



Revista Brasileira de Geomorfologia - v. 12, nº 1 (2011)

## **EROSÕES CONCENTRADAS EXISTENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO CURSO DO RIO PITANGUI – PR**

**Clarice Farian de Lemos**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Caixa Postal 135, Francisco Beltrão, PR,  
Doutoranda de Geologia Ambiental da UFPR - CEP 85601-970 - e-mail: claricelemos@utfpr.edu.br

**Alberto Pio Fiori**

Universidade Federal do Paraná - UFPR - Setor de Ciências da Terra, Caixa Postal 19.001, Curitiba,  
Professor Doutor do Curso de Geologia da UFPR - CEP 81531-990 - e-mail: fiori@ufpr.br

**Chisato Oka-Fiori**

Universidade Federal do Paraná - UFPR - Setor de Ciências da Terra, Caixa Postal 19.001, Curitiba,  
Professora Doutora do Curso de Geografia da UFPR - CEP 81531-990 - e-mail: chisato@ufpr.br

**Júlio Caetano Tomazoni**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Caixa Postal 135, Francisco Beltrão – PR,  
Professor Doutor do Curso de Engenharia Ambiental da UTFPR - CEP 85601-970 - e-mail: caetano@utfpr.edu.br

---

### **Resumo**

O objetivo do presente estudo é avaliar a evolução da erosão concentrada, nos períodos entre 1952 a 1980 e de 1981 a 2001, ocorrida na área da bacia hidrográfica do alto curso do rio Pitangui. Esta área localiza-se entre as coordenadas geográficas 24°52' a 25°05' de latitude Sul e 49°46' a 50°00' de longitude Oeste, entre os municípios de Castro, Carambeí e Ponta Grossa, totalizando 163,537 km<sup>2</sup>. Está a uma altitude entre 918 a 1.170m acima do nível do mar e, pela classificação de Köppen, o clima é subtropical úmido mesotérmico - Cfb. Esta bacia encontra-se entre o Primeiro e Segundo Planalto Paranaense, em que a subunidade morfoescultural predominante é o Planalto de Castro. A geologia engloba Metarcósios e Metarenitos Quartzosos, rochas do Grupo Açungui (Formação Itaiacoca), do Complexo Granítico Cunhaporanga, do Grupo Paraná (Formação Furnas), do Grupo São Bento (Diques de Diabásio direção NW/SE) e depósitos aluviais e coluviais recentes. Os tipos de solos encontrados pertencem aos grandes grupos dos Cambissolos, Latossolos, Nitossolos, Organossolos, Gleissolos e Neossolos com Afloramentos Rochosos. Para a realização desse estudo utilizou-se fotos aéreas nos anos de 1952 (1:25.000), 1980 (1:25.000) e 2001 (1:33.000); plantas planialtimétricas, com curvas de nível equidistantes de 5m; *software* de geoprocessamento SPRING 5.0 e trabalhos de campos. Os resultados foram que, nas fotos aéreas de 1952, 1980 e 2001, identificou-se 12, 18 e 29 voçorocas e 76, 92 e 428 ravinas, respectivamente; a área e o volume da perda de sedimentos das voçorocas tiveram um acréscimo de 46,38 % e 47,24 %, no período de 1952 a 1980 e de 229,31 % e 393,28 %, no período de 1981 a 2001; e a área e o volume de sedimentos perdidos das ravinas tiveram um aumento de 48,89 % e de 38,96 %, para os mesmos períodos avaliados.

**Palavras-chave:** Voçorocas, ravinas, SPRING, bacia hidrográfica.

### **Abstract**

The objective of the present study is to evaluate the evolution of erosion concentrate, for the periods of 1952 to 1980 and 1981 to 2002, occurred in the area of hydrographic basin of the high flow of Pitangui river. The area is located between the geographic coordinates 24°52' to 25°05' of South latitude and 49°46' to 50°00' of West longitude and the cities of Castro,

Carambeí and Ponta Grossa, a total of 163.537 km<sup>2</sup>. It is in an altitude between 918 and 1.170 m above sea level and by the classification of Köppen, the climate is mesothermic humid subtropical - Cfb. This hydrographic basin is between the First and the Second Paranaense Plateau, where the predominant morphosculptural subunit is the Castro Plateau. The geology comprises Metarkoses and Quartzose Metasandstones, rocks of the Açungui Group (Itaiacoca Formation), of the Cunhaporanga Granitic Complex, of Paraná Group (Furnas Formation), of São Bento Group (Diabase Dike direction NW/SE), recent alluvial and colluvial deposits. The kinds of soils found belong to big groups of Cambisols, Ferralsols, Nitisols, Histosols, Gleysols and Leptosols with Rocky Outcrop. To this study it was used aerial photos in the years 1952 (1:25.000), 1980 (1:25.000) and 2001 (1:33.000); planialtimetric maps with equidistant level curves of 5 m; software of geoprocessing SPRING 5.0 and field works. The results were that, in the aerial photos from 1952, 1980 and 2001, identified 12, 18 and 29 gullies and 76, 92 and 428 ravines, respectively; the area and volume of sediment loss from gullies had an add of 46, 38% and 47,24% for the period 1952 to 1980 and 229,31% and 393,28% in the period 1981 to 2001; and the area and volume of sediment lost from ravines had an increase of 48,89% and 38,96% ,for the same periods evaluated.

