

A MORFOPEDOLOGIA APLICADA À COMPREENSÃO DOS PROCESSOS EROSIVOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO GUASSUPI, SÃO PEDRO DO SUL – RS¹

Marciel Lohmann

*Prof. Substituto do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Paraná (UFPR)
marciel_lohmann@yahoo.com.br*

Leonardo José Cordeiro Santos

*Prof. Dr. do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Paraná (UFPR)
santos@ufpr.br*

Resumo

A presente pesquisa tem como objetivos identificar e analisar a inter-relação entre solos, relevo e substrato geológico, bem como diagnosticar e compreender a gênese e evolução dos processos erosivos existentes na bacia hidrográfica do Arroio Guassupi, localizada no município de São Pedro do Sul/RS. Para alcançar os objetivos propostos utilizou-se a abordagem morfopedológica que se fundamenta nas concepções que enfocam as referidas inter-relações de maneira a compreender o comportamento erosivo e servir de base para o planejamento do uso do solo da bacia. Tal abordagem fundamenta-se na delimitação, compreensão e funcionamento dos compartimentos morfopedológicos que constituem unidades tempo-espaciais homogêneas e intrínsecas do meio físico. Esta metodologia permitiu a identificação de três compartimentos morfopedológicos da área de estudo, que foram expressos no principal produto elaborado pela pesquisa, ou seja, o mapa morfopedológico da bacia do Arroio Guassupi na escala 1:50.000. Os resultados obtidos mostram que a distribuição das erosões está associada a condicionantes naturais e antrópicos. As erosões localizam-se principalmente nos Argissolos e Cambissolos desenvolvidos a partir de rochas da Formação Botucatu e Serra Geral e que atualmente são utilizados sem práticas conservacionistas adequadas, promovendo o escoamento concentrado das águas pluviais e desenvolvendo os processos erosivos. O mapa de compartimentos morfopedológicos tem fundamental importância para as considerações com relação à suscetibilidade ao desenvolvimento dos processos erosivos em cada compartimento e para propor medidas de controle preventivo de uso e ocupação do espaço e dos solos na bacia.

Palavras-chave: Erosão; Bacia hidrográfica; Abordagem morfopedológica;

Abstract

This research aims to identify and analyse the relationships between soils, relief and bedrock, in order to diagnose and understand the genesis and evolution of the erosion processes in the Guassupi brook basin, placed in the municipality of São Pedro do Sul /RS. In order to reach these objectives, this study is based on the morphopedological approach. It focuses on the relationships between the bedrock, the relief and soils, providing of the erosion patterns and basis for soil-use planning in the basin. This approach is based on the delimitation, understanding and functioning of the morphopedological compartments, which are homogenous time-space environmental units. This methodology allows the identification of three morphopedological compartments in the studied area, which have been outlined in the main product of this research: the morphopedological map of Guassupi brook basin, with a 1:50.000 scale. The result shows that the distribution of erosive occurrences is related to both natural and anthropogenic causes. The erosion occurs mainly over Ultisol and Inceptisol, stemming from Botucatu and Serra Geral Formations. Currently, these soils have been used without appropriate conservation practices, causing the rainwater concentration and developing erosion processes. The morphopedological map is fundamental for the considerations related to the susceptibility to the development of erosion processes in each compartment, as well as the proposition of measures for preventive control regarding the usage and occupation of the land and the soil in the basin.

Key Words: Erosion; Water basin; Morphopedological approach;

¹ Artigo elaborado com base na Dissertação de Mestrado defendida em 28/03/2005 no Curso de Mestrado em Geografia/UFPR, com auxílio financeiro da Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal em Nível Superior (CAPES).

Introdução

A erosão do solo é um dos mais graves problemas de ordem ambiental, comprometendo a qualidade e a quantidade da produção de alimentos e relacionando-se diretamente à escassez dos mesmos e à fome. Bertoni & Lombardi Neto (1990) assinalam que as terras erosionadas são terras que reduziram, muitas vezes, totalmente sua capacidade de produção e por isso em algumas regiões do mundo a luta contra a erosão é fundamental.

De acordo com Infanti Jr & Fornasari Filho (1998), os fenômenos associados à formação das erosões são comandados por dois conjuntos de fatores ou condicionantes principais, sendo eles os naturais, que determinam a intensidade dos processos, destacando-se como mais importantes a chuva, a cobertura vegetal, o relevo, os tipos de solos e o substrato geológico; e os antrópicos, como o desmatamento, a mineração e as formas de uso e ocupação do solo (agricultura, obras civis, urbanização etc.), que deflagram o processo erosivo imediatamente ou após certo intervalo de tempo.

Quando o processo erosivo ocorre sob condições naturais ou não perturbadas, um estado permanente de equilíbrio é estabelecido, não se verificando maiores danos. Entretanto, quando esta condição de equilíbrio é rompida, a erosão cria sérios problemas, não só na agricultura, ocasionando perda gradual na capacidade produtiva, mas também no manejo dos recursos hídricos, contaminando-os com sedimentos e poluentes de origem difusa.

Segundo Fendrich (1997), tal situação se agrava ainda mais pelo inadequado manejo da terra, o qual se deve à ação devastadora do homem no seu desrespeito pelos recursos naturais e pela falta de programas agrícolas educacionais que atendam tanto ao agricultor quanto à necessidade de melhor utilizar a água e o solo.

Com determinadas técnicas e práticas agrícolas inadequadas como, por exemplo, o plantio continuado e mal distribuído de culturas esgotantes e pouco protetoras do solo, o plantio em linhas dirigidas a favor das águas, a queimada dos restos culturais e o pastoreio excessivo, a erosão hídrica pode tomar proporções muitas vezes irreversíveis, tendo como conseqüências não só o depauperamento das terras, mas também a formação de voçorocas e ravinas, impossibilitando grandes áreas de serem utilizadas para a produção agrícola.

Nas áreas urbanas e periurbanas os processos erosivos acelerados também atuam com grande intensidade e são causados, em especial, pela concentração das águas pluviais e servidas, ou seja, devido à falta de uma infraestrutura de drenagem urbana. Alguns autores destacam que as taxas erosivas em áreas recém desmatadas para a construção de cidades podem ser maiores em apenas um ano, quando comparadas a taxas erosivas equivalentes a décadas nos solos agrícolas.

Com o intuito de melhor compreender, diagnosticar e es-

tabelecer diretrizes que venham auxiliar no entendimento dos processos erosivos, várias metodologias são utilizadas, dentre elas a abordagem morfopedológica (TRICART; KILLIAN, 1979), que propõe o conhecimento do meio físico, através da descrição e avaliação da dinâmica, através de sua análise, considerando-o como um sistema, onde as interações específicas definem unidades de igual estrutura, evolução e que apresentam problemas comuns.

