



IV SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade

International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317 - 8302

EROSÕES LINEARES E DECLIVIDADE: CONTRIBUIÇÕES AO ENTENDIMENTO DA DEGRADAÇÃO DOS SOLOS NO BAIXO CURSO DA BACIA DO RIO SANTO ANASTÁCIO – SP/BRASIL

CRISTIANO CAPELLANI QUARESMA

UNINOVE – Universidade Nove de Julho

quaresmacc@uninove.br

ARCHIMEDES PEREZ FILHO

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

archi@ige.unicamp.br

Agradecimentos ao CNPq; ao CIS - UNINOVE e IG - UNICAMP



EROSÕES LINEARES E DECLIVIDADE: CONTRIBUIÇÕES AO ENTENDIMENTO DA DEGRADAÇÃO DOS SOLOS NO BAIXO CURSO DA BACIA DO RIO SANTO ANASTÁCIO – SP/BRASIL

Resumo

O rápido processo de uso e ocupação das terras do Oeste do estado de São Paulo na primeira metade do século XX, acompanhado pela remoção quase total da cobertura vegetal natural, fez romper o estado de equilíbrio das bacias hidrográficas da região, resultando no estabelecimento de um quadro generalizado de erosões lineares. O quadro de erosão instalado afeta as esferas econômica, ambiental e social, criando obstáculos à sustentabilidade das terras impactadas. Diante disso, tornam-se necessários novos estudos que visem identificar quais elementos e relações respondem pela ocorrência e aceleração dos processos erosivos existentes. Assim, o presente trabalho objetivou verificar as relações existentes entre declividade da superfície e ocorrência de processos erosivos lineares no Baixo Curso da Bacia do Rio Santo Anastácio – SP/Brasil. Para tanto, foram utilizados materiais cartográficos, imagens orbitais e técnicas de Geoprocessamento. Os resultados permitiram verificar maior número de incisões lineares em setores caracterizados por superfícies com maiores declividades. Além disso, o mapa de declividade produzido poderá servir de ferramenta a políticas públicas, possibilitando ampliar a eficiência de investimentos e de ações destinados ao combate da degradação das terras da região.

Palavras-chave: Erosão dos Solos; Sustentabilidade; Degradação das Terras; Geoprocessamento; Bacias Hidrográficas.

Abstract

The rapid process of land use in the West of São Paulo in the first half of the twentieth century accompanied by the almost total removal of natural vegetation cover broke the equilibrium state of the river basins of the region, resulting in the establishment of a general framework of linear erosion. The erosion frame installed affects the economic, environmental and social spheres, creating obstacles to the sustainability of impacted lands. Therefore, it becomes necessary new studies aimed to identify which elements and relationships account for the occurrence and acceleration of existing erosion. Thus, this study aimed to verify the relationship between the slope surface and occurrence of linear erosion in the Lower Course of the Santo Anastácio River Basin - SP / Brazil. For this purpose, this work used cartographic materials, and satellite imagery and techniques of GIS. The results showed more linear incisions in sectors characterized by surfaces with higher slopes. In addition, the map produced slope may serve as a public policy tool, enabling improving the efficiency of investments and actions aimed at combating land degradation in the region.

Keywords: Soil erosion; sustainability; Degradation of lands; GIS; Watersheds.



1 Introdução

O uso e ocupação das terras do Oeste do Estado de São Paulo ocorreram de forma acelerada e sem respeitar as fragilidades do ambiente físico, resultando em um quadro de total degradação das terras, caracterizado pela ocorrência generalizada de processos erosivos lineares ao longo das vertentes.

A perda dos solos, provocada pela ação da erosão constitui-se em um grande problema de sustentabilidade, haja vista que impacta as esferas econômica, social e ambiental.

Na esfera econômica, provoca a redução da fertilidade das terras agricultáveis, exigindo maiores investimentos em insumos destinados à correção nutricional dos solos. Além disso, reflete diretamente na produtividade da terra, impactando o PIB nacional, que depende fortemente do setor agropastoril.

Com relação à esfera social, a perda de solos agricultáveis constitui-se em um dos motivos mais sérios de escassez de alimento em diversas áreas do planeta. As consequências negativas desta perda certamente recaem com maior intensidade sobre a população mais carente.

Na esfera ambiental, a erosão impacta todo o ecossistema terrestre, tendo em vista que degrada o meio de desenvolvimento das plantas, as quais se constituem na base de toda cadeia alimentar. Também afeta os ecossistemas aquáticos devido ao assoreamento de canais fluviais, prejudicando a qualidade das águas e a vida dos seres que nela vivem, ou que dela dependem. Além disso, o assoreamento também prejudica a sociedade, tendo em vista que impõe obstáculos aos sistemas de coleta e abastecimento de água em áreas rurais e urbanas.

