

JUAREZ BORGES VIEIRA FILHO

**ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE EROSIVA NAS ÁREAS DE
EXPANSÃO URBANA DA BACIA DO TAQUARUÇU, UTILIZANDO
FERAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO**

**Palmas
2016**

JUAREZ BORGES VIEIRA FILHO

**ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE EROSIVA NAS ÁREAS DE
EXPANSÃO URBANA DA BACIA DO TAQUARUÇU, UTILIZANDO
FERAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO**

Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Civil, orientado pela Professora M.Sc. Roberta Mara de Oliveira.

**Palmas
2016**



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

JUAREZ BORGES VIEIRA FILHO

**ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE EROSIVA NAS ÁREAS DE
EXPANSÃO URBANA DA BACIA DO TAQUARUÇU, UTILIZANDO
FERAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO**

Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina TCC II do Curso de Engenharia Civil, orientado pela Professora M.Sc. Roberta Mara de Oliveira.

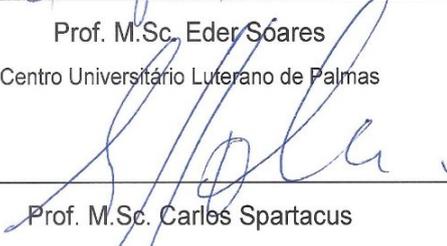
BANCA EXAMINADORA



Prof. M.Sc. Roberta Mara de Oliveira.
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. M.Sc. Eder Soares
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. M.Sc. Carlos Spartacus
Centro Universitário Luterano de Palmas

**Palmas
2016**

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a DEUS por ser o pivô das minhas conquistas. Aos meus heróis Juarez Borges Vieira e Analice Barbosa Vieira, por acreditar e terem interesse nas minhas escolhas, apoiando-me e esforçando-se junto a mim, para que eu suprisse todas elas.

A minha orientadora Roberta Mara de Oliveira pela dedicação em suas orientações prestadas na construção deste trabalho, me incentivando e colaborando no desenvolvimento de minhas idéias.

Ao professor Eder Soares pela sua contribuição ao sugerir medidas que enriqueceram este trabalho.

A fisioterapeuta Jussara Sousa Aguiar, pela disponibilidade e sugestão quanto formatação deste trabalho.

Aos meus tios Nery Barbosa de Sousa e Domingos Barbosa de Sousa, por terem me conferido abrigo no decurso dos anos, a eles, minha eterna gratidão.

A minha mana Nathally Neponuceno, pela sua alegria quando esqueci a data do seu aniversário.

Aos meus professores que em toda essa trajetória empenharam-se pela minha formação acadêmica e profissional.

RESUMO

Ao longo do desenvolvimento urbano, o acréscimo dos sedimentos pela erosão gerado pela bacia hidrográfica é significativo, tendo em vista o aumento de energia da água com condutos, superfícies impermeáveis, além das construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias, entre outras causas. Com a ocupação de áreas de riscos, desmatamento e inadequado uso do solo esse processo intensifica-se resultando na exposição de grande quantidade de lixo à erosão e posteriores problemas de assoreamento. Neste aspecto, o presente trabalho propõe-se a análise da suscetibilidade aos fenômenos erosivos nas áreas de expansão urbana da bacia do Taquaruçu localizada no centro sul de Palmas estado do Tocantins, utilizando técnicas de geoprocessamento. As mesmas permitiram inferir que 0,51% da área da bacia de estudo apresentam baixo potencial erosivo, 70,39% médio enquanto 29,11% alto, em detrimento das propriedades físicas e condicionantes natural da área de pesquisa.

Palavras-chave: Suscetibilidade Erosiva. Mapeamento geotécnico. Geoprocessamento. QGIS. Uso do Solo do município de Palmas-TO. Técnicas de Processamento Digital de Imagens.

ABSTRACT

Along the urban development, the increase of the sediments by the erosion generated by the hydrographic basin is significant, considering the increase of energy of the water with conduits, impermeable surfaces, besides the constructions, cleaning of lands for new allotments, construction of streets, avenues And highways, among other causes. With the occupation of areas of risk, deforestation and inadequate use of the soil this process intensifies resulting in the exposure of large amount of litter to erosion and subsequent silting problems. In this aspect, the present work proposes the analysis of the susceptibility to the erosive phenomena in the areas of urban expansion of the Taquaruçu basin located in the south center of Palmas state of Tocantins, using geoprocessing techniques. They allowed us to infer that 0.51% of the area of the basin has low erosive potential, 70.39% average while 29.11% high, to the detriment of the physical properties and conditioning factors of the research area.

Key-words: Erosive Susceptibility. Geotechnical mapping. Georprocessamento. QGIS. Land Use in the city of Palmas-TO. Digital Processing Techniques Images.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Efeito do impacto das gotas de água no solo e feições erosivas derivadas (pedestais).....	16
Figura 2 - Imagem Labelizada.....	31
Figura 3 - Diagrama da evolução histórica do estudo de <i>landforms</i>	40
Figura 4 - Tipos e disposições de solos transportados.	46
Figura 5 – Plintossolo Pétrico.....	49
Figura 6 – Fluxograma das etapas empregadas neste trabalho.	51
Figura 7 – Localização da bacia de estudo em Palmas – TO	52
Figura 8 – União dos planos de informações	54
Figura 9 – Mapa de declividade da Bacia do Taquaruçu	55
Figura 10 – Mapa pedológico da Bacia do Taquaruçu	57
Figura 11 – Mapa geológico da Bacia do Taquaruçu	59
Figura 12 – Mapa de uso e cobertura do solo da Bacia do Taquaruçu	62
Figura 13 – Carta imagem da Bacia do Taquaruçu	64
Figura 14 – Mapa de erodibilidade da Bacia do Taquaruçu	70
Figura 15 – Carta de potencial erosivo da Bacia do Taquaruçu	71
Figura 16 – Mapa de risco da Bacia do Taquaruçu	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Conceitos de mapa, planta e carta geotécnica	35
Tabela 2 - Nível hierárquico, tipo de documento cartográfico e recomendações básicas	36
Tabela 3 - Classes de declividade adotadas para a área da Bacia do Córrego Tuncum, em São Pedro - SP	37
Tabela 4 - Classes de declividade adotadas para a área da Bacia do Taquaruçu	55
Tabela 5 - Classes de erodibilidade e respectivos tipos de solos existentes na Bacia do Taquaruçu	69
Tabela 6 – Representação das classes de erodibilidade em quilômetro quadrado e em porcentagem	70
Tabela 7 - Classes de risco e suas respectivas áreas na Bacia do Taquaruçu	74

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Objetivos	12
1.1.1 Objetivo Geral	12
1.1.2 Objetivos Específicos	12
1.2. Justificativa	13
1.3. Problema	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1. Erosão	14
2.1.1. Erosão Hídrica	15
2.1.2. Erosão Laminar, em Sulcos, em Ravinas e Voçorocas	16
2.1.3. Erosão no meio urbano	16
2.2. Áreas de risco	19
2.2.1. Risco	19
2.2.2. Mapeamento de Risco	19
2.3. Expansão e planejamento da área urbana	20
2.3.1. Lei de Parcelamento do Solo do município de Palmas	25
2.4. Técnicas de geoprocessamento na análise da expansão urbana	26
2.5. Técnicas de Processamento Digital de Imagens	28
2.5.1. Aquisição de imagens	28
2.5.2. Pré - processamento	28
2.5.3. Segmentação	29
2.5.4. Pós - processamento	29
2.5.5. Extração de atributos	30
2.5.6. Classificação e Reconhecimento	31
2.6. Mapeamento geotécnico	33
2.6.1. Tipos de Levantamento	36
2.6.1.1 Carta de suscetibilidade à erosão	36
2.6.1.2 Carta de Declividade	36
2.6.1.3 Mapa de landforms	38
2.6.1.3.1 Avaliação do Terreno	40
2.6.1.3.2 Níveis Hierárquicos	41
2.6.1.3.3 Emprego da Técnica	41

2.6.1.3	<i>Mapa do Substrato Rochoso e Material Inconsolidado</i>	42
2.6.1.4.1	Intemperismo	43
2.6.1.4.1.1	<i>Intemperismo Físico</i>	44
2.6.1.4.1.2	<i>Intemperismo Químico</i>	44
2.6.1.4.1.3	<i>Solos Residuais</i>	45
2.6.1.4.1.4	<i>Solos Sedimentares (Transportados)</i>	45
2.6.1.4.2	Erodibilidade	47
2.7.	Caracterização pedológica e geológica da área de estudo	48
2.7.1.	Pedologia	48
2.7.1.1	<i>Latossolo Vermelho - Amarelo</i>	48
2.7.1.2	<i>Plintossolos Pétricos</i>	48
2.7.2.	Geologia	50
2.7.2.1	Bacias sedimentares	50
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	51
3.1.	Área de estudo.....	52
3.1.1.	Localização	52
3.2.	Obtenção, coleta e tratamento de dados.....	53
3.2.1.	Carta geotécnica.....	53
3.2.2.	Carta de Potencial erosivo da Bacia	53
3.2.3.	Pedologia da área.....	56
3.2.4.	Geologia da área.....	58
3.2.5.	Geomorfologia da área.....	60
3.2.6.	Uso do solo	61
3.2.7.	Análise de ocupação e antropização	63
3.2.8.	Análise geoespacial dos níveis de informação	66
3.2.9.	Mapa de risco.....	66
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
4.1.	Mapa de erodibilidade.....	68
4.1.	Carta de potencial erosivo.....	71
4.1.	Mapa de risco.....	72
5.	CONCLUSÃO	75
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

1. INTRODUÇÃO

O processo de crescimento urbano no Brasil ocorre de forma acelerada e desordenadamente. O surgimento de metrópoles atraindo ofertas de trabalho impulsionou o mercado imobiliário e a construção civil de forma muito acentuada nas últimas décadas (SOUZA, A., 2015).

Segundo Galvão (2011), a força do vocábulo expansão urbana, pode propor de forma imediata para muitos, a idéia de desenvolvimento, crescimento físico-espacial e econômico de cidades, bem como a falsa simbologia de prosperidade que caminha junto com o desenvolvimento, como as grandes vias de circulação, shoppings centers, grandes centros de consumo e lazer, além de enorme áreas de produção, sejam elas industriais, de comércio ou de serviços. Toda via, o estudo da expansão urbana remete-nos aos impactos gerados sobre o meio ambiente – intimamente relacionado com a forma como essa expansão urbana ocorre. Dentre outros, na maioria das cidades brasileiras, tal processo dar-se por meio da fragmentação do solo na forma de loteamentos. Aliados a falta de instrumentos de natureza preventiva, os mesmos convergem para áreas de importância ambiental e de riscos geológicos, interferindo nos recursos estratégicos, alterando a paisagem e acelerando processos erosivos, tendo em vista a ausência de uma eficiente obra de drenagem e controle de erosão.

Problemas como erosão e assoreamento intensos, recalques e rupturas de solo, degradação e perecimento dos recursos hídricos e contaminação por disposição de resíduos, atualmente comuns na maioria das cidades brasileiras, são modelos típicos de situações que podem ser conjuradas ou contornadas quando se possui trabalhos de cartografia geotécnica que possam contribuir com o planejamento das atividades dentro do município e conseqüentemente na orientação de sua execução (SANTOS, 2000).

De acordo com Miranda (2005), em áreas suscetíveis a erosão deve ser feitos estudos de caráter preventivos através da elaboração da Carta Geotécnica, sintetizando as propriedades dos terrenos, em detrimento dos problemas e fenômenos, revelando a sua aptidão para diferentes tipos de uso e ocupação. Tais estudos têm como objetivo as investigações das propriedades geotécnicas dos terrenos da área planejada visando o zoneamento que definirá as distintas aptidões

para a ocupação urbana. Nas décadas de 60 e 70, em razão do crescimento veloz dos níveis de degradação e os impactos ambientais provocados pelo uso e ocupação do solo pela atividade antrópica e à ocorrência de registros de acidentes ambientais com perdas de vidas humanas e prejuízos materiais, frente à ocupação inadequada do meio físico, surgiu a necessidade de estudos e desenvolvimento de técnicas de investigação do solo para o planejamento urbano e rural com menores danos ao meio ambiente.

Segundo Tricart (1977) citado por Nucci (2010), ao se referir a susceptibilidade do solo a certos usos coloca que a organização ou reorganização do território exige um diagnóstico preliminar, ou seja, preliminarmente ao estudo do zoneamento, torna-se necessário conhecer as aptidões dos terrenos para construção, principalmente as limitações por eles impostas.

Contudo, o conhecimento da bacia hidrográfica torna-se fundamental quando se quer avaliar os processos erosivos. A elucidação das características da área, como relevo, declividade, uso do solo entre outros fatores, manifestam aspectos de grande importância ao entendimento dos processos erosivos. Por este motivo, a necessidade de gerar informações sobre a situação de uma área torna-se de fundamental relevância para diagnosticar áreas com maior risco ambiental (RIZZARDI et al., 2013).

Partindo deste ponto de vista, o trabalho em eminência concentra – se no estudo da suscetibilidade erosiva decorrente da expansão dos loteamentos na bacia Taquaruçu. Tal bacia, principal manancial responsável pelo abastecimento de Palmas nasce dentro da APA(Área de Proteção Ambiental) serra do lajeado e possui uma área de 450,48 km² alongando – se por 32,5 km no sentido leste-oeste, tendo seu percurso natural dentro de chácaras e fazendas. Seus principais contribuintes pela margem esquerda são o Ribeirão Tauquaruçuzinho, Córrego Machado e o Córrego Buritizal, e pela margem direita são o Córrego Macacão e Córrego Tiúba (PALMAS, 2014).

1.1. Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como propósito avaliar a suscetibilidade erosiva frente a expansão dos loteamentos na bacia do Taquaruçu, utilizando as ferramentas de geoprocessamento.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a área de expansão urbana na bacia Taquaruçu pelo processo de ocupação;
- Relacionar os loteamentos em áreas suscetíveis aos processos erosivos;
- Cruzar os dados de erodibilidade do solo e o fator de declividade da bacia utilizando análise espacial de dados existentes;
- Realizar o mapeamento de risco da bacia.

1.2. Justificativa

O tema proposto emerge do crescente problema da expansão urbana, sem o devido planejamento, que sem um controle de obras de drenagem, podem ameaçar o potencial hídrico da bacia estudada uma vez que pode ocorrer o assoreamento da mesma e da afirmativa que a “bacia do Taquaruçu é uma das que sofre maior pressão de atividades humanas na atualidade, haja vista que encerra os núcleos urbanos de Palmas, Taquaralto, Aurenys, Taquaruçu do Porto e aeroporto de Palmas” (SANTOS, 2000).

Partindo-se do conhecimento do estado das feições erosivas, de seu impacto ambiental e do prognóstico de sua evolução, baseando-se na definição da suscetibilidade que os terrenos apresentam aos processos erosivos, é possível implementar medidas preventivas e corretivas, bem como orientar a expansão urbana, evitando maiores problemas econômicos e sociais (SILVA, A., 2003).

Os processos erosivos fazem parte da evolução natural do meio físico e da alteração do relevo. Nada obstante se tornam um sério agravante ambiental e econômico quando a atividade antrópica faz com estes suceda mais aceleradamente do que sob situações naturais. Uma vez notado a eventualidade de processos erosivos na área de pesquisa, temos como resultante o assoreamento dos rios que ocupam a bacia do Taquaruçu e perda da capacidade de armazenamento d'água dos reservatórios que abastecem a cidade de Palmas. Dessa forma, o trabalho que será desenvolvido na presente pesquisa, tem como objetivo principal, avaliar se os novos loteamentos na bacia do taquaruçu estão em locais geotecnicamente desfavorável, o que poderá ser um potencial indicador de assoreamento dos rios da referida bacia.

1.3. Problema

A expansão urbana na bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu pode aumentar a probabilidade de assoreamentos nos rios e conseqüentemente diminuir a vazão do rio?

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Erosão

O termo erosão, de modo geral, significa desgaste. Há, todavia, um tipo de erosão que é útil; trata-se da ação dos agentes externos, como sol (calor), água, animais, vegetais, etc. que agindo sobre a rocha, provocam a formação do solo. Essa erosão que favorece a criação do solo é chamada de geológica ou natural. A ação do homem está sobre o solo formado (CORRÊA, 1959).

O termo erosão provém do latim (erodere) e significa “corroer”. Nos estudos ligados à ciência da terra, o termo é aplicado aos processos de desgaste da superfície terrestre (solo ou rocha) pela ação da água, do vento, de queimadas, do gelo e de organismos vivos (plantas e animais), além da ação do homem (CAMAPUM DE CARVALHO et al., 2006).

“A erosão não é somente um fenômeno físico, mas também um problema social e econômico e resulta fundamentalmente de uma inadequada relação entre o solo e o homem” (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999).

Segundo Salomão & Iwasa (1995), duas formas de abordagem são destacadas com vista aos processos erosivos:

Natural ou geológica: processo lento, que se desenvolve em condições de equilíbrio com a formação do solo.

Acelerada ou antrópica: processo rápido, cuja intensidade, superior à formação do solo, não permite sua recuperação naturalmente.

A erosão pode ser hídrica (pluvial, fluvial, de subsuperfície e marinha), eólica e glacial. Ousa se aqui dizer que a erosão hídrica, talvez, não seja o tipo de erosão mais comum, mas, com certeza, é um dos mais (senão o mais) impactante. É de se presumir que a erosão eólica seja a expressão mais generalizada do fenômeno erosivo, pois a atuação dos ventos é contínua e se dá ao longo de todo o ano, nas diferentes regiões do globo terrestre, variando apenas em intensidade. A poeira notada no dia a dia, apesar de constituir uma erosão perceptível e, portanto, comum, quase sempre não é impactante (JESUS, 2014).

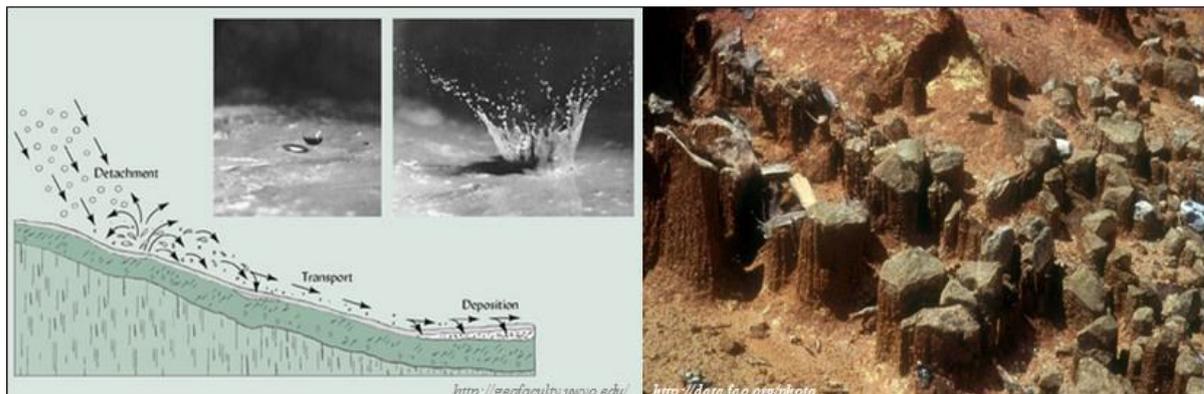
2.1.1. Erosão Hídrica

A erosão hídrica pode ser definida como o transporte, por arrastamento, de partículas do solo pela ação das águas. Existem muitas formas de erosão causadas pela água. Uma delas é a erosão pelas ondas, os efeitos das ondas se manifestam nas regiões litorâneas, lagoas, bacias e nas margens dos rios. As ondas avançam sobre a terra, desagregando-a e suspendendo grande quantidade de material e ao retornarem carregam o material em suspensão, que será depositado, seletivamente, no fundo dos mares, represas, nos deltas e nos meandros dos rios (RIO GRANDE DO SUL, 1985).

A erosão hídrica inicia-se com a incidência das precipitações, onde parte do volume de água que cai é retido pela vegetação e o restante atinge a superfície do solo. Ao atingir o solo, as gotas transferem parte de sua energia para ele, causando o salpicamento (splash) de partículas e também o selamento de sua superfície, e com isso, reduz a capacidade de infiltração da água aumentando o escoamento superficial. Quando a taxa de infiltração é ultrapassada, ocorre o empoçamento da água e depois de esgotada a capacidade de retenção superficial, a água começa a escoar, transportando as partículas desagregadas e depositando-as em outros locais. Dessa forma, durante o processo de erosão hídrica, tem-se as perdas decorrentes do salpicamento das partículas que estão estritamente relacionadas com energia de impacto de gota no solo e por sua vez com o diâmetro dessa gota e quedas decorrentes do escoamento superficial, conhecidas como perda por lavagem (MOLINERO JUNIOR, 2012).

De acordo com Pruski et al. (2001), o principal processo associado à erosão hídrica é o escoamento superficial, pois apesar do splash (impacto das gotas de chuva) desempenhar um papel importante na desagregação das partículas do solo, é o escoamento superficial que está diretamente ligado ao transporte das partículas de solo liberadas.

Figura 1 - Efeito do impacto das gotas de água no solo e feições erosivas derivadas (pedestais)



Fonte: FERNANDES, 2014.

Dependendo da forma como se processa o escoamento superficial, pode - se desenvolver dois tipos de erosão: laminar e a erosão linear (MAGRI, 2013).