De acordo com Castro e Salomão (2000, p. 32-33) os compartimentos morfopedológicos, são entendidos como “fisionomias (externalidade) do meio físico biótico e abiótico que revelam um tipo reconhecível e delimitável de modelado do relevo suportado por organizações/estruturas litológicas e pedológicas (internalidade), cujos atributos e funcionamentos revelam consonância histórico-evolutiva, no tempo e no espaço e são passíveis de observações relativamente diretas através de procedimentos de compartimentação do modelado em escala de semi-detalle, bem como de representação nessas mesmas escalas, e nas quais o uso e ocupação são capazes de induzir mudanças de formas, materiais e processos, de modo continuado ou rápido e intenso, induzindo mudanças no seu funcionamento e conseqüentemente na sua fisionomia”.

Os mesmos autores comentam ainda que os compartimentos morfopedológicos refletem uma história climática que pode ser deduzida a partir de suas formas e materiais, sobretudo inconsolidados, entendidos como testemunhos de processos geomorfopedogenéticos podendo apresentar evidências das relações com determinados tipos de flora original, mesmo que tenha sido devastada por outros usos.

Voltada à compreensão interdisciplinar dos fatores envolvidos na esculturação das paisagens, a abordagem morfopedológica possibilita compreender como se comporta cada um dos condicionantes do meio físico, o conjunto deles atuando no sentido da formação de distintos setores da paisagem, bem como apontar diretrizes para o reordenamento de uso/ocupação da terra, quando necessário.

Salomão (1994), quando estudou os fenômenos erosivos lineares no Platô de Bauru (SP), objetivando subsidiar medidas de controle desses processos, aprimorou tal metodologia implementando a generalização cartográfica, onde alguns mapas como o de restrições ao uso e ocupação dos solos podem tornar-se instrumentos básicos para as ações, sobretudo preventivas, de controle da erosão. Nesta mesma perspectiva, vários estudos vêm utilizando tal abordagem como, por exemplo, Nakashima (1999), que realizou um trabalho na região noroeste do Paraná utilizando dessa abordagem para produzir o mapa de sistemas pedológicos.

Barbalho (2002) também elaborou a compartimentação morfopedológica da Alta Bacia do Rio Araguaia (GO) com vistas ao entendimento dos processos erosivos lineares.

Ribeiro (2001) serviu-se dessa abordagem como subsídio ao diagnóstico e prevenção dos processos erosivos lineares da bacia hidrográfica do Alto Rio do Casca (MT).

Lopes & Castro (2004) empregando a morfopedologia elaboraram o diagnóstico do meio físico com base na análise integrada dos fatores rocha-solo-relevo da microbacia do Córrego Carapina em Goianópolis/GO.

Diante do contexto apresentado, o presente trabalho tem por objetivo principal identificar e analisar, por meio da abordagem morfopedológica, a inter-relação entre solo, relevo e substrato geológico da bacia hidrográfica do Arroio Guassupi, a fim de diagnosticar e compreender as suas relações com o comportamento erosivo linear, e conseqüentemente, a sua suscetibilidade erosiva.

pequena expressiva (MACIEL FILHO, 1980).

De acordo com Klamt et al (2001), os solos predominantes na região do Rebordo e também na bacia hidrográfica do Arroio Guassupi, são os Argissolos, os Cambissolos, os Gleissolos e os Neossolos Litólicos.

Geomorfologicamente, a área de estudo é composta por diferentes formas de relevo. A porção mais baixa da bacia, com altitudes variando de 100 a 160m e declividades de 0 a 3% constitui-se na planície aluvial, onde o processo de acumulação de sedimentos pro-

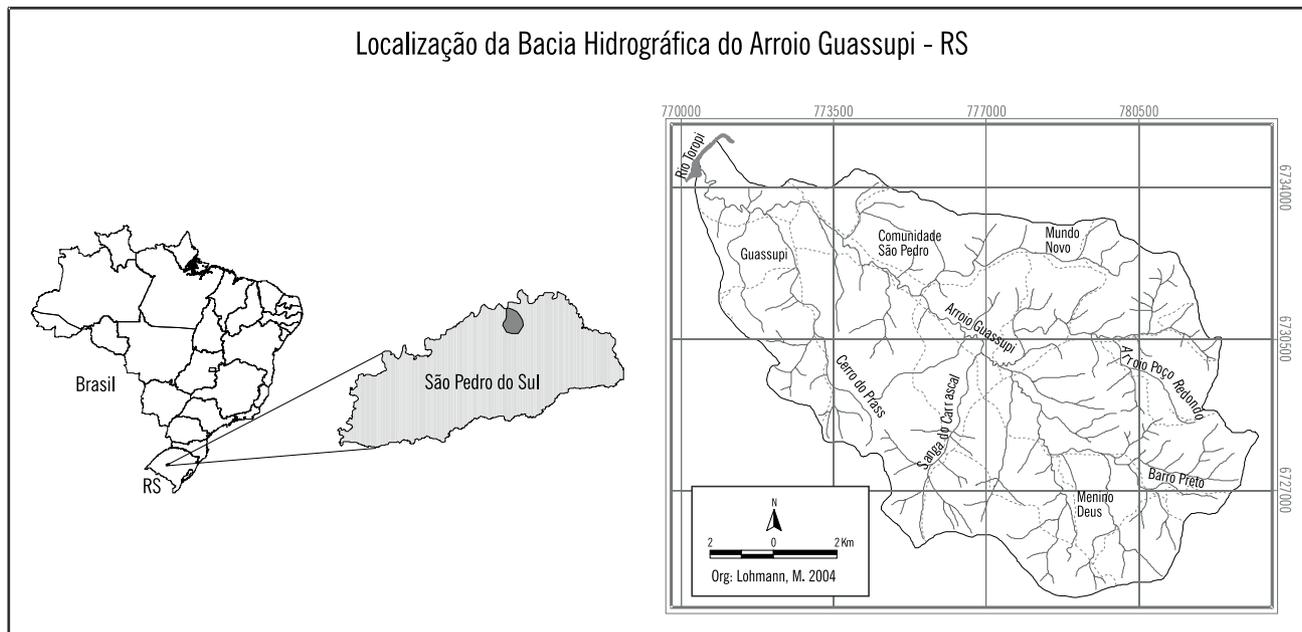


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.

1. Área de estudo

A bacia hidrográfica selecionada para o estudo pertence ao município de São Pedro do Sul (Figura 1), situado no centro do estado do Rio Grande do Sul e inserido no Rebordo do Planalto, ou seja, faixa transicional entre a Depressão Central e o Planalto Sul-Riograndense. Esta bacia foi escolhida pois se encontra sob ação de processos erosivos intensos, assim como todo o grande compartimento geomorfológico do Rebordo, que tem sua evolução ligada diretamente ao recuo da escarpa por ação da erosão regressiva.

Com uma área de 78,97 km² a bacia é constituída basicamente por duas formações geológicas: Formação Serra Geral constituída por duas seqüências vulcânicas: uma básica e outra ácida. A seqüência inferior (básica) tem uma constituição que varia de basalto a andesito e a seqüência superior (granófiros e vitrófiros) compreende as rochas vulcânicas ácidas e a Formação Botucatu, considerados tanto o arenito eólico pré-basalto quanto o intertrapeano com es-

venientes das porções de maiores altitudes é predominante. No interior da planície aluvial encontram-se os relevos residuais de topos aguçados, também conhecidos como morros testemunhos, com declividades que vão desde os 3% até maiores de 45% em suas escarpas. São formados de camadas rochosas mais resistentes aos agentes intempéricos.