**Keywords:** Gullies, ravines, SPRING, hydrographic basin.

## Introdução

A erosão hídrica pode ocorrer de três formas: por salpicamento (*splash*) – provocada pela ação das gotas de chuva que, ao tocarem a superfície, desprendem as partículas de solo que são expelidas a certa distância; laminar (entre-sulcos) – pela remoção da fina camada superficial do solo, de maneira quase uniforme, por meio de uma lâmina de água homogênea, a qual arrasta as partículas previamente desagregadas, no sentido da declividade do terreno; e linear (concentrada) – que é provocada pelo escoamento convergente da água sobre a superfície do terreno, em que lâminas concentradas provocam o transporte das partículas do solo, gerando pequenos filetes, que são intensificados a cada chuva, evoluindo para sulcos (pequenas cavidades), depois ravinas, formadas por fluxos superficiais concentrados nas encostas e, por último, surgem as voçorocas, causadas por fluxos subsuperficiais e por seus mecanismos erosivos como solapamento da base e desmoronamento do talude, quando alcançado o lençol freático (GUERRA, 2005; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2008).

Os diferentes tipos de erosão podem, também, ser associados com a forma das encostas, devido à concentração do escoamento superficial. Verifica-se que as voçorocas tendem a surgir nas encostas convexas convergentes, depois nas convexas divergentes e, por fim, em encostas côncavas convergentes ou divergentes (RODRIGUES, 1998).

Oka-Fiori e Soares (1976) verificaram que, dentre as diversas condições que favorecem o desenvolvimento de voçorocas, 95% estão associada às encostas convexas convergentes. O fenômeno caracteriza-se pela velocidade de escoamento da água e remoção rápida do material, não permitindo o desenvolvimento de vegetação. Os autores concluem que esse tipo de erosão pode estar ligado a um desequilíbrio entre a quantidade de água que escoou sobre a encosta, o tipo de escoamento, a forma da encosta e a erodibilidade do solo.

Nesse sentido, alguns processos erosivos concentrados estão condicionados por ações antrópicas (antigos divisores de propriedades, valas escavadas ou árvores alinhadas), que concentram inadequadamente as águas de escoamento superficial. Há, ainda, a problemática das áreas de pastagem, devido à ocorrência de feições erosivas, provocadas pelo gado, que tende a criar caminhos preferenciais para a sua locomoção, gerando canais de escoamento concentrado da água de chuva (CERRI *et al.*, 1997; SILVEIRA, 2002).

As feições erosivas lineares, do tipo voçorocas, são originadas provavelmente a partir da concentração de fluxo de águas pluviais nas cabeceiras de drenagem, em que a evolução dos processos erosivos não está relacionada apenas ao tipo de material geológico presente, mas a fatores climáticos e antrópicos (SILVA, 2003).

Neste estudo pretende-se realizar a análise multitemporal da erosão concentrada (ravinas e voçorocas), por meio de observações de fotos aéreas dos anos de 1952, 1980 e 2001, na Bacia Hidrográfica do Alto curso do rio Pitangui – BHAP, município de Castro/PR.

## Aspectos Gerais da Área de Estudo

A área de estudo é da Bacia Hidrográfica do Alto curso do rio Pitangui - BHAP, desde sua nascente até a represa de Alagados (área inundada pelo represamento das águas dos rios Pitangui e Jotuba). O rio Pitangui é afluente da margem direita do rio Tibagi, que é o maior afluente do rio Paranapanema, sendo que os mesmos pertencem a bacia hidrográfica do rio Paraná. As coordenadas geográficas da área de estudo são 24°52' a 25°05' de latitude Sul e 49°46' a 50°00' de longitude Oeste, (UTM 601.046 a 623.645 e 7.225.713 a 7.248.893). E está a uma altitude entre 918 a 1.170m acima do nível do mar. Possui, aproximadamente, uma área total de 163,537 km<sup>2</sup>, sendo que 149,413 km<sup>2</sup> pertencem ao município de Castro; 8,382 km<sup>2</sup> ao de Carambeí e 5,742 km<sup>2</sup> para Ponta Grossa (Figura 1).