2.1.2. Erosão Laminar, em Sulcos, em Ravinas e Voçorocas

A erosão laminar caracteriza-se pelo transporte de partículas do solo pelas águas superficiais, sob a forma de uma película praticamente uniforme na superfície do terreno, geralmente associada a pequenos fluxos concentrados em canais preferenciais de escoamento de até 10 cm de profundidade. A erosão em sulcos constitui-se no transporte acelerado de partículas do solo pelas águas superficiais, sob a forma de fluxo concentrado em canais preferenciais de escoamento com profundidade que variam de 10 cm a 1 m. Podendo nesse intervalo de profundidade atingir uma camada mais resistente (ex.: rocha) ou lençol freático (SANTOS, 2000).

A erosão em ravinas caracteriza-se pelo intenso transporte de partículas do solo pelas águas superficiais, sob a forma de um fluxo concentrado em canais preferenciais de escoamento no terreno, com profundidades que variam de 1 m até a profundidade de uma camada mais resistente (ex.: rocha) ou lençol freático. As voçorocas configuram-se no intenso e contínuo transporte de partículas do solo pelas águas superficiais e subsuperficiais em uma ravina que atingiu a profundidade do lençol (Op. Cit., 2000).

2.1.3. Erosão no meio urbano

Ao longo do desenvolvimento urbano, o acréscimo dos sedimentos pela erosão gerado pela bacia hidrográfica é significativo, por obra do aumento de energia da água com condutos, superfícies impermeáveis, além das construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias, entre outras causas. Quando o sistema reduz a velocidade, ocorre a sedimentação a jusante do sistema de drenagem.

A maioria das erosões que se desenvolvem nas áreas urbanas é causada pelo lançamento de águas de chuva e esgoto, diretamente ou pelo arruamento. Dependendo das características do terreno e das condições de infra-estrutura local, o escoamento superficial tem capacidade para provocar o desenvolvimento de processos erosivos de grande porte, causando sérios prejuízos ao ambiente urbano (PALMAS, 2014).

Quando as águas são conduzidas por sistemas de drenagem apropriados, normalmente o problema tem origem no ponto de lançamento das águas nos cursos d'águas receptores, sendo comum o dimensionamento errôneo e a falta de conservação das obras terminais de dissipação (Op. Cit., 2014).

O problema agrava-se em função da necessidade de sistemas de drenagem para lançamento das águas pluviais servidas nos cursos d'água próximos às zonas urbanas que não comportam um grande incremento de vazão, sofrendo rápido entalhamento e alargamento do leito. Os incrementos brutais das vazões, por ocasião das chuvas, aliando-se às variações do nível freático, conferem ao processo erosivo remontante uma dinâmica acelerada. Tais fenômenos, que se desenvolvem em área urbanizada, colocam em risco a segurança e os recursos econômicos da população local.

Esse processo também é intensificado pela ocupação de áreas de riscos, com o desmatamento e inadequado uso do solo, fatores esses decorrente do crescimento urbano desplanejado cujo mesmo é o principal responsável pelos problemas e saturação que as metrópoles brasileiras atravessam na atualidade. Merece destaque também os erros cometidos pelos gestores urbanos que por falta de capacidade técnica ou motivados por interesses escusos realizam diversas ações que irão acarretar problemas aos cidadãos e a própria vida urbana. São exemplos, a construções de anéis viários nas margens dos rios, pois a cada precipitação a circulação de veículos será prejudicada pelas enchentes, ou a urbanização de fundos de vale ou vertentes com declive acentuado, fatos que submetem os

moradores à riscos graves. Esses são apenas exemplos de problemas encontrados nos grandes centros urbanos que estão relacionados à falta de planejamento e gestão inadequada das cidades (JUNIOR, 2016).

Neste sentido o planejamento da paisagem se apresenta como um método capaz de contribuir com o planejamento urbano. Pode ser entendido como o processo positivo que pretende acomodar certos usos nas terras com melhores capacidades de acolhimento para os mesmos, e como um processo negativo que pretende evitar a deterioração ou consumo dos recursos naturais, como o solo agrícola e a água de boa qualidade (LAURIE, 1975 apud NUCCI, 2010).

Toda via com o fim de mantermos o foco no assunto do presente item trataremos do planejamento da paisagem no item 2.3. Dessa forma retomando o contexto da erosão no meio urbano Cunha (1991) observa que a ocupação humana do território representa o fator decisivo na aceleração dos processos erosivos, que são comandados pelos seguintes fatores naturais:

- a) Volume d'água que atinge o terreno: o volume d'água e sua distribuição no tempo e espaço são determinantes da velocidade dos processos erosivos;
- b) Cobertura vegetal: o tipo de cobertura vegetal determina a maior ou menor proteção contra o impacto e a remoção das partículas de solo pela água;
- c) Tipo de solo/rocha: determina a suscetibilidade dos terrenos à erosão (à erodibilidade), em função de suas características texturais (argilosos, siltosos e arenosos), estruturais, de espessura de solos etc.;
- d) Lençol freático: a profundidade do lençol freático nos solos é fator decisivo para o desenvolvimento de voçorocas;
- e) Topografia: maiores declividades determinam maiores velocidades de escoamento das águas, aumentando sua capacidade erosiva. Maior comprimento da encosta implica maior tempo de escoamento e, conseqüentemente, maior erosão.

O controle da erosão e assoreamento pode se dar através de medidas preventivas ou mitigadoras. Elas podem ser aplicadas na fonte de geração da erosão ou nos pontos finais do impacto, como os cursos d'água receptores dos sistemas de drenagem.

2.2. Áreas de risco

2.2.1. Risco

Risco geológico pode ser delimitado como uma situação de perigo, perda ou dano, ao homem e suas propriedades, em virtude da possibilidade de ocorrência de processo geológico, provocado ou não (Cerri & Amaral 1998), ou seja, é a probabilidade de um evento originar perdas ou danos na área que é potencialmente atingida pelo processo geodinâmico. A esta análise se junta a vulnerabilidade dos elementos atingidos, relacionada principalmente ao padrão construtivo no caso de áreas urbanas.

O risco (R) é tido como uma situação latente ou potencial e a definição do seu grau está conexo à probabilidade de ocorrência de um evento perigoso (A) e das classes de vulnerabilidade (V) dos elementos expostos existentes. Nogueira (2002) sugere que se incorpore à locução a existência de algum gerenciamento do problema (g -1). Pode-se então se proferir o risco (R) da seguinte forma:

$$R = P (fA) \times C (fV) \times g^{-1} \quad (1)$$

Ou seja, o risco (R) é o resultado entre a probabilidade (P) de ocorrer um fenômeno físico (A) com previsão de local, intervalo de tempo, dimensão, etc., e os danos ou conseqüências (C), que são função da vulnerabilidade (V) das pessoas ou bens, o que pode ser modificado pelo grau de gerenciamento (g-1).

2.2.2. Mapeamento de Risco

As cartas de risco geológico são instrumentos que apresentam a distribuição, o tipo e o grau dos riscos geológicos, visando à definição de ações de prevenção de acidentes (Cerri & Amaral 1998). De uma forma mais ampla, são produtos da análise da ocupação territorial e as zonas de suscetibilidade à ocorrência de processos geológicos. As cartas de risco em áreas urbanas avaliam os danos potenciais à ocupação decorrentes de fenômenos naturais ou induzidos pelo uso do solo, hierarquizando unidades, setores e pontos quanto ao grau ou iminência de perda, buscando a proposição de medidas corretivas e erradicadoras das situações de risco.

Embora grande parte do tratamento das situações de risco das cidades brasileiras possa estar associada diretamente a políticas públicas de habitação, de planejamento e de controle urbano, é indispensável a implementação de práticas específicas de gerenciamento dos riscos geológicos, o que passa inevitavelmente pela necessidade de mapeamento das áreas de risco geológico-geotécnico (cartas geotécnicas de risco em áreas urbanas) (SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 2013).

Os riscos geológicos aqui tratados podem ser definidos como a probabilidade de ocorrência de acidentes danosos à população, aos bens públicos e privados e à infra-estrutura, resultantes de processos naturais (erosão) em ambientes modificados pela implantação do tecido urbano e pela ação cotidiana do homem. Tratam-se, portanto, de processos sócio-naturais, onde se combinam a ação desencadeadora das chuvas, a suscetibilidade do ambiente físico (solo, rochas, forma do relevo e das bacias hidrográficas, vegetação, características fluviais) e a forma de ocupação humana deste ambiente, que o modifica e nele se integra para construir a cidade. Ou seja, o enfrentamento destas questões é bem distinto do que se faz quando se analisa a suscetibilidade à ocorrência de processos geodinâmicos ou se pretende definir setores com aptidão ou não para a ocupação urbana (moradias, infra-estrutura e equipamentos) (Op. Cit., 2013).

Guerra (1999), defende como formas para identificação de áreas de risco de erosão, a associação entre cabeceiras de vale e mananciais. Em bacias hidrográficas, áreas de cabeceira de vale aliadas a densa rede de eixos de drenagem, estão com frequência desprovidas de vegetação natural e portam tanto sinais nítidos de degradação pela erosão, quanto vestígios da atuação de processos erosivos pretéritos, indícios da instabilidade intrínseca dessas áreas.

2.3. Expansão e planejamento da área urbana

O crescimento acelerado da população impõe ao meio maior demanda de recursos naturais. A pressão antrópica em que o meio ambiente é exposto leva a decadência de áreas verdes preservadas e um meio urbano conturbado. O desenvolvimento acelerado e desordenado em que as cidades hoje crescem, exigem melhores planejamentos do meio físico, como melhor uso e ocupação do solo, ambientes sustentáveis, infra - estrutura legal e de acordo com as

características da região, sendo que todos estes fatores devem estar em perfeita harmonia com o meio ambiente.

Neste aspecto Farah, (2003), destaca a importância da compreensão do meio físico no desenvolvimento urbano adequado, norteado por conhecimentos da área de geologia e geotecnia. Tal desenvolvimento deve ser aplicado pelo Estado na forma de instrumentos de planejamento urbano.

O planejamento urbano está relacionado com o ato de antever as modificações sociais, econômicas e ambientais que podem vir a ocorrer no processo de crescimento de uma cidade, para assim possibilitar uma estratégia de direcionamento desse crescimento, no sentido de minimizar impactos negativos e potencializar os impactos positivos decorrentes desse crescimento (DUARTE, 2011).

De acordo com Rezende & Castor (2006), o planejamento urbano estabelece regras de ocupação do solo, define as estratégias e políticas do município e explicita restrições, proibições e limitações que deverão ser observadas para manter e aumentar a qualidade de vida para seus municípios.

Dessa forma o planejamento da paisagem servirá de base para pensar o planejamento urbano. Segundo Nucci (1996) citado por Junior (2016) o planejamento da paisagem é uma [...] contribuição ecológica e de *desing* para o planejamento do espaço, onde se procura uma regulamentação dos usos do solo e dos recursos ambientais, salvaguardando a capacidade dos ecossistemas e o potencial recreativo da paisagem, retirando-se o máximo proveito do que a vegetação pode oferecer para a melhoria da qualidade ambiental.

Ugeda Junior; Amorim (2011) em seu trabalho sob o tema PLANEJAMENTO DA PAISAGEM E INDICADORES AMBIENTAIS NA CIDADE DE JALES-SP aplicou para o fim dessa pesquisa procedimento metodológico vinculado ao planejamento da paisagem objetivando analisar e mapear os indicadores como : o uso e a ocupação do solo, ocorrência de enchentes, densidade populacional, espaços livres de edificação, vegetação urbana e ocorrência de poluição.

Nucci (2010) abordou o PLANEJAMENTO DA PAISAGEM COMO SUBSÍDIO PARA A PARTICIPAÇÃO POPULAR NO DESENVOLVIMENTO URBANO consistindo em um estudo focado no bairro de Santa Felicidade – Curitiba/PR com ênfase em seus aspectos naturais e culturais, como subsídio parcial para compreensão e utilização, de forma operativa (dados facilmente aplicados ao planejamento), espacializada (expressão cartográfica) e integrada (análise

sistêmica), das potencialidades da natureza (limites e aptidões) e necessidades/desejos da sociedade, para fins de proposições de ordenamento do uso e da ocupação das diferentes unidades de paisagem, visando um ambiente saudável e viável em longo prazo para o uso humano.

McHarg (1971) conforme apontado no trabalho de Nucci (2010), em suas propostas metodológicas dentro do campo do Planejamento da Paisagem procura incorporar os fatores do meio físico no planejamento com o mapeamento dos fatores intrínsecos do meio natural (clima, hidrologia, geologia, solo e habitat da vida selvagem) e, depois, combinando os mapas dentro de uma simples composição que indica (por cores e tons usados por vários fatores) a susceptibilidade intrínseca da terra para vários usos, tal como residencial, comercial, industrial, conservação e recreação ativa ou passiva; em adição, a composição indica áreas sobre o terreno onde mais de um uso pode ser suportado.

Outros trabalhos também apontam para a idéia da necessidade de limitar a utilização antrópica da paisagem considerando que o meio natural apresenta fragilidades, podendo-se citar Ross (1994 e 1995) e Nucci (2001 e 2008), este último desenvolvido em área urbana (Op. Cit., 2010).

Segundo Gómez Orea (1978) citado por Nucci (Op. Cit), o processo de planejamento pode estruturar-se segundo duas linhas paralelas: uma linha da demanda, que estuda a problemática econômica e social da população e define os objetivos a conseguir, e uma linha da oferta, que examina as características do meio em que se desenvolvem as atividades humanas, definindo as possibilidades atuais e potenciais de satisfazer a demanda.

A seqüência sumária de um processo de planejamento do meio físico, segundo os autores mencionados pode ser assim resumida:

- a) Dimensão física da planificação (oferta).
 - b) Descrição da seqüência.
-
- ✓ Estabelecimento dos objetivos;
 - ✓ Inventário das características físicas, biológicas, perceptivas e culturais do território; os dados são expressos em mapas temáticos;
 - ✓ Valoração dos temas inventariados em termos de sua qualidade ou grau de excelência intrínseco;

- ✓ Predição que consiste na relação uso x território, quer dizer, é o comportamento do território supondo que sobre ele se estabeleça qualquer dos usos em questão. Tal relação tem uma dupla vertente: impacto (mudança de valor dos recursos diante de sua dedicação ao uso concreto) e a aptidão (expressão do potencial de cada recurso para cada uso).

Logo o planejamento da paisagem constitui atualmente em um importante instrumento para a organização do espaço utilizado em diversos países, principalmente, na Alemanha, onde é uma atividade prevista em lei.

Segundo Nucci (2010) a lei Alemã traduzida para o inglês do Federal Nature Conservation Act – de 25 e março de 2002 argumenta em seu artigo primeiro que em face de seus valores intrínsecos e como suportes para a vida humana, considerando-se também a responsabilidade com as futuras gerações, a natureza e a paisagem, ambas dentro ou fora de assentamentos humanos, devem ser conservadas, gerenciadas e desenvolvidas e, onde necessário, restauradas, com o propósito de salvaguardar o funcionamento dos ecossistemas e seus serviços, a capacidade de regeneração dos recursos naturais e de sua potencialidade para uso humano sustentável, a fauna e flora, incluindo seus habitats naturais e a diversidade, feições características e beleza da natureza e da paisagem, bem como seu intrínseco valor para a recreação humana.

No artigo 13, a referida Lei elucida as tarefas e responsabilidades do planejamento da paisagem. O artigo enfatiza que é tarefa do planejamento da paisagem conferi os critérios e os parâmetros para a conservação da natureza e gestão da paisagem para a área a ser planejada. O planejamento da paisagem também confere subsídios para a implementação de objetivos e princípios da conservação da natureza e gestão da paisagem para outros planos e procedimentos administrativos que podem resultar em impactos na natureza e na paisagem (Op. Cit., 2010).

No artigo 14, a Lei afirma que os critérios e parâmetros desenvolvidos e utilizados pelo planejamento da paisagem devem prevenir reduzir ou eliminar os efeitos adversos na natureza e na paisagem; proteger, manejar e desenvolver partes ou componentes da natureza e paisagem, bem como os biótopos e as biocenoses das espécies da fauna e flora selvagens; proteger, melhorar a qualidade e permitir a regeneração dos solos, dos corpos d' água, do ar e do clima; preservar e

desenvolver a diversidade, feições características e beleza da natureza e da paisagem, também com o propósito de se permitir experiências humanas fundamentais, prazer e recreação. Além disso, enfatiza que todo o material gerado pelo planejamento da paisagem (gráficos, mapas, tabelas, textos, etc) deve ser incluído e considerado nas outras fases e escalas do planejamento, tanto em planos regionais (os de menor escala) quanto em planos de construções/edificações (em escalas maiores) (Op. Cit., 2010).

Em conjunto ao planejamento da paisagem Duarte (2011) reforça que o Plano Diretor é o principal instrumento legal do planejamento urbano. Obrigatório, pela Constituição de 1988, a todos os municípios brasileiros com mais de 20 mil habitantes.

Saboya (2007) define o Plano Diretor como um documento que sintetiza e torna explícitos os objetivos consensuados para o Município e estabelece princípios, diretrizes e normas a serem utilizadas como base para que as decisões dos atores envolvidos no processo de desenvolvimento urbano convirjam, tanto quanto possível, na direção desses objetivos.

De responsabilidade do poder público o Plano diretor deve propor diretrizes e o modelo de organização do espaço urbano e, orientar o desenvolvimento socioeconômico e o sistema político.

Entretanto não se pode entender o Plano Diretor como sendo o resultado final do processo de planejamento, ele é apenas um produto de um processo ininterrupto, que deve estar sempre se renovando (JUNIOR, 2016).

Toda via para garantir a execução das propostas o Plano diretor possui um conjunto de leis básicas, como: disciplina do uso do solo; parcelamento do solo urbano; regulamentação do sistema viário; código de obras e código de posturas.

O disciplinamento do uso e ocupação do solo nada mais é do que a proposta de ocupação ou não de uma área a partir de um prognóstico gerado pela identificação das suas características. Junto a isso a lei de parcelamento do solo deve normatizar a implantação de loteamentos através de regulamentação das quadras, lotes, sistema viário, áreas comunitários e áreas não edificáveis (MOLFI, 2010).

Conforme Mota (1981) é devido também ao parcelamento do solo, observar as taxas de ocupação do solo de acordo com as características urbanas do local. Setores que não possuem rede pública de água e esgoto devem ter lotes maiores

para garantir a captação de água subterrânea e infiltrar o esgoto coletado sem haver contaminação. As taxas de ocupação também podem contribuir para diminuição da impermeabilização do solo, garantindo assim, uma maior infiltração das águas pluviais e a conseqüente recarga dos aquíferos existentes.

2.3.1. Lei de Parcelamento do Solo do município de Palmas

Palmas foi a última capital planejada do Brasil no século XX, detentora de um arrojado traçado urbano, com detalhes definidos tanto em suas quadras, como em suas avenidas, que são largas e retas, possuindo várias rotatórias que auxiliam para diminuir a velocidade dos veículos que circulam na cidade (BRITO, E., 2010).

O parcelamento do território na cidade é regido principalmente pela lei nº 1794, que institui o Parcelamento do Solo para fins urbanos no município de Palmas e dá outras providências, sendo elaborada nos termos da Lei Federal nº 6766/79 (Estatuto da Cidade) com alterações da Lei nº 9785 e demais disposições sobre a matéria, complementadas pelas normas específicas de competência do Município.

Essa lei expõem os seguintes critérios no capítulo 3 sobre as áreas parceláveis e não parceláveis:

Art. 4º - Somente será admitido o parcelamento do solo, para fins urbanos, em Área Urbana devidamente definida em Lei Municipal do Perímetro Urbano.

Art. 5º - Não será permitido o parcelamento do solo:

- I. Em terrenos alagadiços, antes de tomadas as medidas saneadoras e assegurado o escoamento das águas;
- II. Nas nascentes, corpos d'água e nas demais áreas de preservação permanente;
- III. Em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;
- IV. Em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;
- V. Em terrenos onde as condições geológicas não aconselhem a edificação, podendo o município exigir laudo técnico e sondagem sempre que achar necessário;
- VI. Em áreas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção;

- VII.** Em terrenos situados em fundos de vale, essenciais para o equilíbrio ambiental, escoamento natural das águas e abastecimento público, a critério do município e, quando couber, do órgão estadual competente;
- VIII.** Em terrenos onde exista degradação da qualidade ambiental, até sua correção;
- IX.** Em terrenos onde for necessária a sua preservação para o sistema de controle de erosão urbana;
- X.** Em terrenos situados fora do alcance dos equipamentos urbanos, notadamente das redes públicas de abastecimento de água potável e de energia elétrica, salvo se atendidas exigências específicas dos órgãos competentes.

2.4. Técnicas de geoprocessamento na análise de expansão urbana

Para Moura (2003, p. 8) “o termo Geoprocessamento, surgido do sentido de processamento de dados georreferenciados, significa implantar um processo que traga um progresso, um andar avante, na grafia ou representação da Terra”.

XAVIER-DA-SILVA & CARVALHO FILHO (1993) afirmam, ao aplicar o geoprocessamento nos estudos de risco de erosão do solo, tratar-se de uma alteração relativamente sutil, normalmente associada a um uso da terra inadequado e contínuo.

GOES (1994), estudando áreas de riscos de erosão do solo utilizando a ferramenta de geoprocessamento, diz que estas são sujeitas a desequilíbrios ou instabilidades ambientais que se operam no conjunto de fatores correspondentes de um geossistema, afetado por alterações espontâneas (naturais) e ou por intervenções antrópicas.

VALÉRIO FILHO & ARAÚJO JUNIOR (1995), enfatizam que o uso de técnicas de geoprocessamento possibilita a aquisição, manipulação e a integração de dados temáticos servindo de subsídios para a caracterização espacial/temporal de áreas com suscetibilidade a processos erosivos.