Na porção em que as altitudes, são intermediárias e variam de 160 a 340m e as declividades variam de 12 a 45% aparecem as formas de dissecação côncavas e convexas. Estas formas situam-se tanto na margem direita quanto na margem esquerda do Arroio Guassupi e representam um relevo de transição.

Já a partir das cotas em que o relevo ultrapassa os 340m, evidencia-se a porção de maior altitude em que se encontram os relevos residuais de topo aplanado, constituindo-se em áreas praticamente planas com declividades variando de 0 a 6%.

Como um todo na bacia predomina o uso do solo com pastagens. As florestas predominam apenas nas porções em que o relevo é mais íngreme.

2. Metodologia

Para alcançar os objetivos propostos, aplicou-se o roteiro metodológico concebido por Castro & Salomão (2000) para a Compartimentação Morfopedológica da bacia, com os níveis de tratamento e modificações adaptados à realidade da área de estudo, como expostos a seguir.

O trabalho teve início com a compilação e articulação das cartas topográficas de São Pedro do Sul e Quevedos com índice SH.21-X-D-VI-2 e SH.21-X-D-III-4, respectivamente, na escala 1:50.000, para a elaboração da carta-base da área. Seguiram-se tratamentos desta carta para confecção dos mapas hipsométrico, clinográfico e do esboço morfológico do relevo.

Com os dados de altimetria e utilizando o software Arc View 3.2 e o módulo Surface/Create a TIN from Features, foi gerada uma TIN (Triangulated Irregular Network), sendo esta uma grade triangular que representa a superfície por meio de um conjunto de faces triangulares interligadas. Posteriormente os intervalos das classes de declividade foram definidos de acordo com Perez Filho (2000) apud Barbalho (2002) e correspondem as seguintes classes, dadas em percentagens: 1ª) 0-3; 2ª) 3-6; 3ª) 6-12; 4ª) 12-20; 5ª) 20-45; 5ª) >45%.

Com a mesma TIN pôde-se estabelecer um fatiamento da imagem para estabelecimento dos intervalos das classes hipsométricas de 60 em 60 metros, ficando assim definidos: 1) 100 – 160; 2) 160 – 220; 3) 220 – 280; 4) 280 – 340; 5) >340m;

Para a geração do mapa de geomorfologia, inicialmente elaborou-se o esboço morfológico da bacia. O procedimento adotado baseando-se na interpretação visual da distribuição e do espaçamento entre as curvas de nível sobre a carta topográfica na escala de 1:50.000 (MÜLLER FILHO & SARTORI 1999).

De acordo com Müller Filho & Sartori (1999), para a vertente retilínea as curvas de nível equidistantes encontram-se separadas. Nas côncavas com curvas muito próximas do topo e mais afastadas na base da vertente e nas convexas ocorre o inverso, estando afastadas no topo e próximas na base. Existem subdivisões nas formas das vertentes, como convexo-côncava, côncavo-convexa, entre outras, mas para este estudo optou-se por utilizar somente as principais formas sem as subdivisões. As áreas com baixa declividade (0 a 3%) foram classificadas como planícies.

O mapeamento das formas de vertentes teve como objetivo principal produzir um primeiro documento para subsidiar o trabalho de campo. Aliados, o mapa hipsométrico, de declividade e a imagem de satélite, forneceram as informações preliminares para as possíveis respostas quanto aos processos erosivos.

Com as informações de campo, do mapa de forma de

vertentes, de hipsometria, de declividade e da imagem de satélite, elaborou-se o mapa geomorfológico final, no qual cinco diferentes formas de relevo foram distinguidas, sendo elas: Formas de Acumulação – Planície Aluvial; Relevo Residual – Topo Aguçado; Relevo Residual – Topo Aplanado; Formas de Dissecção – Formas Convexas e Formas de Dissecção – Formas Côncavas. A legenda foi adaptada de Ribeiro (2001).

O mapa de geologia foi elaborado tendo como base o mapa de geologia do município de São Pedro do Sul na escala de 1:50.000 organizado por Silvério da Silva (não publicado). O mapa de solos do município de São Pedro do Sul elaborado por Klamt et al (2001), serviu como base para a diferenciação dos tipos de solos da bacia.

Para a elaboração do mapa morfopedológico foram utilizados os dados cartográficos (geologia, geomorfologia e solos) gerados nas etapas anteriores, bem como as informações de campo, que permitiram a sua delimitação mais precisa e a elaboração do mapa final, com uma legenda explicativa que relaciona, para cada compartimento, os elementos considerados do meio físico e o número de ocorrências erosivas em cada compartimento (56 erosões no total).

Cada compartimento foi delimitado obedecendo como critério os divisores de água internos da bacia como limite superior e o fundo de vale do rio principal como limite inferior. Utilizou-se, ainda, os diferentes tipos de solos como critério principal para definição da delimitação dos compartimentos morfopedológicos, fato explicado em virtude dos compartimentos apresentarem características muito semelhantes quanto ao relevo e à geologia.

Durante o trabalho de campo, constatou-se a ocorrência de três tipos de feições erosivas: ravinas, voçorocas e erosões complexas.

Como critério para diferenciação entre as ravinas e as voçorocas, utilizou-se a definição proposta por Infanti Jr. & Fornasari Filho (1998), que consideram ravinas como feições originadas a partir da concentração das linhas de fluxo das águas do escoamento superficial. Caso a erosão se desenvolva por influência não somente das águas superficiais, mas também dos fluxos d'água subsuperficiais, que incluem o lençol freático, denomina-se voçoroca.

Segundo Luis (2003) as erosões complexas relacionam-se à sinergia de diversos mecanismos, não se sabendo qual o predominante ou o principal responsável pela conformação da feição. A autora assinala que muitas dessas feições são o resultado de uma evolução provocada por outros mecanismos que não necessariamente aquele que lhe deu origem e, por isso, a partir apenas da observação de sua forma atual não é possível lhe associar um processo único de gênese, sendo necessário que se empreenda estudos mais aprofundados

sobre sua dinâmica de evolução através de observações da atuação dos seus mecanismos modeladores e do conhecimento da organização e natureza dos materiais no seu interior.

O Quadro 1 mostra de forma resumida o roteiro metodológico utilizado.

3. Resultados

3.1 Compartimentação Morfopedológica

De acordo com a metodologia apresentada, elabo-

rou-se o mapa de compartimentos morfopedológicos (Figura 2) e de suscetibilidade a erosão linear da bacia hidrográfica do Arroio Guassupi (Figura 3). Foram delimitados três compartimentos.

3.1.1 Compartimento Morfopedológico I – MPI

Corresponde a 20,6% da bacia, com uma área de 16,29 km², situando-se na sua porção N – NW. A altitude varia de 100 a 340 metros enquanto as declividades de 0 a 3% próximo aos fundos de vale, até maiores de 45% nas escarpas dos morros que limitam a bacia.

