

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA EROSÃO NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS SÃO JOÃO, IPORÃ E DO PRADO, ALTÔNIA - PR, DECORRENTE DA DINÂMICA AGROPASTORIL

Sandra Lessa da Silva Ferreira

Doutora em Geografia - Universidade Federal do Paraná – UFPR
slessasf@yahoo.com.br

Chisato Oka-Fiori

Professora Doutora em Geografia - Universidade Federal do Paraná – UFPR
chisato@ufpr.br

Simone Kozciak

Doutora em Geologia e Pesquisadora autônoma –Curitiba-PR
kozciak@hotmail.com

RESUMO

A bacia hidrográfica entendida como sistema é considerada como referência espacial. O objetivo do presente estudo consiste em realizar uma investigação multitemporal do processo de perda de solo nas bacias hidrográficas dos rios São João, Iporã e do Prado localizadas no município de Altônia/PR – Brasil, com um enfoque especial na relação dos diferentes usos do solo local na dinâmica da erosão laminar, por meio da aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo – EUPS. Na análise do uso do solo, foi utilizada a integração de técnicas de Sistema de Informação Geográfica – SIG, sensoriamento remoto e trabalho em campo. Por meio da aplicação de geotecnologias, neste estudo são utilizados fotografias aéreas de 1963 e imagens fornecidas pelo satélite Landsat 5 para os anos de 1985 e 2010. Na análise quantitativa da erosão laminar, o modelo matemático utilizado foi a Equação Universal de Perdas de Solos – EUPS, pois proporciona a comparação necessária entre os fatores R, K, L, S, C e P, obtidos por meio de cálculos específicos e/ou consultas bibliográficas. A pesquisa destaca o acelerado desmatamento entre 1963 – 1985, o sensível aumento de áreas florestais entre 1985 - 2010 e a transição de áreas de culturas permanentes para pastagens e culturas temporárias. Os resultados obtidos na análise multitemporal de perdas de solo confirmam a importância da ampliação de áreas florestais, assim como a necessidade de medidas administrativas eficientes no controle à erosão do solo.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Uso do solo. Erosão laminar. EUPS.

MULTITEMPORAL ANALYSIS OF EROSION IN THE WATERSHEDS OS SÃO JOÃO, IPORÃ AND PRADO RIVERS, ALTÔNIA – PR, CONSEQUENTIAL OF THE AGROPASTORIL DYNAMICS

ABSTRACT

The watershed is understood as a system, with spatial reference. The objective of the present study is to carry out a multi-temporal analysis of the soil erosion processes of the watersheds of São João, Iporã and of the Prado rivers, situated in the municipality of Altônia/PR – Brazil, focusing on how the different soil usage relates to the dynamics of laminar erosion by applying the universal equation of soil loss – EUPS. In the analysis of land usage, integrated information from the technical Geographic Information System - GIS, remote sensing and field work was utilized. By applying techniques of Remote Sensing and Geographic Information Systems – SIG - this study utilizes aerial photographs from 1963 and images provided by the LandSat 5 satellite for the years 1985 and 2010. The application of USLE is limited to the study of laminar erosion, passing through specific stages starting by organizing the basic maps, then subdividing

Recebido em 15/12/2011

Aprovado para publicação em 04/10/2012

them into themes, until the final work of producing the map of the soil's susceptibility to laminar erosion. The proposed calculation shows the factors R, K, L, S, C and P, obtained by means of specific calculations and / or bibliographic references. The research highlights the accelerated deforestation rate between 1963 -1985; the appreciable increase of riparian areas between 1985 – 2010, and the transition of areas of permanent crops to temporary crops and for grazing. The results gained through the multi-temporal analysis of soil loss confirm the importance of increasing the forest areas as well as the necessity of efficient measurements to control the soil erosion.

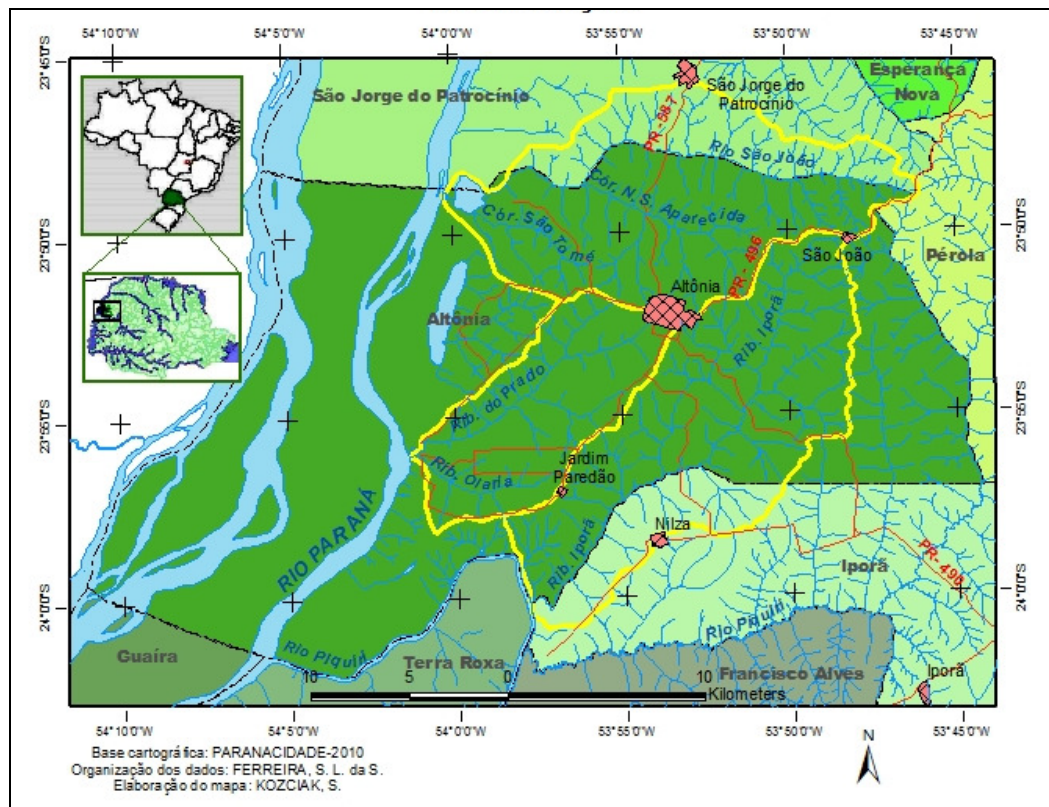
Keywords: Watershed. Land use. Sheet Erosion. USLE.

INTRODUÇÃO

Os estudos geográficos representam significativa contribuição às questões ambientais, tanto em escala global como em escala regional. Compartilham com outras áreas do conhecimento, os conceitos e as ferramentas capazes de ampliar a análise espacial.

A área delimitada para estudo totaliza 412,40 km² (41.240 ha) e, localiza-se entre as seguintes coordenadas geográficas: latitudes 23°45'00" S – 24°00'00" S e longitudes 53°40'00" W - 54°10'00" W (figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização



A análise da erosão laminar nas bacias hidrográficas dos rios São João, Iporã e do Prado, integra uma avaliação quantitativa pela aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo – EUPS e interpretativa pela utilização de técnicas de sensoriamento remoto e aerofotogrametria, constituindo assim o objetivo central deste trabalho. A este propósito, Morin (2003) expõe a articulação possível e necessária da “sociedade antropológica” com a “ciência da natureza”, uma forma de organização estrutural do conhecimento baseada na visão sistêmica do espaço geográfico; neste caso, o sistema econômico interferindo diretamente nos sistemas físicos como o hidrográfico e o pedológico.

A partir das informações obtidas de instrumentos e técnicas diversos, pretende-se constatar os níveis diferenciados de degradação do solo correspondentes ao seu uso e ocupação nas

últimas cinco décadas. Na análise temporal serão utilizados como referência os anos de 1963, 1985 e 2010, predeterminados com base no contexto histórico e econômico da região e disponibilidade de material para a produção cartográfica.

Sob a perspectiva espacial, o estudo do território foi representado na escala municipal organizado em três unidades naturais distintas: as bacias hidrográficas, que, segundo Ferreira (2005, p. 8), “os estudos ambientais principalmente em se tratando de bacias hidrográficas, procuram estabelecer uma análise temporal e espacial a fim de compreender os processos dinâmicos que ocorrem nas mesmas”.

MATERIAIS E MÉTODOS

Por meio da aplicação de técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica - SIG. Neste estudo são utilizados fotografias aéreas de 1963 e imagens fornecidas pelo satélite Landsat 5 para os anos de 1985 e 2010 (INPE).

Integrado com as técnicas digitais no estudo da área, a aplicação da Equação Universal de Perdas do Solo – EUPS - assume a função de quantificar o processo erosivo nos limites das bacias hidrográficas, método presente em estudos de paisagens.