Diversas informações podem ser armazenadas e posteriormente correlacionadas em ambiente SIG. Nessa perspectiva os SIGs constituem sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações com base em suas características alfanuméricas e localização espacial.

Oferecem ao usuário (engenheiro, urbanista, planejador, administrador, político, etc.) uma visão inédita de seu ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, interrelacionadas com base no que lhes é fundamentalmente comum – a localização geográfica (Davis & Câmara, 1999).

Segundo Barbosa (1997), no ambiente de um SIG as entidades do mundo real podem ser didaticamente descritas por atributos espaciais, temporais e temáticos, cuja manipulação, manualmente ou através de sistemas computacionais, com o objetivo de extrair informações, é denominada de análise geográfica. Do ponto de vista conceitual as operações de análises geográficas podem ser divididas em três grupos:

- Operações de manipulação: usadas, por exemplo, para classificar tematicamente um atributo em função do seu valor em cada posição, ou combinar atributos diferentes com o objetivo de encontrar alguma correlação espacial entre eles;
- Operações de consulta espacial: usadas, por exemplo, para recuperar de um banco de dados um conjunto de dados que satisfaça a uma condição definida pelo usuário. O resultado de uma operação de consulta pode ser posteriormente manipulado por um operador de manipulação ou simplesmente visualizado através de uma operação de apresentação;
- Operação de apresentação: usadas para controlar as possíveis formas de visualização dos resultados das operações de manipulação ou de consulta.

Para Câmara (1996), o aspecto mais fundamental dos dados tratados em um SIG é a natureza dual da informação: um dado geográfico possui uma localização geográfica (expressa como coordenadas em um mapa) e atributos descritivos (que podem ser representados num banco de dados convencional). Outro aspecto importante é que os dados geográficos não existem sozinhos no espaço: tão importante quanto localizá-los, é descobrir e representar as relações entre os diversos dados. De modo geral um SIG tem os seguintes componentes: interface com usuário, entrada e integração de dados, função de processamento, visualização e plotagem e armazenamento e recuperação de dados.

Estes componentes se relacionam de forma hierárquica. No nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento

de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, um sistema de gerência de bancos de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributo.

2.5. Técnicas de processamento digital de imagens

O processamento digital de imagens (PDI) é singularmente uma sub – disciplina relacionada ao processamento de dados que é repetidamente associado à informática. Contudo, é a engenharia elétrica a responsável por ter criado uma tradição nesta área e é, ainda hoje, responsável por uma grande parte do desenvolvimento.

Um sistema de processamento de imagens é constituído de diversas etapas, tais como: formação e aquisição da imagem, digitalização, pré - processamento, segmentação, pós - processamento, extração de atributos, classificação e reconhecimento (ESQUEF; ALBUQUERQUE; ALBUQUERQUE, 2003).

2.5.1. Aquisição de imagens

Segundo Soares (2003), dois elementos são necessários para a aquisição de imagens digitais:

- Um dispositivo físico que seja sensível a uma banda do espectro de energia eletromagnética e que produza um sinal elétrico de saída proporcional a um nível de energia percebida.
- Um digitalizador que e um dispositivo para a conversão da saída elétrica de um dispositivo de sensoriamento físico para a forma digital.

Em laboratórios de física experimental diversos processos levam a uma organização bi - dimensional de dados, buscando uma representação dos mesmos sob a forma de imagens. A grande vantagem é que esta representação permite que ao observarmos todo o conjunto de dados, nós possamos buscar correlações espaciais entre eles (ESQUEF; ALBUQUERQUE; ALBUQUERQUE, 2003).

2.5.2. Pré – processamento

As técnicas de pré - processamento tem a função de melhorar a qualidade da imagem. Estas técnicas envolvem duas categorias principais: métodos que operam no domínio espacial e métodos que operam no domínio da frequência. Técnicas de processamento no domínio espacial baseiam-se em filtros que manipulam o plano da imagem, enquanto que as técnicas de processamento no domínio da frequência se baseiam em filtros que agem sobre o espectro da imagem. É comum para realçar determinadas características de uma imagem, combinar vários métodos que estejam baseados nestas duas categorias (Op. Cit., 2003).

2.5.3. Segmentação

Segmentar uma imagem significa, de maneira simplificada, separar a imagem como um todo nas partes que a compõem e que se diferem entre si.

A segmentação é notável, dentre todas as fases do processamento de imagens, a etapa mais crítica do tratamento da informação. É em tal etapa que são delimitadas as regiões de interesse para processamento e análise posteriores. Como resultante deste fato, quaisquer erros ou distorções presentes nesta fase refletem nas demais etapas, de maneira a gerar ao final do processo respostas não esperadas que podem cooperar de forma negativa para a eficiência de todo o processamento.

2.5.4. Pós – processamento

O pós - processamento usualmente é a fase que sucede a segmentação. É nesta fase que os principais defeitos ou imperfeições da segmentação são devidamente corrigidos. De modo geral, estas falhas da segmentação são corrigidas através de técnicas de Morfologia Matemática, com a aplicação em seqüência de filtros morfológicos que realizam uma análise quantitativa dos pixels da imagem (Op. Cit., 2003).

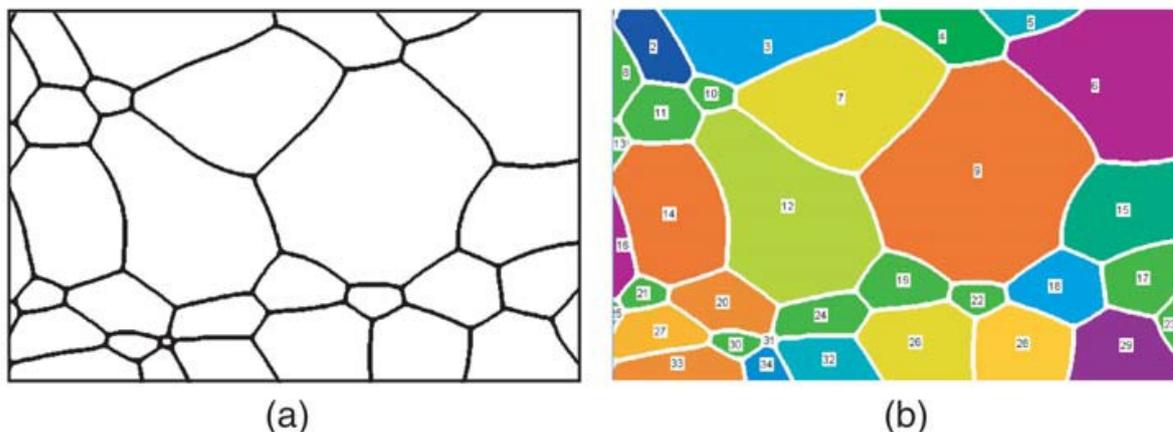
A Morfologia Matemática (MM) é uma das grandes áreas do Processamento Digital de Imagens. Todos os métodos descritos pela MM são fundamentalmente baseados em duas linhas: os operadores booleanos de conjuntos (união, interseção, complemento etc.) e a noção de forma básica, chamado de “elemento estruturante”. As operações são realizadas sempre entre a imagem e o elemento estruturante.

2.5.5. Extração de atributos

A fase conclusiva de um sistema de processamento de imagens é aquela referente a dedução das informações relevante da imagem processada. Uma vez que o propósito do processamento é conseguir informações numéricas, segue - se com a exploração de atributos da imagem.

Intermediariamente a essa etapa tem – se a chamada *Labelização ou Rotulação*. Findada a etapa de segmentação alcança - se uma imagem onde as regiões correlato aos “objetos” estão divididas daquelas equivalente ao “fundo” da imagem. Neste ponto do sistema de processamento, as áreas de importância encontram - se contiguamente ligadas por pixels que se tocam. A próxima fase é conferir um rótulo (ou *label*) para cada uma dessas áreas de pixels. Tal identificação facilitará imediatamente parâmetrizar os objetos parcelado calculando para cada área de pixels contíguos um parâmetro específico, como área ou perímetro por exemplo. A figura 2 elucida um exemplo desta técnica para uma imagem formada de células bem definidas entre si. O processo de segmentação divide as áreas pertencentes às células daquelas pertencentes às áreas entre células (fundo), criando um limitador entre elas. A fase de “labelização” cria um rótulo que distingue cada uma dessas áreas para que os processos subseqüente de tratamento da informação sejam unidos em cada uma das áreas quer receberam um rótulo (ESQUEF; ALBUQUERQUE; ALBUQUERQUE, 2003).

Figura 2 - Imagem 'Labelizada': (a) Imagem original composta por regiões contíguas de pixels. (b) Imagem final após o processo de rotulação. As cores são utilizadas para auxiliar na visualização das regiões



Fonte: (ESQUEF; ALBUQUERQUE; ALBUQUERQUE, 2003).

2.5.6. Classificação e Reconhecimento

A finalidade do reconhecimento é efetuar automaticamente, o “reconhecimento” dos objetos parcelados na imagem. Ao menos duas etapas são existentes no método de categorização de formas: o aprendizado e o reconhecimento precisamente dito. Na maior parte dos sistemas de reconhecimento de formas, os métodos advindos da etapa de extração de atributos são empregados na construção de um espaço de medida à N dimensões. Os sistemas de aprendizado irão definir uma função discriminante que separe eficientemente todas as formas representadas em tal espaço de medida.

O espaço de medidas é um espaço de dimensão N onde cada dimensão harmoniza – se com um método (atributo). A escolha e a qualidade dos métodos para fomentar este espaço são úteis para a promoção de um bom processo de reconhecimento de forma. A escolha de um vasto número de métodos leva a um espaço de enorme magnitude e a uma difícil fase de aprendizado. Uma pequena lacuna de medidas pode ocasionar uma baixa caracterização da forma e a muitos erros no processo de reconhecimento. Em algumas ocasiões torna - se proveitoso normalizar cada eixo para construir um espaço que seja bem disseminado e facilite o processo de categorização.

Podemos separar o processo de aprendizado em dois tipos: os métodos supervisionados e não supervisionados. No método supervisionado, o classificador, em sua fase de aprendizado, adquire informações de como as classes devem ser identificadas. Por exemplo, em um sistema de reconhecimento de caracteres, existirá classes independentes para todas as letras do alfabeto. Por exemplo, a classe das letras “A” será representada pela ocorrência da letra A em suas diferentes variações (ESQUEF; ALBUQUERQUE; ALBUQUERQUE, 2003).

O aprendizado traduz – se em apresentar ao sistema uma ordem de objetos “teste” no qual suas classes são previamente conhecidas e delimita uma função que separe todas as classes entre si.

Conclui - se que o sistema de aprendizado supervisionado atua sob a supervisão de um outro sistema de reconhecimento (externo por exemplo) que identificou anteriormente os objetos testes e permitirá a construção correta de seu espaço de medida e sua função discriminante. Durante este processo devemos modificar os parâmetros que compõem o espaço de medida e permitir um melhor ajuste da função discriminante, objetivando sempre que o sistema possa realizar com mais eficiência o processo de classificação. Ao final, é possível determinar a função discriminante responsável pela separação das diversas classes. Este processo pode ser lento e de elevado custo computacional. Somente então os objetos desconhecidos serão fornecidos a este classificador, na fase de reconhecimento (Op. Cit., 2003).

Em se tratando de casos em que a classificação não é supervisionada, o classificador receberá os objetos desconhecidos e, a partir da medida dos diferentes parâmetros (atributos dos objetos presentes na imagem), ele tentará alocá - los em diversas classes. A identificação de classes é usualmente efetuada a partir da identificação de agrupamentos em “clusters” de objetos no espaço de medidas.

Existem atualmente vários parâmetros de reconhecimento de formas. Entre os quais podemos citar os parâmetros fundamentados em propriedades estatísticas dos objetos (classificador de Bayes), os métodos apoiados em técnicas de distância entre os objetos na imagem e suas formas padrões (como as redes neurais artificiais) ou ainda a descrição da forma através de um dicionário ou uma linguagem básica. Neste último caso é definido uma seqüência de elementos básicos que representem as formas dos objetos. Em seguida é construída uma linguagem e formada uma gramática. “O reconhecimento é neste caso um reconhecimento

sintático baseado nesta gramática” (GONZALEZ, 1993). O reconhecimento por meio de redes neurais artificiais é um método bastante atraente, pois consegue dar um maior grau de liberdade a função discriminante.

2.6. Mapeamento geotécnico

O mapeamento geotécnico integra o grupo de diretrizes (fotointerpretação, inventários, trabalhos realizados em campo, investigações e ensaios físico - químicos “in situ” ou laboratoriais, etc.) realizado com o objetivo de alcançar informações de caráter geotécnico. Tais informações estão relacionadas ao levantamento de propriedades e peculiaridades do meio físico geológico, que sejam motivadoras do comportamento dos materiais que constituem esse meio (solos, rochas, etc.), face as solicitações impostas pelas atividades humanas (VEDOVELLO E MATTOS, 1993).

Pejon e Zuquette (1995), defendem que mapeamento geotécnico em escala regional é um significativo instrumento para consecução e representação das informações do meio físico tendo em vista o uso racional do terreno e o planejamento ambiental.

Como caracteriza Costa, Polivanov e Alves (2015), o mapeamento geotécnico limita-se na representação cartográfica dos elementos geológico-geotécnicos de magnitude para utilização e ocupação do solo e subsolo em projetos, construções e manutenções relacionadas à engenharia civil, de minas e nas adversidades referentes ao meio ambiente. Acrescenta-se também a oportunidade de visualizar as partes geotécnicas próprias e pertencentes a cada local, com informações inerentes ao tipo de solo, substrato e relevo principal.

No dizer de Andrade (2005), o mapeamento geotécnico, fundamenta-se na instrumentalidade dedicada a planejar as áreas urbanas, regionais e territoriais, enfatizando a relevância dos fatores geodinâmicos naturais ou impelidos mais o desempenho geomecânico dos materiais inconsolidados e rochosos em face das solicitações decorrentes das atividades antrópicas.

A Lei 12.608, de abril de 2012, que institui a Política Nacional de Defesa Civil, pelo Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil e autoriza a criação de sistema de informação e monitoramento de desastres, dispõe que as cartas geotécnicas são um dos instrumentos de gestão municipal e prevenção de riscos, e que os

municípios, cadastrados no Governo Federal, que têm áreas suscetíveis a deslizamentos, inundações, ou processos correlatos de grande impacto, têm por obrigação sua elaboração (artigos 22, 26 e 27).

Castro (2016), ao fazer menção a carta geológico-geotécnica, destaca que a mesma viabiliza informações de prognósticos e diagnósticos, risco geológico, ações, problemas ligados ao meio ambiente e os limites do meio físico. Sendo útil quanto ferramenta ao subsidio do planejamento e gerenciamento do uso e ocupação do solo, em todos as classes Plano Diretor, zoneamento e fragmentação do uso do solo.

No entanto Zuquette e Gandolfi (2004), afirmam que as expressões mapa e carta referem-se a documentos cartográficos empregado as mais diversas finalidades como obras civis, planejamento urbano, territorial e ambiental, desenvolvimento, conservação e gestão do ambiente, avaliação de eventos perigosos e riscos associados e que engloba informações relativas a um ou mais aspectos do meio (físico, biótico e antrópico). Eles são utilizados, em muitos casos, como sinônimos, mas as palavras tem origens diferentes. Mapa vem do latim mappa; carta, do latim charta, latinização do grego khartes. Além da origem, eles apresentam diferenças quanto ao uso. Mapa é o registro de dados obtidos de um determinado aspecto do ambiente em questão, sem interpretação das informações, e carta refere-se a um documento cartográfico com representações das informações, ou seja, das interpretações e associações dos dados contidos nos mapas.

Do mesmo modo Duarte (1994) apud Santos (2000), descreve mapa como qualquer exibição, geralmente plana, parcial ou total de uma superfície, expondo seus elementos integrantes por meio de símbolos e as vezes cores, preparados aleatoriamente ou seguindo o prescrito em planos técnicos. A carta, por sua vez contém aspectos técnicos decorrente, de modo geral, de um plano nacional ou internacional, o qual determina normas para a sua exposição, sendo produzida em escalas médias ou grandes, facilitando maior segurança no que diz respeito à precisão de medidas, além de ser também parte de um grupo de folhas sistematicamente organizadas.

Neste aspecto, a tabela 1 elucida com maior precisão as diferenças de mapa geotécnico, carta e planta geotécnica.

Tabela 1 - Conceitos de mapa, planta e carta geotécnica

Termo	Conceito
Mapa Geotécnico	Representação de atributos geotécnicos levantados, sem realização de análise interpretativa e sempre em escalas inferiores a 1:10.000.
Planta Geotécnica	Representação gráfica realizada em escalas grandes, maiores que 1:10.000, normalmente voltada para locais onde serão executadas obras específicas.
Carta Geotécnica	Representação dos da interpretação dos atributos que estão em um mapa.

Fonte: (ZUQUETTE apud TINÓS, 2011) Adaptado.

Neste sentido percebe-se do ponto de vista de Tinós (2011), que não há uma concordância referente as terminologias utilizadas e as descrição de carta e mapa geotécnico. O autor conclui que os diferentes autores [...] deduzem muitas vezes em seus pensamentos, o que vivenciaram na prática e o ponto de vista de uma determinada escola ou instituto. Assim, o imenso contraste entre mapas e cartas geotécnicas é a razão interpretativa. Enquanto o mapa compõem-se apenas da representatividade dos atributos do meio físico, a carta retrata a análise explicativa dos mesmos, porém ambos são documentos cartográficos de caráter geotécnico.

Destaca-se que, para efeito da presente pesquisa, são utilizados os termos cartas e mapas geotécnicos indistintamente, já que a análise detalhada desta questão terminológica não corresponde aos seus objetivos (ZAINÉ, 2000).

No decorrer dos anos diversos princípios foram criados com fim de contribuir com a cartografia geotécnica, merece destaque as metodologias ideadas em outros países como a francesa (SANEJOUND, 1972), COTTAS (1983), ZERMOS (Zonas Expostas a Riscos de Movimento do Solo), IAEG (International Association Engineering_Geology), PUCE (Pattern, Units, Componente Evaluation) e USGS, acrescenta-se também as metodologias desenvolvidas no Brasil, como a do IPT, IG-UFRJ, IG-SP, UFRGS, EESC-USP (Metodologia Zuquette) etc.

Recentemente muitos trabalhos estão sendo publicados, como evolução das ferramentas de mapeamento geotécnico. Toda via se faz necessário incorporar no pensamento político de gestão, o mérito deste instrumento como item suporte para planejar as cidades, do mesmo modo que outras encontradas no plano diretor, estatuto das cidades, etc. (SOUZA, A., 2015).

2.6.1. Tipos de Levantamento

2.6.1.1 *Carta de suscetibilidade à erosão*

As cartas de suscetibilidade a erosão são meios bem comuns de avaliar o potencial erosivo de uma área, levando em consideração os seguintes atributos: solo, relevo (declividade e formas de relevo), rochas e uso e ocupação do terreno. Como os custos envolvidos em tal processo podem ser altos, uma forma rápida e de baixo custo de realizar tal avaliação é o uso da técnica de avaliação do terreno, via mapa de landforms (SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 2013).

Neste contexto, os tipos de levantamentos abordados na presente pesquisa com vista a fomentar a carta de suscetibilidade à erosão, refere-se a carta de declividade, mapa de feições do terreno (landforms), mapa do substrato rochoso e mapa de materiais inconsolidados, cuja apresentação destes nos próximos itens, seguira a ordem aqui descrita. Acrescenta-se que tais documentos cartográficos estão inseridos no primeiro nível hierárquico de carácter fundamental básico sendo útil para registrar as características dos componentes dos meios físico, biológico e antrópico por meio da variação espacial dos atributos (Tabela 2).

Tabela 2 - Nível hierárquico, tipo de documento cartográfico e recomendações básicas

Nível hierárquico	Tipo de documento	Recomendações básicas
I	Fundamental básico – registra as características dos componentes dos meios físicos, biológicos e antrópicos,(socioeconômico) por meio de variação espacial.	A obtenção dos atributos e a produção dos documentos podem ser feitas por diferentes procedimentos e métodos.

Fonte: (ZUQUETTE, 1993 apud ZUQUETTE e GANDOLFI 2004) Adptado.

2.6.1.2 *Carta de Declividade*

O mapa de declividades coordena as inclinações do terreno em cada ponto por meio da formação do ângulo entre o vetor que retrata o mergulho máximo da célula real e um vetor horizontal de mesmo sentido (ROLDAN, 2011).

Segundo Zuquette e Gandolfi (2004), a elaboração das cartas de declividade podem surgir de duas origens básicas de dados. A primeira esta relacionada a medidas diretas, alcançadas em campo por diversos tipos de equipamentos e recursos, medidas sobre fotos aéreas ou efeito de sensores remotos; a segunda surge de mapas topográficos.

Os autores defendem a necessidade de delimitar as classes a serem consideradas independente da opção escolhida e considerar a amplitude total dos valores de declividade para o território em questão e os prováveis usos do documento cartográfico. A delimitação das classes esta subordinada ao reconhecimento da frequência e distribuição das medidas da qualidade do mapa topográfico.

Na elaboração de cartas de susceptibilidade à erosão das bacias dos rios Araraquara e Cubatão-SP em escala 1:50.000, Silveira (2002), definiu as classes de declividade com base nas características geomorfológicas e inclinações de terreno em que ocorriam as feições erosivas, procurando delimitar classes que separassem as principais feições geomorfológicas contidas na área, bem como definir uma classe de declividade que abrangesse a maioria dos processos erosivos verificados em campo. Para tanto, o autor realizou uma análise dos padrões de relevo contidos na área, chegando então na definição de seis classes de declividade.