Quadro 1: Roteiro Metodológico.

Níveis de Tratamento		Atividades Principais	Procedimentos Principais
1ª Etapa	Compartimentação Morfopedológica Preliminar	·Elaboração dos mapas temáticos da área de estudo; ·Estudos analíticos temáticos e integrados dos atributos do meio físico com reconhecimento em campo;	·Superposição dos mapas temáticos: geológico, de solos e geomorfológico; ·Mapa de uso e ocupação; ·Delimitação de unidades morfopedológicas (áreas homogêneas) ·Esquema preliminar das unidades morfopedológicas da área de estudo;
2ª Etapa	Atividade de Campo	·Aferição do material cartográfico; ·Levantamento e descrição morfológica dos solos; ·Mapeamento das ocorrências erosivas;	·Interpretação das relações espaciais entre solo-relevo-substrato geológico e comportamento hídrico; ·Correlação com o uso, ocupação dos solos, manejo e susceptibilidade a erosão;
3ª Etapa	Generalização dos resultados	·Sistematização dos resultados obtidos através da identificação da relação entre, processos erosivos e as unidades morfopedológicas;	·Representação cartográfica; ·Mapa de ocorrências erosivas; ·Mapa morfopedológico; ·Mapa de Suscetibilidade;

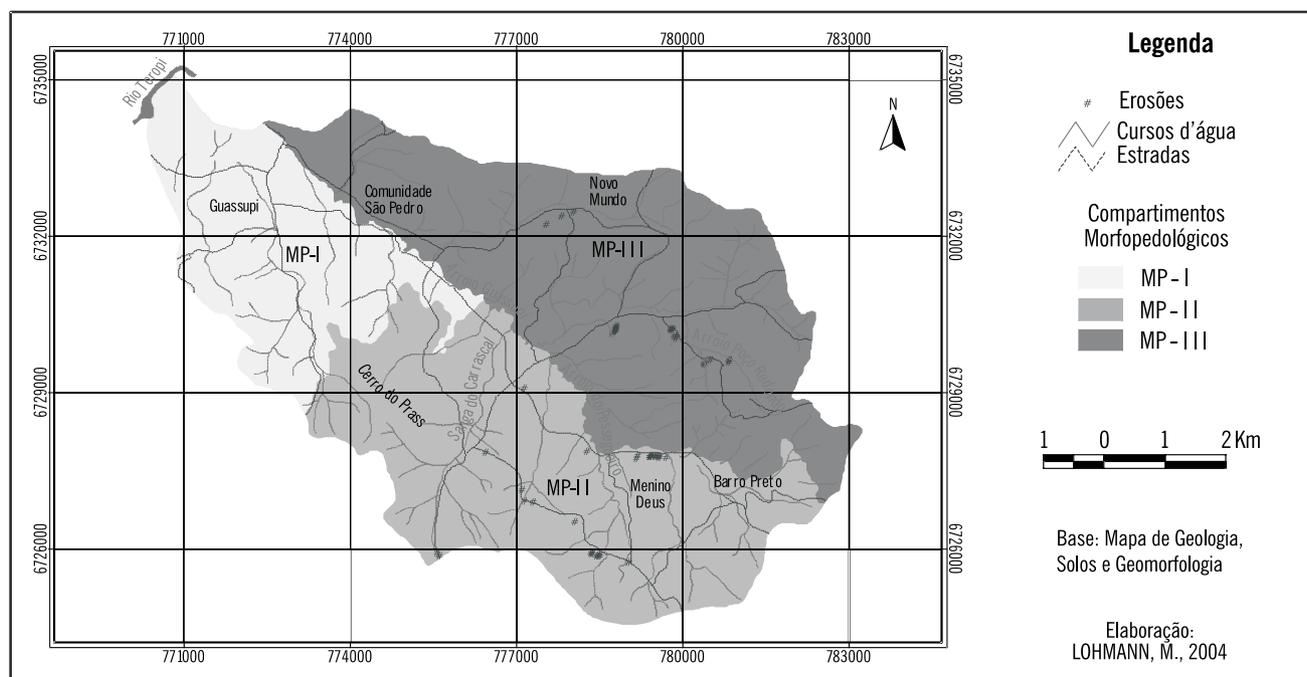


Figura 2: Mapa de Compartimentos Morfopedológicos da bacia Hidrográfica do Arroio Guassupi – São Pedro do Sul, RS.

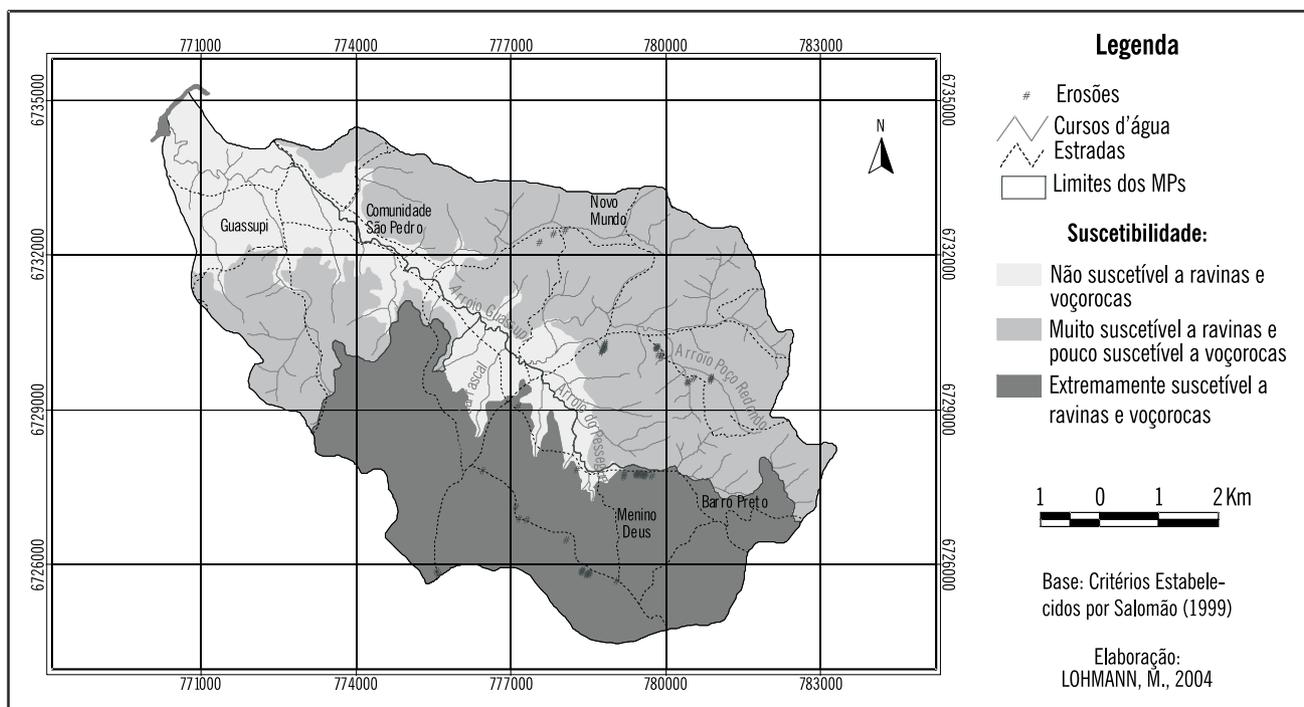


Figura 3: Mapa de Suscetibilidade a Erosão Linear da Bacia Hidrográfica do Arroio Guassupi.