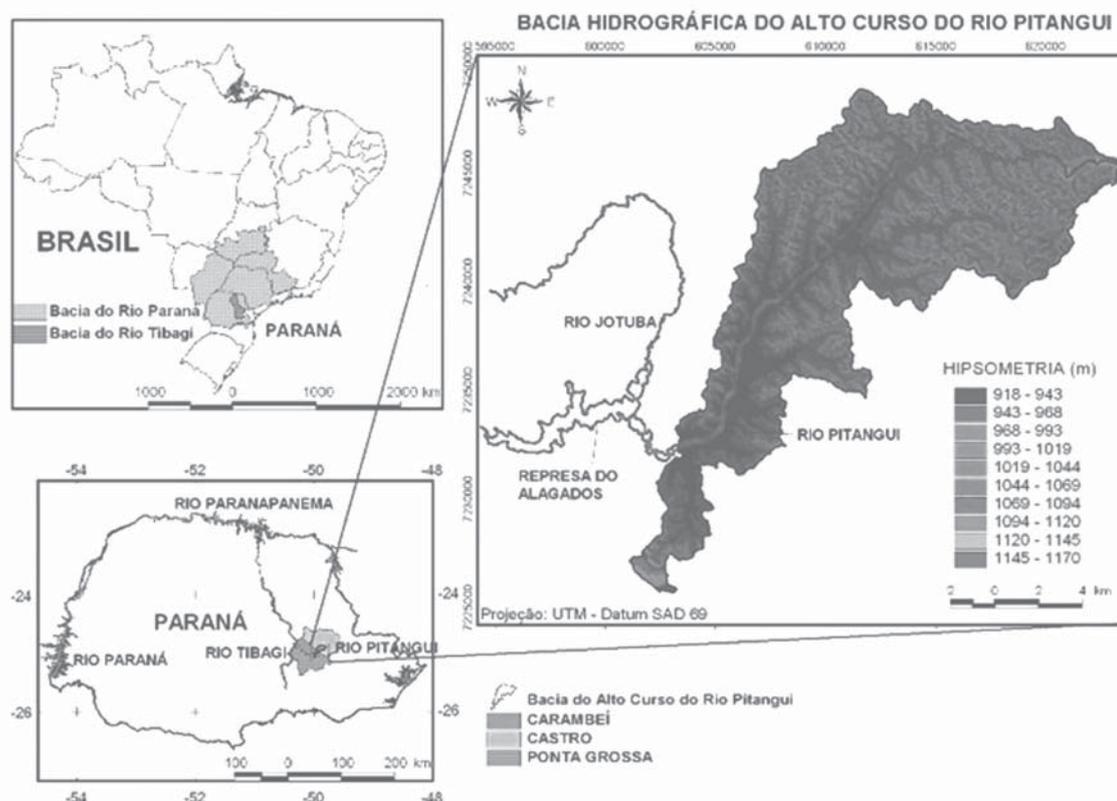


Figura 1 - Localização da Bacia do Alto Curso do Rio Pitangui.

Conforme dados do IAPAR (2000), pela classificação de Köppen, o clima é do tipo Cfb – Clima subtropical úmido mesotérmico, com verões frescos e ocorrências de geadas severas e frequentes. A média da umidade relativa do ar é entre 70 a 75% e os ventos predominantes são NE no verão e NW no inverno. A temperatura média anual situa-se entre 16 a 18 °C e a precipitação média anual é entre 1.400 a 1.600mm. Já o regime médio de chuvas no período mais seco (junho a agosto) é de 250 a 350mm e no período mais chuvoso (dezembro a fevereiro) é de 500 a 600mm.

A geologia engloba unidades do Proterozóico, do Devoniano, do Jurássico-Cretáceo e do Quaternário. A BHAP encontra-se com 17,901km<sup>2</sup> de sua área sobre Metarcósios e Metarenitos Quartzosos; 11,733 km<sup>2</sup> sobre o Grupo Açungui – Formação Itaiacoca; 110,570 km<sup>2</sup> sobre o Complexo Granítico Cunhaporanga; 1,663 km<sup>2</sup> sobre o Grupo Paraná – Formação Furnas; e 21,670 km<sup>2</sup> sobre os de depósitos aluviais e coluviais, localizados na calha de

drenagem do rio principal e nas planícies de inundação. Há, ainda, na porção norte da bacia, um sistema paralelo de diques básicos (Grupo São Bento), principalmente de diabásio, orientados na direção NW-SE (MINEROPAR, 2006b).

A BHAP possui 161,874 km<sup>2</sup> de sua área no Primeiro Planalto e apenas 1,663 km<sup>2</sup> no Segundo Planalto. As subunidades morfoesculturais são: Planalto de Castro, com 160,932 km<sup>2</sup> (relevo suavemente ondulado a relativamente acidentado, de dissecação média; classe de declividade  $\leq 6\%$ , topos alongados e aplainados, vertentes convexas-côncavas e vales abertos de fundo chato); Planalto Dissecado do Alto Ribeira, com 0,942 km<sup>2</sup> (dissecação alta, classe de declividade predominante entre 12 a 30%, topos alongados e em cristas, vertentes retilíneas e côncavas e vales em “V” encaixados); e Planalto de São Luiz do Purunã, com 1,663 km<sup>2</sup> (dissecação baixa, classe de declividade predominante  $\leq 6\%$ , topos aplainados, vertentes convexas e vales em calha muito encaixados) (MINEROPAR, 2006a).

Os solos encontrados, identificados até o 2.º nível categórico (subordens) conforme Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SBCS (EMBRAPA, 2006), foram os Afloramentos Rochosos – AR1 (1,594 km<sup>2</sup>), os Cambissolos Háplicos – CXbd1 e CXbd2 (31,584 km<sup>2</sup>), os Latossolos Brunos – LBd1 e LBd2 (16,252 km<sup>2</sup>), os Latossolos Vermelhos – LVd4 e LVd8 (4,721 km<sup>2</sup>) e as associações de Nitossolo Háplico e Cambissolo Háplico – NXd (51,395 km<sup>2</sup>), Organossolo Mésico e Gleissolo Melânico – OYs2 (21,651 km<sup>2</sup>), Neossolo Litólico e Afloramento Rochoso – RLd (0,662 km<sup>2</sup>), Neossolo Litólico e Cambissolo Háplico – RLh1 (0,425 km<sup>2</sup>), Neossolo Litólico e Cambissolo Húmico – RLh2 (0,069 km<sup>2</sup>) e Cambissolo Háplico e Latossolo Bruno – CXbd5 (35,184 km<sup>2</sup>) (BOGNOLA *et al.*; 2002a e BOGNOLA *et al.*, 2002b; FASOLO *et al.*, 2002).

A vegetação característica da BHAP está classificada, conforme a Classificação da Vegetação Brasileira – CVB (IBGE, 2004), nas seguintes regiões fitoecológicas: a Floresta Ombrófila Mista (aluvial, montana e altomontana), com 98,14% de área, e a Estepe Gramíneo-Lenhosa (campo natural) com apenas 1,86% da área total (FASOLO *et al.*, 2002).

Essa área é caracterizada por intensas atividades agropecuárias, como o cultivo de amendoim, alho, cebola, batata inglesa, milho, mandioca, soja, sorgo, arroz, aveia, feijão, trigo, centeio e cevada, e pela criação de suínos, gado leiteiro, aves (frangos, codornas e perus), coelhos e ovelhas.

Conforme dados do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social – IPARDES (IPARDES, 2011), a produção agrícola total, na região pertencente aos municípios de Castro, Carambeí e Ponta Grossa, teve um aumento de 166 %, no período entre 1980 a 2001. Pois, essa produção era de 307.350 t.ano<sup>-1</sup>, entre 1980 a 1985, e, no período entre 1996 a 2001, passou a ser de 817.008 t.ano<sup>-1</sup>, aproximadamente.