Métodos e Técnicas Cartográficas

As cartas temáticas, inseridas na presente pesquisa, foram obtidas por meio de técnicas de processamento digital de dados. O *layout* da carta base utilizado em todos os trabalhos cartográficos, foi produzido do arquivo digital com pontos cotados, cedido pelo Serviço Social autônomo - PARANACIDADE (2010).

Na carta de solos, a digitalização das informações originais passou por uma modificação constatada em campo, referente à definição do Gleissolo, na área correspondente ao entorno da lagoa São João, a alteração citada foi discutida com técnicos locais. As demais cartas seguiram rigidamente as informações das fontes consultadas.

Na análise multitemporal do uso da terra foi utilizada a interposição dos mapas, obtidos pela foteointerpretação de fotografias aéreas de 1963 e a classificação supervisionada de imagens de satélite dos anos de 1985 e 2010, utilizou-se fotografias aéreas monocromáticas executada por Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul S.A, escala aproximada de 1:70.000-maio/1963, cedidas pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geociências – ITCG/PR.

As fotografias aéreas obtidas impressas em papel foram inicialmente convertidas para o formato digital raster por meio da escanização. Este arquivo digital foi georreferenciado com utilização do *software Erdas Imagine*[®]. Com a integração das fotografias aéreas digitais num Sistema de Informação Geográfica (SIG), tornou-se possível a realização da foteointerpretação assistida por computador. Através da vetorização “*on screen*” com o *software* do *Environmental Systems Research Institute (ESRI) ArcGIS 9.2*, foram criadas bases de dados de polígonos para os diferentes usos da terra observados na área em estudo. Os parâmetros fotográficos mais importantes observados na interpretação da vegetação, áreas agrícolas e aspectos urbanos foram: tonalidade, textura, padrão, forma, dimensão, sombra, cor, topografia e aspectos relacionados (SANTOS; NIERO; LOMBARDO, 1980).

As imagens Landsat 5 TM (*Thematic Mapper*) utilizadas na presente pesquisa foram adquiridas no *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, as bandas selecionadas foram: 1, 2, 3, 4, 5 e 7 com resolução de trinta metros referentes ao ponto / órbita 244-76 e 244-77, das datas de 19 de junho de 1985 e 24 de junho de 2010.

Assim como nas fotografias aéreas, para o processamento das imagens, foi utilizado o *software* ERDAS Imagine 9.2. As imagens foram georreferenciadas e mediante técnicas de classificação automática, utilizando classificação supervisionada, foram obtidos os mapas de cobertura da terra para os anos de 1985 e 2010.

Durante os procedimentos de digitalização das fotografias e imagens foi definido o formato TIFF – *Tagged File Format* - na geração dos arquivos por apresentar uma resolução de boa qualidade e ser compatível com o *software* selecionado.

As cartas digitais foram georreferenciadas na projeção *UTM – South America 1969* e posteriormente transformadas em coordenadas geográficas.

Equação Universal De Perdas De Solo – EUPS

A aplicação da EUPS limita-se ao estudo da erosão laminar, passa por etapas específicas que vão desde a organização de bases cartográficas, subdivididas em temas, até o trabalho final de produção de mapa de suscetibilidade à erosão laminar. O cálculo proposto apresenta como variáveis os fatores R, K, L, S, C e P, obtidos por meio de cálculos específicos e/ou consulta bibliográfica (quadro 1).

Quadro 1 - Descrição dos fatores calculados na EUPS. Adaptado de SILVA e CRESTANA, p. 59 e 60, 2004.

| | |
|-----------|--|
| A | Perda de solo por unidade de área e tempo em t/ha-ano. |
| R | Fator de erosividade da chuva, que expressa a erosão potencial ou poder erosivo da precipitação média anual da região. |
| K | Fator de erodibilidade do solo, o qual representa a capacidade do solo de sofrer erosão com determinada chuva. |
| LS | A relação de perdas de solo associada à topografia. Comprimento da rampa (L) e Declividade (S - expressa em porcentagem). |
| CP | Utilização e manejo do solo (C- relação de perdas de solo sob determinadas condições e descoberto). Perdas de solo sob práticas conservacionistas (P). |

Integrado às técnicas digitais no estudo da área, a aplicação da EUPS assume a função de quantificar o processo erosivo nos limites das bacias hidrográficas, método presente em estudos de paisagens diversificadas. O cálculo de caráter empírico, para a quantificação das perdas de solo nas vertentes, pela erosão laminar, é expresso por fatores independentes. Na primeira etapa, o objetivo consiste em determinar o valor de cada variável segundo a equação 1:

$$A = R.K.LS.CP \quad (1)$$

Uma vez identificado o respectivo valor matemático de cada variável para as três bacias nos períodos pré-determinados, ocorre a comparação e o cruzamento de dados, com a finalidade de produzir as cartas de potencial à erosão e do cálculo de perdas de solo nos anos 1963, 1985 e 2010. Os fatores considerados na EUPS são definidos de forma simplificada no Quadro 2.

Quadro 2 – Síntese dos fatores da EUPS. Adaptado de SILVA; CRESTANA, 2004, p. 59 e 60.

| | |
|----------|--|
| A | Perda de solo por unidade de área e tempo, em t/ha.ano. |
| R | Fator de erosividade da chuva, que expressa a erosão potencial ou poder erosivo da precipitação média anual da região. |
| K | Fator de erodibilidade do solo, o qual representa a capacidade do solo de sofrer erosão com determinada chuva. |
| L | Fator topográfico que expressa o comprimento da rampa. |
| S | Fator topográfico que expressa a declividade do terreno ou grau de declive. Para a aplicação prática da equação, são considerados conjuntamente como fator topográfico: LS, o qual é a relação esperada de perdas de solo por unidade de área em um declive qualquer, correspondente a uma parcela unitária de 25m de comprimento e 9% de declive. |
| C | Cobertura e manejo do solo, que é a relação esperada entre as perdas de solo de um terreno cultivado sob determinadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto. |
| P | Expressa a prática conservacionista do solo. Este fator é a relação entre a intensidade esperada das perdas com determinadas práticas conservacionistas e da cultura plantada no sentido do declive. |

Obtenção do Fator Erosividade da Chuva (R)

Para a obtenção do fator (R), uma série de procedimentos é necessária: utiliza-se a soma dos EI_{30} de cada chuva durante o mês, EI_{30} mensal. A soma dos EI_{30} mensais resulta no EI_{30} anual. A média dos EI_{30} anuais e mensais ao longo de um período predeterminado possibilita o resultado final. Os dados de chuva utilizados são do período de 1968 a 2010.

Rufino *et al.*² (1993, *apud* SANTOS *et al.*, 1998), estabeleceu oito regiões para o estado do Paraná e definiu as equações de correlação necessárias para o cálculo da erosividade pelo método pluviométrico, no qual a área em estudo está localizada na *Região 1*.

$$R=a+b.(p^2/P) \quad (2)$$

R= fator de erosividade da chuva (MJ.mm/ha.h.ano);

a, b = coeficientes (ajustados para nove regiões do Paraná) R-1 (R= 182,9 + 56,21 Rc);

p= precipitação média mensal (mm)

P= precipitação média anual (mm) - média anual de chuvas (1968/2010) = 1520,86 mm

Para a definição de (R) anual, conforme descrito anteriormente, é necessário calcular os valores do índice de erosividade equivalente ao período de 12 meses.

$$R = \sum_{j=1}^{12} EI_{30j} \quad (3)$$

Por meio da aplicação da equação de Rufino *et al.*, para as doze médias mensais correspondente ao período citado, o passo seguinte foi a somatória correspondente ao fator (R) anual expresso na Tabela 1.

Tabela 1 – Fator (R) mensal e anual correspondente ao período de 1968/2010

| Mês | Média mensal (mm) | Fator R (R=a+b.(p ² /P) (MJ.ha ⁻¹ .mm.h ⁻¹ .mês ⁻¹) |
|------------|-------------------|--|
| Janeiro | 165,78 | 1198,65 |
| Fevereiro | 126,71 | 776,29 |
| Março | 99,69 | 550,20 |
| Abril | 105,50 | 594,26 |
| Mai | 153,92 | 1058,51 |
| Junho | 98,21 | 539,38 |
| Julho | 66,96 | 348,61 |
| Agosto | 76,56 | 399,53 |
| Setembro | 124,90 | 759,46 |
| Outubro | 168,68 | 1234,50 |
| Novembro | 158,78 | 1114,68 |
| Dezembro | 175,11 | 1316,20 |
| Total (R)= | | 9890,27 MJ.mm/ha.h.ano |

Fonte dos dados: Instituto das Águas do Paraná.

Os índices pluviométricos foram coletados na estação Altônia, instalada no município de mesmo nome, e, localizada nas seguintes coordenadas: Latitude: 23° 51' 00" Longitude: 53° 52' 59". A estação é supervisionada pelo Instituto das Águas do Paraná, (antiga SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). A

² RUFINO, R. L. *et al.* **Determinação do potencial erosivo da chuva do Estado do Paraná: terceira aproximação.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 17, p. 439-444, 1993.

estação Altônia foi instalada em 10/04/1967. Os dados pluviométricos selecionados representam o período de 42 anos (1968-2010), resultaram da média simples mensal e anual.