Este compartimento encontra-se na margem esquerda do arroio principal e apresenta um relevo plano na porção de planície aluvial e ondulado a forte ondulado em algumas porções isoladas ao sul do compartimento. As formas de relevo predominantes são diferenciadas. Na porção que margeia o arroio principal tem-se a planície aluvial onde as formas de acumulação predominam e as declividades são praticamente nulas variando de 0 a 3%. Em direção às cabeceiras, têm-se formas dissecadas em que as vertentes côncavas em sua maioria predominam com declividades variando de 20 até mais de 45% nas encostas.

O relevo residual de topo aplanado configura-se nas bordas da bacia, constituindo-se nos divisores de água, com declividades variando de 0 a 6%. Os relevos residuais de topo aguçado são os chamados morros testemunhos, com declividades que variam desde os 3% até maiores de 45% em suas escarpas.

Com relação à geologia, tem-se o predomínio de rochas basálticas da Formação Serra Geral (Tabela 1), aparecendo predominantemente na porção centro-sul do compartimento.

Tabela 1: MPI – Áreas das diferentes Formações Geológicas.

Geologia	Área total/km ²	%	Erosões
Formação Botucatu	6,84	42	ausentes
Formação Serra Geral	9,45	58	ausentes
Total	16,29	100	ausentes

Apresenta seqüência (de montante a jusante) de Cambissolo Háptico nos relevos residuais de topo aplanado e nas formas de dissecação com vertentes côncavas, passando para Gleissolos Melânicos, na planície aluvial (Tabela

2). Nas várzeas ocorrem superfícies levemente mais elevadas em que são encontrados os Argissolos Vermelho Distróficos, fato que ocorre apenas em uma pequena porção próxima à foz, na margem direita do arroio principal.

Tabela 2: MP I – Áreas de cada classe de solo.

Tipos de Solos	Área total/km ²	%	Erosões
Argissolo Vermelho Distrófico	1,03	6,32	ausentes
Cambissolo Háptico	10,72	65,81	ausentes
Gleissolo Melânico	4,54	27,87	ausentes
Total	16,29	100	ausentes

Quanto ao uso do solo (Tabela 3), verifica-se que as pastagens predominam no compartimento, seguido da classe florestas.

Tabela 3: MP I – Áreas das diferentes classes de uso e ocupação do solo.

Classes de uso da terra	Área total/km ²	%	Erosões
Pastagens	5,69	34,93	ausentes
Florestas	5,3	32,53	ausentes
Culturas Irrigadas	1,3	7,98	ausentes
Lâmina d'água	0,06	0,37	ausentes
Culturas sem irrigação	3,94	24,19	ausentes
Total	16,29	100	ausentes

Neste compartimento não foram encontradas ocorrências erosivas. Com base nos critérios definidos por Salomão (1999), as áreas onde ocorrem os Gleissolos Melânicos e

Argissolos Vermelho Distróficos foram classificadas como não suscetíveis a ravinas e voçorocas, em função do relevo se constituir na planície aluvial com ausência de escoamento superficial. As áreas em que ocorrem os Cambissolos Háplicos associados a um relevo mais dissecado com formas côncavas, foram avaliadas como muito suscetíveis a ravinas e pouco suscetíveis a voçorocas (Figura 3), já que o predomínio dessas formas auxilia no desencadeamento dos focos erosivos em função do fluxo concentrado da água superficial.

3.1.2 Compartimento Morfopedológico II – MP II

Localiza-se integralmente no flanco esquerdo da bacia, ocupando as porções centro-sul e sudoeste, com 29,02 km², representando 36,75% da área da bacia. Sua altitude varia de 100 a 340m em direção aos divisores e as declividades de 0 a 3% na várzea do Arroio Guassupi, podendo superar os 45% nas escarpas das vertentes dissecadas e cabeceiras de drenagem.

Predomina nesse compartimento um conjunto de formas dissecadas côncavas e declividades elevadas. Em direção às cabeceiras e junto aos divisores de água da bacia, tem-se o relevo residual com topos aplanados e declividades variando de 0 a 6% e, nas suas escarpas e encostas, declividades de 20 até maiores que 45%. A planície aluvial e os fundos de vale se apresentam com declividades até praticamente nulas variando de 0 a 3%.

Com relação ao substrato geológico (Tabela 4), observa-se que as rochas da Formação Serra Geral (basaltos) ocupam praticamente todo o compartimento. Rochas da Formação Botucatu (arenitos) aparecem apenas acompanhando a planície aluvial.

Tabela 4: MP II – Áreas das diferentes Formações Geológicas.

Geologia	Área total/km ²	%	Erosões
Formação Botucatu	3,48	12	4
Formação Serra Geral	25,54	88	28
Total	29,02	100	32

A seqüência de solos encontrada (Tabela 5) é composta pelos Neossolos Litólicos nos relevos residuais de topos aplanados, seguido dos Cambissolos Háplicos, dos Argissolos Vermelho-Amarelo Distróficos, dos Argissolos Vermelho Distróficos nas formas de dissecção côncavas e dos Gleissolos Melânicos na planície aluvial. Em algumas porções os Argissolos Vermelho Distróficos não aparecem na seqüência, passando-se dos Argissolos Vermelho-Amarelo Distróficos novamente para os Cambissolos Háplicos e posteriormente para os Gleissolos Melânicos.

Tabela 5: MP II – Áreas de cada classe de solo.

Tipos de Solos	Área total/km ²	%	Erosões
Neossolo Litólico	2,94	10,13	ausentes
Cambissolo Háplico	9,38	32,32	2
Argissolo Vermelho Distrófico	3,31	11,41	1
Gleissolo Melânico	1,6	5,51	3
Total	29,02	100	32

Com relação ao uso e ocupação do solo, assim como no MP I (Tabela 6), verifica-se o predomínio das pastagens. O milho e a soja são as principais culturas praticadas nas pequenas propriedades, sendo a mais importante fonte de renda e subsistência.

Tabela 6: MP II – Áreas das diferentes classes de uso e ocupação do solo.

Classes de uso da terra	Área total/km ²	%	Erosões
Pastagens	12,98	44,71	28
Florestas	7,07	24,35	ausentes
Culturas Irrigadas	0,27	0,93	ausentes
Lâmina d'água	0,06	0,21	ausentes
Culturas sem irrigação	8,65	29,79	4
Total	29,02	100	32

Constata-se que muitas áreas agrícolas estão instaladas em porções do relevo onde não são permitidos por lei o uso com cultivos. As áreas de agricultura com arroz irrigado praticamente inexistem, justamente em função da topografia do compartimento, com alto grau de dissecção.