## Materiais e Métodos

Foram realizadas seis atividades de campo (dias 03 e 22.10.2007, 04.04.2008, 16 e 17.07.2008 e 22.01.2009) que permitiram o reconhecimento das características da área de estudo e observar de forma generalizada, os solos e os componentes da paisagem. Foi possível identificar e cadastrar, por meio do uso de equipamento de GPS, os locais com voçorocas, previa-

mente definidas na fotointerpretação e verificar *in loco* os seus processos atuantes.

A execução dos mapas e cálculos de áreas e volumes foram realizadas no SIG com os *softwares* de geoprocessamentos ArcView 3.2 (ESRI, 1999) e o programa SPRING 5.0 (INPE, 2007). Para a realização dos trabalhos foram utilizados: fotos aéreas pancromáticas (escala 1:25.000) da cobertura aerofotogramétrica do Paraná de 1952 e de 1980, pertencentes a Mapoteca da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA 1952, 1980); fotos aéreas coloridas (escala 1:33.000) da cobertura aerofotogramétrica de abril/2001, da região da represa de Alagados, executada pela Engfoto S/A e ortofotocartas coloridas (escala 1:10.000), de abril/2001, com plantas planialtimétricas, em curvas de nível equidistantes de 5m, rede de drenagem e vias de acessos, no arquivo *Drawing Exchange Format* (.dxf) georreferenciados, obtidas do trabalho UEPG (2002).

Iniciou-se os trabalhos com a criação de um banco de dados e um projeto, denominados Pitangui e Tese, respectivamente, no SPRING, com os limites em coordenadas planas dentro do sistema de projeção *Universal Transversa de Mercator* – UTM, *Datum Horizontal South American 1969* – SAD 69, meridiano central 51° Oeste de Greenwich, fuso 22 Sul. Em seguida, foram criadas as categorias do tipo: temático (TE), modelo numérico do terreno (MNT) e imagem (IMG) para receber os planos de informações (PIs).

Os arquivos das curvas de nível, hidrografia e vias de acessos, obtidos da UEPG (2002), foram transformados no formato *shapefile* (.shp), convertidos para ASCII - *American Standard Code for Information Interchange* (Código Padrão Americano para o Intercâmbio de Informação) e importados ao projeto, na escala 1:10.000.

Os trabalhos envolvendo as fotos aéreas iniciaram-se com a obtenção da forma digital, na resolução de 300 dpi e formato *Tagged Image File Format* (.tif), por meio de escâner de mesa. Totalizando 30 e 29 fotos monocromáticas para 1952 e 1980 e 26 fotos coloridas, nas bandas RIG2B3, para 2001. Com o módulo IMPIMA 5.0 e após recortar as bordas das fotos aéreas, as mesmas foram gravadas na extensão *spring* (spg) e georreferenciadas com, no mínimo, 10 pontos de controle, em média, pelo modo tela, tomando-se como referência os PIs de hidrografia e vias de acesso. Na sequência importaram-se todas as fotos registradas e georreferenciadas, obtendo-se os mosaicos das imagens (Figura 2) (LEMOS, 2010).

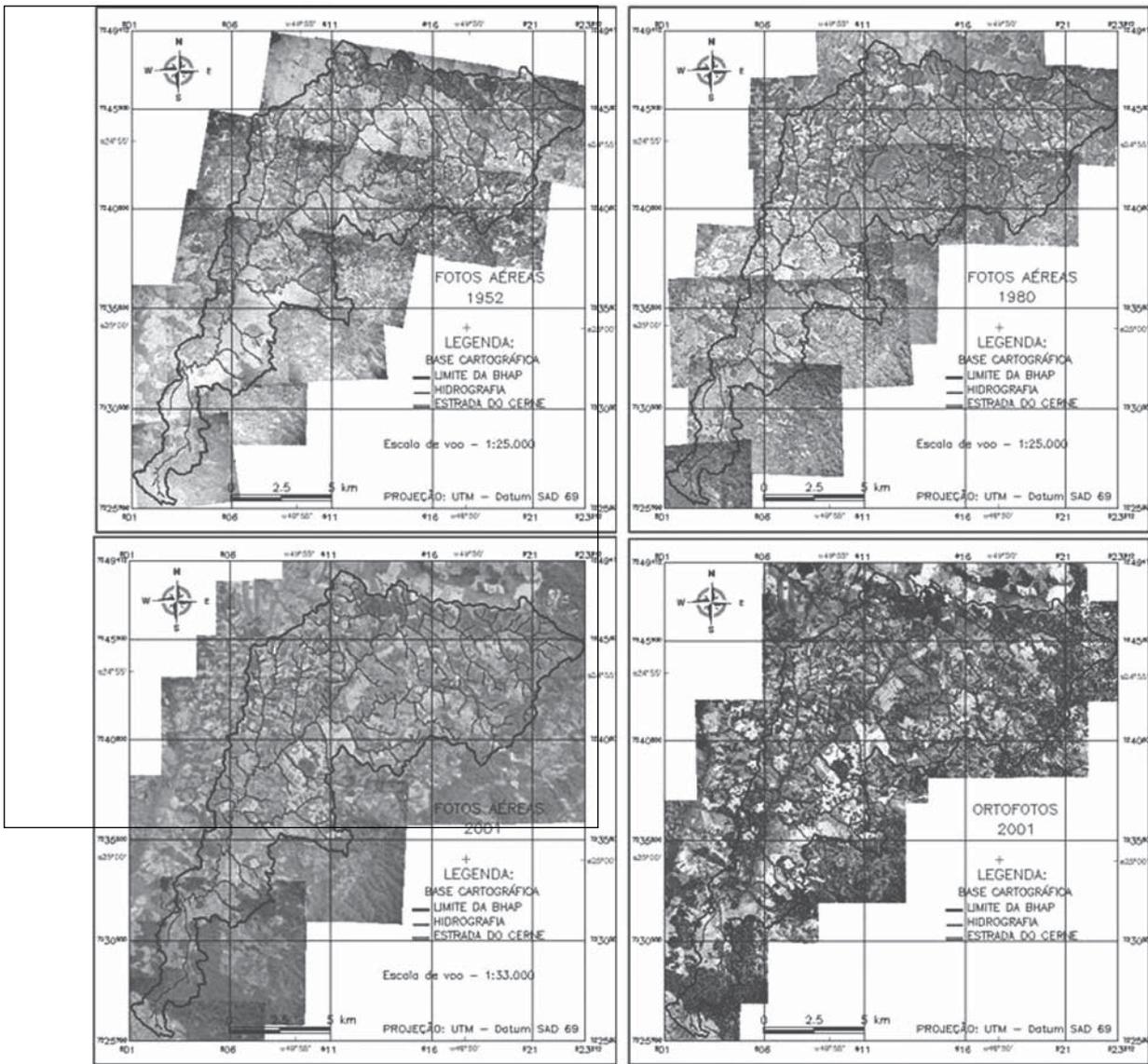
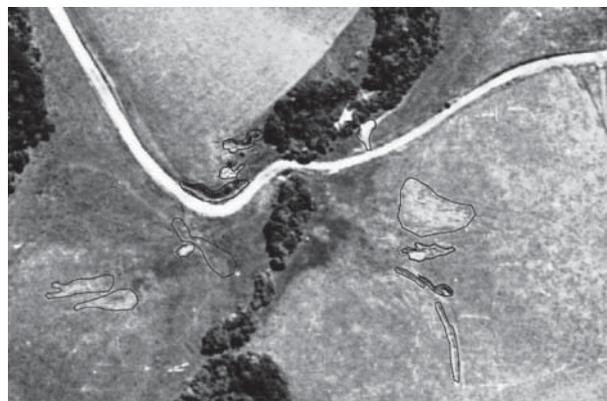


