas tendem a possuir maior poder abrasivo em razão da grande velocidade de escoamento (LEPSCH, 2010).

### **3.2.3 Vegetação**

A cobertura vegetal é um fator que age como defesa natural do solo contra o efeito do impacto das gotas de chuva por meio da interceptação dos galhos e folhas, assim, a vegetação proporciona o aumento da capacidade de infiltração e retenção da água, e influencia na diminuição da velocidade de escoamento (LEPSCH, 2010).

### **3.2.4 Solo**

Os processos erosivos não acontecem da mesma forma em todos os solos, a uma gama de propriedades como a estrutura, textura, permeabilidade e densidade que conferem diferentes vulnerabilidades à erosão. Deste modo, os tipos de solos como os arenosos são facilmente erodidos por não ser coeso, o que favorece a movimentação da água pelo seu interior ao contrário dos solos mais argilosos (LEPSCH, 2010).

### **3.2.5 Uso e Ocupação do Solo**

A ocupação do solo é o principal fator que provoca perturbações no processo de escoamento superficial e na quantidade de água infiltrada no solo. Com o avanço da urbanização há uma série de modificações no ambiente, as construções e a pavimentação impedem a infiltração pela diminuição das áreas permeáveis e aumentam o escoamento superficial direto. Podendo ocasionar uma série de consequências para a sociedade, como as enchentes, escorregamentos de massas e a degradação dos recursos hídricos (QUEIROZ, 2009).

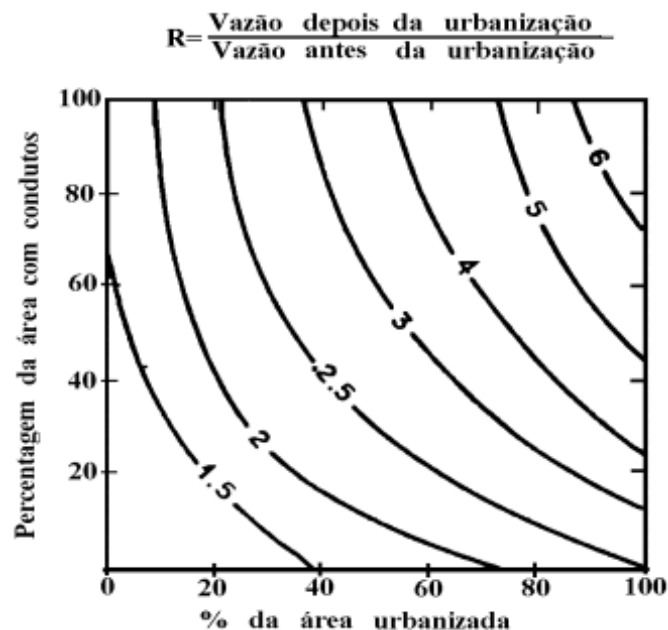
### 3.2.6 Infiltração

A infiltração é um fator importantíssimo para o processo erosivo, pois quando o solo atinge sua capacidade de infiltração origina-se o processo de escoamento superficial. Assim, a relação entre o escoamento com a infiltração é variável em função das características dos solos e das rochas, da cobertura vegetal, topografia e do uso e ocupação do solo que interferem diretamente no processo de infiltração e escoamento (OLIVEIRA; BRITO, 1998).

### 3.2.7 Escoamento superficial

Segundo Tucci (2013), devido o avanço da urbanização o escoamento superficial é intensificado pela falta de drenagem adequada, impermeabilização do solo, canalização ou obstrução do escoamento, podendo provocar um aumento de sua vazão em até 6 vezes em relação as condições naturais como demonstrado na figura 1.

Figura 1 – Gráfico do aumento da vazão em função da área impermeável e canalização do sistema de drenagem.