Diante desses problemas, grande ônus tem sido imputado à sociedade e ao poder público, os quais se veem obrigados a realizar grandes investimentos financeiros e em trabalho, para fins de controle e mitigação dos processos erosivos desenvolvidos na região.

As incisões lineares nos solos são originadas pela conjugação de processos naturais e antrópicos, tendo em vista que a remoção da cobertura vegetal natural pelo uso e ocupação das terras desestabilizou o equilíbrio hidrológico das bacias hidrográficas, gerando o quadro de degradação existente.

Estudos realizados na área de interesse do presente trabalho têm demonstrado que os elementos naturais se caracterizam por apresentar fragilidades ambientais, tornando-a predisposta ao desenvolvimento de processos erosivos lineares. Esses estudos também concordam que tal predisposição foi intensificada pelo processo acelerado de uso e ocupação das terras nas primeiras décadas do século XX.

Entretanto, a gênese de grande parte das incisões lineares ainda não está plenamente esclarecida, o que dificulta o direcionamento de políticas públicas eficientes no controle e recuperação das áreas degradadas.

Neste sentido, tornam-se necessários novos estudos que visem identificar elementos e relações capazes de explicar a gênese e aceleração dos processos erosivos existentes, bem como que possibilitem munir o poder público com ferramentas teóricas com vias a reverter o quadro atual.

O presente trabalho teve por objetivo verificar as relações existentes entre declividade da superfície e ocorrência de processos erosivos lineares. Para tanto, adotou-se como área de estudo o Baixo Curso da Bacia do Rio Santo Anastácio, localizada na região do Pontal do Paranapanema.

Como diferencial do presente trabalho, pode ser apontada a utilização de Sistema de Informações Geográficas (SIG), importante ferramenta computacional que tem revolucionado o manuseio, análise e interpretação de dados ambientais.



2 Referencial Teórico

2.1 O processo de ocupação e a degradação das terras no oeste paulista

Até o final do século XIX, o sudoeste paulista permaneceu praticamente esquecido e a última vila da província de São Paulo era Botucatu. Deste modo, a ocupação de tal território somente se efetiva com a abertura da Estrada de Ferro Sorocabana, a qual foi fortemente incentivada pelo governo federal, por razões militares e políticas (LEITE, 1998).

Contrariamente a outras regiões, o transporte antecedeu a ocupação e a ferrovia permitiu não esperar a produção agrícola para promover a ampliação dos negócios. Assim, o avanço da referida ferrovia da vila de Botucatu até o rio Paraná durou 33 anos, correspondendo ao período entre 1889 e 1922, chegando, neste último, a Presidente Epitácio. Entre esses anos, a estrada de ferro atingiu Manduri, em 1906; Salto Grande, em 1910 e Presidente Prudente, em 1917. (STEIN, 1999)

O reconhecimento do sudoeste paulista se completa pelas expedições organizadas pelo governo do estado de São Paulo, as quais exploraram os principais rios da região no início do século XX.

Diante do novo cenário de conhecimento e da estrutura de transporte criada, aumentou a procura de terras para o plantio de café. De acordo com Leite (1972) e Monbeig (1984), os cafeicultores foram os responsáveis pelo povoamento da área a partir de 1920, contribuindo para o surgimento de municípios e distritos de paz.

A lógica de ocupação empregada no Oeste paulista não se diferenciou daquela adotada no Leste, exceção para a maior rapidez com que ocorreu. Assim, adotou-se o princípio de que bastava desmatar e plantar (STEIN, 1999).

Apesar dos trâmites legais e ilegais que envolveram as discussões de direito de propriedade de tais terras, envolvidos por grilos, grileiros, especuladores, simples ocupantes e jagunços, não houve impedimento ou redução da ocupação e exploração das mesmas. Tal fato resultou na remoção da cobertura vegetal natural e na eliminação de milhares de metros cúbicos de madeira da floresta pré-existente (LEITE, 1998).

A construção da Estrada de Ferro Sorocabana, as plantações de algodão e café, além de interesses econômicos na exploração de madeira e da fauna local estão entre as causas fundamentais da devastação realizada.

Segundo Leite (1998), a exuberante cobertura vegetal natural do Pontal do Paranapanema poderia ser caracterizada como floresta tropical, cuja fisionomia se aproximava da Hileia.

Além da exuberante vegetação, existia rica fauna, tanto associada às áreas mais úmidas próximas aos rios, como às áreas de floresta. Esta informação pode ser verificada no relatório realizado pela Comissão Geográfica e Geológica, resultante da expedição no rio do Peixe de 1913, o qual destaca a riqueza faunística existente na referida área.

Esta mesma riqueza biológica, segundo Leite (1998), explica grande parte da atração de interesses para a área do Pontal. Assim, as madeiras constituíam-se em matéria-prima para a produção de combustível lenhoso, construção das primeiras casas urbanas ou rurais de todo o sudoeste paulista, além de servirem para exportação. A caça de animais, por sua vez, era estimulada, para fins de alimentação dos primeiros povoadores, e para obtenção de peles de algumas espécies, as quais obtinham preços altos no comércio de exportação.