Na Tabela 3 observa-se diferentes classes utilizados por Silva A., (2003) sob orientação do Dr. Osni José Pejon, no Mapeamento Geotécnico e Análise dos Processos Erosivos na Bacia do Córrego Tuncum, em São Pedro-SP.

Tabela 3 - Classes de Declividade adotadas para a área da Bacia do Córrego Tuncum, em São Pedro - SP

Classes de Declividade	Porcentagem (%)
1	< 2 %
2	2 – 5 %
3	5 – 10 %
4	10 – 20 %
5	20 – 30 %
6	30 – 50 %
7	> 50 %

Fonte: (SILVA, A., 2003), Adaptado.

A classe 1 da Tabela 3 diz respeito a terrenos plano ou rapidamente plano, o que possibilita a lentidão do escoamento superficial, não ocasionando maiores problemas relacionado a erosão. As classes 2 e 3 diz respeito a encostas com inclinações muito moderadas, com lento e médio escoamento superficial, [...]. As classes 4, 5, 6 e 7 diz respeito a terrenos rapidamente inclinado à inclinados, em que o escoamento superficial pode suceder de maneira rápida, dificultando a infiltração, sendo que este fator associado a materiais com alta suscetibilidade à erosão, [...] favorece a formação das feições erosivas (Op. Cit., 2003).

A declividade é uma condição do meio físico que influencia na infiltração e velocidade de escoamento da água superficial e subsuperficial. Quanto maior o declive do terreno, maior será o potencial para o escoamento superficial (SILVA, E., 2000).

A definição dos intervalos das classes deve ser feita com base na melhor representatividade dos aspectos de variação topográfica da área, obtendo-se desta forma o número de classes de declividades. Pejon (1992) citado por Tinós (2011), sugere que os mapas de declividade não contenham mais que seis intervalos, o que poderia gerar grande confusão visual e perda de informações e qualidade do mapa.

Seguindo este contexto, recomenda-se que na escolha dos intervalos a serem considerados seja imprescindível a adoção da legislação federal e complementar que regem o uso e ocupação do solo.

2.6.1.3 *Mapa de landforms*

Os principais conceitos encontrados na literatura de Landforms foram compilados do trabalho de LOLLO (1996) apud. Silveira (2002), possuindo, de maneira geral, dois tipos de enfoque:

a) Caráter eminentemente fisiográfico – Descreve uma parcela do terreno que pode ser diferenciado (isolada) das outras, como por exemplo:

“Landforms são elementos do meio físico que possuem composição definida, assim como as variações das características visuais e físicas, tais como: forma topografia, modelo de drenagem e morfologia” (BELCHER, 1946);

“Landform é o elemento da paisagem que possui composição e variação de propriedades visuais e físicas definidas, como forma topografia, padrão de drenagem e morfologia de canais, que ocorrem em todos os locais onde o Landform OCORRA” (KRIEG & REGER, 1986);

b) Caráter genético – Procura associar a feição com a sua forma de origem. Imprimindo uma visão interpretativa, como por exemplo:

“Landform é a forma fisiográfica considerada em relação a sua origem, causa ou história” (MITCHELL, 1948);

“ $F = \int (PM) dt$; onde F é o landform, P são os processos responsáveis por sua formação e M são os materiais que o compõem” (GREGORY, 1978);

“Landform são feições do terreno formadas por processos naturais que apresentam composição e tamanho definível de características físicas e visuais que ocorrem em qualquer local que a feição esteja” (WAY, 1973);

Alem das definições exposta pelos autores citados, são encontradas outras que se referem a landforms de caráter deposicionais ou erosivos ou outras que consideram a importância geológica.

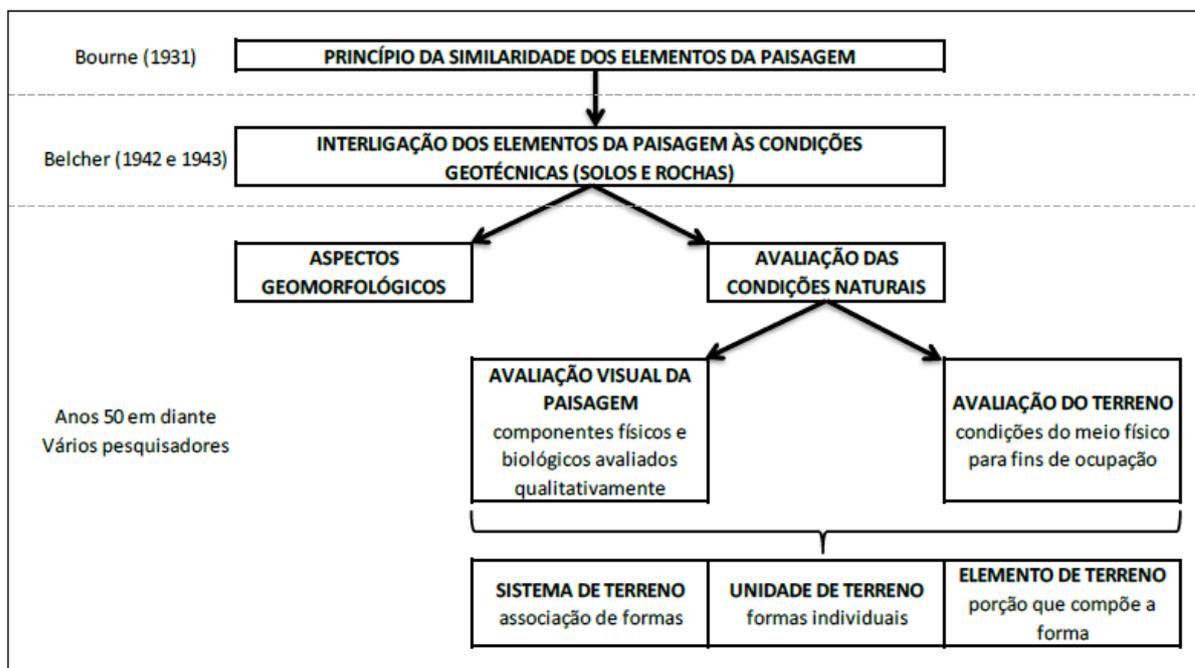
Tendo em vista as diversas definições de landforms , Lollo (1995) salienta a necessidade de empregar um conceito claro com o fim de fomentar o entendimento das bases do zoneamento a ser efetuado e contemplar as seguintes condições:

- apresentar uma descrição tipicamente fisiográfica de “landform” (possibilitando seu uso através do simples reconhecimento da forma, sem análise ou interpretação);
- não fazer distinção entre formas erosivas e deposicionais (diferença considerada relevante apenas na etapa de análise dos resultados);
- não usar os materiais como critério de distinção da forma de terreno (já que a diferença entre propriedade dos materiais deve ser uma consequência da eficiência da técnica e não um critério de análise) e;
- não explicitar a influência da estrutura geológica (deixando-se esta consideração para análises posteriores).

Dessa forma o autor definiu “landform” da seguinte maneira: “porção de terreno originada de processos naturais e distinguível das porções vizinhas (demais “landforms”) em pelo menos um dos seguintes elementos de identificação: forma e posição topográfica, frequência e organização dos canais, inclinação das vertentes e amplitude de relevo”.

Uma vez discorrendo sobre os landforms Lollo (1995), comentou algumas contribuições que lançaram as bases para a análise da paisagem conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 3 - Diagrama da evolução histórica do estudo de *landforms*



Fonte: (POLTRONIERI, 2013).

2.6.1.3.1 Avaliação do Terreno:

“O método de avaliação do terreno ("terrain evaluation") é sem sombra de dúvida o mais útil para o levantamento das condições do meio físico para fins de ocupação já que foi desenvolvido exatamente com este objetivo” (LOLLO, 1995).

Zuquette e Gandolfi (2004), sustentam que tal técnica esta fundamentada na fragmentação da área em estudo em unidades cada vez menores (de acordo com a escala e finalidade pretendidas) a partir do uso de fotografias aéreas (preferivelmente) e de trabalhos de campo, tendo-se como critério de zoneamento a uniformidade destas parcelas do terreno em termos das feições de relevo (landforms) encontradas.

O mesmo autor distingue dois enfoques análise aplicados a avaliação do terreno, enfoque fisiográfico e enfoque paramétrico.

a) Enfoque Fisiográfico – Consiste na delimitação das diferentes feições de relevo com base num conjunto de observações fotointerpretativas e de campo.

b) Enfoque Paramétrico – Analisa o terreno fundamentado na medida de padrões típicos da geometria das feições do terreno tais como: declividade, curvatura, amplitude, extensões e demais padrões típicos do sistema de drenagem, assim como os índices de vertentes.

2.6.1.3.2 Níveis Hierárquicos:

A associação entre os landforms e os materiais geológicos que compõem o meio físico tem permitido a avaliação do terreno como critério de caracterização das condições geotécnicas. Do pressuposto explicitado por Silva (2003), depreende - se que o zoneamento do terreno compreende três níveis hierárquicos , a saber:

- ✓ Sistema de Terreno: associações de feições do relevo que apresentam condições similares de processos evolutivos e materiais rochosos associados;
- ✓ Unidade de Terreno: representa individualmente uma feição do relevo que difere por apresentar determinado subconjunto de processos, distinto dos demais. Dessa forma, a delimitação é feita com base nas características morfológicas como inclinação da vertente, amplitude do relevo, forma topográfica e características de estruturação da drenagem;
- ✓ Elemento de terreno: corresponde a menor subdivisão de um terreno, baseando-se na inclinação ou formas das vertentes, posição ou forma topográfica do elemento.

2.6.1.3.3 Emprego da Técnica:

Segundo Lollo & Zuquete (1997) apud Silveira (2000), a aplicação mais usual do estudo de landforms é na elaboração de documentos cartográficos, como:

- Mapas Regionais Multifinalidades – São mapas de grande ajuda às análises voltadas ao planejamento regional. Normalmente são elaboradas em escalas pequenas á médias (<1:50.000).
- Mapa Regionais Finalidade Específica – São mais utilizados principalmente como suporte para planejamento de áreas agrícolas, à análise regional de riscos e avaliação para implantação de obras lineares. Comumente são elaboradas em escalas médias, entre 1:25.000 e 1:50.000.

- Mapa Locais – Apresentam dois tipos de finalidades: a análise de riscos e a prospecção de materiais grandes. São elaborados em grandes escalas (>1:25.000).

Inerente à escolha da escala estão os atributos necessários ao estudo. Estes variam de acordo com o objetivo do trabalho, sua aplicabilidade e disponibilidade de recursos para obtenção (POLTRONIERI, 2013).

2.6.1.4 *Mapa do Substrato Rochoso e Material Inconsolidado*

Cartas representando o substrato rochoso e as coberturas superficiais (solos residuais e transportados) são bases imprescindíveis para elaboração de cartas geotécnicas orientadoras da ocupação urbana (SOBREIRA & SOUZA, 2012).

Conforme Zuquette e Gandolfi (2004), a elaboração de um mapa do substrato rochoso (rochas sãs) envolve a obtenção e determinação de um grupo de atributos [...]. Os três grupos para a obtenção dos atributos são associados à determinação da litologia básica, descrição das propriedades do material rochoso, e propriedade e descrição do maciço rochoso.

Pejon e Zuquette (1995), uma vez sobrepondo as informações contidas nos mapas do substrato rochoso, materiais inconsolidados, carta de declividade generalizada com vista a atender a elaboração da carta de zoneamento geotécnico geral da folha de Piracicaba, obtiveram com esse método a definição de zonas caracterizadas por: textura, espessura e gênese dos materiais inconsolidados, declividade e tipo de substrato rochoso. A importância de tais atributos foi estudada em matrizes do tipo atributo x atributo, onde se verificou que os atributos (escoamento, infiltração, comprimento das encostas, landforms, tipo rochoso, litologia, grau de intemperismo, alterabilidade potencial para material de construção, origem, textura, distribuição variação em profundidade, processos de intemperismo e pedológicos e pluviosidade) apresentavam relação com mais de 50% dos demais atributos do meio físico. Dessa forma os autores compreenderam a relevância destes atributos para os mais diversos trabalhos de mapeamento geotécnico, independente da escala utilizada, desde que levantados e analisados.

Trentin e Robaina (2005) citado por Poltronieri (2013), descrevem os atributos importantes no estudo do meio físico para mapeamento geotécnico, segundo uma análise Geoambiental. Na área da geologia, o substrato rochoso, aliado às

condições climáticas, é atributo básico para definir o modelo do relevo, suas condições de drenagem e material inconsolidado decorrente da dissecação e desagregação das rochas. Com relação a esses atributos geológicos, duas observações merecem importância. A primeira ao substrato rochoso, é que num mapeamento geotécnico não devem ser observadas formações ou grupos geológicos, e sim deve-se registrar litologias através da identificação, definição e distinção de rochas, bem como os principais lineamentos estruturais existentes. A segunda observação que diz respeito aos materiais inconsolidados, sua textura, origem, distribuição, profundidade e processos associados, é que este atributo têm maior importância na definição de tipos e utilização de solos, não sendo tão precisos para espacializar dados. Isso porque a alteração da rocha pode ter origens diversas, dificultando o entendimento no âmbito espacial. Já os dados morfométricos e morfográficos, referentes ao campo da geomorfologia e aplicados à análise das vertentes (taludes), determinam as formas de relevo. Através da altimetria é possível distinguir áreas mais propícias à dissecação (maior altitude) ou acumulação (menor altitude). O comprimento da vertente tem relação direta com o escoamento e infiltração da água sendo que, para maiores comprimentos, maior será o tempo de atuação da água na vertente, aumentando os processos erosivos superficiais e subterrâneo. Nesse sentido, a declividade está ligada aos movimentos de massa e erosão. Outro aspecto a se observar, referente ao campo das águas, é o sistema hidrográfico (densidade de drenagem, fator forma, magnitude e padrões de drenagem) que influencia no desgaste e transporte de material. No estudo do clima os principais fatores a serem analisados são as condições de temperatura e precipitação. A climatologia determina a velocidade do intemperismo, a intensidade dos processos atuantes na superfície terrestre e a distribuição espacial das condições impostas por ela.

2.6.1.4.1 Intemperismo

O intemperismo segundo Chioffi (2015), é definido como o conjunto de processos que ocasiona a desintegração e a decomposição das rochas e dos minerais, por ação de agentes atmosféricos e biológicos.

Lollo (2008), define três agentes intimamente ligados ao intemperismo sendo estes:

2.6.1.4.1.1 Intemperismo Físico

É agente da desagregação ou desintegração das rochas, geralmente antecedendo o intemperismo químico e, de certa forma, preparando as rochas para as ações posteriores do intemperismo químico. Entende todos os processos de fragmentação das rochas apresentando uma atuação restrita em termos de profundidade, frequentemente não superando alguns metros. Os primordiais agentes do intemperismo físico são: Variação da temperatura, Congelamento da Água, Cristalização de Sais, e Agentes Físico-Biológicos.

2.6.1.4.1.2 Intemperismo Químico

Descreve-se pelas reações químicas entre a rocha e soluções aquosas variadas, resultando em um processo tão mais rápido quanto mais fragmentado estiver a rocha, uma vez que a fragmentação aumenta a área de ataque das soluções sobre a rocha. A velocidade e o seguimento final destes processos consistem em vários fatores dentre os quais a rocha, o clima, a cobertura vegetal, a topografia e o tempo de duração dos processos. O clima quente e úmido é sem dúvida o mais apropriado a estas reações pois a maior presença de água implica em maior presença de agentes químicos em soluções e maiores temperaturas podem acelerar as reações químicas. Ao contrário do intemperismo físico, esta variante de intemperismo (químico) pode alcançar profundidade consideráveis, variando o seu máximo de acordo com o nível de drenagem regional.

O intemperismo é desconforme da erosão por se tratar de um fenômeno de alteração das rochas, efetivado por agentes essencialmente estático, enquanto a erosão é a remoção e o transporte dos materiais por meio de agentes móveis (água, vento etc.). Como produto final do intemperismo, temos o que se chama de regolito ou manto de decomposição, o qual recobre a rocha inalterada e cuja espessura varia de alguns centímetros até dezenas de metros (CHIOSSI, 2015).

A maior parte dos sedimentos resultam de rochas que passaram pelo processo de intemperização, pelo que o solo composto é transformado em um estágio onde possa ser erodido e transportado para algum lugar de deposição. Por isso, a sedimentação consiste, basicamente, dos processos de intemperismo, erosão, transporte e deposição (GUSMÃO FILHO, 2002).

Os solos decorrentes da ação da erosão e transporte dividi-se em:

2.6.1.4.1.3 Solos Residuais:

Compreende os solos que permanecem no local de decomposição da rocha, oriundos da decomposição e degradação de rocha subjacente. Também denominado “in situ” por terem sido formados no mesmo local onde se encontram. Neste contexto estão inseridos dois tipos de solos residuais, Solo Eluvial e Solo de Alteração.

O Solo Eluvial sucede na superfície, expondo-se macroscopicamente homogêneo e isotrópico é também denominado de solo superficial e solo residual maduro. A seu tempo, o Solo de Alteração dá-se abaixo do solo eluvial e se exhibe heterogêneo e anisotrópico em razão da presença das estruturas das rochas originais.

2.6.1.4.1.4 Solos Sedimentares (Transportados):

São aqueles que foram levados ao seu local de depósito por algum agente de transporte, foram geralmente depositados mais inconsolidados e fofos que os residuais, e com profundidades variáveis.

Nos solos transportados, devemos diferenciar uma diversidade especial que é o solo orgânico, no qual o material transportado está junto com quantidades variáveis de matéria orgânica decomposta, que em quantidades notáveis, forma as turfeiras.

O solo transportado, de acordo com a capacidade do agente transportado, pode exhibir grandes variações laterais e verticais na sua composição.

As principais classes de solos transportados conforme Silveira (2000), são:

Aluviões (AL) – Constituídos por materiais erodidos, retrabalhados e transportados por curso d’água e depositados em leitos e margens. Ocorrem também em lagos e lagoas.

Terraço aluvial (TR) – Caracterizados por aluviões antigos, encontrando-se sempre em cotas superiores em comparação ao aluvião, tendo em vista que este foi depositado quando o nível de base do curso d’água se encontrava numa posição mais elevada que a atual.

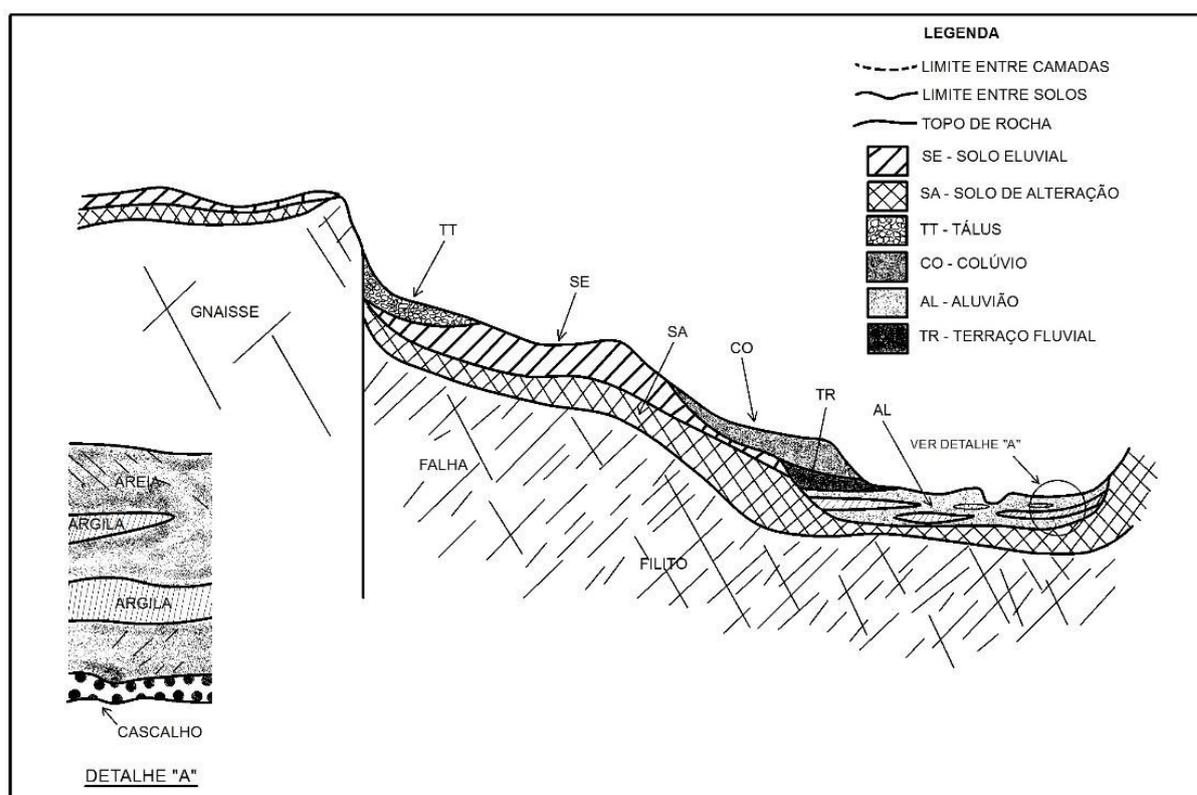
Colúvios (CO) – Material transportado por efeito da gravidade. Tal material só aparece no sopé de vertentes ou em lugares pouco afastados de declives que lhe estão acima.

Depósito de tálus (TT) – São formados pelos mesmos processos de transporte que produzem os colúvios, diferenciando-se pela presença de blocos de rocha.

