

UTILIZAÇÃO DE MODELO DIGITAL DO TERRENO PARA ESPACIALIZAÇÃO DE DERRAMES VULCÂNICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARRECCAS (SW/PR)

*The use of Digital Model Elevation for the Spatial Distribution of Volcanic Lava
Flow on Hydrographic Basin of Marrecas River - Southwest of Parana State*

Juliano Andres¹
Julio Cesar Paisani²
Marga Eliz Pontelli³
Vaniza Pasa
Fabiola Raquel Marinho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE
Campus de Francisco Beltrão

Rua Maringá, 1.200, Bairro Vila Nova, Francisco Beltrão, PR
CEP 85.605-010, Caixa Postal 371

¹juliano.andres@gmail.com

²juliopaisani@hotmail.com

³mepontelli@hotmail.com

RESUMO

O objetivo desse trabalho é desenvolver técnicas de Geoprocessamento para espacializar derrames vulcânicos com base no modelo digital do terreno (MDT), tendo como área piloto a bacia hidrográfica do Rio Marrecas (SW/PR). A metodologia ocorreu em quatro etapas: primeiro elaborou-se o modelo digital do terreno da bacia hidrográfica no aplicativo ArcScene, segundo foram espacializados os pontos amostrais para a individualização dos derrames no aplicativo ArcMap, terceiro espacializou-se os derrames vulcânicos no aplicativo ArcMap, e quarto foram quantificadas as áreas de afloramento dos derrames no aplicativo SAGA (Sistema de Análise Geo-ambiental - Lageop/UFRJ). Os resultados são a espacialização e quantificação de doze diferentes derrames na área de análise, que servirá como base para estudos dos aspectos geomorfológicos da mesma. Por meio deste trabalho é possível observar a potencialidade de uso do Geoprocessamento em estudos relacionados ao meio físico.

Palavras-chave: Modelo Digital do Terreno, Derrame Vulcânico, Geoprocessamento, Geomorfologia.

ABSTRACT

This work aims to develop Geoprocessing techniques to spatial distribution of volcanic lava flow, based on the digital model elevation (DME), having as main area the hydrographic basin of Marrecas River (SW/PR). The methodology has occurred in four steps; first has been built a digital terrain model of the hydrographic basin in the ArcScene, second it has been made de spatial distribution of the sample points for the individualization of the lava flows in the ArcMap, third, it has been distributed the volcanic lava flow space in the ArcMap. Fourth it has been quantified the areas that the events of the lava flow happen in the SAGA (Sistema de Análise Geo-ambiental - Lageop/UFRJ). The results have been the measurement of the space and quantification of twelve different lava flow in the area of analyses, that will help as a base of studies of the geomorphologic aspects of it. Through this work is possible to observe the potentiality of the Geoprocessing use in studies related to the physical means.

Keywords: Digital Model Elevation, Spill Volcanic, Geoprocessing, Geomorphology.

1. INTRODUÇÃO

O Geoprocessamento constitui-se na utilização de ferramentas matemáticas e computacionais, bem como de análises geográficas, para processar dados e obter informações da superfície terrestre. A introdução dessa técnica na Geografia permitiu a incorporação de novas visões do espaço geográfico, especialmente pela “varredura absolutamente sistemática” de todos os aspectos nele associados (XAVIER, 2001). Por meio da sistematização e análise de qualquer dado da superfície terrestre, seja esse concreto ou abstrato, relacionado ao meio físico ou ao homem, o Geoprocessamento possibilita análises em todos os campos de conhecimento relacionados à Geografia. Nesse sentido, existem aplicações do Geoprocessamento aos aspectos ambientais (XAVIER e ZAIDAN, 2004), aos estudos urbanos (MELLO FILHO, 2003), à ocupação humana (CASTILHO e GIOTTO, 2006), à limnologia (NOVO *et al.*, 2006), à geomorfologia (RUHOF *et al.*, 2006), entre muitas outras.