A intensidade e a rapidez da degradação do meio natural podem ser observadas no trabalho de Fonzar (1981), o qual verificou que o avanço da colonização desmatou e eliminou

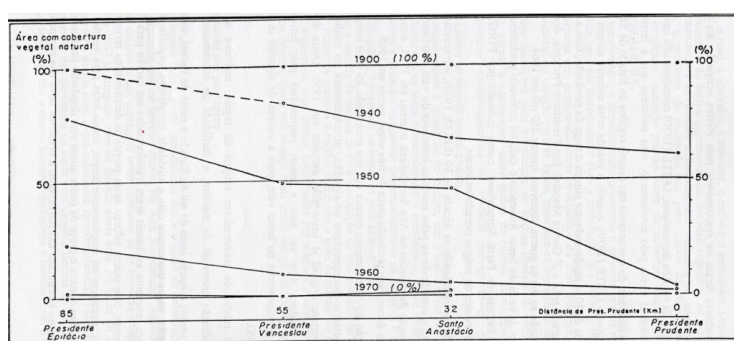


praticamente toda a cobertura vegetal primitiva, já na década de 1950, tendo em vista que nos anos 60 tal cobertura era extremamente reduzida.

Tal quadro de devastação também foi apontado por Quaresma (2013), segundo o qual, a fotointerpretação de fotografias aéreas pancromáticas da década de 60 permitiu verificar a total remoção da cobertura vegetal natural de floresta, inclusive de matas ciliares ao longo dos canais fluviais da bacia do Rio Santo Anastácio, demonstrando assim que mais de 2.000km² de mata nativa foram removidos em menos de 40 anos de ocupação.

O ritmo acelerado da remoção da cobertura vegetal na bacia do rio Santo Anastácio, nos municípios de Presidente Prudente, Santo Anastácio, Presidente Venceslau e Presidente Epitácio, seguindo a sequência das cabeceiras à foz, pode ser observado na figura 1.

Figura 1: Evolução do desmatamento de municípios - Bacia do Santo Anastácio-SP/Brasil. Fonte: Fonzar (1982). Apud: STEIN, (1999)



A figura 1 permite verificar o desmatamento de mais da metade da área nos anos 50, isto é, em um período correspondente a cerca de 30 anos. A outra metade foi desmatada até os anos 60, demonstrando maior aceleração desse processo, haja vista corresponder a um período de cerca de 10 anos.

As áreas desmatadas eram disponibilizadas para a implantação de culturas, dentre as quais, as mais expressivas são as de café e de algodão.

Torna-se importante mencionar que o desmatamento mais intenso, entre as décadas de 40 e 60, foi, segundo Stein (1999), contemporâneo a este tipo de cultura, haja vista que, conforme Leite (1972), a produção de algodão alcançou seu auge em 1953, decaindo logo em seguida.

De forma geral, de acordo com Stein (1999), o desmatamento representou o primeiro grande impacto nas condições naturais da bacia do Santo Anastácio. Além disso, a estrutura da colonização e a definição de glebas estreitas e alongadas do espigão aos cursos d'água se mostravam inadequadas e promoviam condições para o desenvolvimento de erosões lineares no sentido morro abaixo.

O fim dos ciclos do café, do algodão e de outras culturas e a redução drástica na extração de madeira na década de 60 foram acompanhados por expansão significativa das áreas ocupadas por pastagens, apesar dessa forma de uso e ocupação existir desde o início da colonização da área, conforme apontado por Leite (1972).

De acordo com Stein (1999), as áreas de pastagem na década de 90 correspondiam a valores próximos a 90% da área total da bacia do rio Santo Anastácio.

Segundo o referido autor, a instalação das pastagens diminuiu parcialmente o quadro de degradação estabelecido pelo desmatamento e pelas práticas inadequadas de cultivo agrícola.



No entanto, apesar das pastagens serem menos agressivas em relação à remobilização dos solos, tal uso encontrou solos depauperados e fragilizados.

Práticas de manejo mais coerentes em relação às características dos elementos naturais começam a ser adotadas de maneira significativa nos anos 90, porém ainda carecendo de maior balizamento técnico. (STEIN, 1999)

Além disso, de acordo com dados apresentados por Fonzar (1981), é possível verificar, logo na década de 1960, ou seja, cerca de quarenta anos após o início da colonização da área, a maior concentração das populações em áreas urbanizadas dos municípios de Santo Anastácio, Presidente Prudente, Presidente Venceslau e Presidente Epitácio. O processo de êxodo rural, segundo Stein (1999), pode ser considerado consumado na década de 80. Para este autor, a rapidez e a maneira com que se processou a expansão urbana e de forma geral a ocupação da bacia do Santo Anastácio, sem demonstrar qualquer planejamento ou cuidado preservacionista, alteraram de forma drástica o comportamento hídrico dos terrenos, ao promoverem a impermeabilização dos solos e exacerbarem o escoamento pluvial superficial e concentrado, criando assim condições e agentes para o desencadeamento intenso da erosão, com destaque para ravinas e voçorocas, resultando em panorama de total degradação também dos corpos d'água superficiais.