Diferentemente do compartimento anterior, o MP II apresentou um grande número de ocorrências erosivas, totalizando 32 erosões, sendo que desse total, 28 ocorrem sobre as pastagens e 4 sobre as áreas de culturas sem irrigação. Em função do alto número de ocorrências erosivas nesta área, seja pelas formas de relevo ou ainda pela topografia movimentada que facilita o escoamento concentrado das águas, interpretou-se esse compartimento como extremamente suscetível a ravinas e voçorocas nas áreas de ocorrência dos Neossolos Litólicos, Cambissolos Háplicos, Argissolos Vermelho e Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos e como não suscetível a ravinas e voçorocas na área de ocorrência dos Gleissolos Melânicos na planície aluvial.

Foram identificados três tipos diferenciados de ocorrências erosivas: ravinas, voçorocas e erosões complexas. As ravinas (Figura 4) ocorrem indistintamente tanto na base das vertentes, em declividades menores, como no seu terço médio ou ainda se estendem da base até o topo das vertentes, associadas à declividade elevada.

A declividade das vertentes favorece a concentração dos fluxos das águas superficiais que combinados com o desmatamento e/ou o inadequado manejo do solo exercem o papel desencadeador da erosão hídrica e o seu desenvolvi-



Figura 4: Erosão linear do tipo ravina no MP II.

mento. As erosões lineares do tipo ravinas desenvolvem-se principalmente sobre os Argissolos Vermelho-Amarelo Distrófico e Argissolo Vermelho Distrófico, mostrando que estes solos, quando associados a relevos em que a declividade é elevada, são extremamente suscetíveis à instalação dessas erosões.

Muito comum nas vertentes dissecadas com formas convexas cobertas por pastagens, são as ravinas que tem origem a partir dos terracetes formados por trilhas de gado. Quando da exposição do horizonte B e em função da textura franco arenosa dos Argissolos Vermelho Distróficos e Vermelho-Amarelos Distróficos, as incisões podem tornar-se profundas diferentemente do que ocorre com o Cambissolo Háptico que possui textura argilosa, bem como pouca profundidade, dificultando o aprofundamento das incisões.

O surgimento das voçorocas (Figura 5), no MP II, possivelmente está associado ao aprofundamento das ravinas, que podem facilmente interceptar o lençol freático, e encontrar condições mais propícias para o desencadeamento das voçorocas. Altos gradientes hidráulicos em condições de desenvolver fenômenos de “piping” reforçam a hipótese das mesmas evoluem regressivamente, da base até o topo da vertente. Pode-se observar a presença constante de um cone deposicional na sua base, constituindo-se predominante-



Figura 5: Erosão complexa de grande porte no MP II.

mente de areia muito fina. São constatadas ainda pequenas subsidências da camada superficial arenosa provocada pelo “piping”.

Em algumas dessas voçorocas observa-se frentes de exfiltração por excesso de poro-pressão (COELHO NETO 2003), formando túneis erosivos pouco profundos, os quais rapidamente colapsam ocultando a face de exfiltração por um certo período, até que o material colapsado é removido e o processo novamente se repete.

Uma erosão complexa (Figura 6), em particular, merece destaque neste compartimento, pois se constitui na maior encontrada em toda a área de estudo, embora seja de pequeno porte. A mesma possui vários ramos de evolução sendo que alguns se encontram ainda em fase ativa enquanto outros se encontram já estabilizadas. Observações de campo corroboram a hipótese de que vários mecanismos atuaram em conjunto, dando origem e fazendo evoluir esta erosão, já que ainda se pode observar pequenas subsidências das camadas superficiais arenosas provocadas por fenômenos de “piping”, colapsos e pequenos movimentos de massa, como desmoronamentos nas paredes laterais.



Figura 6: Voçoroca de pequeno porte sobre o arenito Botucatu no MP II.

Tanto as voçorocas quanto as erosões complexas associam-se principalmente as quebras e rupturas de declive das vertentes e encontra-se em sua maioria localizadas na passagem da Formação Serra Geral para a Formação Botucatu, relacionadas à passagem dos Cambissolos Hápticos para os Argissolos

Vermelho Distróficos, no terço médio e inferior das vertentes.

Infere-se sobre esse fenômeno que algum mecanismo ainda desconhecido e que merece estudos futuros, possui ligação direta com o desencadeamento dessas erosões, já que há uma concentração dos focos erosivos tanto na mudança de litologias quanto na de solos.

3.1.3 Compartimento Morfopedológico III – MP III

Corresponde a 36,75% da área, com 33,66 km² e localiza-se integralmente no flanco direito da bacia hidrográfica, se estendendo de sul a norte até encontrar o limite do MP I. Este compartimento possui a maior representatividade na bacia e apresenta uma altitude variando desde os 100 m na planície aluvial até altitudes maiores de 340 m junto aos divisores e cabeceiras de drenagem.

O relevo possui características semelhantes ao MP II, no entanto, apresenta formas de dissecção com vertentes do tipo convexas, ao contrário do MP II em que as vertentes eram predominantemente côncavas. As declividades nessas vertentes variam de 12 a 45%. Junto aos divisores e cabeceiras de drenagem os relevos residuais de topo aplanado são os que predominam, com declividades variando de 0 a 6% no topo e de 20 a 45% em suas escarpas.

As rochas da Formação Serra Geral se apresentam na maior parte do compartimento ocupando as porções mais elevadas, enquanto que a Formação Botucatu abrange apenas a porção que acompanha a planície aluvial, no setor de jusante dos cursos d'água (Tabela 7).

Tabela 7: MP III – Áreas das diferentes Formações Geológicas.

Geologia	Área total/km ²	%	Erosões
Formação Botucatu	3,56	10,58	ausentes
Formação Serra Geral	30,1	89,42	24
Total	33,66	100	24

Neste compartimento se observa uma seqüência de solos composta pelos Neossolos Litólicos que aparecem nos relevos residuais de topo aplanado, seguidos dos Cambissolos Háplicos que ocupam a maior área deste compartimento ocorrendo nas vertentes dissecadas com formas convexas e dos Gleissolos Melânicos na planície aluvial (Tabela 8).

Tabela 8: MP III – Áreas de cada classe de solo.

Tipos de Solos	Área total/km ²	%	Erosões
Neossolo Litólico	2,6	7,72	ausentes
Cambissolo Háplico	29,36	87,23	24
Gleissolo Melânico	1,7	5,05	ausentes
Total	33,66	100	24

No que se refere ao uso e ocupação do solo (Tabela 9), assim como nos compartimentos anteriores, as pastagens são predominantes, seguidas pela classe culturas sem irrigação e das florestas. A classe culturas irrigadas possui pouca representatividade em função das condições íngremes do relevo.

Tabela 9: MP III – Uso e ocupação do solo.

Classes de uso da terra	Área total/km ²	%	Erosões
Pastagens	11,90	35,36	22
Florestas	9,15	27,18	ausentes
Culturas Irrigadas	0,80	2,38	ausentes
Lâmina d'água	0,10	0,29	ausentes
Culturas sem irrigação	11,71	34,80	2
Total	33,66	100	24

Mesmo o relevo possuindo características que dificultam o cultivo, verifica-se que as porções de agricultura ocupam uma área significativa sendo cultivados o milho, a soja e outros, principalmente para subsistência das pequenas propriedades rurais.