Fonte – Tucci (2013)

### 3.3 PROCESSOS EROSIVOS

Segundo Oliveira e Brito (1998), a erosão é definida como um processo pelos quais os materiais presentes na superfície são degradados, desgastados e transportados pela ação de agentes com a água, vento e o gelo. É um fenômeno natural que ocorre ao longo do tempo geológico, sendo responsável pelo processo de modelação da superfície terrestre. Podendo ocorrer de modo e intensidades diferentes conforme as características de cada paisagem com maior ou menor suscetibilidade erosiva, que é influenciada pelo uso e ocupação do solo.

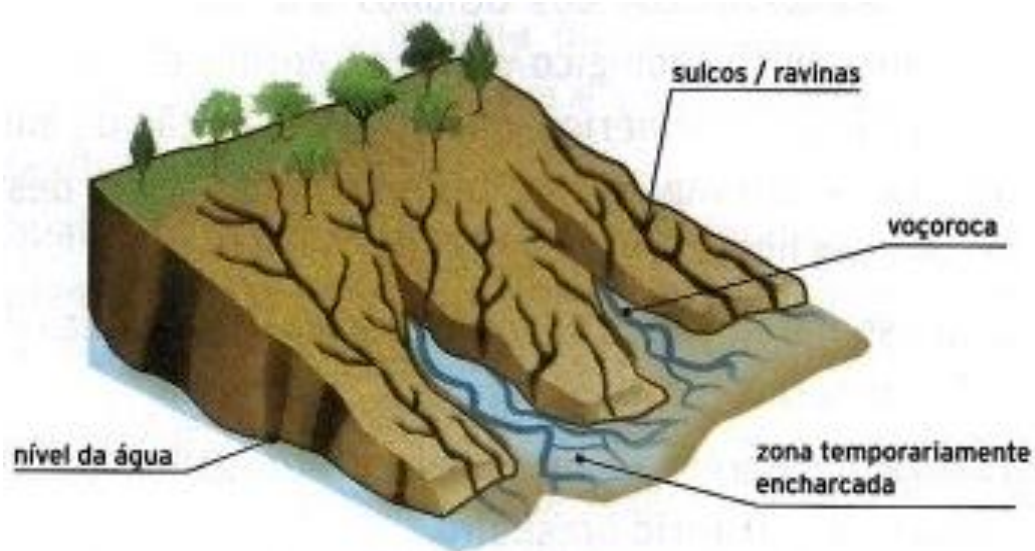
Segundo Guerra e Silva (2009), os processos erosivos vêm ocorrendo de forma excepcional, com processos cada vez mais frequentes e acelerados devido as transformações que o homem vem provocando na superfície terrestre, principalmente as erosões do tipo hídrica. A erosão hídrica é um dos principais processos de degradação do solo, que possui grande poder de devastação, acarretando enormes prejuízos socioeconômicos e ambientais. O Brasil, por apresentar um clima, predominantemente, tropical, com grandes períodos de chuvas vem sofrendo intensamente como problemas de erosões. Tendo em vista que a maior parte das atividades é exercida sobre o solo, seja a agricultura, a pecuária ou obras de engenharia, acabam modificando a estrutura original desse meio deixando suscetível a desenvolver erosões.

De uma forma geral, os processos erosivos são compreendidos em dois grandes grupos: os processos erosivos naturais ou geológicos, que se desenvolvem em equilíbrio com os processos de formação do solo, e a erosão acelerada ou antrópica, cuja intensificação de seus processos é superior à da formação do solo, dificultando a recuperação natural da superfície. Porém, é comum classificá-los quanto à forma como surgiram, e podem ser descritos em três processos de formação: erosão hídrica, erosão eólica e erosão glacial (OLIVEIRA; BRITO, 1998).

Como a constante interferência antrópica, os processos erosivos acelerados vêm sendo mais frequentes, sobretudo, nas regiões de clima tropical destacando-se o processo de formação da erosão do tipo hídrica. Este processo pode se classificado em dois tipos principais: erosão laminar ou superficial e erosão linear (sulcos, ravinas e voçorocas) conforme a figura 2, e como resultado desse fenômeno, pode-se mencionar a perda de recurso natural, como o transporte de sedimentos

através da erosão e a degradação dos recursos hídricos por meio do assoreamento (LEPSCH, 2010).