2.2 O problema da erosão dos solos

O problema da erosão é antigo na história da humanidade, aparecendo desde as grandes civilizações. Além disso, tal problema é difundido por várias regiões do planeta e sua aceleração tem ocorrido ao longo de todos os anos pelas práticas erradas de uso e ocupação das terras. (GUERRA, 1999)

Segundo Press et al. (2006), a erosão trata-se do conjunto de processos que desagregam e transportam solo e rochas morro abaixo ou na direção do vento, depositando-o em outro lugar. Deste modo, tal processo, ao lado da tectônica, do vulcanismo e do intemperismo, é considerado pelos autores como sendo importante no ciclo das rochas, na modelagem da superfície terrestre, na transformação de rochas em sedimentos e na formação dos solos.

De acordo com o parágrafo anterior, é possível verificar que a erosão se trata de um processo natural, entretanto, o uso e ocupação desenfreados das terras por parte da sociedade têm rompido o equilíbrio natural das mesmas, especialmente pela remoção da cobertura vegetal natural, gerando assim processos erosivos mais intensos e acelerados.

Entende-se por erosão acelerada, conforme definição apontada por Quaresma (2013), o desprendimento e o arraste acelerado das partículas do solo por ação da água e/ou de outros agentes de transporte, porém desencadeadas pela interferência antrópica no funcionamento do sistema natural, constituindo-se na principal causa de depauperamento acelerado das terras.

No Brasil, apesar de se tratar de um país privilegiado em terras agricultáveis, as práticas inadequadas de uso e ocupação agropastoris facilitam e aceleram a erosão hídrica, provocando, ao longo dos anos, o desgaste dos solos e a redução na fertilidade e na produtividade. (MARQUES, 1966)

Além dos efeitos sobre a capacidade produtiva dos solos, a erosão acelerada está relacionada a outra forma de degradação, a saber, o assoreamento. O aumento da quantidade de sedimentos gerados pela erosão acelerada impede o devido transporte por parte dos canais fluviais, ocasionando depósitos que se concentram ao longo dos cursos d'água, entulhando suas calhas. Tal processo, além de ampliar as possibilidades de ocorrência de enchentes, representam significativa ameaça aos sistemas de abastecimento de água das cidades. (QUARESMA, 2013)



2.3 Fatores que influenciam na erosão

Para Lepsch (2002), os fatores que afetam a erosão hídrica são o clima, a natureza do solo, a declividade do terreno e os tipos de manejo empregados.

Com relação ao clima, o referido autor aponta como de maior importância fatores como distribuição, quantidade e intensidade de chuvas. Esta, quando baixa, permite que haja tempo hábil para a absorção da água pelo solo, e quando alta, em forma de aguaceiros, gera enxurradas que podem provocar grandes erosões.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1999), no que se refere à erosão dos solos, torna-se importante verificar as características de intensidade, duração e frequência das chuvas, sendo a primeira a mais importante.

Com relação à influência da natureza do solo no processo erosivo, Lepsch (2002) aponta que alguns solos são mais suscetíveis à erosão do que outros, em função de suas características físicas, tais como textura, permeabilidade e profundidade.

Segundo Salomão (1999), o gradiente textural existente entre os horizontes superiores do solo, entendido como a relação entre os teores de areia e argila, trata-se de uma característica pedológica importante com relação ao comportamento erosivo. O autor expõe que solos que apresentam elevado gradiente textural são aqueles cujo horizonte A é muito mais arenoso do que o horizonte B, subjacente. Deste modo, com base nesta variável, Argissolos são mais suscetíveis à erosão do que os Latossolos, por apresentarem logo abaixo do horizonte A um horizonte textural com maior concentração de argilas, representando uma barreira à infiltração da água. Tal situação poderá ampliar as enxurradas, além do fato de que a saturação do horizonte superior poderá causar movimentos de massa.

Solos rasos também apresentam maior erodibilidade do que os profundos, isto porque a água da chuva se acumula acima da rocha impermeável, enchando mais rapidamente o solo e facilitando o escoamento superficial, bem como a erosão das camadas superiores.

Com relação ao relevo, a influência da topografia nos processos de erosão pode ser verificada a partir da atuação de duas variáveis mais importantes: a declividade e o comprimento da rampa. Essas influenciam na velocidade de escoamento de água, e consequentemente no tamanho e na quantidade de material em suspensão arrastado.