Obtenção do Fator Erodibilidade do Solo (K)

Na definição do fator (K) foram utilizadas as informações em pesquisas no noroeste paranaense, realizadas em solos das mesmas classes daqueles presentes na área em estudo: Latossolos Vermelhos, Argissolos Vermelhos e Gleissolos Hápicos (PRADO; NÓBREGA, 2005). Os solos identificados na área de estudo apresentam os seguintes valores expressos em $t.h.MJ^{-1}.mm^{-1}$.

Latossolo Vermelho = 0,0132

Argissolo Vermelho = 0,0232

Gleissolos Hápicos = 0,0397

Obtenção do Fator Topográfico: Comprimento e Inclinação da Rampa (LS)

O relevo representa um elemento determinante no estudo da dinâmica de transporte de sedimentos, pois interfere diretamente na energia produzida no sistema. O fator relevo, na EUPS, é representado pelo comprimento e inclinação da rampa (LS).

Bertoni e Lombardi Neto (2008, p. 259) apresenta a seguinte equação para determinar o fator (LS) em declives uniformes, desconsiderando a ocorrência de declives côncavos ou convexos:

$$LS = \frac{\sqrt{L}}{100} (1,36 + 0,97 S + 0,1385 S^2) \quad (4)$$

L = comprimento do declive em metros;

S = grau do declive em porcentagem.

Segundo Kozciak (2000), os fatores (L) e (S) foram representados de forma integrada, pois representam a relação de perdas de solo por unidade de área em um declive associado às perdas de solo relativas a uma parcela unitária de 25m de comprimento com 9% de declive.

O índice permanente da declividade em uma vertente expõe o risco de minimizar ou exceder a quantificação da erosão, portanto, Kok et al.³, (1995, *apud* Kozciak, 2000), determinaram um valor médio de declividade no cálculo do fator LS. Os dados, para diferentes classes de declividade, estão na Tabela 2:

Tabela 2 - Classes de declividade relacionadas ao fator (LS)

| Classe de declividade (%) | Fator LS |
|---------------------------|----------|
| 0-5 | 0,5 |
| 5-15 | 3,5 |
| 15-30 | 9 |
| >30 | 16 |

KOK et al., 1995.

Obtenção do Fator Uso e Manejo do Solo e Práticas Conservacionistas (CP)

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2008), o cálculo das perdas de solo em áreas descobertas pode ser obtido pelo produto das variáveis R, K e LS, entretanto a cobertura pela vegetação natural, ou cultivada interfere nos valores finais, pois o solo uma vez protegido apresenta uma redução no processo erosivo, alteração esta integrada ao manejo do solo.

Para determinação dos valores (CP) referentes ao ano de 1963 foi utilizada a carta de uso do solo elaborada a partir de fotografias aéreas, enquanto que para os anos de 1985 e 2010 foram

³ KOK, K.; CLAVAU, M.B.W.; HEEREBOUT, W.M. & BRONSVELD, K. **Land degradation and land cover change detection using low-resolution satellite images and the CORINE database: a case study in Spain.** ITC Journal 3:217-228, 1995.

utilizados os valores definidos nas cartas de uso do solo produzidas pela análise de imagens LANDSAT.

Os valores pré-definidos (Tabela 3) foram aplicados aos respectivos polígonos, e, na sequência, o cruzamento de dados das demais cartas temáticas. Por se tratar de erosão laminar, as áreas urbanas e corpos d'água são considerados nulos, as culturas apresentam um valor maior que os demais usos (0,02), e na sequência as pastagens (0,01). A vegetação campestre (0,0007) e a florestal (0,00004) completam a tabela com os menores valores.

A carta de potencial à erosão foi utilizada em primeira etapa como um instrumento de análise do processo de erosão laminar e em uma etapa posterior como a base de cálculo das perdas de solo setorizadas por bacia hidrográfica.

Tabela 3 – Categorias de ocupação e valores correspondentes de (CP)

| Classes | Fator CP |
|---------------|----------|
| Áreas Urbanas | 0,0 |
| Culturas | 0,02 |
| Pastagens | 0,01 |
| Florestas | 0,00004 |
| Campestre | 0,0007 |
| Água | 0,0 |

STEIN et al⁴. 1987 apud KOZCIAK,2000.

Cálculo de Perda de Solo

Para a obtenção da média quantitativa de perda de solo correspondente ao ano em estudo, foi somada a perda de solo de cada polígono e em seguida o valor da soma foi dividido pela área de cada bacia, conforme a equação a seguir:

$$A_t = \frac{A^1 + A^2 + A^3 + A^n}{a} \quad (5)$$

A_t = média de perda total de solo na bacia

Aⁿ = total de perdas de solo de cada polígono

a = área da bacia

O resultado final foi representado em **t.ha⁻¹.ano⁻¹**

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA-METODOLÓGICA

No contexto científico a natureza é analisada por perspectivas diversificadas nas muitas áreas do conhecimento. A compreensão da organização do espaço geográfico, a partir da visão sistêmica, possibilita uma análise integrada dos elementos que compõem a área delimitada para pesquisa. A partir desta compreensão ampliam-se as possibilidades de um desenvolvimento mais equilibrado do uso e ocupação da terra, assim como a preocupação com a degradação dos recursos naturais, especialmente os corpos d'água.

Uma análise detalhada e conceitual a respeito da Teoria Geral dos Sistemas foi produzida por Morin (2003), no qual o autor enfoca a possibilidade de construir um conhecimento relativo ao objeto de estudo, sob a complexidade de um sistema, e, simultaneamente estabelecer a inter-relação capaz de permitir a autonomia entre os elementos.

Uma vez definida a unidade de estudo, no âmbito de um sistema, é de fundamental importância buscar o equilíbrio entre a observação reducionista, enfocando as partes que compõem o sistema, e a observação holística a ponto de desprezar as partes em detrimento da totalidade, afinal, o próprio Bertalanffy (2009) define a Teoria Geral dos Sistemas (TGS) como

⁴ STEIN, D.P.; DONZELLI, P.L.; GIMENEZ, F.A.; PONÇANO, E.L. & LOMBARDI NETO, F. Potencial de Erosão Laminar, Natural e Antrópica na Bacia do Peixe-Parapanema. **Anais do Simpósio Nac. de Controle de Erosão**, 4, Marília, São Paulo, ABGE/DAEE, p.105-135. 1987.

uma ciência geral da *totalidade*. Neste impasse a inter-relação devidamente aplicada e o conceito de organização estabelecem uma análise mais próxima do objetivo.

Em 1960, de acordo com a descrição de Monteiro (2001), Sotchava utilizou pela primeira vez o termo *geossistema* com o propósito de estabelecer uma ligação da natureza com a sociedade, e em 1968, Georges Bertrand publicou em seu artigo uma proposta de aliar o estudo da Geografia Física com base no conceito de *geossistema* que diferenciava do conceito criado pela biologia, “fica também muito claro que a modelização dos geossistemas à base de sua dinâmica espontânea e antropogênica e do regime natural a elas correspondente visa, acima de tudo, promover uma maior integração entre o natural e o humano” (MONTEIRO, 2001, p. 47).

Para Christofolletti “o geossistema resultaria da combinação de um potencial ecológico (geomorfologia, clima, hidrologia), uma exploração biológica (vegetação, solo, fauna) e uma ação antrópica, não apresentando, necessariamente, homogeneidade fisionômica, e sim um complexo essencialmente dinâmico” (1999, p. 42). A análise geossistêmica prioriza as interações complexas próprias da sociedade, assim, torna desnecessário e até mesmo redundante a dissociação da natureza da organização social.

A delimitação de bacias hidrográficas, com base na visão sistêmica, é cada vez mais utilizada nas pesquisas ambientais, pois a relação existente dos elementos entre si, em áreas com diferentes níveis de interferência antrópica, caracteriza um tipo de sistema aberto.

O conceito de bacia hidrográfica na abordagem sistêmica representa, portanto, o eixo integrador no desenvolvimento de cada etapa deste estudo, o que permite a contextualização com as descrições que complementam a definição principal.

Segundo Mafra (2005, p. 301) “A erosão hídrica consiste basicamente numa série de transferências de energia e matéria geradas por um desequilíbrio do sistema água/solo/cobertura vegetal, as quais resultam numa perda progressiva do solo”. A perda de solo produzida pelos processos erosivos afeta principalmente o sistema produtivo e pode representar níveis diferenciados em cada ambiente, condição que exige uma análise específica.

Para Morgan (2006), o impacto ambiental provocado pela erosão constitui um problema de difícil solução; a intensificação da ocupação inadequada do solo por atividades agropastoris agrava ainda mais o empobrecimento do solo e o assoreamento dos corpos d’água, condição que amplia ainda mais o nível de complexidade na organização das informações.