Figura 2 – Processos Erosivos



Fonte– Teixeira *et al.* (2009)

### 3.4 EROSÕES HÍDRICAS

A erosão hídrica é provocada pela ação da água e está diretamente ligada ao escoamento superficial, que é uma das fases pertencente ao ciclo hidrológico, definido como o conjunto de águas que através da ação da gravidade, movimenta-se na superfície e declividade do terreno. O processo de formação e intensidade em que ocorre a erosão hídrica está relacionado a fatores como as características das chuvas, da cobertura vegetal, da topografia e do uso e ocupação do solo (BRITO, 2012).

Segundo Tucci (2013), quando maior for a agressividade do regime pluviométrico, maior será o potencial erosivo, isto é, a capacidade de provocar ou causar erosão. Principalmente, em regiões de clima tropical e subtropical, que caracterizam pelo alto índice pluviométrico fazendo com que este fenômeno seja mais intenso que nas regiões temperadas.

Conforme a característica do escoamento superficial pode-se desenvolver dois tipos de erosões: erosão laminar, causada pelo escoamento difuso das águas pluviais, provando a remoção progressiva e uniforme da superfície terrestre, e a erosão linear, causada pela concentração do fluxo das águas linearmente, resultando em pequenas incisões na superfície do terreno, podendo em seguida formar sulcos,

ravinas e voçorocas com seu aprofundamento provocado pela água da chuva e os processos de erosões internas (OLIVEIRA; BRITO, 1998).

Segundo Tucci (2013), é possível distinguir os principais fenômenos que compõe a erosão hídrica que ocorre nas seguintes fases: desagregação das partículas de solo; transporte; sedimentação; disposição e consolidação das partículas de solo.

- Desagregação – refere-se ao processo de desprendimento das partículas através do efeito de reações químicas, flutuação de temperatura, ações mecânicas e, principalmente, do efeito dos impactos das gotas de chuva no solo;
- Transporte – está relacionado como o transporte do material erodido pela água, que só ocorre quando o solo atinge seu ponto de saturação máxima ou quando a intensidade da precipitação excede a taxa de infiltração, dando origem ao escoamento superficial (enxurradas);
- Sedimentação – é o processo em que as partículas de solo transportadas, se reestabelecem no fundo dos corpos hídricos pela ação da gravidade;
- Disposição – ocorre quando a carga de sedimentos é maior do que a capacidade de transporte da enxurrada, ou seja, é a parada total da partícula em suspensão;
- Consolidação – é o acúmulo de partículas sedimentadas sobre o fundo e a compactação desse depósito em razão do aumento da densidade das partículas depositadas.

### **3.4.1 Erosão Laminar**

A erosão laminar é um processo de remoção que ocorre uniformemente sobre a camada superficial do solo, através do escoamento das águas pluviais propiciando a formação de sulcos. Este processo erosivo em bastes sutil, geralmente, não deixa traços evidentes, podendo continuar sua ação durante anos e só deixando aparente o desgaste do solo ou o assoreamento de áreas a jusante (CARVALHO *et al.*, 2002).

A figura 3 demonstra o efeito do processo de remoção da camada superficial do solo.

Figura 3 – Erosão Laminar



Fonte – Pes; Giacomini (2017)

Assim, a erosão laminar surge devido ao excesso água que escorre pela superfície quando o solo atinge seu ponto máximo de saturação. Este tipo de erosão está associado ao transporte superficial das partículas arrancadas pelo impacto das gotas de água. E sua capacidade erosiva em relação ao movimento e sua capacidade de transporte é associada a densidade e velocidade de escoamento superficial, que determina o potencial de desagregação e arraste das partículas de solo, dando origem aos sulcos e podendo evoluir para ravinas até o ponto de chegarem a se torna voçorocas (MACIEL FILHO; NUMMER, 2011).

#### **3.4.2 Erosão em Sulcos**

Em definição à erosão em sulcos, são as efetivas transparências da concentração do escoamento superficial nas depressões da superfície durante o tempo, podendo evoluir para a formação de ravinas e chegarem ao ponto de ser torna voçorocas como o aumento da degradação dos solos por meio da erosão hídrica (OLIVEIRA; BRITO, 1998).