Maiores declividades relacionam-se aos altos volumes e velocidades das enxurradas, e, segundo Ayres (1936), a quantidade e tamanho de material arrastado pela água se manifestam na ordem da quinta e quarta potência da velocidade, respectivamente.

Segundo Cunha (2001), o mapa de declividade quantifica a inclinação do terreno, sendo indispensável para avaliação de possibilidades de remobilização das formações superficiais.

Segundo Lepsch (2002), o modo como a terra é manipulada, ou seja, estando ou não recoberta de vegetação, bem como o sistema de cultivo adotado, são fatores importantes para influenciar uma maior ou menor mobilidade dos solos.

3 Metodologia

3.1 Área de Estudo

O Rio Santo Anastácio nasce no município de Regente Feijó e deságua no Rio Paraná, próximo a cidade de Presidente Epitácio. Sua extensão, calculada pelo presente trabalho, é de 158,33 km.



Suas águas são utilizadas na irrigação de culturas, consumo direto pela pecuária e para o abastecimento de áreas rurais e urbanas. Sua importância se percebe pelo município de Presidente Prudente, que tem 30% de sua demanda hídrica urbana suprida pelas águas desse rio.

Com relação à gestão das águas, a bacia do rio Santo Anastácio localiza-se na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) Pontal do Paranapanema a qual possui área de 11.838 km² e pertence à bacia hidrográfica do rio Paraná (CTPI, 1999).

A Bacia do Rio Santo Anastácio encontra-se entre as coordenadas 21°49'07'' a 22°16'54'' de latitude S e 51°24'27'' a 52°06'33'' de longitude W, abrangendo, totalmente ou parcialmente, os municípios de Regente Feijó, Anhumas, Álvares Machado, Presidente Prudente, Presidente Bernardes, Pirapozinho, Santo Anastácio, Piquerobi, Marabá Paulista, Presidente Venceslau, Caiuá, Presidente Epitácio e Mirante do Paranapanema.

Tendo em vista as dimensões da Bacia, o presente trabalho adotou como estudo de caso o Baixo Curso da mesma, cujos limites foram determinados por Stein (1999). Assim, a área de interesse se estende dos divisores entre os córregos Santa Maria e do Cerrado, pela margem direita, e entre o córrego Jacutinga e ribeirão Areia Dourada pela margem esquerda até a desembocadura no rio Paraná.

3.2 Atividades de gabinete

3.2.1 Levantamento Bibliográfico

Para a pesquisa bibliográfica, foram consultadas as bases de livros, teses e dissertações das bibliotecas da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e da Universidade Estadual Paulista (Unesp – Rio Claro e Presidente Prudente). Também foram consultados anais de encontros, simpósios e congressos, bem como trabalhos científicos em revistas, todos vinculados à temática da erosão e perda de solos.

3.2.2 Atividades de Geoprocessamento

Tendo em vista o objetivo de verificar as relações entre declividade da superfície do terreno e ocorrência de processos erosivos lineares, adotou-se a metodologia de análise com base em amostras circulares, utilizada por Ray e Fischer (1960), França (1968), Espindola e Garcia (1978), Nogueira (1979), Rodrigues (2006), Simon (2010), Malavazzi (2012), dentre outros.

Baseando-se na lógica estruturada por Nunes et al. (1995), no que se refere à área de cada amostra, sua relação com a escala de trabalho e abrangência mínima de 30% da área analisada, foram geradas 13 amostras de 10km² cada, as quais foram distribuídas ao longo da área em estudo de modo a abarcarem o maior número possível de canais de primeira ordem, conforme metodologia adotada por Quaresma (2013).

Para a realização desta atividade foi necessário adquirir folhas topográficas de escala 1:50.000; Equidistância das curvas de nível: 20 metros; Datum Vertical: Marégrafo Imbituba, SC; Datum horizontal: Córrego Alegre, MG. Uma vez que as mesmas não se encontravam disponíveis em arquivos vetoriais, foi necessária sua aquisição em estado analógico, procedendo à sua digitalização, georreferenciamento e vetorização.