Foram identificadas neste compartimento 24 ocorrências erosivas. Sobre as pastagens identificou-se 22 focos e sobre culturas sem irrigação 2. Em virtude da seqüência de solos encontrada no MP III ser composta por solos rasos a pouco profundos, passando para solos gleizados na planície aluvial e, ainda, das características do relevo, o escoamento superficial e a baixa infiltração são favorecidos. Em função dessas características, este compartimento foi classificado como muito suscetível a ravinas e pouco suscetível a voçorocas nas áreas de ocorrência de Neossolos Litólicos e Cambissolos Háplicos. Já as áreas cuja declividade é praticamente nula (0-3%) e que se tem a ocorrência dos Gleissolos Melânicos, se enquadram como não suscetíveis a ravinas e voçorocas, embora com ressalvas quanto às diferentes formas de utilização da terra.

Assim como no MP II foram identificados três tipos diferenciados de ocorrências erosivas: as ravinas, as voçorocas e as erosões complexas. As ravinas ocorrem indistintamente tanto na base das vertentes, em declividades menores, como no seu terço médio ou ainda se estendem da base até o topo das vertentes. São desenvolvidas em sua totalidade sobre as rochas da Formação Serra Geral e sobre o Cambissolo Háplico que são solos pouco profundos e poucos evoluídos com horizontes A, Bi e C, características que favorecem o fluxo concentrado das águas pluviais, desencadeando processos de ravinamento.

As voçorocas (Figura 7) se desenvolvem principalmente no terço médio e inferior da vertente nas rupturas de declive. A compactação dos horizontes superficiais comumente observada mesmo em tradagens evidencia modificações das condições naturais do solo, como a provocada pelo pisoteio do gado, por exemplo. Combinada com as características de

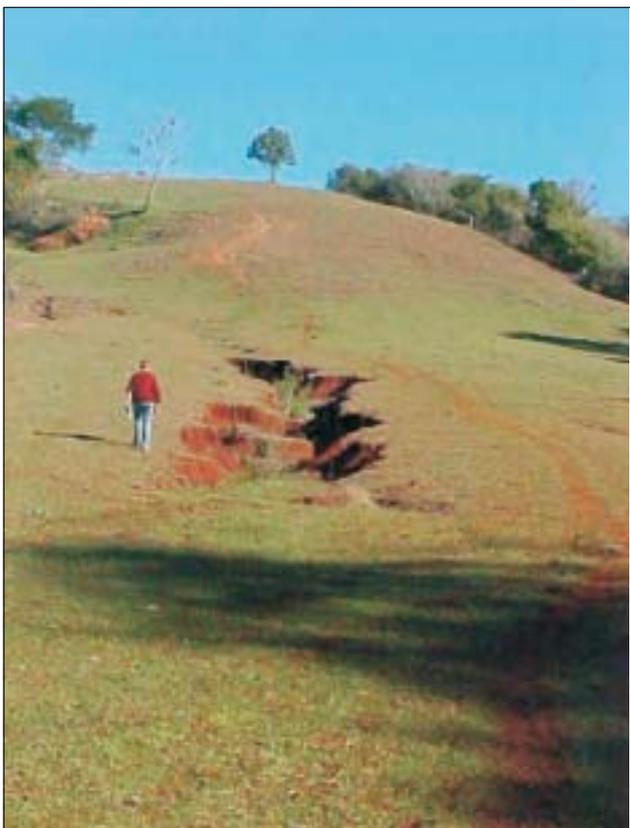


Figura 7: Voçoroca de pequeno porte sobre o Cambissolo no MP III.

desenvolvimento incipiente e pouca profundidade dos Cambissolos, a infiltração é dificultada e o escoamento superficial de maior intensidade se instala. Infere-se que essas alterações podem explicar grande parte das ocorrências erosivas deste tipo observadas no compartimento, já que as mesmas evoluem a partir de ravinas.

As erosões classificadas como “erosões complexas” localizam-se preferencialmente no terço inferior das vertentes sobre áreas de campo com solos do tipo Cambissolos Háplicos.

Na Figura 8, observa-se que o processo erosivo complexo se inicia pela subsidência, combinada com a lavagem da camada superficial do solo. O processo se manifesta em superfície com o remanejamento de areias de cobertura e possi-



Figura 8: Início do processo erosivo complexo no MP III.

velmente em subsuperfície, sobre o horizonte de alteração e o horizonte B, promovendo subsidências do terreno com a formação de rupturas com formas côncavas e de pequenos anfiteatros na vertente.

De acordo com Salomão (1994), esses anfiteatros, quando associados a surgências de água, apresentam maior poder erosivo, não só por favorecerem a concentração das águas de escoamento superficial, mas também pelo desenvolvimento de “piping” e erosão remontante, muito comum em cabeceiras de drenagem. Entretanto, em trabalho de campo realizado em setembro de 2004, início da estação chuvosa, não se verificou a existência de surgências d’água, não ficando claro se este processo também está condicionado a tal fator.

Após o início do processo erosivo, outros mecanismos começam a atuar em conjunto, caracterizando sua evolução. Um desses mecanismos é a formação de pequenas ravinas no interior da erosão, que auxiliam a concentrar o fluxo das águas pluviais, aduzindo para seu eixo principal. Com o tempo, são formados verdadeiros degraus que também evoluem lateralmente, possivelmente por desmoronamento e solapamento. Luiz (2003), assinala que quando os processos erosivos esculpem feições cujas paredes deixam exposto o horizonte B do solo, um novo mecanismo de erosão tem lugar, o qual está associado à ruptura e queda dos agregados deste horizonte.

A autora aponta ainda que a partir deste mecanismo, as feições erosivas tendem a se alargar e a se expandir mais para montante seguindo o horizonte B. Se a feição de erosão também deixa exposto o horizonte C, onde a textura é mais siltosa e a estrutura é maciça, a tendência é de um aprofundamento da erosão neste material associado à ação do escoamento superficial. Em alguns casos, a evolução destas ocorrências erosivas pode conectá-la a ravinas, adquirindo maior poder erosivo (Figura 9).



Figura 9: Erosão complexa em evolução no MP III.

Quando as ocorrências erosivas do tipo complexas conectam-se a ravinas, constata-se, no topo das vertentes, o predomínio dos Neossolos Litólicos. Isso sugere a existência de condições favoráveis à baixa infiltração e à concentração das águas pluviais. Como as erosões complexas

se desenvolvem sobre os Cambissolos, que também são solos pouco profundos, infere-se que a intensidade do fluxo superficial adquire maior intensidade e conseqüentemente o poder erosivo da nova forma também é maior, remodelando toda a vertente.

Conclusão

A partir da abordagem morfopedológica, pôde-se mapear e identificar três compartimentos relativamente homogêneos no que diz respeito à interação entre o substrato geológico, relevo, os solos e as ocorrências erosivas, denominados de Compartimentos Morfopedológicos. Dessa forma obteve-se um documento síntese que aglutinou um conjunto de informações referentes às principais características do meio físico e da distribuição das erosões, tornando-se a base para a compreensão dos processos erosivos lineares na área.