A formação dos sulcos ocorre devido a concentração dos filetes de água, que se caracteriza pela formação de irregularidades ou incisões no sentido da declividade do terreno como ilustrado na figura 4. A concentração dos filetes permite a formação dos sulcos, que são canais de pequenas dimensões que podem atingir

uma profundidade de 10 cm e em função da característica de erodibilidade do solo (CARVALHO *et al.*, 2002).

Figura 4 – Erosão em Sulcos



Fonte – Pes; Giacomini (2017)

### 3.4.3 Erosões em Voçorocas

A erosão em voçorocas é um fenômeno geológico caracterizado pela formação de buracos com grandes dimensões (extensão e profundidades), devido a concentração do escoamento superficial em regiões sem proteção da vegetação ou meios de dissipação de energia (obra de artes especiais). A voçoroca pode produzir grande movimentação de massa, formado grandes canais, devido ao aumento do volume e velocidade do escoamento superficial, impactando em severos problemas socioambientais (BRITO, 2012).

Segundo Oliveira (2014), o processo de formação das voçorocas pode acontecer por dois meios: através da evolução de sulcos e ravinas, como o seu alargamento e aumento da profundidade e por meio do desabamento da superfície, em regiões onde há a presença do escoamento subsuperficial, conforme a figura 5.



Figura 5 – Erosão em Voçorocas



Fonte – Vaccari (2018)

### 3.5 EROSÃO URBANA

Com a ocupação do espaço geográfico a urbanização se tornou hoje uma das formas mais agressivas e impactantes na alteração do ambiente natural, trazendo consequências para a população como inundações, deslizamentos de terras e erosões (voçorocas). Principalmente pelo processo de ocupação em locais inapropriados como encostas e áreas de mananciais podendo resultar na degradação da cobertura vegetal, do solo e dos recursos hídricos, que favorece e intensifica o surgimento de processos erosivos acelerados devido o lançamento e canalização das águas pluviais e a impermeabilização do solo (TUCCI, 2002).

Segundo Oliveira e Brito (1998), uma parte dos municípios brasileiros vem apresentando problemas com a degradação das áreas urbanas, por processos de erosões, ravinas e voçorocas. A principal causa desta degradação é a ocupação desordenada, assim como a exploração de recursos naturais, a impermeabilização da superfície que provoca alteração no escoamento superficial dando origem ao processo de erosões aceleradas pela falta de sistema de drenagens adequados.

As erosões urbanas podem ser controladas através do planejamento e programação das atividades em períodos não chuvosos, visto que as obras civis permitem que solo fique exposto e suscetível a erosão. Deste modo, diminuir o tempo



de início e fim das atividades, minimiza o tempo de exposição do solo (CRAUL, 1999 *apud* BRITO, 2012).

### 3.6 PRÁTICAS DE CONTROLE E RECUPERAÇÃO

As práticas conservacionistas são operações realizadas com finalidade de se conservar o solo e com objetivo principal a recuperação e restauração das áreas que foram degradadas por meio dos processos erosivos (TAVARES *et al.*, 2008).

Deste modo, para a tomada de medidas é necessário conhecer os aspetos ambientais e a forma em que se desenvolvem os processos erosivos. Para adequar da melhor forma possível o planejamento e a aplicação de medidas mitigadoras, que são influenciadas pela dinâmica do funcionamento hídrico, do uso e ocupação do solo, das propriedades dos materiais e principalmente das condições climáticas (CARVALHO *et al.*, 2002).

Para isto existem técnicas que auxiliam no processo de intervenção como: as técnicas de intervenções físicas, que modifica a morfologia do terreno para reduzir transporte das partículas; as técnicas vegetativas, que é a recuperação ou colocação da cobertura vegetal como intuito de reduzir o impacto das precipitações e para facilitar o processo de infiltração; as técnicas de retenção, onde é realizada a construção de açudes para diminuir a velocidade do escoamento da água para reter as cargas sólidas transportadas (GUERRA; JORGE, 2013).