Sedimentos marinhos (SM) – São produzidos em ambientes de praia constituído essencialmente por areias quartzosas limpas, finas a média e em ambiente de mangue pela desposição de finos associados com matéria orgânica.

Solos eólicos (SO) – São solos transportados e depositados pela ação dos ventos. São caracterizados por areias essencialmente quartzosas bem arredondadas encontradas em campos de dunas apresentando típica estratificação cruzada.

Figura 4 - Tipos e disposições de solos transportados



Fonte: (VAZ, 1996 apud DINIZ, 2015).

2.6.1.4.2 Erodibilidade

A erodibilidade é o produto integrado de processos que controlam a chuva no momento que encontra o solo e a sua respectiva resistência no que refere a desagregação de partículas e conseqüentemente movimentos destas, indicando o grau de suscetibilidade a erosão em relação às propriedades inerentes ao solo. (ARRAES et al, 2010)

A erodibilidade do solo é a sua vulnerabilidade ou suscetibilidade à erosão, que é a mútua da sua resistência à erosão. Um solo com alta erodibilidade sofrera mais erosão que um com baixa erodibilidade se ambos estiverem exposto a uma mesma chuva (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999).

Segundo Silva (2003), dentre os fatores que exercem importante influência no potencial de erodibilidade pode-se citar a capacidade de infiltração da água no solo e a destacabilidade e transporte das partículas sólidas pelo escoamento superficial. Desse modo, o estudo da erodibilidade [...] apresenta-se como um parâmetro importante tanto na previsão da erosão como no planejamento adequado do meio físico.

Nesse aspecto, um dos métodos mais conhecidos e utilizados de simulação, predição e quantificação de erosão hídrica é o modelo matemático EUPS – Equação Universal de Perdas de Solo.

A perda de solo esperada é determinada pelo produto de seis fatores: a chuva, a erodibilidade do solo, o comprimento e o gradiente da encosta, cultivo e manejo do solo e, práticas conservacionista. Assim a equação desenvolvida por WISCHMEIR & SMITH (1978) apud SILVA (2003) é definida:

$$A = R * K * L * S * C * P \quad (2)$$

Onde:

A = Estimativa de perda de solo (t/há);

R = Fator erosividade da chuva (MJ/ha. mm/há);

K = Fator erodibilidade do solo (t/ha/MJ/ha. mm/ha);

L = Fator comprimento da encosta (m);

S = Fator gradiente da encosta (%);

C = Cultivo e manejo do solo;

P = Prática conservacionista.

2.7. Caracterização pedológica e geológica da área de estudo

2.7.1. Pedologia

Segundo Roldan (2011), o desenvolvimento de solos é o resultado do processo de interação entre o substrato rochoso, padrões de relevo, clima regional e a evolução da cobertura vegetal. Nesse aspecto destacamos no presente item duas ordens de solo inseridos na área de estudo, a dos Latossolos Vermelho-Amarelos e Plintossolos pétricos.

2.7.1.1 *Latossolo Vermelho - Amarelo*

Os Latossolos são solos minerais, não - hidromórficos, em geral profundos, com horizontes B muito espessos e horizontes A, B e C pouco diferenciados. São solos muito evoluídos com estágio alto de intemperização e textura variando entre arenosa a francamente argilosa. Sua coloração vermelha se deve à presença de altos teores de Fe_2O_3 , ao passo que matizes mais amareladas estão relacionada à maior ou menor abundância de óxidos de alumínio principalmente. Esta ordem de solo está associada a relevo plano a suavemente ondulado, como colinas amplas, colinas médias e relevo de morros, podendo ocorrer ainda associada a espigões e morrotes alinhados (Op. Cit., 2011).

2.7.1.2 *Plintossolos Pétricos*

O Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBCS) elucida tal classe de solos no aspecto de solos composto por material mineral, exibindo horizonte plíntico, litoplíntico ou concrecionário (Figura 1), os quais são oriundos da segregação localizada de ferro, que procede como agente de cimentação. São expressivamente ácidos, podendo apresentar saturação por bases baixa (distróficos) ou alta (eutróficos), predominando os de baixa saturação.

Figura 5 - Plintossolo Pétrico

Fonte: Acervo da Embrapa Solos.

Os Plintossolos Pétricos São característicos de zonas quentes e úmidas, principalmente com estação seca bem definida ou que, pelo menos, expõe um período com decréscimo acentuado das chuvas. Toda via, ocorrem também na zona equatorial perúmida e mais esporadicamente em zona semiárida.

Por serem formados, normalmente, sob condições de restrição à percolação da água ou passível ao efeito temporário de excesso de umidade, são normalmente, imperfeitamente ou mal drenados. Parte dos solos desta classe (solos com horizonte plíntico) tem evento pertinente a terrenos de várzeas, áreas com relevo plano ou suavemente ondulado e, menos freqüentemente, ondulado, em zonas geomórficas de baixada. Da - se também em terços inferiores de encostas ou áreas de surgentes, sob condicionamento quer de oscilação do lençol freático, quer de alagamento ou encharcamento periódico por efeito de restrição à percolação ou escoamento de água.

Solos com dominância de horizonte concrecionário, produz melhor drenagem e ocupam posições mais elevadas. Encontram-se normalmente em bordas de platôs e áreas ligeiramente dissecadas de chapadas e chapadões das regiões central e Norte do Brasil, do Piauí e Maranhão.

Apresentam potencial agrícola, ligado principalmente em relevo plano ou suave ondulado, de muita utilização com o cultivo de arroz irrigado. Os concrecionários podem ser utilizados para produção de material para construção da base de estradas.

As principais limitações desta classe de solo para o uso agrícola estão relacionadas à baixa fertilidade natural, acidez elevada e drenagem.

2.7.2. Geologia

2.7.2.1. Bacias sedimentares

As bacias sedimentares são depressões na superfície que, ao longo do tempo, foram ocupadas por sedimentos. No decorrer de milhões de anos, a deposição de material sedimentar modifica - se em formações rochosas. De acordo com a sua origem, são três os principais tipos de substâncias que são depositadas nestas depressões: materiais de gênese biológica (restos de animais, fragmentos de conchas, recifes de coral, ossos etc.); materiais depositados por erosão de regiões próximas à bacia, em virtude da ação da água, vento, rios ou geleiras; e materiais lançados em corpos d'água dentro da bacia. Correntemente, as bacias sedimentares localizam - se em áreas de demarcações de placas tectônicas e, assim como a maior parte do relevo terrestre, estão em ininterrupto processo de renovação, com o depósito freqüente de sedimentos ou outros fatores tectônicos.

A classificação das bacias sedimentares obedece a critérios, sobretudo tectônicos, como: localização referente aos limites das placas, a natureza do substrato da crosta, a evolução tectônica e o grau de deformação.

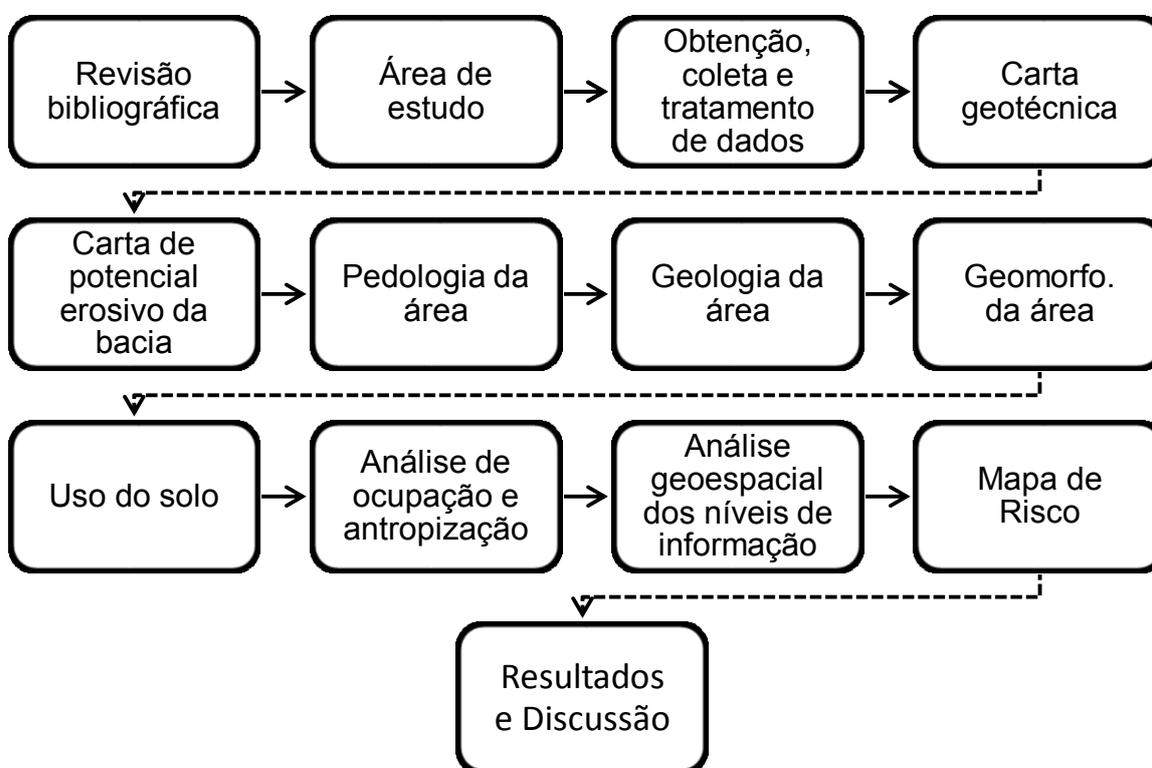
Dessa forma, podem ser considerados os seguintes tipos: fossas de afundamento, bacias intracratônicas, bacias oceânicas, margens continentais, bacias frontais, bacias de retroarco, bacias intramontanhosas e bacias de pull - apart.

No contexto brasileiro as bacias sedimentares fragmentam - se em três tipos: de grande extensão (bacias do Parnaíba), de menor extensão e de compartimento de planalto.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia desenvolvida no presente trabalho de modo geral limitou-se na revisão bibliográfica, revistas, artigos referente ao tema e a área de estudo, como também no levantamento e análise de informações já produzidas, aquisição e preparação das bases cartográficas. A figura 6 alude à metodologia empregada neste trabalho.

Figura 6 – Fluxograma das etapas empregadas neste trabalho



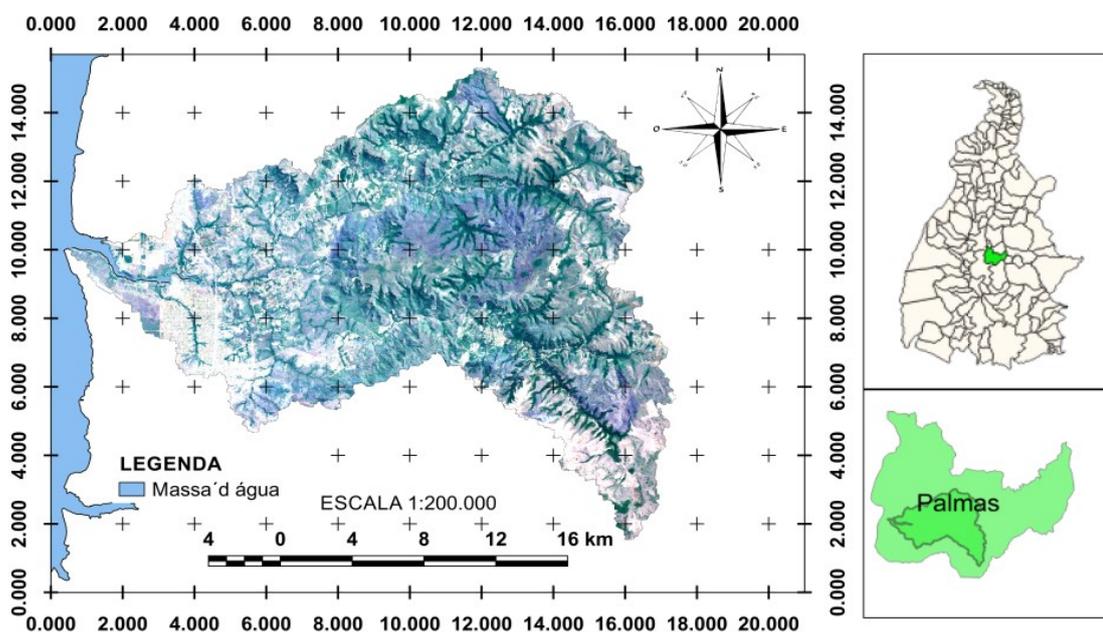
Fonte: AUTOR.

3.1. Área de estudo

3.1.1. Localização

A área de pesquisa corresponde à Microbacia do Ribeirão Taquaruçu grande com área de 450,48 Km² e comprimento aproximado de 32,5 Km próximo ao sentido leste-oeste, localizada no centro-sul do município de Palmas estado do Tocantins, entre os paralelos 10° 10' 41" e 10° 25' 05" de latitude Sul e os meridianos 48° 03' 46" e 48° 18' 34" de longitude oeste de Greenwich. A referida bacia é interceptada pelas rodovias estaduais TO-050, TO-020 e TO-030 responsáveis pelo acesso às regiões norte, sul e Leste do estado. Além de afluente direto do Rio Tocantins seus principais contribuintes pela margem esquerda são o Ribeirão Taquaruçuzinho, Córrego Machado e o Córrego Buritizal e pela margem direita são o Córrego Macacão e Córrego Tiúba.

Figura 7 – Localização da bacia de estudo em Palmas – TO



Fonte: AUTOR.

3.2. Obtenção, coleta e tratamento de dados

Os dados necessários à presente pesquisa , quando alusivo de forma parcial ou total à área de estudo, foram obtidos de órgãos públicos municipais, estaduais, federais e de trabalhos realizados ou em realização. Tais dados compõem-se em produtos cartográficos como mapas, cartas, e imagens de satélite.

Esses dados foram processados e tratados em ambiente SIG, para isso utilizou-se o software QGIS, software livre licenciado sob a “GNU General Public License”. O QGIS constitui-se em um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Ele é multiplataforma e roda em Linux, Unix, Mac OSX ,Windows e Android e suporta vários formatos vetoriais, raster, de banco de dados e outras funcionalidades. O QGIS fornece um número crescente de capacidades através de suas principais funções e complementos. Você pode visualizar, gerenciar, editar, analisar os dados e compor mapas impressos, obter uma primeira impressão com algumas screenshots e uma lista de recursos mais detalhada.

3.2.1. Carta geotécnica

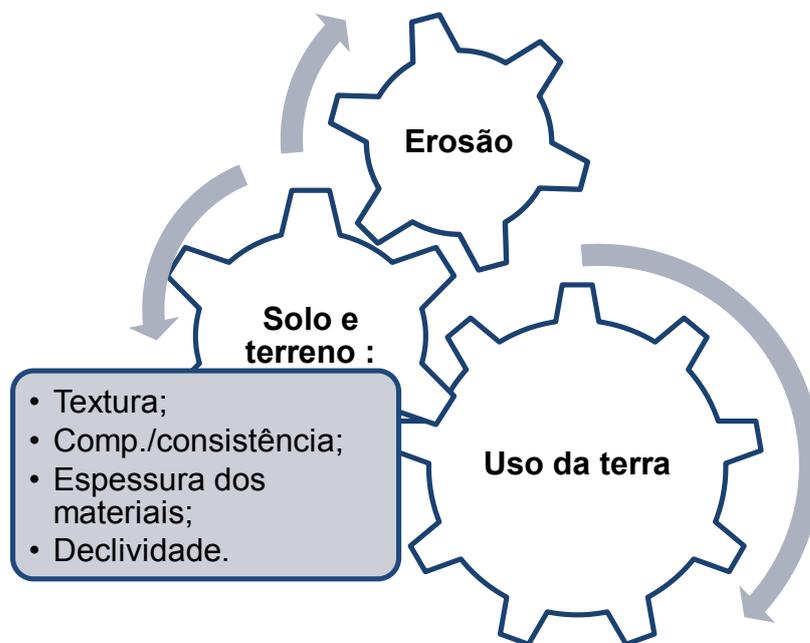
Para o desenvolvimento do presente trabalho utilizamos o mapeamento geotécnico, com recorte para a área da Bacia, realizado por Santos (2000) como parte integrante da base de dados da Secretaria do Planejamento e Meio Ambiente do Estado do Tocantins – SEPLAN. Esse mapa consiste em representar em meio cartográfico os componentes geotécnicos de significância para o uso e ocupação do solo e subsolo em projetos, construções e manutenções quando aplicados à engenharia civil, de minas e nos problemas ambientais. Nele é possível visualizar as unidades geotécnicas específicas de cada localidade, com informações sobre o tipo de solo, substrato e relevo predominante.

3.2.2. Carta de Potencial erosivo da Bacia

A elaboração dessa carta resultou da sobreposição dos planos de informações dirigidamente, tendo como fundamental critério analítico a textura dos materiais inconsolidados, declividade, cobertura e uso da terra, compacidade/ consistência e espessura dos materiais inconsolidados, além de um plano de

informações condizente a manifestação de fenômenos erosivos. A figura 8 ilustra a união dessas informações para geração do mapa de potencial erosivo.

Figura 8 – União dos Planos de informações



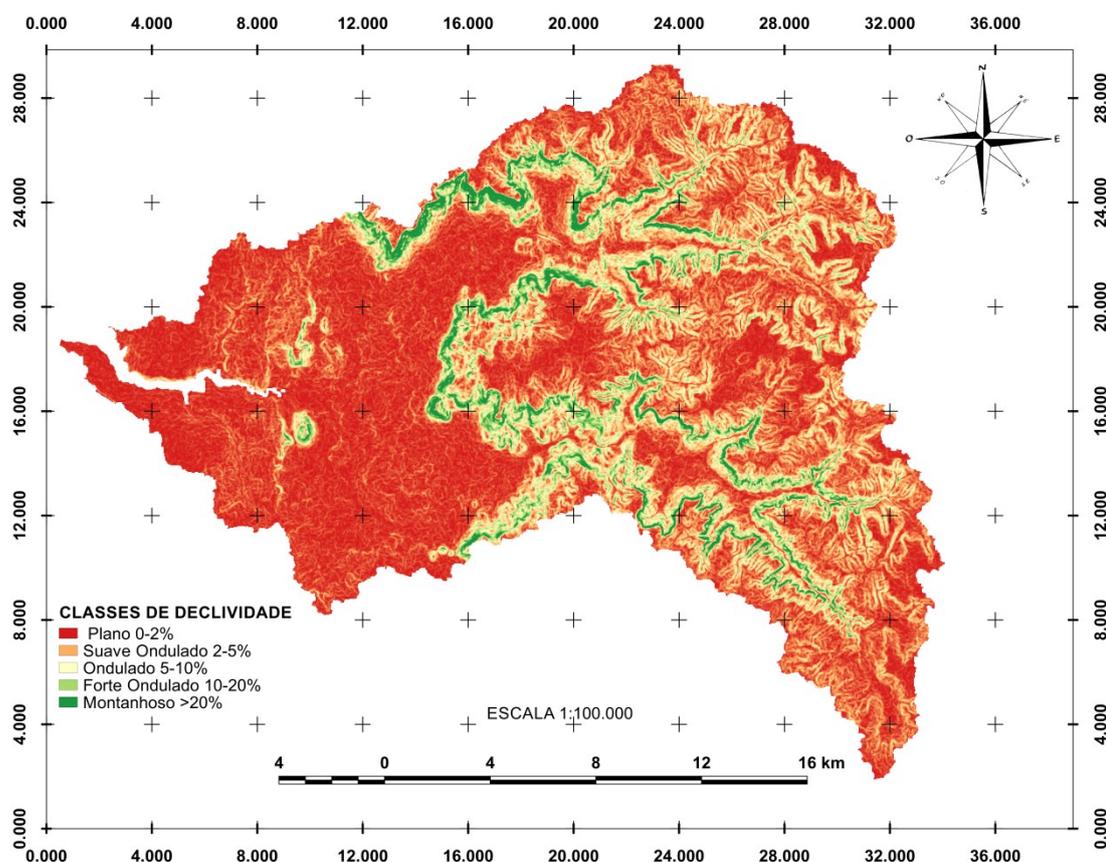
Fonte: AUTOR.

Para compor essa sobreposição elaboramos o mapa de declividade da bacia do Taquaruçu (figura 8), a partir da adição de um arquivo Raster contendo dados de elevação e utilizando uma cena do SRTM da referida bacia o que resultou em um mapa hiposométrico. Posteriormente através do caminho Raster – Extrair - contorno obtivemos as curvas de nível, as quais foram interpoladas de 50 – 50 m. Após Obtermos o modelo digital de elevação efetuamos a fragmentação do mesmo de acordo com as classes proposta por Zuquette (1987). A declividade foi gerada com valores em porcentagem (%), e as classes foram agrupadas como elucida a tabela 4.

Tabela 4 - Classes de Declividade adotadas para a área da Bacia do Taquaruçu

Classes de Declividade	Porcentagem (%)
1	0 - 2 %
2	2 - 5 %
3	5 - 10 %
4	10 - 20 %
5	> 20 %

Fonte: (ZUQUETTE,1987), Adaptado.