Os processos erosivos, analisados por Oka-Fiori (2002), ocorrem em diferentes escalas temporais e espaciais, podendo variar sua magnitude em conformidade com as variáveis atuantes. A erosão dos solos ocupados por atividades agropastoris se caracteriza como um tema de extrema preocupação no âmbito nacional, uma vez que os diagnósticos produzidos por estudos científicos têm apresentado uma situação de expressivas perdas na qualidade produtiva.

Inevitavelmente, a substituição de áreas florestais pelo uso agrícola aumenta a exposição do solo ao intemperismo, o terreno exposto à erosão perde gradativamente a camada mais fértil da superfície, eleva o volume de água em contato com o solo e, conseqüentemente, intensifica o volume de sedimentos transportados para os leitos fluviais devido o fluxo superficial. O mau uso do solo, decorrente de práticas agrícolas inadequadas, atinge expressivamente uma vasta proporção ambiental, porém os maiores impactos são percebidos nos corpos d’água, quando comparados com os demais subsistemas.

Para Bertoni e Lombardi Neto (2010) as florestas são essenciais para o equilíbrio ecológico da região, e seu manejo adequado pode acrescentar renda ao agricultor, e principalmente conter o desgaste do solo pela erosão.

A utilização de cálculos matemáticos associados aos sistemas naturais e antrópicos proporciona uma relativa segurança na discussão de temáticas ambientais. As equações matemáticas, quando aplicadas em estudos geomorfológicos, devem ser analisadas com certa precaução, pois, cada ambiente apresenta suas especificidades socioculturais e até físicas que poderão apresentar incompatibilidade com modelos pré-determinados.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O município de Altônia atua como referência político-administrativa; sua área urbana é drenada pelas três bacias hidrográficas em estudo, inclusive, encontra-se posicionada entre os divisores das bacias citadas. O desenvolvimento dos centros urbanos nos topos das vertentes caracterizou o padrão de ocupação do noroeste paranaense (PONTES, 1977).

Geologia

A bacia sedimentar do Paraná consiste em uma unidade morfoestrutural que abrange áreas do Paraguai, Argentina, Uruguai e Brasil. No Brasil integra extensas porções dos estados do Mato Grosso, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (OKA-FIORI *et al*, 2007). A área de estudo encontra-se em sua totalidade sobre a Formação Caiuá sotoposta ao Grupo Bauru.

Os arenitos da Formação Caiuá, são depósitos de aproximadamente 250 m de espessura, de origem associada a ambientes desérticos e fluviais, apresentam textura fina a média, coloração avermelhada e argilas intercaladas (MINEROPAR, 2005).

Na definição de Fernandes e Coimbra (2000), a Formação Caiuá apresenta um assentamento discordante sobre os basaltos da Formação Serra Geral, com espessura aproximada de 280 m no entorno do município de Altônia, parâmetro bem semelhante ao citado anteriormente.

Por se tratar de uma formação com expressivo grau de desagregação e de transporte, o Arenito Caiuá apresenta elevado potencial erosivo, especialmente nos períodos de intensas precipitações.

Relevo

Com base no mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná, produzido por Oka-fiori *et al* (2007), na unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná encontra-se o Terceiro Planalto, unidade morfoescultural, que, por sua vez, divide-se em quatro subunidades, denominadas: Planícies Fluviais, Planalto de Campo Mourão, Planalto de Paranaíba e Planalto de Umuarama, sendo que, no último está localizado a área de estudo.

O relevo característico do Planalto de Umuarama apresenta dissecação média, com o predomínio de classes de declividades baixas, topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em "V", modeladas em rochas da Formação Caiuá (OKA-FIORI *et al*, 2007)

Solos

O estudo dos solos, no âmbito da análise ambiental, consiste em um fator extremamente importante, pois, cada tipo de solo, integrado com os demais fatores naturais e antrópicos, apresentam suas especificidades no processo de desgaste.

A gênese dos solos do Noroeste Paranaense está associada à cobertura de arenitos da Formação Caiuá, resultante de processos de sedimentação eólica (EMBRAPA, 1984).

Os principais solos, encontrados na área de pesquisa, correspondem à ordem dos Latossolos Vermelhos e Argissolos Vermelhos, e, em menor proporção os Gleissolos (EMBRAPA, 2007), (Figura 2).

Na bacia do rio São João os Argissolos Vermelhos distróficos (PVd2 e PVd5) correspondem a 57,80% da área, enquanto que na bacia do rio do Prado o índice é de 42,71% e apenas 23,93% na bacia do rio Iporã (Tabela 4).

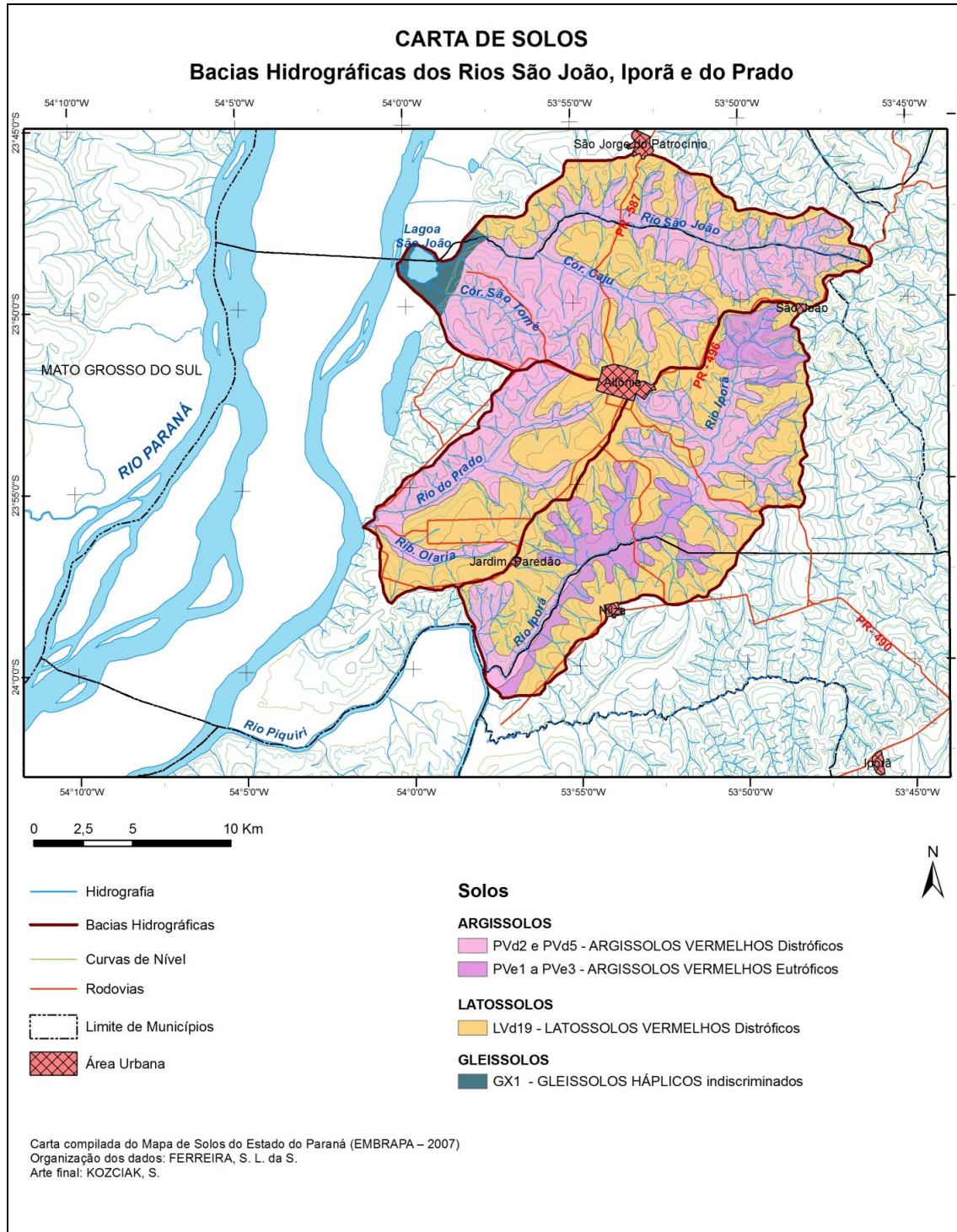
Na área de estudo, as características argilosas classificam os Argissolos Vermelhos eutróficos (PVe1 e PVe3) como solos favoráveis ao escoamento superficial e subsuperficial nas áreas de contato, uma vez que sua estrutura representa uma barreira à infiltração, esta subordem ocorre apenas na bacia do rio Iporã e representa 23,13% da sua área (Tabela 4).

Os Latossolos, segundo a abordagem de Palmieri e Larach (2010), em geral, apresentam solos minerais não hidromórficos, são profundos, porém de baixa fertilidade natural, enquanto que a classe textural varia de média a muito argilosa e a drenagem de acentuadamente a moderadamente drenada.