Assim, a aplicação das medidas mitigadoras tem por objetivo o controle ou redução da agressividade do agente erosivo bem como controlar a capacidade de transporte das partículas de solo pelas enxurradas, através do desvio ou condução da água para regiões mais permeáveis, diminuindo a declividade do terreno por meio do retaludamento ou colocação de obstáculos para a dissipação da energia cinética do escoamento superficial (TAVARES *et al.*, 2008).

### 3.7 GEOPROCESSAMENTO UTILIZADO EM PROCESSOS EROSIVOS

O geoprocessamento é uma ferramenta que pode ser definido como um conjunto de tecnologias destinadas a coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais ou como ramo do processamento de dados que opera na transformação de dados referenciados por meio de recursos analíticos, gráficos e lógico (ROSA, 2013).

De forma geral, o geoprocessamento é um procedimento integrado ao Sistema de Informações Geográficas (SIG), composto por uma série de técnicas e metodologias que implicam na aquisição, arquivamento, processamento e representação de dados georreferenciados. Podendo ser combinado numa única base de dados, as informações espaciais como dados cartográficos, cadastros urbanos e rurais e imagem de satélites (CÂMARA, 1993).

Esta é uma ferramenta que evidenciou a possibilidade de coletar informações do espaço-tempo dos recursos naturais. No Brasil o geoprocessamento vem sendo bastante utilizado para monitoramento de áreas degradadas, estimativas de perda de solo, avaliação de riscos e impactos ambientais (SILVA; 2013).

Exemplo dessa aplicação é a pesquisa desenvolvida por Gregório, Alves e Silva (2014) que realizaram um monitoramento de controle de erosão em áreas de instabilidade de encostas da barragem Barra de Guabiraba – PE, e que por meio do *Software ArcGis* foi gerado mapas digitais de elevação para identificar os pontos em que os processos erosivos estão instalados e adequar o processo de intervenção da erosão.

Assim com a integração do Sistema de Informações Geográficas e bases topográficas digitais, tem facilitado e incentivado o desenvolvimento de métodos automáticos de extração de variáveis topográficas que auxiliam na tomada de medidas de intervenção dos problemas de degradação do solo (SILVA, 2013).

Como o *Software ArcGis*, existe um gama de programas que podem ser utilizadas nessa área de estudo como o Qgis e o SPRING que permitem o processamento de imagens digitais e geração de mapas para analisar a ocorrência de determinados fenômenos ao longo do tempo, através da análise e interpretação de imagens de satélite (SILVA, 2009).

A utilização e interação do SIG como as ferramentas de geoprocessamento se tornam um instrumento, extremamente, eficiente para as diversas áreas de conhecimento, justamente por integrar uma única base de informação e permitir realizar análises complexas. Assim como a possibilidade de combinar dados de diferentes fontes para a geração de novas informações, relatórios e documentos gráficos de diversos tipos (ROSA, 2013).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

A microbacia está localizada no município de Palmas – TO no setor Plano Diretor Sul Av. NS 10 é apresenta aproximadamente dois terços de sua área inserida em área urbana e um terço em área rural, determinando dessa forma os diferentes tipos de uso da água em função do uso e ocupação do solo.

Figura 6 – Área de estudo



Fonte – CNES/Airbus WGS 84, Zona 22. Earth Pro (2019)

### 4.2 MÉTODO DE ANÁLISE

Como o intuito de analisar o comportamento temporal da voçoroca que está localizada no município de Palmas – TO, esta pesquisa será desenvolvida em duas etapas: a primeira consiste em pesquisa de campo para realizar um reconhecimento da área em questão e delimitação da área de influência; a segunda etapa será realizada uma análise/interpretação e classificação da imagens de satélites pertinente a área de estudo como o auxílio do *Software Google Earth Pro* e o *Qgis*.