Figura 9 – Mapa de declividade da Bacia do Taquaruçu

Fonte: AUTOR

A classe 1 conforme depreendemos da tabela acima refere-se a áreas com inclinações muito plana, nas quais ocorre o escoamento superficial lentamente. A classe 2 diz respeito a áreas com inclinações suaves, nas quais ocorre os escoamentos superficiais lento ou médio. A classe 3 corresponde a áreas inclinadas, nas quais ocorre os escoamentos superficiais médio ou rápido. A classe 4 aponta para as áreas inclinadas a fortemente inclinadas, nas quais ocorre os escoamentos

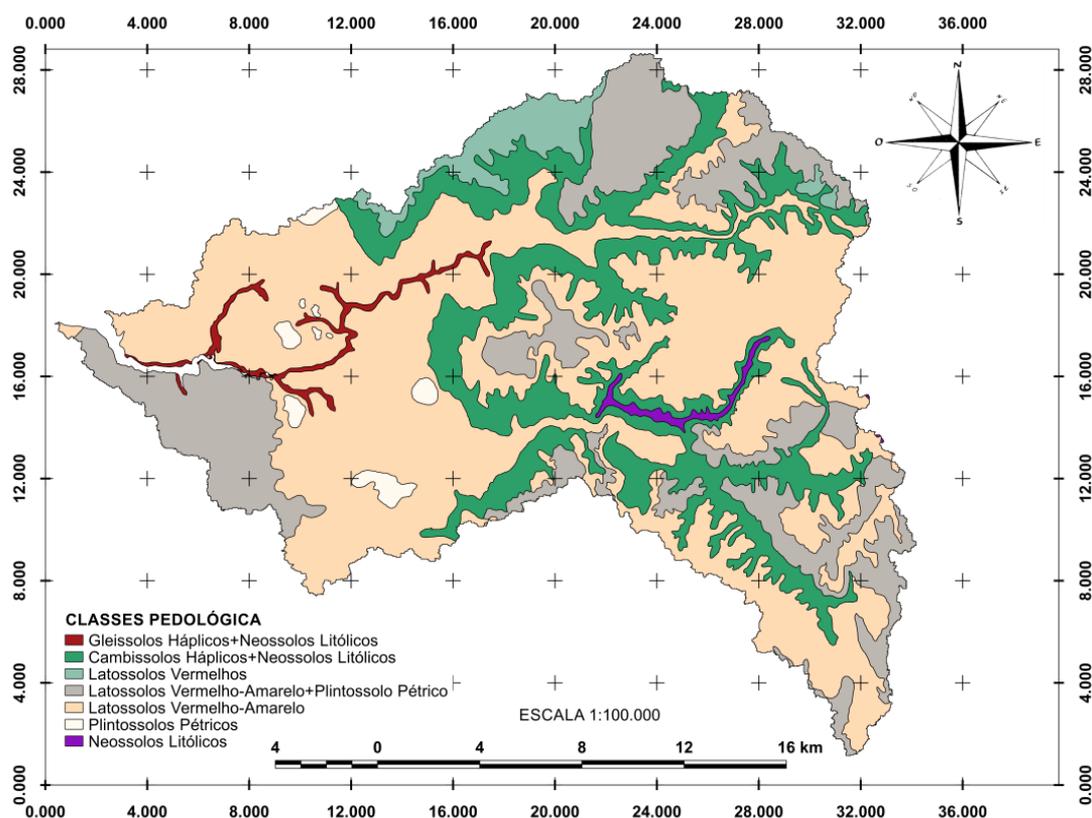
superficiais rápido ou muito rápido. A classe 5 aponta para as áreas fortemente inclinadas, nas quais ocorre os escoamentos superficiais muito rápido.

A inclinação de tais áreas não dificulta o trabalho mecânico desde que o mesmo seja realizado em curvas de nível por máquinas de tração animal ou por tratores de esteiras sob limitações e cuidados.

3.2.3. Pedologia da área

Parte dos trabalhos do projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1981) em escala 1:1000.000, e como complemento à base de dados da SEPLAN, em escala 1:250.000, advindo da compatibilização e uniformização de legendas das minutas originais do Projeto RADAMBRASIL (EMBRAPA, 1997) e, o mapa de solos do município de Palmas na escala 1:100.000 elaborado por Ranzani (1998), apontam as seguintes classes pedológicas na bacia de estudo: Os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELO, disseminados por quase toda região de estudo; LATOSSOLO VERMELHO; LATOSSOLO VERMELHO AMARELO + PLINTOSSOLO PÉTRICO; PLINTOSSOLOS PÉTRICOS; NEOSSOLOS LITÓLICOS; CAMBISSOLO HÁPLICO + NEOSSOLO LITÓLICO e GLEISSOLO HÁPLICO + NEOSSOLO FLÚVIO conforme figura 10.

Figura 10 – Mapa pedológico da Bacia do Taquaruçu



Fonte: SEPLAN

Os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS ocupam 238,88 km² (53,03%), geralmente distribuídos em áreas com relevo predominantemente plano e com declividades inferiores a 10%.

Os LATOSSOLOS VERMELHOS ocupam 13,89 km² (3,08%) distribuídos em manchas no norte e nordeste da área de estudo, em locais com relevo predominantemente plano com declividades inferiores a 10%.

Os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS em associação com PLINTOSSOLOS PÉTRICOS ocupam 92,99 km² (20,64%) distribuídos em manchas no centro, nordeste, sudeste e sudoeste da área de estudo, em locais com relevo predominantemente plano a suave ondulado e declividades inferiores a 20%. Uma das características marcante desse solo é seu comportamento friável em face de certas condições.

Os PLINTOSSOLOS PÉTRICOS ocupam 5,122 km² (1,14%). São solos minerais que se formam sob condições de restrições à percolação da água, fadados ao efeito temporal do excesso de umidade, considerados, de forma geral, como imperfeito ou mal drenados, tendo como peculiaridade a expressiva plinitização com ou sem petroplintita. caracteriza-se por ser constituído de material com horizonte plínico ou litoplínico ou concrecionário. São típicos de locais com relevo plano e com declividades inferiores a 10%.

Os NEOSSOLOS LITÓLICOS estão presentes em zonas de relevo ondulado a fortemente ondulado e declividades superiores a 20%. Ocupam 2,487 km² (0,55%).

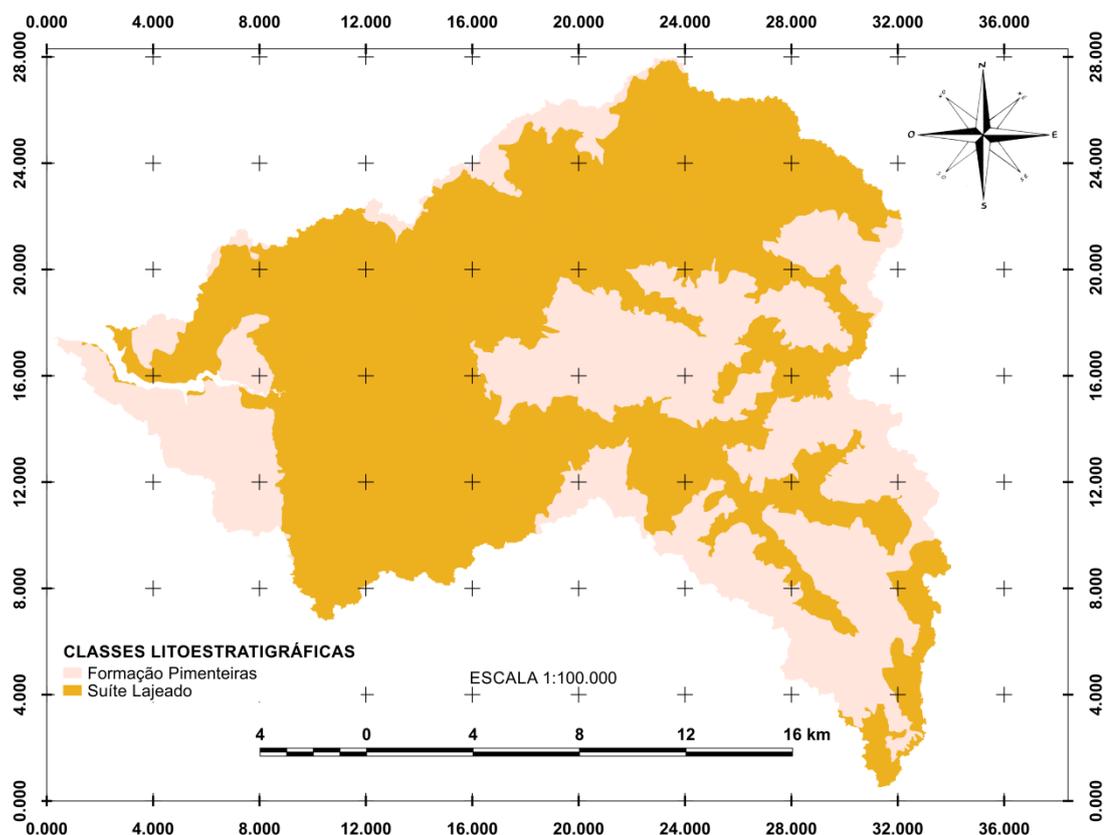
Os CAMBISSOLO HÁPLICO + NEOSSOLO LITÓLICO estão presentes em pequenas faixas de relevo ondulado a fortemente ondulado e com declividades superiores a 20%. Ocupam 91,41 km² (20,29%).

Os GLEISSOLO HÁPLICO + NEOSSOLO FLÚVICO estão presentes nos principais canais de drenagem da bacia de estudo, em locais com relevo plano e declividade menor que 5%. Ocupam 5,696 km² (1,26%).

3.2.4. Geologia da área

Conforme Santos (2000) e a SEPLAN, a área de estudo apresenta uma grande variedade de ambientes geológicos, caracterizado pela presença de litologias pertencente aos domínios da Bacia Sedimentar do Parnaíba, do Paleozóico, e da Suíte Granítica Ipueiras, do Neoproterozóico (figura 11).

Figura 10 – Mapa geológico da Bacia do Taquaruçu



Fonte: SEPLAN

O domínio da Bacia Sedimentar do Parnaíba está representada pela formação Pimenteiras e Serra Grande, disseminadas por quase toda a área de estudo. A FORMAÇÃO PIMENTEIRAS é caracterizada por apresentar uma seqüência clástica com predominância pelítica e estratificação plano-paralela e tabular, constituída por estratos e lentes areníticas na base, gradando para siltitos, argilitos e folhetos no topo. Acrescenta-se a esta litologia, a suscetibilidade à erosão linear, em sulcos e ravinas, por apresentar uma grande quantidade de concreções presentes junto à massa do solo, resultado em uma permeabilidade.

A formação SERRA GRANDE caracteriza-se por apresentar uma seqüência siliclástica com estratificação cruzada acanalada e plano-paralela, intercalada tabuladamente de arenitos finos e siltito. Acrescenta-se a manifestação de níveis métricos e centimétricos de conglomerados com seixos de quartzo bem arredondados.

O domínio dos Complexos Metamórficos do Arqueano e Proterozóico Inferior está representado pela SUÍTE GRANÍTICA IPUEIRAS também denominada de

SUÍTE LAJEADO. A SUÍTE GRANÍTICA IPUEIRAS, caracteriza-se por apresentar stokcs e batólito constituídos por mozongranitos, sieno granitos, biotita-monzogranitos e quartzo-sienitos, todos inequigranulares, porfiríticos, de granulometria media a grossa e geralmente de comportamento isotrópico, porem as vezes apresentando deformação dúctil incipiente e rúptil nas zonas preferenciais. Tal litologia esta associada a classes de solos de razoável resistência à erosão laminar e sulcos uma vez em condições naturais, e boa drenagem, caracterizados por apresentarem um horizonte B latossólico sob vários tipos de horizontes diagnósticos superficiais, boa drenagem interna, condicionada por elevada porosidade e homogeneidade de características ao longo do perfil e, em razão disto, elevada permeabilidade.

3.2.5. Geomorfologia da área

De acordo com os levantamentos realizados por Santos (2000) e os dados da SEPLAN, a área de estudo fragmenta-se nos domínios geomorfológicos Serra do Lajeado, geomorfológicos depressão de Palmas – Lajeado.

A parte da unidade geomorfológica Serra do Lajeado presente na área de estudo é formado por uma superfície de pediplanos apresentando o tipo de modelado Pgu e Pgi.

O pediplano degradado Pgu ocorre em grandes áreas dispostas no sentido norte-sudeste, assentado sobre litologias da formação pimenteiras, com distancia interfluvial media da ordem de 1.350 m, forte aprofundamento da rede de drenagem e em níveis altimétricos que vão de 550 a 650 m.

O Pgu é caracterizado por ser uma superfície de aplanamento parcialmente conservada, tendo perdido a continuidade em consequência de mudança do sistema morfogenético, dissecada e separada por escarpas e ressaltos de outros modelados de aplanamento. Frequentemente aparece mascarado, as vezes desnudado em consequência de exumação de camada sedimentar ou limpeza da cobertura preexistente.

O pediplano degradado Pgi ocorre mais a leste da área de estudo, em áreas dispostas no sentido norte-sul, assentado sobre litologias da formação pimenteiras, com distancia interfluvial media da ordem de 1.440 m, forte aprofundamento da rede de drenagem e altitudes variando de 650 a 750 m.

O Pgi é uma superfície de aplanamento com quase todas as características do Pgu, diferindo apenas por aparecer frequentemente mascarada, inumada por coberturas detríticas e ou alteração, representadas por couraças e ou latossolos.

A parte de unidade geomorfológica Depressão de Palmas-Lajeado presente na área de estudo é constituída por uma superfície de pediplanos retocado e por pequenas áreas de dissecação estrutural ou diferencial, representadas por dois tipos de modelados Pri e De. O pediplano retocado Pri ocorre no centro oeste da área de estudo, em uma grande área disposta predominantemente no sentido norte-sul, assentado sobre litologias da formação pimenteiras e suíte granítica ipueiras, com distancia interfluvial media da ordem de 1.770 m, médio aprofundamento da rede de drenagem e em níveis altimétricos que vão de 210 a 350 m.

O Pri é uma superfície de aplanamento com parcialmente todas as peculiaridades do Pru, diferindo apenas por apresentar cobertura detrítica e ou encouraçada com mais de 1 m de espessura.

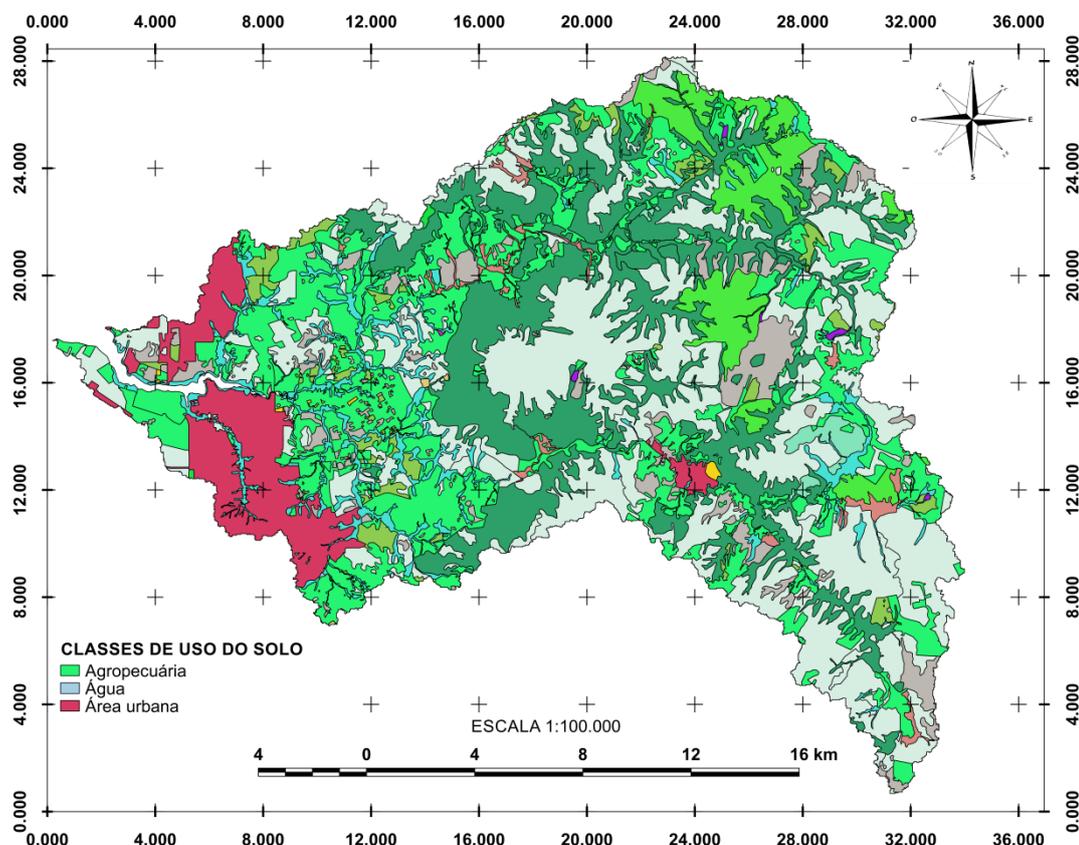
O modelado de dissecação De ocorre distribuído em diversas pequenas áreas dispostas no sentido norte-sul, assentado sobre litologias da suíte granítica ipueiras, com distancia interfluvial media da ordem de 500 m, fraco aprofundamento da rede de drenagem e altitudes entre 300 e 450 m.

O De é um modelado de dissecação marcada por controle estrutural, na qual os processos morfodinâmicos geram formas de relevo em conformidade com a estrutura geológica. Sua visualização no campo dá-se pelo fato de que o substrato mais resistente sobressai no relevo.

3.2.6. Uso do solo

A área de estudo no que tange ao mapeamento de uso da terra da micro bacia hidrográfica do ribeirão taquaruçu, de acordo com BRASIL (1981), Santos (2000) e SEPLAN, aponta diversas associações de classes, dentre as quais destacamos as classes: área urbana e pastagem plantada. Esse processo no âmbito de sua realização contou com as técnicas de processamento digital de imagens, especificamente a técnica supervisionada.

Figura 12 – Mapa de uso e cobertura do solo da Bacia do Taquaruçu



Fonte: SEPLAN

A classe área urbana, como evidencia a figura 12 correspondente a 6,89% da bacia (31,03 Km²), diz respeito a regiões com cobertura predominantemente de edificações e malha viária, constituindo os seguintes bairros de Palmas: Jardins Aurenys, Taquaralto, Taquarussu do Porto, Morada do Sol 1, 2 e 3, Vale do Sol, Setor Santa Fé, Setor Maria Rosa, Irmã Dulce e Bertaville. A área urbana na dinâmica da paisagem substitui o ambiente natural em virtude do processo de resistasia verdadeira (BERTRAND, 2004), provocada pela ação antrópica em trechos de Mata Seca, Cerradão e Cerrado Sentido Restrito, para instalação dos equipamentos urbanos, cujo processo de transformação é progressivo pela expansão das cidades de Palmas e Taquaruçu.

A classe Mata Seca, caracteriza-se por diversos níveis de caducifólia durante a estação seca. Possuem estrato arbóreo médio na ordem de 15 a 25 m de altura. Notável, geralmente, nos interflúvios e nos locais mais ricos em nutrientes, sendo dependentes das condições químicas e físicas do solo mesotrófico, principalmente da profundidade.

A classe Cerradão refere-se as áreas cobertas por formação vegetal com árvores de pequeno a médio porte na ordem de 8 a 15 m e aspectos xeromórficos, que apresenta alguns indivíduos emergentes e estrato herbáceo arbustivo.

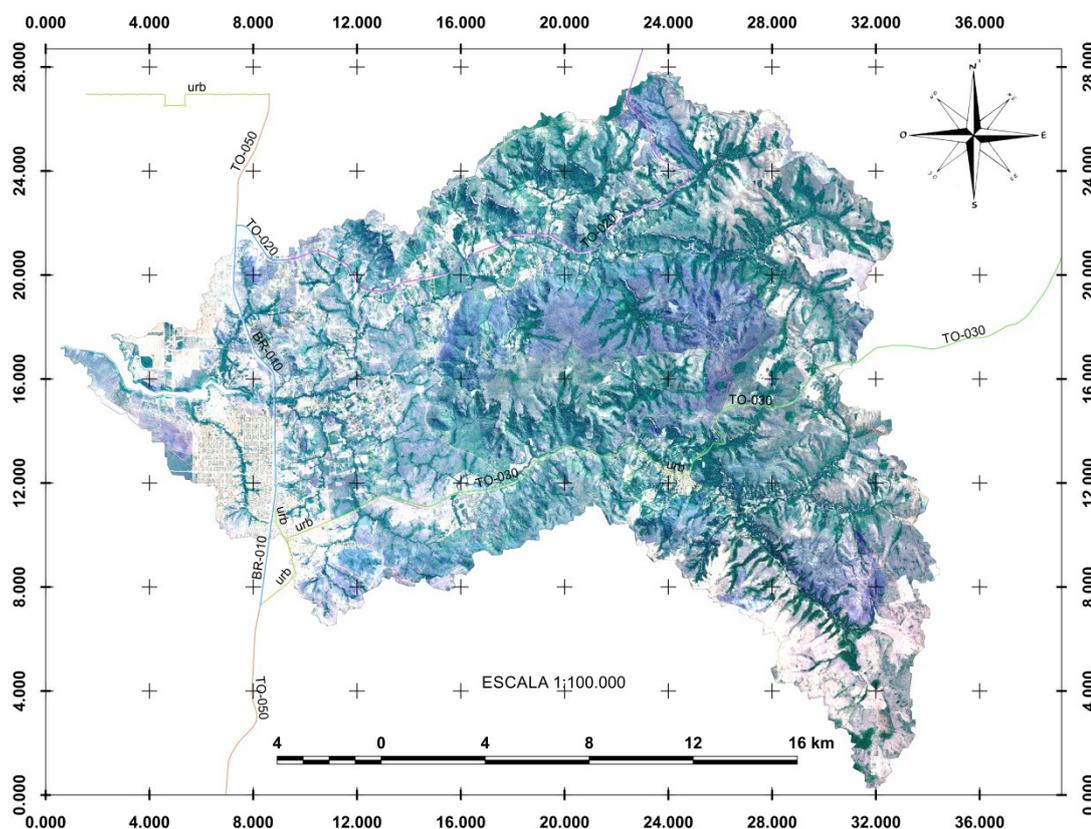
A classe Sentido Restrito ocorre nos topos, nas vertentes dos interflúvios ou planícies secas, assim como a Mata Ciliar, Mata de Galeria e Mata Seca. Na área ocupada por essa classe é notório o predomínio das espécies Pequi, Cajuí, Mangaba, Ipês, Less, Cabelo de negro, Capim barba-de-bode, Sambaíba, Pata de vaca, Muricis, entre outras.