Segundo Embrapa (2006), Os Latossolos Vermelhos com textura arenosa, associadas ao Arenito Caiuá, são considerados solos profundos, com sequência de horizontes A, B, C, sendo

que a espessura de A+B é superior a três metros. Os Latossolos apresentam avançado estágio de intemperização, de um modo geral, os teores da fração de argila no *solum* aumentam de forma gradativa com a profundidade ou se mantêm constantes ao longo do perfil. São mais comuns em relevo plano e suave ondulado, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A.

Figura 2 – Carta de solos da área de estudo.



Fonte: modificado de EMBRAPA, 2007.

Na bacia do rio Iporã os Latossolos Vermelhos distróficos (LVd19), atingem os índices de 57,29% na bacia do rio do Prado, 52,94% na bacia do rio Iporã e 38,56% na bacia do rio São João (Tabela 4).

Os Gleissolos, segundo definição da Embrapa (1999), compreendem solos hidromórficos, saturados por água de forma permanente ou periódica, geralmente são formados por sedimentos recentes, próximos aos corpos d'água. Na área em estudo, foi identificada, por meio de observação em campo, a ocorrência do Gleissolo no entorno da lagoa São João corresponde 3,64% da bacia de mesmo nome, esta classe de solos encontra-se sob vegetação campestre herbácea, característica de área de várzea.

As causas mais frequentes na degradação dos solos na área delimitada estão associadas à textura predominantemente arenosa e às práticas agropastoris inadequadas. A economia local de Altônia depende em grande parte da agricultura e da pecuária bovina.

Tabela 4 - Subordens de solos existentes na área de estudo

| Subordens de Solos | 1- Rio São João | | 2- Rio Iporã | | 3- Rio do Prado | |
|--------------------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|
| | km ² | % | km ² | % | km ² | % |
| PVd2 e PVd5 | 94.73 | 57,80 | 39.53 | 23,93 | 34.86 | 42,71 |
| PVe1 e PVe3 | 0.00 | 0,00 | 38,21 | 23,13 | 0.00 | 0,00 |
| LVd19 | 63.21 | 38,56 | 87.42 | 52,94 | 46.75 | 57,29 |
| OX1 | 5.98 | 3,64 | 0.00 | 0,00 | 0.00 | 0,00 |
| | 163.91 | 100,00 | 165.16 | 100,00 | 81.62 | 100,00 |

Fonte: Embrapa, 2006.

Em geral, a agricultura provoca maior desgaste no solo do que as pastagens, porém, dois fatores podem ser considerados quanto à expressiva incidência de sulcos em áreas de pastagens: o constante preparo e controle da qualidade produtiva dos solos por meios químicos, orgânicos e mecânicos comum às terras ocupadas pela agricultura, permitem um melhor controle do desenvolvimento de ravinas e vossorocas, outro fator pode ser associado aos sulcos preexistentes nas antigas áreas de plantio ocupadas atualmente por pastagens, que por sua vez, exigem menos atenção, e com isto o monitoramento da expansão dos sulcos foram negligenciados.

Clima

O clima local apresenta uma temperatura média anual de 20,6 °C com chuvas distribuídas durante todo o ano, sendo que dezembro destaca-se como o mês mais úmido e julho o mês com menor índice pluviométrico.

Com base no princípio de Köppen, o clima é classificado, como Cfa: sempre úmido, clima pluvial quente-temperado e geadas pouco frequentes (MAACK, 2002).

Segundo Passos *et al.* (2006) o clima do Noroeste Paranaense é influenciado pela transição tropical-subtropical. A atuação da massa Polar Atlântica e demais sistemas atmosféricos extratropicais predominam em conjunto com as massas: Equatorial Continental e Tropical Continental. Nos meses de verão são frequentes as dinâmicas das linhas de Instabilidades Tropicais, enquanto que no inverno a escassez de chuvas resulta em um curto período de estiagem.

Vegetação

Conforme os parâmetros fitogeográficos, na área delimitada para pesquisa, foi identificada a Floresta Estacional Semidecidual, que é conceituada pelo IBGE (1992) como um tipo de vegetação influenciada pela dupla estacionalidade climática, uma tropical com épocas intensas de chuvas de verão, seguida por estiagem acentuada e outra subtropical sem período seco, mas com seca fisiológica resultante de invernos com temperaturas médias inferiores a 15 °C.

Em áreas tropicais, a Floresta Estacional Semidecidual apresenta uma porcentagem de caducifólias no conjunto florestal, compreendida entre 20% a 50%. Nas áreas de solos

areníticos distróficos desenvolvem-se plantas de porte médio, com altura variável entre 20 e 30m denominadas de mesofanerófitos.

A formação submontana, em escala nacional, ocorre numa faixa altimétrica de 50 e 500 m entre as latitudes 16° e 24° Sul enquanto que a aluvial segue o traçado das calhas dos rios.

No Baixo curso do rio São João, próximo à foz, uma pequena parcela de vegetação campestre ocupa a área de várzea ainda na atualidade, enquanto que o quadro atual de vegetação nativa ou primária, nas demais áreas, passou por mudanças relevantes.

Atualmente, é possível identificar espécies nativas remanescentes distribuídas de modo isolado na paisagem, ou ainda em faixas de mata ciliar. Nas propriedades é comum observar o cultivo de espécies exóticas comerciais em áreas destinadas à reserva legal. Em situações de interesses econômicos imediatistas, a rica biodiversidade vegetal da Floresta Estacional Semidecidual que ocupava originalmente as bacias hidrográficas em estudo, e mantinha o equilíbrio do sistema pedológico, foi restringida a índices baixíssimos.

Hidrografia

As bacias hidrográficas dos rios São João, Iporã e do Prado apresentam um traçado integrado à área urbana de Altônia, a cidade está localizada de forma centralizada no divisor de águas das três bacias.

Atualmente, os cursos apresentam expressivo assoreamento, segundo descrição de moradores, no início da década de 1980, era comum a prática de lazer, pois a profundidade do rio Iporã era próxima a 1,5 m. A redução da profundidade e largura dos leitos dos rios evidencia a problemática da erosão nas últimas décadas.

ANÁLISE DE RESULTADO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise multitemporal das bacias dos rios São João Iporã e do Prado aborda um período de 47 anos de uso e ocupação da terra em uma área que passou por importantes transições econômicas no setor primário. No início da ocupação, o cultivo do café predominava na área da pesquisa, a pastagem gradativamente ampliou sua área de abrangência em conjunto com a diversificação de culturas temporárias. As mudanças citadas podem ser atribuídas a fatores físicos (solo, intempéries climáticas) associados à demanda do mercado regional. Estes elementos, de uma forma direta ou indireta interferem na dinâmica da erosão laminar.

Uso Da Terra

Um dos aspectos que atrai a atenção é a localização do centro urbano no divisor de águas das três bacias hidrográficas, situação favorável para a abertura de propriedades rurais em ritmo semelhante nestas unidades espaciais. Outro fator de destaque é a referência das propriedades nos cursos fluviais, como ponto de partida para o desmatamento e o desenvolvimento de atividades agropecuárias.

A digitalização de fotos aéreas de 1963, e, de imagens dos anos de 1985 e 2010, resultou na produção das carta de uso da terra (Figura 3) e de suas respectivas informações numéricas (Tabelas 5, 6 e 7).

Tabela 5 – Análise multitemporal do uso da terra – 1963 – Bacias hidrográficas dos rios São João Iporã e do Prado

| Uso da Terra | 1- Rio São João (km ²) | 2- Rio Iporã (km ²) | 3- Rio do Prado (km ²) | Total (km ²) | % |
|--------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------|-------|
| Area urbana | 0,42 | 0,06 | 0,39 | 0,87 | 0,22 |
| Cultura | 31,36 | 29,49 | 18,70 | 79,55 | 19,29 |
| Pastagem | 2,86 | 5,59 | 2,99 | 11,44 | 2,77 |
| Florestal | 125,35 | 124,89 | 59,08 | 309,32 | 75,00 |
| Campestre | 4,28 | 4,84 | 0,29 | 9,42 | 2,28 |
| Água | 1,79 | 0,00 | 0,00 | 1,79 | 0,44 |
| Área total | 166,07 | 164,87 | 81,45 | 412,40 | 100 |

Figura 3 – Uso e ocupação da terra nas bacias hidrográficas dos rios São João, Iporã e do Prado dos anos de 1963, 1985 e 2010.