Se analisados de forma isolada, os fatores do meio físico (geologia, relevo e solos) não respondem à questão do problema. No entanto, quando analisados conjuntamente e aliando as informações de uso e ocupação do solo, retratam de forma correta o desencadeamento e evolução dos processos erosivos na bacia.

Dentre os compartimentos delimitados, o MP II no flanco esquerdo da bacia apresentou o quadro mais grave no que se refere as ocorrências erosivas, perfazendo mais de 50% do total mapeado.

A determinação da suscetibilidade de cada compartimento morfopedológico possibilitou traçar um panorama geral acerca da situação encontrada, em termos do conjunto de fatores ambientais considerados, relativos à prevenção de impactos e a manutenção dos recursos naturais existentes na bacia.

As terras ocupadas com pastagens são as que se encontram em mais avançado estado de degradação, fato corroborado pelas pastagens concentrarem a maioria das erosões. Infere-se que o manejo inadequado é o principal responsável pela intensificação da ação dos fatores erosivos naturais que condicionam a suscetibilidade erosiva, promovendo o surgimento das inúmeras ocorrências erosivas lineares.

Destaca-se o desequilíbrio entre infiltração e escoamento superficial uma vez que o uso intensivo do solo e o manejo inadequado provocam desestruturação e compactação em superfície e subsuperfície, dificultando a infiltração das águas das chuvas e facilitando a ativação dos processos erosivos por fluxos superficiais concentrados. Relacionando-se esse fato à retirada da vegetação ciliar e o plantio em áreas impróprias, desrespeitando a lei, tem-se o cenário ideal para o desencadeamento dos processos erosivos.

Nesse sentido, o manejo adequado das bacias, cada vez mais é compreendido como uma iniciativa fundamental, tanto para a preservação ambiental como para a manutenção da qualidade de vida da população e a continuidade da exploração econômica dos recursos naturais por parte dos agricultores.

Referências Bibliográficas

- Barbalho, M. G. da S. (2002) *Morfopedologia Aplicada ao Diagnóstico e Diretrizes para o Controle dos Processos Erosivos Lineares na Alta Bacia do Rio Araguaia (GO/MT)*. Goiânia, Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás.
- Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. (1990) *Conservação do solo*. São Paulo: Ícone.
- Castro, S. S. & Salomão, F. X. de T. (2000) Compartimentação Morfopedológica e sua Aplicação: Considerações Metodológicas. Campinas, SP. *Revista GEOUSP*, Nº 7, p. 27-37.
- Coelho Neto, A. L. (2003) Evolução de Cabeceiras de Drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): a Formação e o Crescimento da Rede de Canais sob Controle Estrutural. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. Ano 4 (2): 69-100.
- Coelho Neto, (1995) Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Orgs. Guerra, A. J. T. & Cunha, S. B. 2º Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- D'Agostini, L. R. (1999) *Erosão: o problema mais que o processo*. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 131 p.
- Embrapa. (1999) *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro, 412 p.
- Fendrich, R. et al. (1997) *Drenagem e Controle da Erosão Urbana*. 4º Ed. Curitiba: Champagnat, 486 p.
- Guerra, A. J. T.; Silva, A. S.; Botelho, R. G. M. (Orgs.) (1999) *Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 340 p.
- Guerra, A. J. T. (2001). Processos Erosivos nas Encostas. In: *Geomorfologia – Uma Atualização de Bases e Conceitos*. Orgs. A. J. T. Guerra e S. B. Cunha. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 4ª edição, 149-209.
- Infanti JR., N., Fornasari Filho, N. (1998) Processos de Dinâmica Superficial. In: *Geologia de Engenharia*. Santos, A, M dos, Oliveira, S. N A. de B. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia.
- Klamt, E. et al. (2001) *Solos do município de São Pedro do Sul: características, classificação, distribuição geográfica e aptidão de uso agrícola*. Santa Maria: Imprensa Universitária.
- Lopes, L. M. & Castro, S. S. (2004). Compartimentação Morfopedológica da Microbacia do Córrego Carapina, Município de Goianópolis, GO. *Geografia*. 29 (2): 169-188.
- Luiz, E. L. (2003). *Influência da dinâmica hidrológica e das características das formações superficiais nos mecanismos de ruptura de encostas com rochas*

- granitóides de áreas subtropicais – São Pedro de Alcântara/SC. Rio de Janeiro, 238 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Maciel Filho, C. L. (1990). *Carta Geotécnica de Santa Maria*. Santa Maria: Imprensa Universitária. 24 p
- Marçal, M. S. & Guerra, A. J. T. (2003). Indicadores Ambientais Relevantes para a Análise da Suscetibilidade à Erosão dos Solos em Açailândia (MA). *Revista Brasileira de Geomorfologia*. Ano 4 (2): 1-16.
- Matos da Silva, N. (2000). *Caracterização Morfopedológica da Bacia do Rio Formoso – Bonito-MS e suas Implicações Ecológico-Ambientais*. Cuiabá. 95f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Mato Grosso.
- Medeiros, E. R. (1980) *Estratigrafia do Grupo São Bento na Região de Santa Maria e Paleocorrentes da Formação Botucatu*. Porto Alegre. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Müller Filho, I. L. & Sartori, M. G. B. (1999) *Elementos para interpretação geomorfológica de cartas topográficas: contribuição à análise ambiental*. Santa Maria: Ed da UFSM.
- Nakashima, P. (1999) *Cartografia dos sistemas pedológicos do Noroeste do Paraná – distribuição e subsídios para o controle da erosão*. São Paulo. Tese (doutorado em Geografia Física) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- Oliveira, M. A. T. (1999) *Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de erosão por Voçorocas*. In: *Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações*. Orgs.: Guerra, A. J. T.; Silva, A. S.; Botelho, R. G. M. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Ribeiro, J. C. (2001) *A Morfopedologia Aplicada ao Diagnóstico e Prevenção dos Processos Erosivos Lineares da Bacia Hidrográfica do Alto Rio da Casca*. Cuiabá, Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) Faculdade de Agronomia e medicina Veterinária, Universidade Federal do Mato Grosso, 107 p.
- Salomão, F. X. de T. (1994) *Processos Erosivos Lineares em Bauru (SP): Regionalização Cartográfica Aplicada ao Controle Preventivo Urbano e Rural*. São Paulo, Tese (Doutorado em Geografia) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. 200p.
- Salomão, F. X. de T. (1999) *Controle e Prevenção dos Processos Erosivos*. In: Guerra, A. J. T.; Silva, A. S.; Botelho, R. G. M. (Orgs.) *Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 340 p.
- Silvério da Silva, E. L. [1998?] *Mapa geológico das Folhas de Mata e São Pedro do Sul*. Não Publicado.
- Tricart, J.; Killian, J. (1979) *La Eco-Geografía y la Ordenación del medio natural*. Barcelona: Editora Anagrama, 288 p.