A classe agropecuária representando 22,45% (101,12 Km²) da área da bacia, diz respeito às áreas onde a cobertura natural foi substituída por pastagem plantada para a prática de pecuária semi-intensiva. Compreende áreas de usos antrópicos diversos fora da área urbana como os usos agropecuários (arroz, feijão, mandioca e milho, dentre outras culturas como criação de animais), áreas de reflorestamento com *Eucalyptus* sp. e solo exposto e áreas parceladas para fins de chácaras .

3.2.7. Análise de ocupação e antropização

Objetivando avaliar a área de expansão urbana, esta etapa contou com a interpretação da carta imagem da bacia proveniente do Satélite SPOT com resolução espacial de 5m do ano de 2014. Uma vez que consideramos a elevada taxa de crescimento demográfico médio anual da área de estudo e a tradicional prática de remoção da cobertura vegetal nas áreas de expansão urbana e nas áreas de expansão de atividades agrícolas, bem como a estreita relação desta prática com o desencadeamento de processos erosivos, torna-se importante a consideração desta informação nos procedimentos de análise do meio físico para fins de ordenamento territorial.

Figura 13 – Carta imagem da Bacia do Taquaruçu



Fonte: SEPLAN

Neste aspecto depreende-se da carta imagem da bacia, conforme figura 13, que algumas modificações de natureza antrópicas surgem na mesma, com destaque para a acentuada urbanização advinda dos bairros Santa Fé, Vale do Sol, Morada do Sol 1, 2 e 3 e conjunto Maria Rosa na extremidade Sudoeste, a direita da BR – 010, ladeando a TO – 030 via de acesso a Taquaruçu do Porto. Percebe-se como modificação provocada pelo avanço de tais bairros a invasão as áreas de Mata ciliar culminando no processo de degradação das mesmas principalmente nas regiões de nascentes, além da invasão as áreas Cerradão e Agropecuária.

Na região Noroeste da bacia, a direita da BR – 010 e sob a TO – 020 tem-se a aparente modificação das áreas Agropecuária, Serrado Sentido Restrito, Mata ciliar e Capoeira. Na extremidade Oeste a esquerda da BR – 010, onde está concentrado parte do perímetro urbano de Palmas, é notório a modificação das áreas Agropecuária com destaque para a substituição invasiva das áreas Cerradão, Capoeira e Cerrado Sentido Restrito pelas Áreas Urbanas. A extremidade Sudoeste, especificamente a esquerda da BR - 010 há evidencias de que nos últimos anos o

acréscimo do bairro Bertaville e a expansão dos bairros Jardins Aurenys na direção leste, provocaram uma tendenciosa supressão das áreas Cerrado Sentido Restrito e Mata Ciliar, estando esta última margeada no Córrego Machado. A devastação das matas ciliares do referido Córrego tem propiciado segundo Molfi (2010), o seu amplo processo de assoreamento decorrente de fenômenos erosivos que por sua vez, estão alinhados a irregularidade topológica como as que foram constatadas no Aurenny III pelo mencionado autor.

A mata ciliar tem a funcionalidade de filtro ambiental, responsável pela retenção de poluentes e sedimentos que chegam aos cursos d'água, sendo fundamental para o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos. Desta forma, a manutenção da mata de galeria protege contra a erosão das ribanceiras e o conseqüente assoreamento dos recursos hídricos, conservando a qualidade e o volume das águas (SOUZA, M., 2006).

De modo geral as classes Agropecuária e Mata Ciliar apresentam-se entre outras como as mais atingidas pela ação antrópica por conta da acelerada expansão urbana como a que ocorre no Sudoeste da bacia, na parte mais baixa, impulsionada pelo micro parcelamento da terra e pela crescente especulação imobiliária em seus bairros.

Como resultado deste fenômeno ocupacional, tem-se que cerca de 93.819 habitantes residem na bacia, sendo 5.469 no Distrito de Taquaruçu e 88.350 moradores na região sul de Palmas (PALMAS, 2014). Fato este, originado da criação do distrito de Taquaruçu, e posteriormente a instalação da capital do Estado do Tocantins, Palmas, em 1998.

Desde a implantação do Município de Palmas, datada a partir de 1990, o incremento das ações antrópicas sobre os recursos naturais aumentaram de maneira que a sub-bacia do Ribeirão Taquaruçu ganhou maior significância posto ser a principal fornecedora de bens/serviços ambientais, tendo como principais atividades potencialmente impactantes: Rodovia TO-030 – a construção desta rodovia culminou na expressiva alteração da paisagem visto que o seu traçado original foi mudado na época do asfaltamento; Estação de Tratamento de água – ETA 006 – tendo sua captação de água a jusante da junção dos ribeirões Taquaruçuzinho e Taquaruçu, responsável pelo abastecimento de 66% do município de Palmas, atendendo aproximadamente 50 mil famílias em parte do plano diretor, distrito de Taquaralto e Aurenny's; Estação de Tratamento de Esgoto –

ETE - localizada próximo à foz do Ribeirão Taquaruçu Grande é responsável pelo tratamento do esgoto dos bairros.

Como medidas preventivas destaca-se, que diversas ações já foram planejadas para estimular a preservação e recuperação ambiental da bacia. A primeira destas ocorreu no ano de 2007, onde a Prefeitura municipal instituiu o programa “Pra preservar basta começar” que teve como objetivo retirar o material sedimentado proveniente do assoreamento, reflorestar as margens e cabeceiras de rios e córregos, e conscientizar os moradores por meio de ações de plantio de árvores e a retirada do lixo deixado por visitantes em locais de visitação (BRITO, 2012).

Em conjunto a esta fase analítica no ponto de vista ocupacional e antrópico, procedemos a identificação das atuais quadras inseridas na bacia, que estão sujeitas aos processos erosivos. Em primeira instancia pretendíamos efetuar a digitalização dos atuais lotes contidos na área de estudo entretanto, alguns dos atuais lotes encontram-se em processo de aprovação na prefeitura como os pertencentes ao Setor Vale do Sol. Desta forma, dada a viabilidade de conseguirmos junto aos órgãos públicos dados referente aos lotes que encontram-se aprovados, optamos por fazer uso destes ao relacionarmos as áreas sujeitas a fenômenos erosivos.

3.2.8. Análise geoespacial dos níveis de informação

Essa etapa concentrou-se no cruzamento dos dados de erodibilidade do solo com o fator de declividade da bacia de estudo utilizando análise espacial de dados existentes. Como critério analítico efetuamos a associação dos tipos de solos existentes na bacia com a declividade que os mesmos sobrepõe, resultando desta forma na obtenção de classes de erodibilidade correspondentes a cada classe pedológica como descrita no item 4.1.

3.2.9. Mapa de risco

Nessa fase procedemos a relação do mapa de erodibilidade com a área de expansão urbana, avaliando se há risco de processos erosivos na região que tende a crescer urbanisticamente. Para tanto, levamos em consideração os indicadores

naturais condizentes a declividade e exposição do solo quando desprovido da vegetação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Mapa de erodibilidade

Entre muitas variáveis condicionantes a erosão sem dúvidas, a declividade é uma das que exercem expressiva influência sobre esse processo. Horas promovendo o aumento da velocidade do escoamento superficial da água e horas diminuindo essa velocidade. Em se tratando de uma área na qual sua altimetria favorece intensivamente o escoamento superficial da água, admite-se que esse aspecto natural influirá no transporte de material levando em conta seu tamanho e quantidade.

Cabe ainda ressaltarmos que pra cada tipo de solo detentor de diversas propriedades como textura, densidade, permeabilidade e estrutura, tem - se reações diferentes sob o efeito da água, ocorrendo em face dessas peculiaridades a menor ou maior possibilidade de fragmentação das suas partículas.

Toda via, embora considerando uma área com alta declividade teremos como agente relevante para diminuir a intensidade do escoamento superficial da água, a vegetação, quando existente nessa área. Uma das funcionalidades importantes da vegetação é conter o solo sob efeito dos processos erosivos e amortecer os impactos das gotas de chuva sobre o mesmo.

Com base nesses argumentos o mapa de erodibilidade do presente trabalho (figura 14) no âmbito de sua elaboração adotou como critério analítico a pedologia e a declividade da área com a ausência da vegetação. Deste modo as áreas com declividades de carácter ondulado a montanhoso foram classificadas em áreas com Alta e Muito alta erodibilidade respectivamente, enquanto as áreas correspondentes a declividades Plana a Suave ondulado foram classificadas em áreas com Baixa e Média erodibilidade.

A tabela 5 elucida as classes de erodibilidade adotada para cada tipo de solo contido na área de estudo.

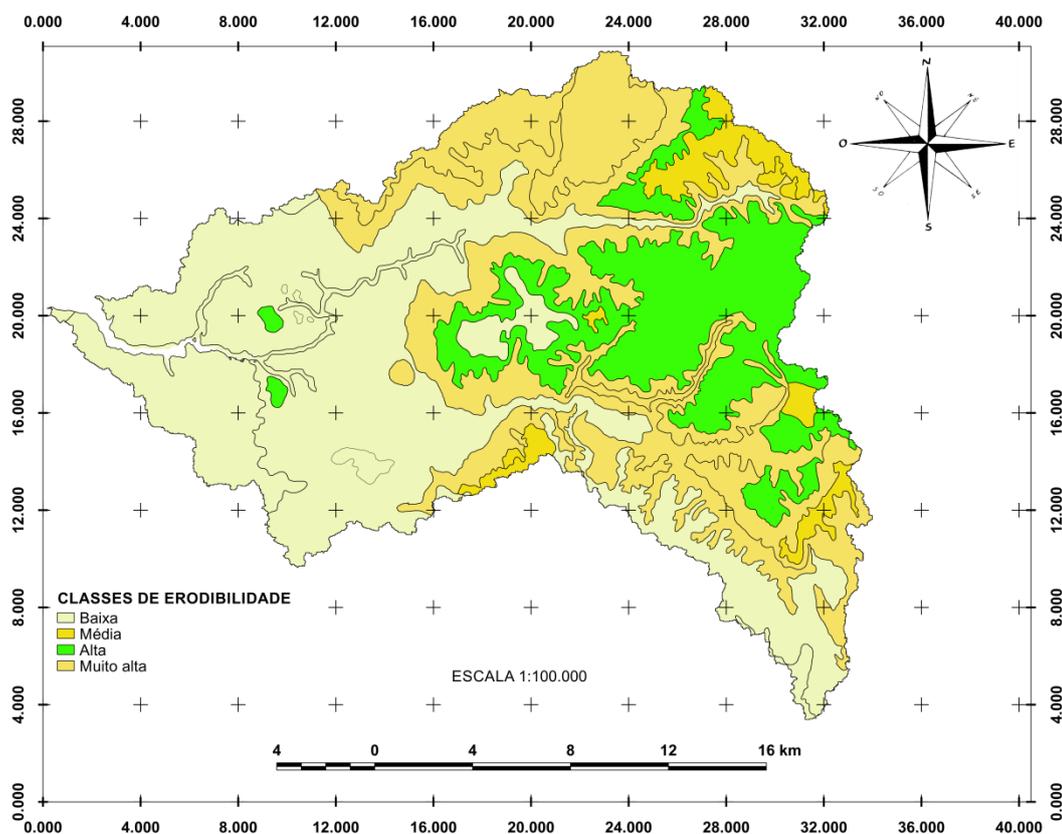
Tabela 5 - Classes de erodibilidade e respectivos tipos de solos existentes na Bacia do Taquaruçu

Tipo de Solo	Classes de erodibilidade
Latossolos Vermelho-Amarelos; Latossolos Vermelho Amarelo+Plintossolo Pétricos; Plintossolos Pétricos; Gleissolos Háplicos+Neossolos Litólicos.	Baixa
Latossolos Vermelho Amarelo+Plintossolo Pétricos; Latossolos Vermelhos; Latossolos Vermelho-Amarelos.	Média
Latossolos Vermelho-Amarelos; Plintossolos Pétricos.	Alta
Cambissolos Háplicos+Neossolos Litólicos; Latossolos Vermelhos; Latossolos Vermelho Amarelo+Plintossolo Pétricos; Plintossolos Pétricos.	Muito Alta

Fonte: AUTOR.

De acordo com o exposto na tabela acima se percebe que alguns solos como os Latossolos Vermelho Amarelo+Plintossolo Pétricos distribuídos em diferentes áreas da bacia, receberam mais de uma classificação. A justificativa para tal classificação decorre do fato de que apenas 1,91 % desse de solo exemplificado se apresenta com Baixa; 3,51 % se apresenta com Média enquanto 9,35 % desse solo se apresenta com classe de erodibilidade Muito Alta, por isso termos para um mesmo tipo de solo diferentes classes de erodibilidade.

Figura 14 – Mapa de erodibilidade da Bacia do Taquaruçu



Fonte: AUTOR.

No contexto mais amplo a tabela 6 faz alusão as classes de erodibilidade e suas referidas representatividade em Km² (quilômetro quadrado) e porcentagem.

Tabela 6 – Representação das classes de erodibilidade em quilômetro quadrado e em porcentagem

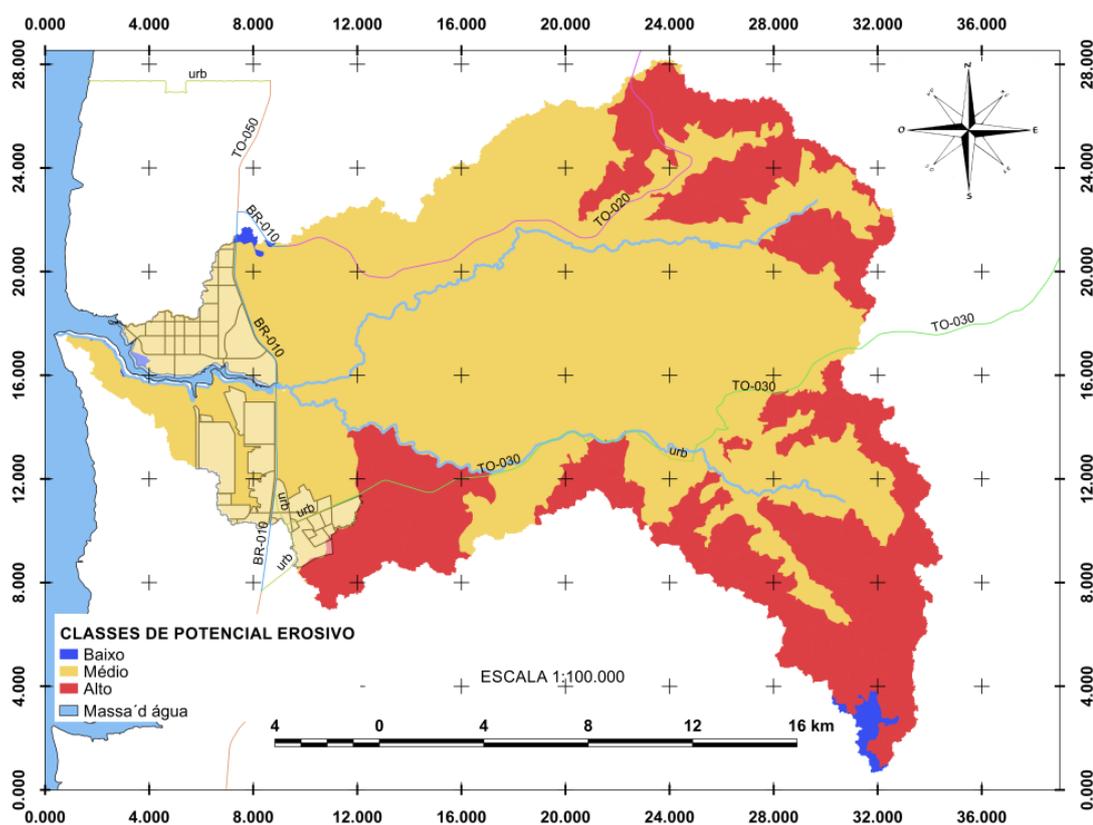
Classes de erodibilidade	Área (Km ²)	Área (%)
Baixa	198,02	43,96
Média	20,63	4,58
Alta	81,91	18,18
Muito Alta	149,87	33,27

Fonte: AUTOR.

4.2. Carta de potencial erosivo

Carta de potencial erosivo objetiva atender as exigências dos diversos tipos de usuários, sendo utilizado vários mecanismos para a sua elaboração como a sobreposição simples consistindo na seleção, hierarquização e combinação dirigida das informações. Santos (2000) ao elaborar a carta de erodibilidade potencial dos materiais inconsolidados da área a oeste do município de Palmas, reconheceu essa área com o predomínio de Baixa, Média e Alta erodibilidade potencial. Desta forma, absorvermos as informações contidas no trabalho do autor mencionado, visando chegar ao aspecto erosivo que melhor se relaciona com os dados geotécnicos alcançado por este, os quais são depreendidos da bacia aqui estudada.

Figura 15 – Carta de potencial erosivo da Bacia do Taquaruçu



Fonte: AUTOR.

Como pode ser observado na figura 15, as classes de potencial erosivo disseminadas na bacia de estudo resumem-se a Baixa, Média e Alta suscetibilidade a fenômenos erosivos, com destaque para o predomínio da média potencialidade

erosiva, concentrada na região central da bacia e em parte da extremidade norte, oeste, leste e sudeste. A classe média potencialidade erosiva sobrepõem os solos com textura Areno siltosa com argila, Areno argilosa, Silto argilosa com pedregulhos, Pedregulho siltosa, Areno siltosa com pedregulhos e Silto argilosa com areia, apresentando compacidade/consistência médio, médio a compacto e compacto, pertencendo às classes litológicas do Granito, Arenito e Siltito. Corresponde a 70,39% do total da área de estudo, tendo como manifestação a erosão laminar. A vegetação existente na região montanhosa e a baixa declividade na área urbana e demais áreas, contribuem para o aspecto da média erosão.

A classe baixa potencialidade erosiva sobrepõem os solos com textura Silto argilosa, Areno siltosa e Pedregulho arenosa, apresentando compacidade/consistência médio a compacto e rijo, pertencendo à classe litológica do Argilito. Corresponde a 0,51% do total da área de estudo, tendo como principal manifestação a erosão laminar e laminar e sulcos. Abrange as extremidades noroeste, sudeste e oeste no limite da malha urbana do município de Palmas, especificamente na margem do ribeirão Taquaruçu grande. A vegetação existente e a suave declividade contribuem para o aspecto da baixa erosão.

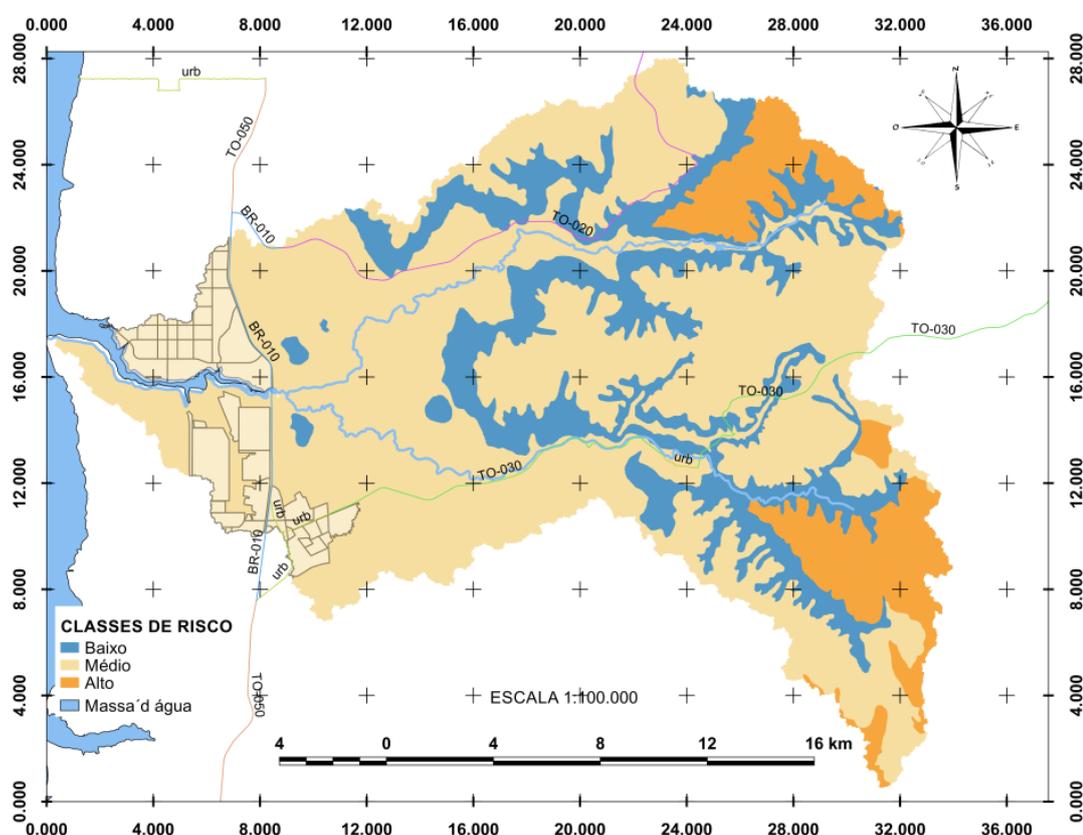
A classe alta potencialidade erosiva sobrepõem os solos com textura Silto arenosa com argila, Pedregulho arenosa e Areno argilosa com pedregulhos, apresentando compacidade/consistência médio a compacto e compacto, tendo como principal manifestação a erosão laminar e laminar e sulcos. Corresponde a 29,11% do total da área de estudo. A referida classe insere-se nas extremidades nordeste, sudeste, sul e sudoeste. Nessa última região da bacia onde há o avanço da malha urbana a direita do setor Morada do Sol II e sob o setor Morada do Sol III, percebe-se a ativa alteração das áreas para fins agropecuário, enquanto a esquerda da TO – 030 sentido Taquaruçu do Porto na região de expansão do setor Vale do Sol, nota-se a modificação das áreas de caráter agropecuário e Cerradão. Tais fatores contribuem para o aspecto da alta erosão, embora se tratando de áreas com baixa declividade.