Para o reconhecimento da área de estudo, será verificado as ocupações existentes na vizinhança afim de delimitar as áreas de influências em que serão observados impactos diretos no processo de formação da voçoroca. Depois com o auxílio da estação total *TOPCON CYGNUS 2LS* será realizado um levantamento

planimétrico da voçoroca (delimitação da área), para constituir uma base de referência para a análise temporal.

Em seguida será a classificação das imagens de satélite por meio do *Software Google Earth Pro*, onde serão classificadas conforme critérios estabelecidos para manter o mesmo padrão e escala em todas as imagens. A série temporal será determinada a partir da identificação do início do processo de formação da erosão até o ano de 2020, como isso a escolha das imagens de satélites terá um intervalo de 1 ano a partir do mês de março que é o período em que se encerra o período de chuvas na região.

A análise da série temporal ocorrerá da seguinte maneira, será verificado o avanço da erosão (área abrangida) ano a ano depois de identificado o início do processo erosivo até o ano de 2020. O processo de delimitação da área descrito acima servirá como base para comparar o avanço que ocorreu a cada ano desde a formação do processo erosivo.

#### 4.3 MATERIAIS PARA A VISITA A CAMPO

Para a realização da visita a campo será utilizada a estação total *TOPCON CYGNUS 2LS* conforme a figura 6, para determinar as distâncias de todas as extremidades da voçoroca em relação a um ponto de referência para se obter a área da erosão ( $m^2$ ).

Figura 7 – Estação Total



Fonte – GINPRO (2018)

A estação total é composta por maleta de transporte, tripé de alumínio, bengala de 2,50 m, prisma basculante, bateria recarregável, carregador e o cabo de transferência de dados.

**Estação total TOPCON CYGNUS 2LS:**

- Precisão angular de 2 s;
- Resolução na tela de 1 s;
- 24.000 pts de memória;
- Alcance até 2.300 m;
- Teclado alfanumérico.

O levantamento será feito no método dos poligonais fechados onde se inicia com um ponto de partida e percorre todo o contorno da voçoroca até o fechamento da poligonal. Este método dos poligonais fechados será utilizado, porque fornece os elementos necessários à comprovação dos cálculos e à verificação dos erros admissíveis.

#### 4.4 SELEÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE

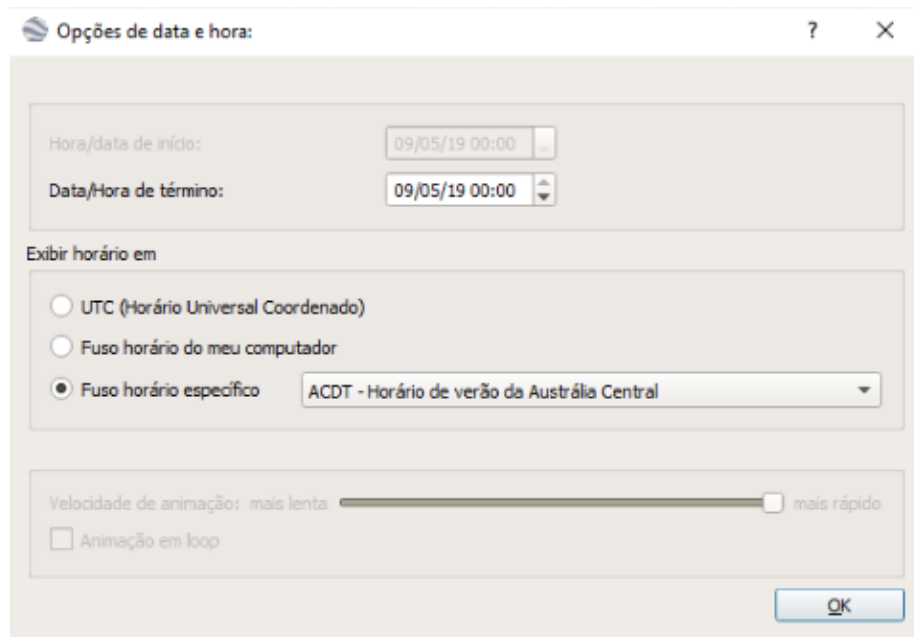
Nesta segunda etapa, consiste na classificação das imagens de satélite que serão obtidas por meio *Software Google Earth Pro*. Serão estabelecidos critérios para classificar as imagens da série temporal, com o objetivo de obter imagens com o mesmo padrão visual e escala para possibilitar a melhor interpretação e obtenção dos dados sem que haja variação.