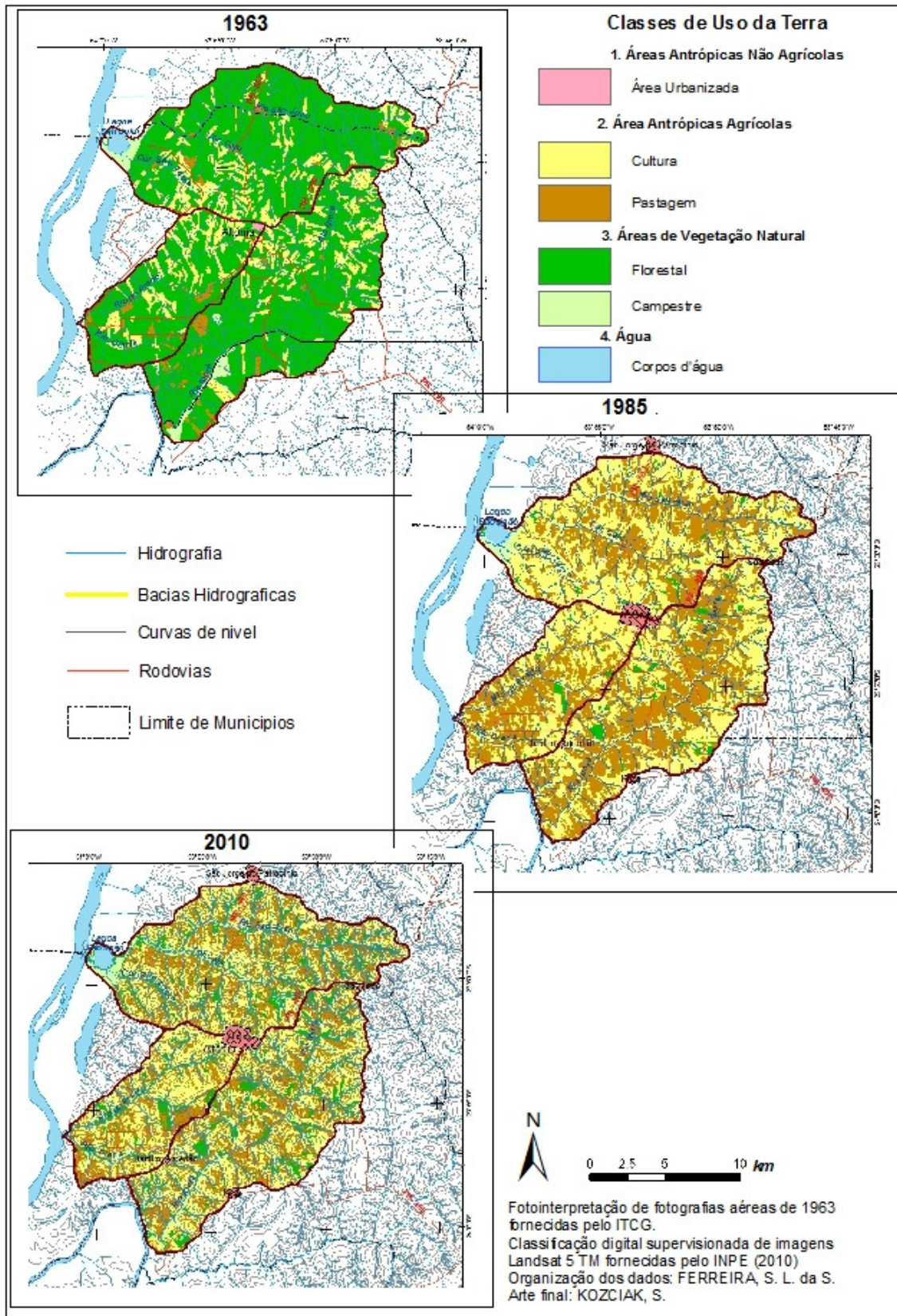


Tabela 6 – Análise multitemporal do uso da terra – 1985 – Bacias hidrográficas dos rios São João Iporã e do Prado

| Uso da Terra | 1- Rio São João (km ²) | 2- Rio Iporã (km ²) | 3- Rio do Prado (km ²) | Total (km ²) | % |
|--------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------|--------|
| Area urbana | 0,96 | 0,24 | 1,33 | 2,53 | 0,61 |
| Cultura | 91,90 | 73,29 | 40,67 | 205,86 | 49,92 |
| Pastagem | 64,32 | 86,41 | 37,59 | 188,32 | 45,67 |
| Florestal | 3,17 | 4,89 | 1,70 | 9,76 | 2,37 |
| Campestre | 3,33 | 0,04 | 0,16 | 3,53 | 0,85 |
| Água | 2,40 | 0,00 | 0,00 | 2,40 | 0,58 |
| Área total | 166,08 | 164,87 | 81,45 | 412,40 | 100,00 |

Tabela 7 – Análise multitemporal do uso da terra – 2010 – Bacias hidrográficas dos rios São João Iporã e do Prado

| Uso da Terra | 1- Rio São João (km ²) | 2- Rio Iporã (km ²) | 3- Rio do Prado (km ²) | Total (km ²) | % |
|--------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------|--------|
| Area urbana | 1,70 | 0,53 | 1,84 | 4,07 | 0,98 |
| Cultura | 67,75 | 73,64 | 40,67 | 182,06 | 44,15 |
| Pastagem | 54,41 | 54,19 | 24,17 | 132,77 | 32,19 |
| Florestal | 21,71 | 21,30 | 7,90 | 50,91 | 12,34 |
| Campestre | 18,27 | 15,21 | 6,87 | 40,35 | 9,8 |
| Água | 2,24 | 0,00 | 0,00 | 2,24 | 0,54 |
| Área total | 166,08 | 164,87 | 81,45 | 412,40 | 100,00 |

Na visualização da carta de 1963, é possível observar a predominância das áreas de vegetação natural, quantificada na Tabela 10 em 75% de florestas e 2,28% de vegetação campestre, totalizando assim 77,28%.

A devastação florestal, no processo de ocupação das terras da área em estudo, foi uma consequência diretamente relacionada ao valor que o comércio de madeira agregava à renda familiar, condição também essencial para o preparo da terra a ser cultivada, e/ou destinada para a pastagem, condição que atingiu toda região noroeste do Paraná.

A ocupação com culturas e pastagens, em 1963, atingia um índice modesto de 19,29% e 2,77% respectivamente, o que representa a soma de apenas 91 km². O cultivo deste período estava concentrado prioritariamente no plantio de café e com pequenas parcelas de culturas sazonais como feijão, milho e algodão.

Neste ano, as áreas urbanas estavam limitadas a 0,22%, o equivalente a 0,87 km².

De fato os dados quantitativos da carta de uso do solo de 1963 expressam uma realidade positiva quanto à ocupação, entretanto, já neste período, é possível observar que embora os polígonos correspondentes à ação antrópica, especialmente culturas e pastagens, sejam reduzidos quando comparados com os anos posteriores, estes estão localizados, em sua maioria, no traçado das margens fluviais, o que representa um fator agravante quando relacionado com o progresso da erosão e assoreamento dos leitos dos rios e lagos.

Na carta de uso da Terra de 1985 ocorre uma expressiva alteração em comparação com os dados analisados no ano de 1963, própria do desenvolvimento urbano e econômico do município neste período. Na Tabela 6 estão representados os índices numéricos.

A área ocupada anteriormente pela vegetação florestal foi reduzida a apenas 9,76km², correspondente a 2,37% das bacias hidrográficas, situação que aumenta a exposição dos solos à ação erosiva.

O crescimento das áreas de culturas atingiu o índice de 49,92% da área total das bacias hidrográficas; sua abrangência ocorreu em cada uma das três bacias hidrográficas em

proporções semelhantes e constituiu um fato historicamente comum em escala regional no estado do Paraná, porém, determinante na degradação do sistema pedológico e hídrico, pois, foram mudanças, em geral, desprovidas de planejamento ambiental adequado. Outro fator de destaque foi o aumento das áreas de pastagem para 45,67%.

A carta de Uso da Terra de 2010, quando comparada com a de 1985 expressa visualmente as alterações indicadas nos dados numéricos (Figura 3).

No ano de 2010, (Tabela 7), houve um retrocesso significativo das áreas de culturas para 44,15%, e nas de pastagem para 32,19%.

A queda observada no percentual de área agrícola ocorreu na bacia do rio São João, enquanto que nas demais unidades não houve alteração significativa.

A redução das pastagens ocorreu, sobretudo, nas bacias dos rios Iporã e do Prado respectivamente com uma área de 54,19 km² e 24,17 km², entretanto, na bacia do rio São João também se observa uma expressiva alteração para 54,41 km².

A redução de áreas cultivadas e de pastagens, em parte, explica o aumento da área urbana de 2,53% (1985) para 4,07%, fato que caracteriza o êxodo rural, tema propício para o debate, porém, não inserido na presente pesquisa. Outro fator relevante para a redução do espaço agropecuário consiste, principalmente, no aumento das áreas florestais.

A ampliação considerável de áreas florestadas para 12,34% integra última análise pontual em 2010. O destaque é para a bacia do rio São João, com 21,71 km², e na sequência a bacia do rio Iporã com 21,30 km² e a bacia do rio do Prado com 7,90 km².