4.3. Mapa de risco

O mapeamento de risco do presente trabalho objetivou a identificação e classificação das áreas de expansão quanto ao risco de processos erosivos. Como

critério importante dessa fase realizamos o cruzamento dos dados obtidos do mapa de erodibilidade com as informações referente à vegetação existente na bacia. Desta forma, para as áreas em que a cobertura vegetativa encontra-se conservadas atribuímos classe de risco Baixo enquanto, para as áreas em que a cobertura vegetativa se apresenta razoavelmente conservadas atribuímos classe de risco Médio ao passo que, para as áreas em que a cobertura vegetativa se apresenta em estado de degradação atribuímos classe de risco Alto tendo em vista a vulnerabilidade de tais áreas aos processos erosivos nessas condições.

Figura 16 – Mapa de risco da Bacia do Taquaruçu



Fonte: AUTOR.

A tabela 7 permite inferir as classes de risco constatadas nas áreas da bacia do Taquaruçu com suas referidas áreas.

Tabela 7 – Classes de risco e suas respectivas áreas na Bacia do Taquaruçu

Classes de risco	Área (Km²)	Área (%)
Baixo	87,29	19,38
Médio	316,66	70,29
Alto	46,53	10,33

Fonte: AUTOR.

As áreas da bacia que perfazem o limite das regiões montanhosas e características de ambientes onde há permanência vegetativa, se apresentam com Baixo risco a processos erosivos. Tais áreas estendem-se do centro ao sentido Norte, Nordeste, Leste e Sudeste da bacia, são típicas dos Cambissolos Háplicos+Neossolos Litólicos constituindo-se em um fator limitante para a expansão urbana.

As áreas de Médio risco compreende o perímetro urbano e a região central da bacia abrangendo as áreas periféricas da região Norte, Sul, Leste e Sudeste além da moderada expansão dos setores Santa Fé, Morada do Sol 2 e 3 e Vale do Sol, precisamente no Sudoeste da bacia.

As áreas apontadas com Alto risco estão detidas na porção Nordeste e Sudeste da bacia sendo características de regiões com o predomínio de declividades inferiores a 20 % isentas de aglomerados urbanos.

5. CONCLUSÃO

A espacialização dos dados de erodibilidade nos permitiu observar que os Latossolos em algumas áreas da bacia se apresentaram com Alta e Muito alta possibilidade de ser erodido fator este, contrário as propriedades físicas dessas classes pedológicas conhecidas por pertencerem ao domínio dos solos lateríticos de resistência razoável a erosão laminar e sulcos. Um demonstrativo de que os indicadores naturais do terreno como inclinação acima de 20 % em grandes extensões e ocupação do solo, podem desencadear processos erosivos incapaz de serem superados pela resistência que o solo oferece.

Quanto à análise da suscetibilidade erosiva dos solos contidos na área de estudo constatou-se no aspecto texturial que os solos Siltosos, Arenosos e Argilosos são os mais vulneráveis ao desencadeamento de processos erosivos.

No que tange a carta de potencial erosivo a classe correspondente a Alta exposição à erosão é típica de áreas onde tem - se um denso eixo de drenagem como constatado nas regiões Nordeste e Sudeste da bacia do Taquaruçu aspecto este, decorrente do declive acentuado de tais áreas tornando-as em áreas de Alto risco. Em se tratando das áreas com Média exposição à erosão cabe salientarmos que as mesmas podem progredir para Alta, na medida em que ocorrerem alterações do uso do solo e o avanço da urbanização nas envoltórias das matas ciliares como depreendido neste trabalho. Isto posto tem-se como consequência o transporte de materiais sedimentares rumo às vertentes naturais, findando no encontro destes com os corpos hídricos da bacia que, ao seu tempo, além de ter a qualidade de suas águas alteradas vivenciará ameaças de assoreamento (MOTA, 2003).

Portanto a expansão urbana no entorno da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquaruçu desprovida de um eficiente controle de drenagem pode aumentar a probabilidade de assoreamentos dos rios e conseqüentemente diminuir a vazão do principal rio da referida bacia.

As técnicas de geoprocessamento concentradas no uso do QGIS possibilitaram reconhecer a bacia hidrográfica em estudo, como também as áreas sensíveis aos processos erosivos, mesmo que em menores proporções. Permitindo assim, constatar que 74,54% da área da bacia esta sob o efeito da erosão Laminar enquanto em 25,46% da área impera a erosão Laminar e Sulcos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGEITEC (Agencia Embrapa de Informação Tecnológica). Disponível em: < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn362ja202wx5ok0liq1mqrmdmmd4k.html >. Acesso em 30 de maio de 2016.

ANDRADE, Ricardo Fernandes de. **MAPEAMENTO GEOTÉCNICO PRELIMINAR EM ESCALA DE SEMI-DETALHE (1:25.000) DA ÁREA DE EXPANSÃO DE UBERLÂNDIA-MG**. 2005. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005. Cap. 1.

ARRAES, Christiano Luna; PAES BUENO, Celia Regina; TARLE PISSARRA, Teresa Cristina. **ESTIMATIVA DA ERODIBILIDADE DO SOLO PARA FINS CONSERVACIONISTAS NA MICROBACIA CÓRREGO DO TIJUCO, SP**. Bioscience Journal, p. 849-857, 2010.

BARBOSA, C. C. F (1997) – **ALGEBRAS DE MAPAS E SUAS APLICAÇÕES EM SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO**. Dissertação de Mestrado. INPE. São José dos Campos, SP.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO F. (1999). **CONSERVAÇÃO DO SOLO**. Ed. Ícone, São Paulo, SP, 2.ed, 355p.

BERTRAND, G. **PAISAGEM E GEOGRAFIA FÍSICA GLOBAL**. Esboço Metodológico. R. RA` E GA, Curitiba, n. 8, p. 141-152. Editora UFPR. 2004.

BRASIL. **Projeto RADAMBRASIL Folha SC 22 Tocantins**. Geologia, Geomorfologia e Vegetação. DNPM, Rio de Janeiro, RJ. 520p. 1981.

BRITO, Eliseu Pereira. **PLANEJAMENTO, ESPECULAÇÃO IMOBILIÁRIA E OCUPAÇÃO FRAGMENTADA EM PALMAS**. Revista Caminhos de Geografia, v. 11, n. 34, p. 94-104, 2010.

BRITO, C. de F. P. **AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM DUAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS DO RIBEIRÃO TAQUARUÇU GRANDE, MUNICÍPIO DE PALMAS, TO**. 128 f, 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins, 2012.

CASTRO, Fernando R. et al. **CARTOGRAFIA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS CACHORROS**. Revista Geonorte, v. 3, n. 6, p. 750-759, 2016.

CAMAPUM de CARVALHO, J.C. (2006). **PROCESSOS EROSIVOS NO CENTRO OESTE BRASILEIRO**. Editora FINATEC.

CÂMARA, G. et al. (1996). **MODELOS, LINGUAGENS, ARQUITETURA PARA BANCOS DE DADOS GEOGRÁFICOS**. Tese de Doutorado, UNICAMP, Campinas, SP, 197 P.

CERRI L.E.S. & Amaral, C. P. 1998. **RISCOS GEOLÓGICOS**. In: A. M. S. Oliveira & S. N. A. Brito (eds). Geologia de Engenharia, ABGE, p.301-310.

CHIOSSI, Nivaldo. **GEOLOGIA DE ENGENHARIA**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 24 p. Disponível em: < <http://www.ofitexto.com.br/geologia-de-engenharia-3-ed-/p>>. Acesso em: 22 mar. 2016.

COSTA, Aline Nogueira; POLIVANOV, Helena; ALVES, Maria da Glória. **MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PRELIMINAR, UTILIZANDO GEOPROCESSAMENTO, NO MUNICÍPIO DE CAMPOS DOS GOYTACAZES, ESTADO DO RIO DE JANEIRO**. IN: ANUÁRIO DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – UFRJ, 2008, Município de Campos dos Goytacazes, BR: ISSN 0101-9759 E-ISSN 1982-3908, 2008. p. 50-64 - Vol. 31 - 1 / 2008 p. 50-64. Disponível em: <http://www.anuario.igeo.ufrj.br/anuario_2008_1/2008_1_50_64.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2016.

CORRÊA, A.A.M. (1959). **MÉTODOS DE COMBATE A EROSÃO DO SOLO**. Brasil, Rio de Janeiro. Ministério da agricultura, serviço de informação agrícola. Série didática Nº 17, 152 p.

CUNHA, M.A. **OCUPAÇÃO DE ENCOSTAS**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, nº 1831, 1991.

DAVIS, C & CÂMARA, G (1999). **ARQUITETURA DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA GEOPROCESSAMENTO: Princípios e aplicações**. G. Câmara & J.S Medeiros, INPE, São José dos Campos, SP. No prelo.

DUARTE, F. **Planejamento Urbano**. 2ª ed. Paraná: Ibpex, 2011.

ESTUDO PRÁTICO. Disponível em: < <http://www.estudopratico.com.br/bacias-sedimentares-classificacao-e-as-bacias-brasileiras/>>. Acesso em 30 de maio de 2016.

ESQUEF, Israel Andrade; ALBUQUERQUE, Márcio Portes de; ALBUQUERQUE, Marcelo Portes de. **PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS.** CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS–CBPF, 2003.

FARAH, F. **Habitação e encostas.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). 312p. 2003.

FERNANDES, Joana Filipa Costa. **MODELAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS NO ALTO DOURO VINHATEIRO: O CASO DE ESTUDO DA QUINTA DE S. LUIZ.** 2014.

GALVÃO, Roberta Fontan Pereira. **Expansão Urbana e Proteção Ambiental em Metrôpoles brasileiras 1980 - 2010.** 2011. 229 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2011.

GOES, M.H.B. **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL POR GEOPROCESSAMENTO DO MUNICÍPIO DE ITAGUAÍ.** Tese (Doutorado em Geografia)- Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, 1994, 529 p.

GONZALEZ, R. C. and Woods, R. E., **DIGITAL IMAGE PROCESSING, ADDISON WESLEY,**1993.

GUSMÃO FILHO, Jaime de A.. **SOLOS:** Da Formação Geológica ao Uso na Engenharia. 2. ed. Recife-pe: Universitaria Ufpe, 2002. 177 p. Disponível em: < https://books.google.com.br/books/about/Solos_Da_Forma%C3%A7%C3%A3o_Geol%C3%B3gica_Ao_Uso_Na.html?hl=pt-PT&id=L09fknFr-o8C>. Acesso em: 22 mar. 2016.

JESUS, Andrelisa Santos de. **INVESTIGAÇÃO MULTIDISCIPLINAR DE PROCESSOS EROSIVOS LINEARES: estudo de caso da cidade de Anápolis-GO.** 2014.

JÚNIOR, José Carlos Ugeda. **PLANEJAMENTO DA PAISAGEM E PLANEJAMENTO URBANO: REFLEXÕES SOBRE A URBANIZAÇÃO BRASILEIRA.** Revista Mato-Grossense de Geografia, v. 17, n. 1, 2016.

LEI Nº 1794 – CÂMARA MUNICIPAL DE PALMAS. Disponível em: < http://www.camarapalmas.pr.gov.br/lei/imagens/lei_1794.pdf >. Acesso em 10 de Maio de 2016.

LOLLO, José Augusto de. **O USO DA TÉCNICA DE AVALIAÇÃO DO TERRENO NO PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE MAPEAMENTO GEOTÉCNICO : sistematização e aplicação na Quadrícula de Campinas (SP).** São Carlos, 1995. 2v.

MAGRI, Rômulo Amaral Faustino. **ANÁLISE DA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO DA REGIÃO DO MÉDIO RIO GRANDE (MG).** 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MIRANDA, Jocy Gonçalo de. **MAPEAMENTO GEOTÉCNICO E ESTUDO DA SUSEPTILIDADE À EROSÃO NA BACIA DO RIBEIRÃO PONTE DE PEDRA (MT), ESCALA: 1: 100.000.** 2005. 269 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geotecnia, Universidade de São Paulo Campos de São Carlos, São Carlos, 2005. Cap. 2.

MOLINERO JUNIOR, João Andréa. **ESTUDO GEOTÉCNICO DOS SOLOS DE EROSÕES RESULTANTES DE INTERVENÇÕES EM RODOVIAS.** 2012.

MOLFI, Paulo Roberto. **A URBANIZAÇÃO E OS IMPACTOS AMBIENTAIS EM PALMAS: o caso do Jardim Aurenny III.** 2010.

MOTA, Suetônio. **PLANEJAMENTO URBANO E PRESERVAÇÃO AMBIENTAL.** Fortaleza: Edição UFC, 1981.

_____. **URBANIZAÇÃO E MEIO AMBIENTE.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 2003.

MOURA, A C M. **GEOPROCESSAMENTO NA GESTÃO E PLANEJAMENTO URBANO.** Belo Horizonte. 2003.

NOGUEIRA, F.R. 2002 **GERENCIAMENTO DE RISCOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS A ESCORREGAMENTOS: CONTRIBUIÇÃO ÀS POLÍTICAS PÚBLICAS MUNICIPAIS PARA ÁREAS DE OCUPAÇÃO SUBNORMAL.** Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro. 266p.

NUCCI, João Carlos. **PLANEJAMENTO DA PAISAGEM COMO SUBSÍDIO PARA A PARTICIPAÇÃO POPULAR NO DESENVOLVIMENTO URBANO. Estudo aplicado ao bairro de Santa Felicidade – Curitiba/PR.** 2010.

PEJON, Osni José e ZUQUETTE, Lázaro Valentin. **MAPEAMENTO GEOTÉCNICO REGIONAL NA ESCALA 1:100.000: Considerações Metodológicas.** *Rev. Inst. Geol.* [online]. 1995, vol.16, n.esp, pp. 23-29. ISSN 0100-929X.

PRESIDENCIA DA REPÚBLICA. Casa civil, subchefia para assuntos jurídicos. Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm >. Acesso em 10 de Maio de 2016.

PALMAS. Secretaria Municipal de Assuntos Jurídicos. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas:** Volume III :Drenagem Urbana. Palmas, TO, 15 jan. 2014. v. 3, n. 3, Seção 2, p. 1-137.

_____.Secretaria Municipal de Assuntos Jurídicos. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas:** Volume II: Água e Esgoto. 2014. Disponível em: <http://www.palmas.to.gov.br/servicos/pmsb-plano-municipal-de-saneamento-basico/179/>. Acesso em: outu. 2016.

POLTRONIERI, Gustavo. **ESPACIALIZAÇÃO DE DADOS GEOTÉCNICOS PARA ANÁLISE DO MEIO FÍSICO.** Porto Alegre. 2013.

PRUSKI, F. F.; RODRIGUES, L. N.; SILVA, D. D. **MODELO HIDROLÓGICO PARA ESTIMATIVA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM ÁREAS AGRÍCOLAS.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 5, n.2, p. 301-307, 2001.

QGIS Brasil. Disponível em: < <http://qgisbrasil.org/#Sobre o QGIS> >. Acesso em 27 de abril de 2016.

REZENDE, D.; CASTOR, B. V. J. **Planejamento estratégico municipal.** Rio de Janeiro: Brasport, 2006.

RIZZARDI, Alencar Simão et al. **USO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO PARA A DETERMINAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO LAMINAR NA BACIA DO RIO VACAÇAI-MIRÍM-RS.** XX Simpósio de Recursos Hídricos. Bento Gonsalves, p. 1-8. 22 nov. 2013.

RIO GRANDE DO SUL.; SECRETARIA DA AGRICULTURA. (1985). **MANUAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA: uso adequado e preservação dos recursos naturais renováveis**. 3. ed. atualizada. Porto Alegre, 287 p.

ROLDAN, Matheus Henrique. **MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE TRECHO DA ESTRADA VICINAL NA CERRA DE ITAUQUERI, CHARQUEADA (SP)**. 2011.85-f. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

SANTOS, L. F.; 2000. **CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA REGIONAL DO MUNICÍPIO DE PALMAS/TO: ÁREA A OESTE DO MERIDIANO 48° W. Gr.**. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-072A/00, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 150 p.

SABOYA, R. **Concepção de um sistema de suporte à elaboração de planos diretores participativos**. Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina. 2007.

SILVA, Aristotelina Ferreira da. **MAPEAMENTO GEOTÉCNICO E ANÁLISE DOS PROCESSOS EROSIVOS NA BACIA DO CÓRREGO TUNCUM, SÃO PEDRO-SP, ESCALA 1 : 10.000**. 2003. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotecnia, Engenharia Civil, Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2003. Cap.

SILVA, E. C. et al. **MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DA FOLHA CÓRREGO DAS MOÇAS, NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA -MG**. Revista Caminhos da Geografia, v.1, n.2, p.1-24, 2000. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15250/8551>>. Acesso em: 18 mar. 2016.

SILVEIRA, Leonardo Luiz Lyrio da. **ELABORAÇÃO DE CARTA DE SUSCEPTIBILIDADE À EROSION DAS BACIAS DOS RIOS ARARAQUARA E CUBATÃO-SP, ESCALA 1: 50.000**. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **MAPA DE LANDFORMS PARA PREVISÃO PRELIMINAR DE SUSCEPTIBILIDADE À EROSION PARA A ÁREA DE EXPANSÃO URBANA DE ILHA SOLTEIRA - SP**. Foz do Iguaçu: Inpe, 2013. 8 p. Disponível em: <<http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.22.48.55/doc/p0163.pdf>> . Acesso em: 13 abr. 2016.

SOARES, Fabrizzio Alphonsus A M N. **PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS**. Instituto de Informática, 2003. 36 slides, color. Disponível em: <www.inf.ufg.br/~fabrizzio/mestrado/pdi/aulas/aula2.pdf>. Acesso em: 31 maio 2016.

SOBREIRA, Frederico Garcia; SOUZA, Leonardo Andrade. **CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA APLICADA AO PLANEJAMENTO URBANO**. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, v. 2, n. 1, p. 79-97, 2012.

SOUZA, André Monteiro Santos. **MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A DESLIZAMENTOS RASOS NA REGIÃO DA BACIA DO RIO CAMBORIÚ**. 2015. 117 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

SOUZA, Maria Antônia Valadares. **DINÂMICA DA PAISAGEM NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO TAQUARUÇU GRANDE NO MUNICÍPIO DE PALMAS – TO**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Tocantins, Palmas – TO, 2006.

TINÓS, THAÍS Minatel. **MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO A PARTIR DE METODOLOGIA DE ANÁLISE INTEGRADA: Ensaio de Aplicação no Município de Poços de Caldas-MG**. 2011. 138-f.

UGEDA JUNIOR, José Carlos; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. **PLANEJAMENTO DA PAISAGEM E INDICADORES AMBIENTAIS NA CIDADE DE JALES-SP**. Formação (Online), v. 2, n. 14, 2011.

VALÉRIO FILHO, M & ARAÚJO JUNIOR, G. J. L. **TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO E MODELAGEM APLICADAS NO MONITORAMENTO DE ÁREAS SUBMETIDAS AOS PROCESSOS EROSÃO DO SOLO**. In: 5º Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Anais... Bauru-SP, 1995, p. 279-82.

VEDOVELLO, R.; MATTOS, J. T. **ZONEAMENTO GEOTÉCNICO, POR SENSORIAMENTO REMOTO, PARA ESTUDOS DE PLANEJAMENTO DO MEIO FÍSICO - APLICAÇÃO EM EXPANSÃO URBANA**. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7. (SBSR)., 1993, Curitiba, BR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1993. v. 1, p. 155-162. Printed, On-line. ISBN 978-85-17-00052-2. (INPE-7855-PRE/3695). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.20.00.17>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

XAVIER-DA-SILVA, J. & CARVALHO FILHO, L.M. **SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA**. In: IV Conferência Latino – americana sobre Sistemas de Informação Geográfica e II Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento Anais... São Paulo: USP, 1993. p. 609-628.

ZAINE, José Eduardo. **MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO POR MEIO DO MÉTODO DO DETALHAMENTO PROGRESSIVO: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP)**. Rio Claro: [s.n.], 2000.149 f.: il. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas.

ZUQUETTE, L.; GANDOLFI, N. **CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA**. 1 ed.São Paulo: Oficina de Textos, 2004. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books>>. Acesso em: 17 mar. 2016.