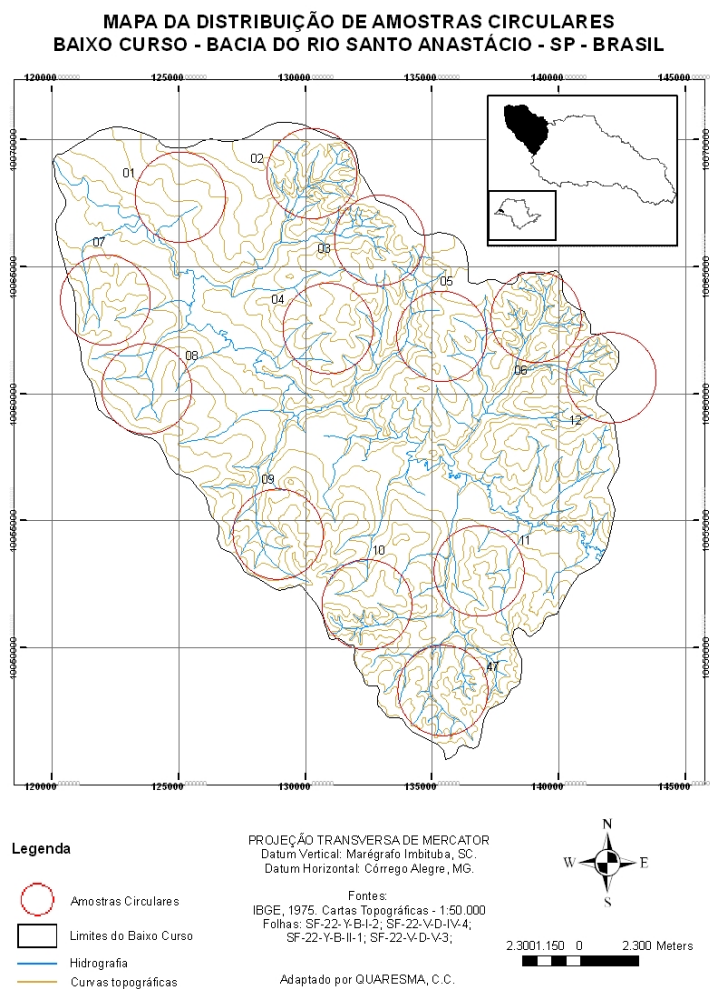
Para a realização das duas últimas atividades, foi utilizado o software Arcgis 9.3 da empresa ESRI, tratando-se de software que contém todas as aplicabilidades necessárias à execução do presente trabalho. Deste modo, foram criados os *layers* para limites do Baixo Curso da Bacia do Santo Anastácio, curvas topográficas, pontos cotados e rede de drenagem.

Em seguida, criou-se o *layer* “centro de amostras circulares” na feição ponto. Foram gerados 13 pontos distribuídos em função dos canais de primeira ordem constantes nas



referidas cartas topográficas. Após a criação dos mesmos, utilizou-se a ferramenta de análise de proximidade, conhecida como *Buffer*, existente no *ArcToolbox* do *Arcgis 9.3*, para criação das amostras circulares. O valor da distância linear utilizada, ou raio da circunferência da amostra, foi de 1,79km, calculado com base na fórmula da área do círculo. A distribuição final das amostras circulares pode ser observada na figura 2.

Figura 2: Mapa da distribuição de amostras circulares no Baixo Curso - Bacia do Rio Santo Anastácio-SP/Brasil.
Fontes: (vide figura)



3.2.3 Determinação das classes de declividade

Para determinação das classes de declividade foram adotados os limites elásticos definidos no Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação das Terras no Sistema de Capacidade de Uso (LEPSCH et. al., 1991), conforme adaptação realizada por Quaresma (2013). Contudo, as classes superiores a 45% não foram consideradas, tendo em vista a não verificação de áreas com tais declividades no interior da bacia em estudo.

Utilizando-se do software Arcgis 9.3, foi gerado mapa de declividades, com base nas informações altimétricas de curvas topográficas e de pontos cotados, todos vetorizados, a partir das cartas topográficas do IBGE digitalizadas, conforme descrição em item anterior.

As informações altimétricas, inseridas em colunas das tabelas de atributos dos respectivos layers, serviram para gerar modelo digital de declividade, base para criação dos mapas mencionados no parágrafo anterior.