**Critérios de classificação:**

- Altura de visão;
- Nível de Detalhamento;
- Nitidez;
- Período de Análise;

A figura 7 demonstra a ferramenta que irá auxiliar na classificação das imagens conforme o período de análise e horário.

Figura 8 – Google Earth Pro



Fonte – Google Earth Pro (2019)

Para a altura de visão, será estabelecida uma altura do ponto de visão para adequar a nitidez e o nível de detalhamento que se deseja alcançar para a interpretação das imagens como as feições da voçoroca, áreas permeáveis e as áreas ocupadas. Vale lembrar que as imagens da série temporal serão selecionadas até o ano de 2020 com intervalo de um ano com foco no mês de março fim do período das chuvas.

Através do *Software Google Earth Pro*, serão analisado o avanço da voçoroca com o auxílio das ferramentas (linha do tempo) para classificar a imagens conforme os intervalos da série temporal, onde sua área será delimita por meio das ferramentas (adicionar polígono) onde irá ser identificado o avanço da voçoroca como passar do tempo como a delimitação de seu perímetro.

## 5. CRONOGRAMA

Quadro 1 – Cronograma

Atividade	2019/2				2020/1				
	1º mês	2º mês	3º mês	4º mês	1º mês	2º mês	3º mês	4º mês	5º mês
Concepção do Projeto	X								
Revisão da Literatura		X	X	X	X	X	X	X	
Metodologia			X	X					
Devesa do Projeto				X					
Visita técnica na área em estudo					X				
Obtenção das imagens de satélite					X				
Levantamento e análise dos dados						X	X		
Discussão dos Resultados							X	X	
Conclusão								X	
Redação Final									X

Fonte – Próprio Autor (2019).

## **6. RESULTADOS ESPERADOS**

Espera-se por meio da análise de imagens de satélites temporal e análise de campo no ano de 2020, demonstrar a influência que o uso e ocupação do solo exercem sobre o processo erosivo, em especial, no Córrego Brejo Cumprido, localizado em Palmas capital do estado do Tocantins e que está em uma das vias de movimento contínuo. Este trabalho visa alertar tanto para o aumento da erosão quanto indicar os principais problemas para a população e ao governo municipal.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5. ed. Ícone: São Paulo, 2005. 355p.

BRITO, A. O. (2012). **Estudos da erosão no ambiente urbano, visando planejamento e controle ambiental no Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal. Publicação PPG EFL. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 77. Disponível em: <http://core.ac.uk/download/pdf/33542647.pdf>. Acesso em: 22 out. 2019.

CÂMARA, G. **Anatomia de sistemas de informações geográficas: visão atual e perspectivas de evolução**. In: ASSAD, E., SANO, E., ed. Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 1993.

CARVALHO, Daniel F. et al. Perdas de solo e água em um Argissolo Vermelho Amarelo, submetido a diferentes intensidades de chuva simulada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2002. Disponível: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v6n3/v6n3a01.pdf>. Acesso em: 08 out. 2019.

COLLISCHONN, Walter; DORNELLES, Fernando. **Hidrologia para Engenharia de ciências ambientais**. Porto Alegre: Editora Abrh, 2013. 350 p.

GINPRO, S.A. de C.V.. **Ficha Técnica Topcon 2LS-Tools Cygnus**. Monterrey, México, 2018. 2 p. Disponível: [https://www.grupoginpro.com/ficha\\_tecnica\\_topcon\\_2LSToolsCygnus\\_CygnusP.html#](https://www.grupoginpro.com/ficha_tecnica_topcon_2LSToolsCygnus_CygnusP.html#). Acesso em: 10 nov. 2019.