Figura 2 - Mosaico das Fotos Aéreas de 1952, 1980, 2001 e Ortofotos de 2001 da BHAP.

Os traçados das delimitações das voçorocas e grandes ravinas foram realizados sobre os pares das fotografias aéreas, para cada período analisado, utilizando o estereoscópio de bolso com oculares de ampliação de 3x. Sendo que as voçorocas e ravinas consideradas foram as denominadas ativas (Figura 3), ou seja, as feições erosivas concentradas que sofrem influências antrópicas e ação das águas subterrâneas e superficiais, no estágio atual de seu desenvolvimento (SOBREIRA, 2000).



Voçorocas

Ravinas

Figura 3 - Exemplo do Traçado de Voçorocas e Ravinas na foto Aérea da BHAP para o ano de 2001  
COORDENADAS: UTM – 603.104, 7.231.346 E GEOGRÁFICA – 25°01'48" S, 49°58'41" W.

A estimativa da evolução das erosões concentradas foi calculada por meio das variações ocorridas nas áreas e volumes das grandes ravinas e voçorocas, identificadas nas fotografias aéreas (Figura 4).

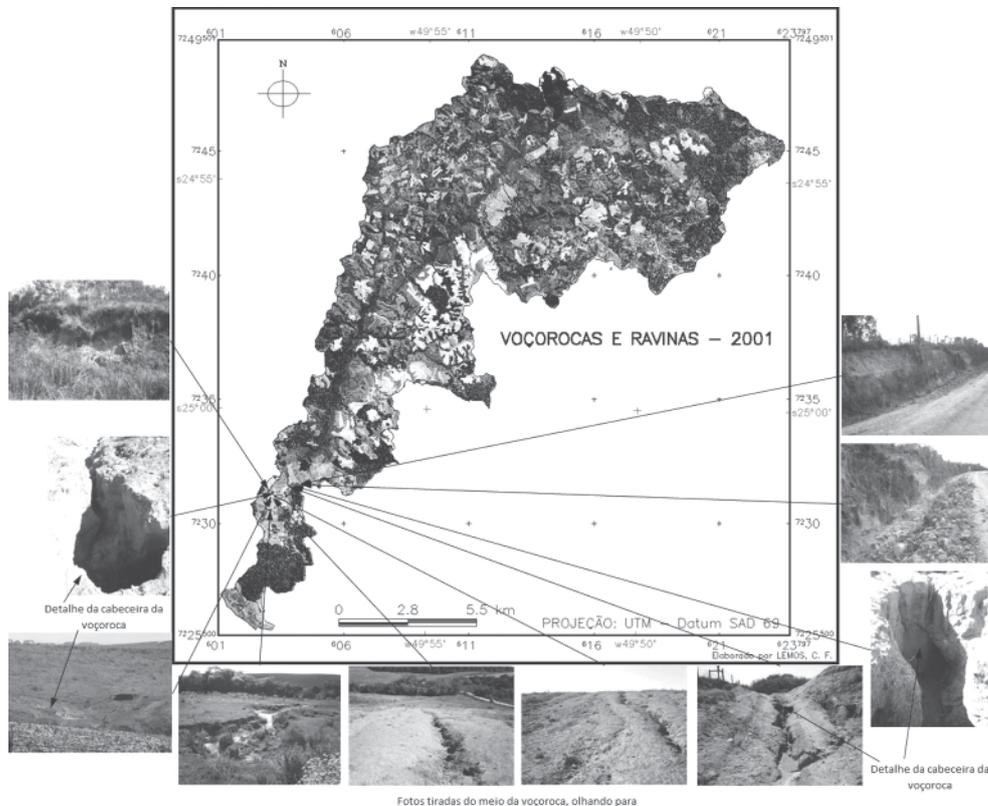


Figura 4 - Exemplos de Voçorocas encontradas na área da BHAP.