Dentre as diversas formas de análise por Geoprocessamento utilizadas para essas aplicações, pode-se enumerar o modelo digital do terreno (MDT), o qual se constitui na adaptação do modelo numérico do terreno (MNT) para o ambiente computacional. O MDT constitui-se de uma concentração de pontos com coordenadas X, Y e Z conhecidas, e possibilita a projeção tridimensional e análises de relevo (CÂMARA *et al.*, 2004). As aplicações mais conhecidas do MDT são a elaboração de mapas de declividade, hipsometria e orientação de vertentes, os quais podem ser utilizados, dentre outras possibilidades, no mapeamento de áreas de preservação permanente (OKA-FIORI, 2004), determinar áreas de conflitos ambientais (ANDRES, 2006), analisar a suscetibilidade a erosão (GOULART, 1999), avaliar as condições de uso potencial da terra (STEMPNIAK, 2006).

A Geomorfologia, uma das áreas de conhecimento da Geografia, possui muitas carências de estudos a partir do Geoprocessamento, destacando-se a utilização do MDT. Os estudos geomorfológicos que utilizam o MDT têm se limitado a análise das formas de relevo, elaborando perspectivas tridimensionais de áreas, e sobre as mesmas, projetando imagens sensoriais. Esses estudos são aplicados frequentemente à bacias hidrográficas, como são os casos encontrados nos trabalhos de Carvalho e Latrubesse (2004), Valeriano e Carvalho Junior (2003) e Giles e Franklin (1998).

A análise geomorfológica não se limita aos dados morfológicos. Em áreas carentes de informações geológicas se fazem necessários o levantamento e a espacialização de atributos litológicos. É o caso da região sudoeste do Paraná, onde a compreensão da gênese das formas de relevo esbarra na carência de informações de detalhe do arcabouço geológico.

A interpolação entre curvas de nível e tipos de rochas identificadas a diferentes altitudes é técnica comum na espacialização de rochas estratiformes

(MARANHÃO, 1995). Pouco comum é a utilização de MDT na geração dessa informação. Procurando preencher essa lacuna, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver e divulgar procedimentos metodológicos de Geoprocessamento para definir a distribuição espacial de derrames vulcânicos a partir de modelo digital do terreno, tendo como área piloto a bacia hidrográfica do Rio Marrecas, no sudoeste do estado do Paraná.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área piloto de aplicação do MDT para definir a espacialização de derrames vulcânicos corresponde à bacia hidrográfica do Rio Marrecas, localizada na região sudoeste do Paraná (Figura 1).

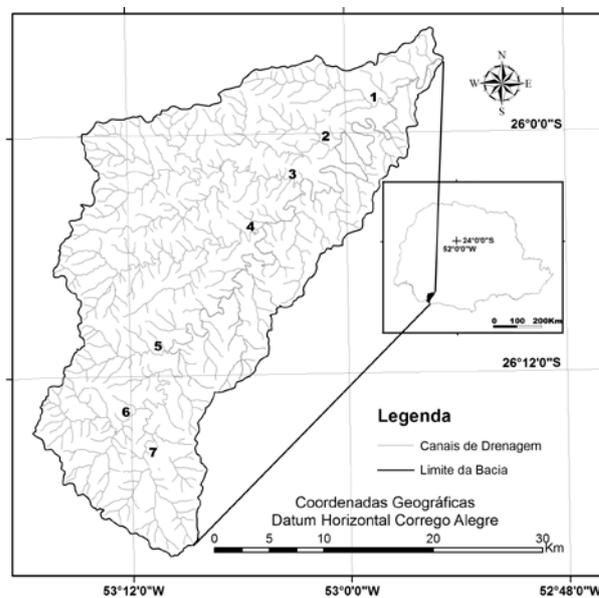


Fig. 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Marrecas em relação ao estado do Paraná. Afluentes: (1) Concórdia, (2) Tuna, (3) Santa Rosa, (4) Quatorze, (5) Bonito, (6) Araçá e (7) Verde.

Procedeu-se o estabelecimento da seqüência de derrames a partir de descrição de afloramentos em campo (PAISANI *et al.*, 2008), e manipulação de técnicas de Geoprocessamento. A localização dos afloramentos contou com o registro em campo de suas coordenadas UTM, utilizando-se GPS Garmin. Foram individualizados 12 derrames com base na seguinte zonação estrutural: a) base, com sistema de fraturas horizontais, variando de 0,60 a 2m de espessura; b) centro/núcleo, caracterizada pela estrutura maciça e fraturas verticais; e c) superior, marcada pela estrutura amigdaloidal/vesicular (PAISANI *et al.*, 2008).