Com a aplicação da EUPS, foi possível observar a proporção de cada classe de perda de solo nas bacias dos rios São João, Iporã e do Prado. As classes referentes às perdas de solo são expressos nas cartas de potencial à erosão (Figuras 4 e Tabela 8) organizadas em cinco classes ou níveis segundo Kozciak (2000).

Tabela 8 – Potencial à erosão - Bacias Hidrográficas dos Rios São João, Iporã e do Prado

| Níveis | 1963 | | 1985 | | 2010 | |
|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| | Hectares | % | Hectares | % | Hectares | % |
| 1(MB) | 35905,11 | 87,06 | 16970,04 | 41,15 | 21542,46 | 52,24 |
| 2(B) | 553,15 | 1,34 | 11349,02 | 27,52 | 7909,30 | 19,18 |
| 3(M) | 4383,23 | 10,63 | 11133,20 | 27,00 | 10671,85 | 25,88 |
| 4(A) | 384,14 | 0,93 | 1726,29 | 4,19 | 1095,64 | 2,66 |
| 5(MA) | 14,37 | 0,04 | 61,45 | 0,15 | 20,75 | 0,05 |
| TOTAL | 41240,00 | 100,00 | 41240,00 | 100,00 | 41240,00 | 100,00 |

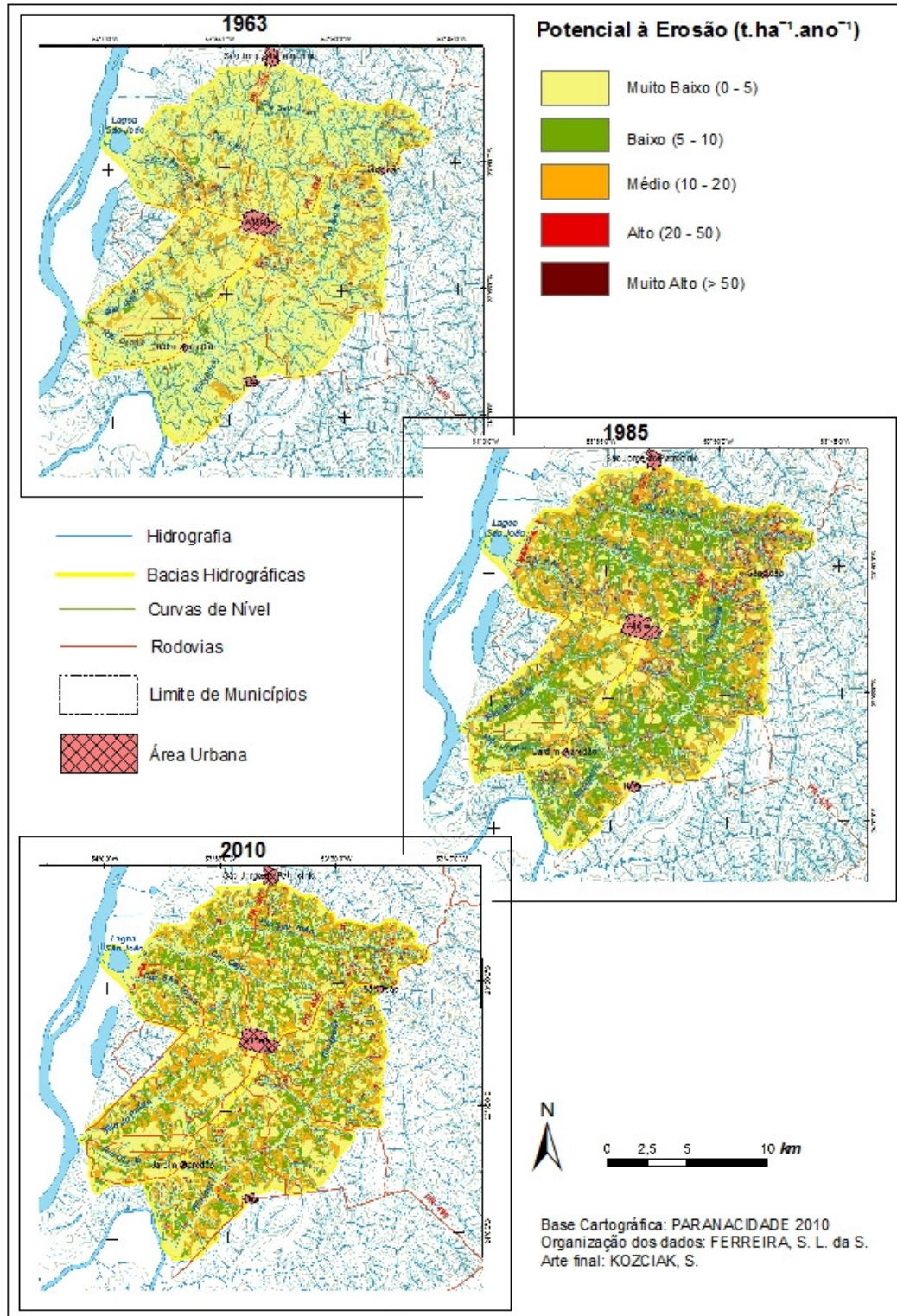
(MB) muito baixo, (B) baixo, (M) médio, (A) alto, (MA) muito alto.

Pelas características observadas no uso do solo de 1963 em comparação com aos dados da Tabela 8 e as respectivas cartas de potencial erosivo (Figura 5), é possível constatar a coerência nos fatores afins. Embora as unidades de medidas sejam em km² no uso do solo e em hectares na carta de potencial à erosão, a comparação em porcentagem harmoniza a aparente discrepância.

Na carta de potencial à erosão de 1963, 87,06% da área está inserida no nível “muito baixo” o que representa uma perda inferior a 5 t.ha⁻¹.ano⁻¹, em conjunto com mais 1,34% de terreno com perdas entre 5 a 10 t.ha⁻¹.ano⁻¹, o qual totaliza 88,40% das bacias hidrográficas dos rios São João, Iporã e do Prado.

As perdas de solo dos dois primeiros níveis podem ser caracterizadas como mínimas, e até mesmo irrelevantes para o agravamento de um processo erosivo. Os dados de 1963 caracterizam um período com pouca interferência antrópica.

Figura 4 – Potencial à erosão nas bacias hidrográficas dos rios São João, Iporã e do Prado dos anos de 1963, 1985 e 2010.



- 1) Potencial muito baixo (MB) com perdas de até $5 t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$;
- 2) Potencial baixo (B) com perdas entre 5 e $10 t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$;
- 3) Potencial médio (M) com perdas entre 10 e $20 t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$;
- 4) Potencial alto (A) com perdas entre 20 e $50 t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$;
- 5) Potencial muito alto (MA) com perdas acima de $50 t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$;

O nível “médio”, correspondente à perda entre 10 e 20 t.ha⁻¹.ano⁻¹, abrange 10,63% da área delimitada, distribuída pontualmente nas três bacias hidrográficas.

O nível “alto” equivalente às perdas entre 20 e 50 t.ha⁻¹.ano⁻¹ e “muito alto” quando os índices estão acima de 50 t.ha⁻¹.ano⁻¹, atingem uma pequena parcela de 0,93% e 0,04% respectivamente, embora estes níveis de perdas de solo sejam significativos, a dimensão areal é pouco representativa quando abordada no contexto geral.

Na carta de 1985 (Figura 5), observa-se acentuadas alterações:

O primeiro nível, “muito baixo”, apresentou considerável redução em detrimento da elevação dos demais (MB = 41,15%; B = 21,25%; M = 27,52%; A = 4,19% e MA = 0,15%), o que faz da análise de 1985 a mais preocupante, especialmente nos índices relacionados ao terceiro nível.

Na bacia hidrográfica do rio São João se concentra a maior parte dos pontos de nível “alto”, destacando-se também as extensas áreas de nível “médio”. As manchas mais críticas estão localizadas nas áreas que compreende o alto curso do rio principal e de seus afluentes. A jusante do rio São João, as maiores declividades estão localizadas na porção sudoeste, ocupada pela agricultura em Argissolo Vermelho.

Em contraposição, a bacia hidrográfica do rio do Prado apresenta os menores valores de perdas de solo, uma vez que se caracteriza pelas menores declividades e maior abrangência dos Latossolos. Observa-se o predomínio de extensas áreas com declividade “muito baixa” e “baixa”, principalmente nos espaços localizados na margem esquerda do rio principal. Na margem direita do rio do Prado predomina o nível médio de potencial a erosão.

A bacia do rio Iporã se destaca pelo aparente equilíbrio na distribuição das classes de perdas de solo e manchas contínuas referentes ao primeiro e segundo nível.

A carta de perdas de solo de 1985 expõe os efeitos negativos da ocupação da área estudada pelas atividades agropastoris, visualmente perceptível com a carta de 1963.

A carta de 2010 (Figura 4) demonstra o efeito positivo que determinadas mudanças no uso do solo podem agregar no aspecto ambiental da área, neste caso específico, destaca-se a substituição de áreas agrícolas por pastagens e vegetação florestal. Por meio de alterações no uso e ocupação do solo observa-se uma considerável redução da área anteriormente classificada no nível “médio” de potencial a erosão e a ampliação dos níveis inferiores.