GOOGLE. **Google Earth Pro**. Version 7.3.2. 2019. Disponível em: <<https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

GUERRA, Antonio José Teixeira; JORGE, Maria do Carmo Oliveira (Org.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 192 p. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/279545400\\_Processos\\_Erosivos\\_e\\_Recuperao\\_de\\_Areas\\_Degradadas](https://www.researchgate.net/publication/279545400_Processos_Erosivos_e_Recuperao_de_Areas_Degradadas). Acesso em: 26 out. 2019.

GUERRA, Antonio Teixeira; DA SILVA, Antonio Soares; BOTELHO, Rosangela Garrido Machado. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Bertrand Brasil, 2009.

GREGÓRIO, Maria das Neves; ALVES, Flávio Porfírio; SILVA, Dyego Lins da. **USO DO GEOPROCESSAMENTO NO MONITORAMENTO DE CONTROLE DE EROÇÃO EM ÁREA DE INSTABILIDADE DE ENCOSTAS: BARRAGEM BARRA DE GUABIRABA- PE**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 5., 2014, Recife. **Anais....** Recife: ITEP/OS, 2014. p. 1 - 7.

LEPSCH, Igor F.. **Formação e Conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p.

MACIEL FILHO, Carlos Leite; NUMMER, André Valli. **Introdução À Geologia De Engenharia**. 4. ed. Santa Maria: Ed. da ufsm, 2011. 392 p.

OLIVEIRA, Antonio Manoel dos Santos; BRITO, Sérgio Nertan Alves (Ed.). **Geologia De Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. 587 p.

OLIVEIRA, Carlos Magno Moreira de. **Monitoramento De Voçorocas No Município De Vassouras, Rj, Utilizando-Se A Tecnologia Do Laser Scanner**. 2014. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Instituto de Florestas, Seropédica, 2014. Disponível em: <http://repositorio.im.ufrj.br:8080/jspui/handle/1235813/2825>. Acesso em: 19 out. 2019.

PES, Luciano Zucuni; GIACOMINI, Diego Antonio. **Conservação dos Solos**. Santa Maria: Rede E-tec Brasil, 2017. 69 p.

QUEIROZ, Rudney C.. **Geologia e Geotecnia Básica para Engenharia Civil**. São Carlos: RiMa, 2009. 406 p

ROSA, Roberto. **Introdução ao Geoprocessamento**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2013. Disponível em: [http://professor.ufabc.edu.br/~flavia.feitosa/cursos/geo2016/AULA5ELEMENTOSMA PA/Apostila\\_Geop\\_rrosa.pdf](http://professor.ufabc.edu.br/~flavia.feitosa/cursos/geo2016/AULA5ELEMENTOSMA PA/Apostila_Geop_rrosa.pdf). Acesso em: 02 nov. 2019.

SILVA, Bernardo Barbosa da (Org.). **Aplicações Ambientais Brasileiras como Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**. Campina Grande - PB: EDUFCG, 2013. 217 p.

SILVA, Marcela Alcassa e. **A IMPORTÂNCIA DO GEOPROCESSAMENTO NA AUDITORIA E PERÍCIA AMBIENTAL**. 2009. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/a-importancia-do-geoprocessamento-na-auditoria-e-pericia-ambiental/15901>. Acesso em: 02 nov. 2019.

TAVARES, Sílvio Roberto de Lucena et al. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228 p.

TEIXEIRA, Wilson et al (Org.). **Decifrando A Terra**. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. 623 p.

TUCCI, C.E.M. (2002) **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V.7 n.1. Jan/Mar. 5-27.

TUCCI, Carlos E. M. (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da Ufrgs/abr, 2013. 944 p.

VACCARI, Glacea. **Erosões Estão Aumentando E Período De Chuvas Pode Piorar Situação**. Campo Grande, 30 ago. 2018. Disponível em: <https://www.correiodoestado.com.br/cidades/governo-decreta-emergencia-em-municipio-devido-a-vocorocas/335414/>. Acesso em: 25 out. 2019.