3.2.4 Relações entre declividade e processos erosivos

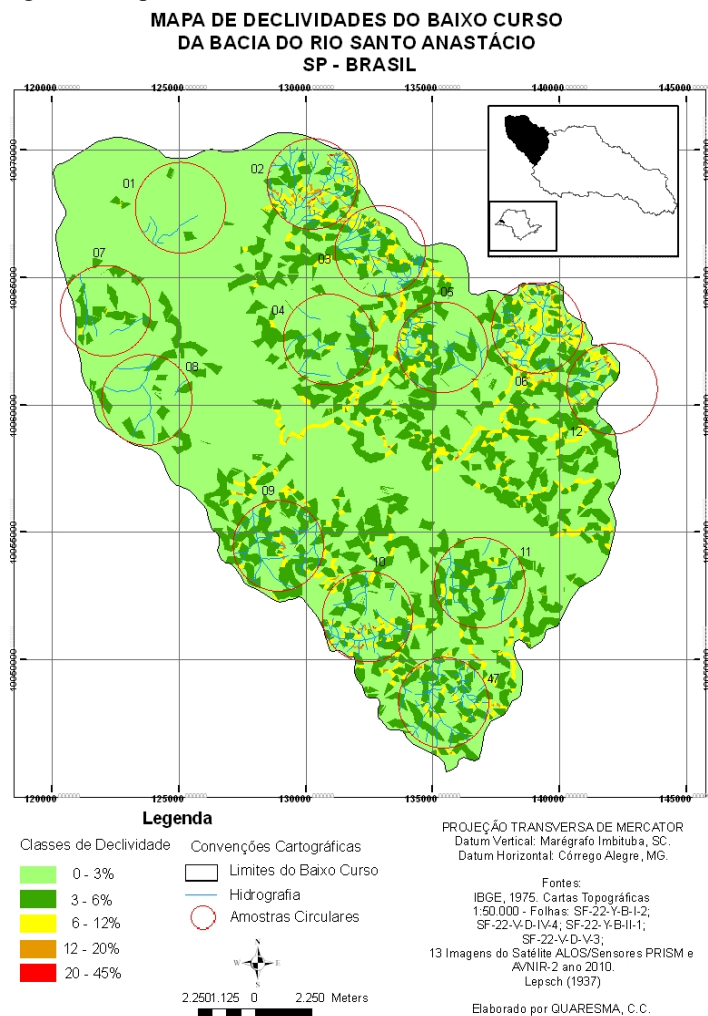
Para a identificação dos processos erosivos e sua correlação com as classes de declividade definidas, foram utilizadas imagens, capturadas no referido ano de 2010, pelo sensor PRISM - *Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping* do programa ALOS - *Advanced Land Observing Satellite*, obtidas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A visão estereoscópica de tais imagens pôde ser gerada no software Arcgis 9.3, com auxílio de óculos especiais. Deste modo, tal procedimento permitiu a identificação detalhada dos processos erosivos no interior das amostras circulares, associando-os às diferentes classes de declividade.

4 Análise dos Resultados

A execução da metodologia descrita permitiu elaborar o mapa apresentado na figura 3, o qual será tomado como base para as análises apresentadas neste item.

Figura 3: Mapa de declividades do Baixo Curso da Bacia do Rio Santo Anastácio-SP/Brasil





Pela análise da figura 3, pode-se perceber que no Baixo Curso há predomínio de declividades entre 0 e 3%, caracterizando a maior parte da área como plana ou quase plana, onde o escoamento superficial ou enxurrada (deflúvio) é muito lento ou lento. O declive do terreno, por isso, não oferece nenhuma dificuldade ao uso de máquinas agrícolas e não existe erosão hídrica significativa, exceto, possivelmente, em vertentes cujas rampas sejam muito longas e com solos altamente suscetíveis à erosão ou quando recebam enxurradas de áreas vizinhas situadas à montante e mais declivosas. Sobre tais condições destacam-se as amostras 1, 4, 7 e 8, as quais não apresentaram processos erosivos, com base na interpretação das imagens orbitais utilizadas.

A segunda classe de maior expressão trata-se daquela com declividades entre 3 e 6%, englobando as vertentes de ambas as margens pertencentes ao baixo vale, excetuando-se as cabeceiras de erosão acelerada e os terraços fluviais. Nesta classe, destacam-se as amostras 3, 5, 9, 10, 11, 12 e 47. Em grande parte destas, apesar de apresentar declividades superiores às do grupo anterior, também não foram identificados processos erosivos intensos. Assim, pode-se inferir que tais inclinações do terreno não sejam suficientes para ocasionar a gênese dos processos erosivos, ou então, que outro elemento, dentre aqueles apresentados por Lepch (2002), tal como o tipo de solo ou a presença de práticas mais eficientes de manejo do solo estejam dificultando a instalação de incisões lineares.

Análises paralelas permitiram verificar que, nas amostras onde ocorre a presença de Argissolos, associada a declividades mais acentuadas, verifica-se desenvolvimento de processos erosivos lineares intensos. Como exemplo, pode ser citada a amostra 9, que apresentou grande número de incisões lineares do tipo ravinhas. Esta informação corrobora as conclusões apresentadas por Quaresma (2013), com respeito à necessidade de se levar em conta a associação entre tipos de solos e declividades dos terrenos na interpretação da ocorrência dos processos erosivos.

A parte Sul da Amostra 10, correspondendo ao Setor Alto Jaguatirica, conforme denominação adotada por Stein (1999). Segundo este autor, tal setor se diferencia pela instalação de processos erosivos intensos e maior entalhamento da rede de drenagem. Nesta parte da amostra, no ano de 2010, identificou-se grande número de processos erosivos lineares, correspondendo à área com declividades mais acentuadas de 6 a 45%. Tal fato permitiu corroborar as conclusões do referido autor.