Para isso, transferiram-se essas delimitações traçadas para o Plano de Informação – PI, denominado VOÇOROCAS\_RAVINAS, na categoria denominada Temática – TE, utilizando como base as imagens da bacia formadas pelas fotos aéreas de 1952, 1980 e 2001 e ortofotocarta de 2001. Sendo que as áreas foram obtidas pelo comando Medidas de Classes sobre esse PI.

Após a determinação das áreas, passou-se para a obtenção das alturas médias. Para as ravinas, se observou, por meio dos trabalhos de campo, que as existentes na área de estudo são oriundas do pisoteio de gado e que a altura são 0,30 a 0,50 m, pois acima desses valores o gado cria um novo caminho. Portanto, estimou-se uma altura média de 0,40m para as ravinas.

Nas voçorocas, as profundidades foram determinadas a partir do desenho das curvas de nível dentro de cada uma delas. Para 2001, foi usado, como parâmetro, as medidas obtidas em campo e, para os anos de 1952 e 1980, as profundidades foram estimadas com base nos traçados de 2001 e nas fotos aéreas do respectivo ano. Essas curvas de nível traçadas foram gravadas na CURVAS\_VOÇOROCAS (MNT) e utilizando interpolador vizinho mais próximo, gerou-se uma

grade retangular 5 x 5m. Sendo que a altura média de cada voçoroca foi estimada por meio do comando Estatísticas de Imagens, selecionando a grade retangular gerada e o polígono formado pela voçoroca.

Com as profundidades médias e as áreas das voçorocas e das ravinas traçadas, foi possível estimar o volume das mesmas. Pela diferença entre o volume total das voçorocas e ravinas para 1952 e 2001, foi possível obter o volume de sedimentos produzidos pelas feições erosivas concentradas durante esses 49 anos.

## Resultados e Discussões

Foram identificadas 12, 18 e 29 voçorocas para os anos de 1952, 1980 e 2001, respectivamente. Os valores de 3.814,88m<sup>2</sup>, 5.584,15m<sup>2</sup> e 18.389,26m<sup>2</sup>, obtidos para a área das voçorocas representam um acréscimo de 46,38 %, no período de 1952 a 1980 e de 229,31%, no período de 1981 a 2001 e os valores de 3.948,79m<sup>3</sup>, 5814,10m<sup>3</sup> e 28.679,74 m<sup>3</sup> do volume da perda de sedimentos representam um aumento de 47,24% e 393,28%, para os mesmos períodos (Tabela 1).

### Tabela 1 - Valores das Áreas Totais e dos Volumes da Perda

Revista Brasileira de Geomorfologia, v.12, n.1, p.59-67, 2011

**de Sedimentos Referentes as Voçorocas da BHAP nos anos de 1952, 1980 e 2001.**

ANO	1952	1980	2001
Área Total (m <sup>2</sup> )	3.814,88	5.584,15	18.389,26
% de Aumento	+ 46,38 %	+ 229,31 %	
Volume de Sedimentos (m <sup>3</sup> )	3.948,79	5.814,10	28.679,74
% de Aumento	+ 47,24 %	+ 393,28 %	
Nº de Voçorocas	12	18	30

Com a análise das fotografias aéreas e a verificação *in loco*, por meio dos trabalhos de campo, observou-se que a maioria das voçorocas se encontra em áreas de decomposição intempérica de rochas graníticas e em solos denominados como Cambissolos. Aparecem, principalmente, em: campos de pastagens e culturas com má cobertura superficial, lugares com ravinamento iniciado ao longo de valas de demarcação e trilhas de gado, estradas vicinais ou abandonadas, trechos com excesso de patrolamento, cortes de talude abruptos e sem cobertura vegetal, e áreas expostas devido à retirada de solo para empréstimo de material, utilizado na construção de açudes.

Para as ravinas identificou-se 76, 92 e 428 nas imagens de 1952, 1980 e 2001, respectivamente, e os valores obtidos

para a área das ravinas foi de 127.413,16m<sup>2</sup>, 189.708,55m<sup>2</sup> e 263.619,10m<sup>2</sup> e o volume de sedimentos perdidos foi de 50.965m<sup>3</sup>, 75.883,42m<sup>3</sup> e 105.447,64m<sup>3</sup> (Tabela 2). Com esses valores foi possível verificar um aumento das ravinas de 48,89%, durante o período de 1952 a 1980 e de 38,96% para o período de 1981 a 2001. Esse decréscimo de quase 10% na porcentagem da área das ravinas e do volume de sedimentos retirado é explicado pela constatação de que em algumas áreas, com pasto degradado, solo exposto e grande número de trilhas, os sulcos existentes evoluíram até atingir o estágio de voçorocas, devido a atuação mais eficiente do escoamento superficial.

**Tabela 2 - Valores das Áreas Totais e dos Volumes da Perda de Sedimentos Referentes as Ravinas da BHAP nos anos de 1952, 1980 e 2001.**

ANO	1952	1980	2001
Área Total (m <sup>2</sup> )	127.413,16	189.708,55	263.619,10
Volume de Sedimentos (m <sup>3</sup> )	50.965,27	75.883,42	105.447,64
% de Aumento	+ 48,89 %		+ 38,96 %
Nº de Ravinas	76	92	428

Na área da BHAP identificou-se, também, sete locais de extração mineral, do tipo saibreiras e/ou cascalheiras, sem qualquer planejamento técnico e, aparentemente, algumas seriam clandestinas. O objetivo dessas extrações é de utilizar os materiais retirados (cascalho e saibro) na tentativa de amenizar as deficiências das vias de acesso da região,

por meio de serviços de manutenção das estradas vicinais (UEPG, 2002).