As bacias hidrográficas dos rios São João, Iporã e do Prado na atualidade concentra 71,42% de sua área entre os primeiros dois níveis de potencial à erosão, “muito baixo” e “baixo”, Cabe ressaltar que a área correspondente ao nível “muito baixo” passou de 87,06% em 1963 para 41,15% em 1985 aumentou para 52,24%.

As oscilações percentuais, do potencial à erosão, nos três períodos analisados, demonstram em todos os níveis, que, o efeito negativo das atividades agropastoris atinge os índices mais alarmantes em 1985, e, em 2010 fica evidenciada uma significativa mudança positiva nos parâmetros analisados.

O debate em torno da interação: ser humano\natureza através dos períodos históricos constitui em um desafio complexo que envolve a compreensão de cada realidade e a busca de parâmetros de análise, soluções ou práticas capazes de desacelerar a intensa degradação do ambiente natural.

A temática ambiental integra, além dos aspectos naturais, os interesses econômicos, políticos e culturais, portanto, na delimitação geográfica de uma determinada área de estudos devem-se analisar todos estes elementos conforme seu grau de interferência.

Foi possível constatar, comparativamente, que as bacias hidrográficas dos rios São João e Iporã apresentam semelhanças na maioria dos aspectos morfométricos e geomorfológico analisados, enquanto que a bacia do rio do Prado, com dimensões inferiores às demais, se destacou pelo manejo do solo diferenciado observado em campo. Em geral, a área média das propriedades é inferior a dez hectares, e estas recebem maior monitoramento técnico e econômico no controle da erosão.

O crescimento expressivo da degradação dos solos observada nos períodos determinados ocorreu pela retirada desenfreada da vegetação original para implantação de culturas e pastagens, fatores que atuaram significativamente na perda da camada superficial do solo pela ação da erosão hídrica, portanto, o uso da terra representou um dos maiores problemas relacionado à erosão laminar.

Nos cálculos referentes à erosão laminar no solo foi aplicado a Equação Universal de Perdas de Solo – EUPS – trata-se da análise conjunta da erosividade da chuva, erodibilidade do solo, comprimento da rampa, declividade do terreno, uso do solo, manejo do solo e práticas conservacionistas.

Por meio de parâmetros teóricos e numéricos, verificou-se entre os aspectos naturais, a maior facilidade para o transporte de sedimentos proporcionado pela textura arenosa na composição dos latossolos e a propensão ao escoamento superficial dos argissolos. Outro fator de destaque pode ser atribuído aos baixos índices de declividade caracterizados como atenuantes da dinâmica erosiva nas bacias hidrográficas pesquisadas.

Com o uso da cartografia digital e o cruzamento de dados na geração da carta de potencial à erosão, confirmou-se a baixa interferência antrópica na análise de 1963 e o avanço do potencial à erosão na proporção da ampliação das áreas agropastoris,

Com base nas características naturais das bacias hidrográficas dos rios São João, Iporã e do Prado, e resultados obtidos pela aplicação da EUPS, recomenda-se uma atenção especial na manutenção das atuais áreas florestais e no incentivo aos proprietários de terras a ampliar ainda mais a estas áreas, preferencialmente com espécies arbóreas nativas.

A responsabilidade em minimizar as perdas de solo, neste caso, é considerada como um fator compartilhado diretamente pelos diversos segmentos da sociedade local. De um lado os interesses públicos no desenvolvimento socioeconômico do município, direcionados às questões ambientais como fonte de arrecadação em escalas diversas, e, do outro, os proprietários, que necessitam de informações claras e específicas à realidade regional, capazes de alterar a visão imediatista de exploração da terra em investimentos a médio e longo prazo, no que se refere à utilização de técnicas de manejo da terra adequados à proteção dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTALANFFY, L. v. Teoria geral dos sistemas. 4. ed. Petrópolis: Vozes, 2009.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo. São Paulo: Icone, 2010.**
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo. São Paulo: Icone, 2008.**
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
- D'AGOSTINI, L. R. **Erosão - o problema mais que o processo.** Florianópolis: UFSC, 1999.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Mapa de Solos do Estado do Paraná, Legenda Atualizada.** Rio de Janeiro, 2007.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Levantamento de Reconhecimento dos solos do estado do Paraná.** Londrina, 1984.
- FERNANDES L.A.; COIMBRA A.M. Revisão Estratigráfica da Parte Oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). **Rev.Bras. de Geoc.,** v. 30, p. 717-728, 2000.

- FERREIRA, S. L. da S. **Diagnóstico socioambiental da bacia do Ribeirão dos Padilhas: o processo de ocupação do loteamento Bairro Novo, Sítio Cercado – Curitiba – PR.** Dissertação de Mestrado. Curitiba: UFPR, 2005.
- GUERRA, A. J. T. e BOTELHO, R. G. M. **Erosão dos solos** in: CUNHA, S.B.da e GUERRA, A. J. T. Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
- IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira.** Rio de Janeiro, 1992.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagens do Satélite LANDSAT 5 – Imagem TM. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/>> Acesso em: 20/6/2010.
- INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. Sistema de Informações Hidrológicas – SIH. CD-ROM. Curitiba, 2010.
- ITCG - Instituto de Terras, Cartografia e Geociências. **Levantamento Aerofotogramétrico do Paraná de 1963.** Fotos aéreas na escala 1:70.000, 1963.
- KOZCIAK, S. **Evolução do processo erosivo da bacia dos rios Arica-açu e Arica-mirim – MT, através de análise multitemporal.** Dissertação de Mestrado. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2000.
- MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná.** Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.
- MAFRA, N. M.C. **Erosão e planificação de uso do solo.** In: GUERRA, A. J. T. et al (org). Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.
- MINEROPAR - Minerais do Paraná S.A. **Programa Zoneamento-Ecológico-Economico do Paraná – Potencialidades e fragilidades das rochas do Paraná.** Curitiba: Estado do Paraná, 2005.
- MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistemas: a história de uma procura.** São Paulo: Contexto, 2001.
- MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation.** Oxford: Blackwell Publishing, 2005.
- MORIN, E. **O método 1: a natureza da natureza.** HEINEBERG, I. (trad.). 2. ed. Porto Alegre: Sulina, 2003.
- OKA-FIORI, C; SANTOS, L. C; CANALI, N. E; FIORI, A. P; SILVEIRA, C. T. DA; BRISKI, S. J; FELIPE, R. DA S; SILVA, J. M. F. DA. **In Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná: escala base 1:250.000.** Curitiba: MINEROPAR - Minerais do Paraná, 2007.
- OKA-FIORI, C. **Geomorfologia e dinâmica têmporo-espacial da Bacia do Rio Itiquira: Pantanal Matogrossense - MT, MS.** Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas Campus de Rio Claro, 2002.
- PALMIERI, F. e LARACH, J. O. I. **Pedologia e geomorfologia** in: GUERRA, A. J. T. et CUNHA. S. B. da (org). Geomorfologia e meio ambiente. 8. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.
- PARANACIDADE - Serviço Social Autônomo. **Projeto de Mapeamento do Estado do Paraná.** CD-ROM. Escala 1:50.000, Curitiba, 2010.
- PASSOS, M.M; AMORIM, M.C.C.T; SANT'ANNA NETO, J.L; **Os reflexos do clima na organização do espaço no noroeste do Paraná – Brasil.** Anais do IV Seminário Latinoamericano de Geografia Física. Maringá. 2006.
- PONTES, A.B. Controle da erosão na região noroeste do estado do Paraná/Brasil. Rio de Janeiro: DNOS, 1977.
- PRADO, J. P. B. de; NÓBREGA, M. T. de. **Determinação de perdas de solo na bacia hidrográfica do Córrego Ipiranga em Cidade Gaúcha, Estado do Paraná, com aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS).** Acta Sci. Technol., Maringá, v. 27, n. 1, p. 33-42, jan./jun. 2005.

SANTOS, A.P.; NIERO, M.; LOMBARDO, M.A. Interpretação de dados de sensoriamento remoto no uso da terra. In: **Introdução às técnicas de sensoriamento remoto e aplicação: curso de treinamento**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1980.

SANTOS, I dos; KRÜGER, C. M.; LEVIS, M. **Projeto HG-118 – Estudos hidrometeorológicos para os estudos de inventário da bacia do rio Ivaí: relatório técnico número 1- Avaliação de perdas de solo**. CEHPAR/UFPR/COPEL: CURITIBA, 1998.

SILVA, F. das G. B. da e CRESTANA, S. **Reunião de modelos e formulações para análise de erosão de solos em bacias hidrográficas voltados ao planejamento ambiental**. In ESPÍNDOLA, E. L. G. e WENDLAND, E. (org). Bacias hidrográficas: diversas abordagens em pesquisa. São Carlos: RiMa, 2004.