As declividades de 6 a 12% destacam-se principalmente em áreas de cabeceiras dos córregos da Cruzinha e Santa Maria, afluentes da margem direita do Santo Anastácio e que correspondem ao setor Cabeceiras do Santa Cruzinha, Serrinha e Santa Maria, conforme denominado por Stein (1999). Assim, na amostra de número 2, correspondendo às nascentes do Córrego Santa Cruzinha, foi verificado grande número de feições erosivas. Tais ocorrências resultaram na geração de novos terraços fluviais e trechos de intenso assoreamento, além da presença de rupturas de declives no leito fluvial, indicando processo de erosão remontante.

5 Considerações Finais

Grande parte das terras do Oeste do estado de São Paulo caracteriza-se por apresentar alta suscetibilidade ao desenvolvimento de processos erosivos lineares. O processo acelerado de uso e ocupação dos solos desrespeitou as fragilidades naturais do ambiente físico, provocando a instalação de um quadro de degradação, que prejudica a sustentabilidade das terras impactadas, uma vez que tem causado danos às esferas econômica, ambiental e social.

Diante dos custos imputados à sociedade e ao poder público, tornam-se necessários novos estudos que permitam o melhor entendimento da gênese e aceleração dos processos



erosivos existentes. Espera-se que, com base nos resultados gerados, especialmente no que tange às relações entre declividade e ocorrência de erosões lineares, o presente trabalho possa ter contribuído neste sentido.

Os dados analisados pelo presente estudo permitiram verificar correlação entre a ocorrência de incisões lineares nos solos e setores caracterizados por superfícies com maiores declividades.

No entanto, os resultados de análises paralelas apontaram a importância de outros elementos na explicação da gênese dos processos erosivos identificados, tal como os tipos e propriedades dos solos existentes. Tal constatação permite destacar a necessidade de outros estudos que considerem maior número de variáveis e de relações entre variáveis, as quais possam complementar as discussões ora apresentadas.

Por fim, os resultados também permitem destacar a importância e o potencial das ferramentas de Geoprocessamento. Espera-se que o mapa de declividades gerado sirva de instrumento de políticas públicas, possibilitando melhorias na eficiência das ações e dos investimentos realizados, com vias ao controle e mitigação da degradação dos solos da região.

6 Referências

- AYRES, Q.C. **Soil erosion and its control**. New York: McGraw-Hill, 1936. 365p.
- BENNETT, H. H. **Soil conservation**. New York: McGraw-Hill, 1939. 993p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355p.
- COOPERATIVA DE SERVIÇOS, PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS. **Diagnóstico da situação dos recursos hídricos da UGRHI – 22**. Pontal do Paranapanema: Relatório Zero. São Paulo: CPTI, 1999. CD-ROM.
- CUNHA, C. M. L. A cartografia do relevo no contexto da gestão ambiental. Rio Claro, 2001. 128f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- ESPÍNDOLA, C. R.; GARCIA, G. J. Interpretação fotográfica de redes de drenagem em diferentes categorias e solos. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v.18, n.35, p.71-94, jun. 1978.
- FONZAR, B. C. **O processo de ocupação regional, o modelo urbano e o conforto térmico na Alta Sorocabana: um teste aplicado a Presidente Prudente**. São Paulo, 1981. 156f. Dissertação (Mestrado) - FFCL/USP.
- FRANÇA, G. V. **Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicadas a solos da região de Piracicaba**. Piracicaba, 1968. 151f. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 178p.
- LEPSCH, I. F. et al. **Manual para levantamento utilitário para o meio físico e classificação das terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.
- MALAVAZZI, A. A. Impacto da formação do lago da Usina Hidroelétrica de Porto Primavera sobre a evolução de processos erosivos nos canais de primeira ordem da rede de drenagem do Ribeirão das Anhumas, afluente do Rio Paraná, SP. Rio Claro, 2012. 190f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – UNESP.
- MARQUES, J. Q. A. Conservação dos solos no Brasil. In: CONGRESSO PAN-AMERICANO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, São Paulo, **Anais...** São Paulo, Secretaria da Agricultura, 1966.



- PRESS, F. et al. **Para entender a Terra**. Tradução Rualdo Menegat et al. 4ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 656p.
- RAY, R. G.; FISCHER, W. A. **Quantitative photography**: a geologic research tool. Photogrammetric Engineering, Washington, v. 26. p.143-150. 1960.
- RODRIGUES, T. R. I. **Influência de reservatórios hidrelétricos na gênese e evolução da rede de drenagem no baixo curso do rio São José dos Dourados (SP)**. Campinas, 2006. 218f. Tese (Doutorado) – FEAGRI/UNICAMP.
- SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.
- SIMON, A. L. H. Influência do reservatório de Barra Bonita sobre a Morfohidrografia da baixa bacia do rio Piracicaba – SP: Contribuições à Geomorfologia Antrópica. Rio Claro, 2011. 127f. Tese (Doutorado) – UNESP.
- STEIN, D. P. Avaliação da degradação do meio físico Bacia do rio Santo Anastácio Oeste Paulista. Rio Claro, 1999. 197f. Tese (Doutorado em Geociências) – UNESP.