Para esses locais identificados foi calculado a área e o volume de material retirado, no período de 1952 a 1980 e de 1981 a 2001 (Tabela 3), sendo impossível saber quanto desse material é devido a perda de sedimentos.

**Tabela 3 - Valores das Áreas Totais e dos Volumes de Material Extraído de Atividade Minerária na BHAP no período entre 1980 e 2001.**

AM	COORDENADAS				1980		2001	
	UTM		GEOGRÁFICAS		Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
			SUL	OESTE				
P01	607.608	7.236.573	24°58'57"	49°56'02"	---	---	1.457,27	6.063,27
P02	608.054	7.241.090	24°56'48"	49°55'48"	---	---	3.879,20	6.031,52
P03	607.987	7.240.828	24°56'39"	49°55'50"	15.560,81	44.850,28	18.470,03	72.231,45
P04	608.083	7.244.971	24°54'24"	49°55'48"	---	---	3.057,02	5.576,01
P05	608.664	7.244.385	24°54'43"	49°55'27"	5.446,94	5.905,89	4.799,30	6.249,09
P06	608.827	7.244.639	24°54'34"	49°55'21"	17.897,05	95.915,77	36.007,08	172.560,95
P07	615.444	7.246.418	24°53'35"	49°51'26"	---	---	1.825,53	9.259,94
TOTAIS					38.904,80	146.671,94	69.495,43	277.972,24

Verificou-se que, no período em que ocorreram as atividades minerárias, houve um acréscimo total de 78,63% na área de extração, ou seja, de 38.904,80m<sup>2</sup> passou para 69.495,43m<sup>2</sup> e de 89,52% no volume de material retirado, de 146.671,94m<sup>3</sup> aumentou para 277.972,24m<sup>3</sup>. Observou-

se que muitos destes locais se encontram desativados e sem qualquer obra de recuperação ambiental e, por isso, desencadearam-se processos erosivos intensos, principalmente devido a supressão da vegetação e abandono (Figuras 5).

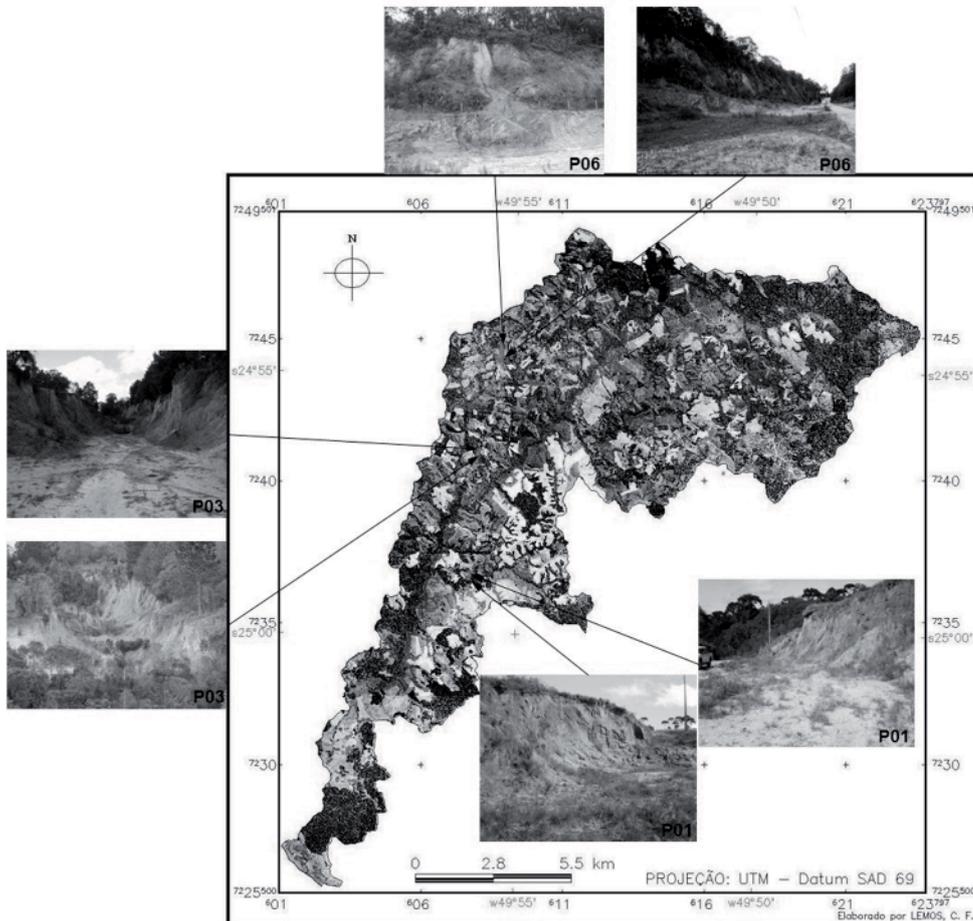


Figura 5 - Locais de extração minerária visitados.

Portanto, verificou-se uma intensificação dos processos erosivos concentrados, durante todo período analisado, e isso se deve, principalmente, aos fatores antrópicos, além dos fatores exógenos naturais da dinâmica terrestre (clima, relevo e natureza do solo).

### Conclusões

Os estudos realizados sobre a Bacia Hidrográfica do Alto Curso do rio Pitangui - BHAP conduziram à seguinte conclusão: foram identificadas 12, 18 e 29 voçorocas e 76, 92 e 428 ravinas, nas fotos aéreas de 1952, 1980 e 2001. Os valores obtidos para a área das voçorocas foram de 3.814,88m<sup>2</sup>, 5.584,15m<sup>2</sup> e 18.389,26m<sup>2</sup>, e para o volume da perda de sedimentos foram de 3.948,79m<sup>3</sup>, 5814,10m<sup>3</sup> e 28.679,74m<sup>3</sup>,

que representam um acréscimo de 46,38% e 47,24%, no período de 1952 a 1980 e de 229,31% e 393,28%, no período de 1981 a 2001, respectivamente. Já os valores obtidos para a área das ravinas foi de 127.413,16m<sup>2</sup>, 189.708,55m<sup>2</sup> e 263.619,10m<sup>2</sup> e o volume de sedimentos perdidos foi de 50.965m<sup>3</sup>, 75.883,42m<sup>3</sup> e 105.447,64m<sup>3</sup>, verificando um aumento das ravinas de 48,49% e de 38,96%, para os mesmos períodos avaliados.

Portanto esses aumentos da área de ocorrência de erosões concentradas e do volume de solo perdido demonstram que os processos erosivos vêm crescendo com o passar dos anos e, com isso, o agravamento dos problemas ambientais. Por isso, é importante alertar sobre os danos ambientais devido ao uso inadequado do solo e espera-se que essa pesquisa contribua e some-se aos projetos e estudos que poderão ser realizados sobre essa região.

## Referências Bibliográficas

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6. ed. São Paulo: Ícone, 2008. 355p.
- BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P.; POTTER, R. O.; BHERING, S. B.; Levantamento de reconhecimento dos solos da região centro-leste do Estado do Paraná (área 10). **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, n. 11, 2002a. 110p.
- BOGNOLA, I. A.; POTTER, R. O.; CARVALHO, A. P.; FASOLO, P. J.; BHERING, S. B.; MARTORANO, L. G. Caracterização dos solos do município de Carambeí, PR. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, n. 8, 2002b. 75p.
- CERRI, L. E. S.; SILVA, J. A. F.; SANTOS, P. H. P. – Erosão do solo: aspectos conceituais. **Revista Brasileira em Geociências**. v.2, n.6, p.92-98, 1997.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SBCS**. 2. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos - Embrapa Solos, 2006. 412p.
- ESRI – Environmental Systems Research Institute. **ArcView GIS 3.2**. Software. 1999.
- FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P.; POTTER, R. O.; BOGNOLA, I. A.; BHERING, S. B.; MARTORANO, L. G. Caracterização dos solos do município de Castro, PR. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, n. 9, 2002b. 88 p.
- GUERRA, A. J. T. Início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T *et al.* (org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.17-56, 2005.
- IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas climáticas do Paraná**. 2000. Disponível em: <[http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas\\_Climaticas/Cartas\\_Climaticas.htm](http://200.201.27.14/Site/Sma/Cartas_Climaticas/Cartas_Climaticas.htm)> Acesso em: 17.10.2007.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa vegetação do Brasil**. Escala 1:5.000.000. 3. ed. 2004. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas\\_e\\_Mapas/Mapas\\_Murais/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/)> Acesso em: 25.04.2009.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **SPRING 5.0**– Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas. 2007b. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring>> Acesso em: 20.01.2009.
- IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Base de Dados do Estado – BDEweb**. Curitiba: Governo do Paraná. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br>> Acesso em: 18.04.2011.
- LEMONS, C. F. **Evolução da erosão na bacia hidrográfica do alto curso do rio Pitangui – PR**. 2010. 241 f. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba, 2010.
- MINEROPAR - Minerais do Paraná. **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná**: escala base 1:250.000, modelos reduzidos 1:650.000. Curitiba: MINEROPAR/UFPR, 2006a. 63p.
- MINEROPAR - Minerais do Paraná. **Geologia do Paraná - Atlas geológico do Estado do Paraná**. Escala base 1:250.000. Curitiba, 2006b. 116p. Disponível em: <<http://www.mineropar.pr.gov.br/mineropar>> Acesso em: 10/10/2007.
- OKA-FIORI, C.; SOARES P. C. Aspectos evolutivos das vossorocas. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v. 16, n. 32, p. 114-124, 1976.
- RODRIGUES, B. B. **Inventário e análise de susceptibilidade aos movimentos de massa gravitacionais e erosões na região de Águas de Lindóia – SP**: escala 1:10.000. 1998. 142 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo – USP. São Carlos, 1998.
- SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Levantamento aerofotogramétrico do Paraná de 1952**. Fotos aéreas na escala 1:25.000, 1952.
- SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Levantamento aerofotogramétrico do Paraná de 1980**. Fotos aéreas na escala 1:25.000, 1980.
- SILVA, A. F. **Mapeamento Geotécnico e análise dos processos erosivos na bacia do córrego Tuncum, São Pedro – SP, escala: 1:10.000**. 2003. 158 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo – USP. São Carlos. 2003.
- SILVEIRA, L. L. L. **Elaboração de carta de susceptibilidade à erosão das bacias dos rios Araraquara e Cubatão – SP, escala 1:50.000**. 2002. 211 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo - USP. São Carlos, 2002.
- SOBREIRA, F. G. Processos erosivos acelerados (voçorocas): O exemplo de cachoeira do Campo, Ouro Preto, MG. **Revista Latino-Americana de Geotecnia**. São Paulo: ABMS/ABGE/Solos e Rochas, v. 23, n. 3, p. 217-233, dez, 2000.
- UEPG - Universidade Estadual de Ponta Grossa. **Bacia hidrográfica do manancial Alagados**. Ponta Grossa: UEPG/NUCLEAM - Núcleo de Estudos em Meio Ambiente. Convênio: UEPG/COPEL/SANEPAR/ALL/IAP, meio digital - 6 CD's, em formato PDF, AutoCad R 14 (dwg e plt), 2002.