No Laboratório de Geoprocessamento da UNIOESTE, Campus Francisco Beltrão, procedeu-se: 1) digitalização e georreferenciamento das Cartas Topográficas de Francisco Beltrão, Campo Erê, Salgado Filho e São José do Cedro, em escala 1:50.000, ano de 1980, com equidistância das curvas de nível de 20m; 2) vetorização de informações das cartas; 3) elaboração do

Modelo Digital do Terreno do Rio Marrecas; 4) plotagem dos locais de descrição de afloramentos e respectiva determinação das cotas altimétricas; 5) definição de classes hipsométricas pela ocorrência dos derrames, conforme método convencional de mapeamento geológico para rochas estratiformes (MARANHÃO, 1995); e 6) quantificação das áreas de afloramento dos derrames, utilizando aplicativos do SAGA.

A digitalização das cartas topográficas foi realizada por meio de *scanner* de mesa A4, aplicando-se uma resolução de 127 DPI (pontos por polegada), onde cada célula da imagem representa 0,2 mm da carta (erro cartográfico) e 10 m sobre o terreno (resolução espacial), com formato *Tiff*. Já o georreferenciamento foi realizado no ambiente do aplicativo ArcMap, com um erro médio de 0,6 *pixel* (6 m), o qual proporcionou a elaboração do mosaico das cartas.

Procedeu-se a vetorização das curvas de nível, da rede de drenagem, das estradas e dos divisores de água da bacia hidrográfica, utilizando-se de aplicativos do ArcMap. No dado curvas de nível elaborou-se um atributo denominado cotas, no qual se inseriu os valores hipsométricos das mesmas, com a finalidade de se elaborar o MDT.

3. RESULTADOS

Neste item apresentam-se os passos de utilização dos aplicativos de Geoprocessamento para se obter a espacialização e quantificação dos derrames vulcânicos da área de estudo.

3.1 Elaboração do Modelo Digital do Terreno no aplicativo ArcScene

Para proceder a elaboração do MDT importou-se inicialmente o plano de informação contendo as curvas de nível, com respectivo atributo cotas, para o ambiente do aplicativo ArcScene. Em seguida, selecionou-se “3D Analyst”, “Criar/Modificar TIN” e “Criar TIN a partir de Feições”, no ArcScene (Figura 2).



Fig. 2 - Fase inicial de elaboração do MDT no aplicativo ArcScene.

Após essa seleção se habilitou nova janela denominada “Criar TIN a partir de Feições”, na qual foram selecionados os dados de entrada para a elaboração do MDT (Figura 3). Na opção “Camadas” selecionou-se o plano de informação “curvas de nível”,

em “Origem da altura” selecionou-se o atributo “cotas” e em “Triangular como” optou-se pela alternativa “pontos de massa”. A escolha desse método de triangulação se deve por propiciar a elaboração de uma massa de pontos com coordenadas conhecidas, ocultando as linhas relativas as curvas de nível, o que facilita a elaboração de mapas hipsométricos.

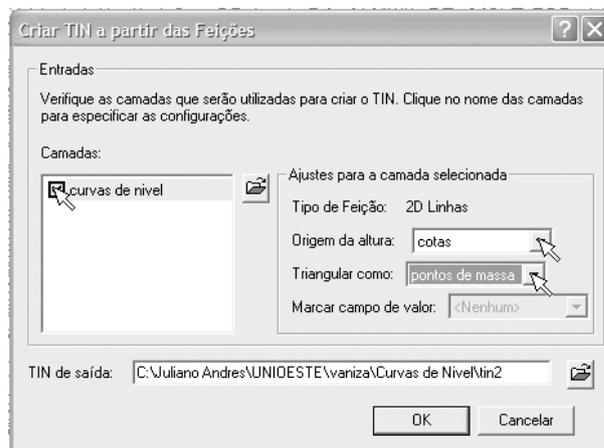


Fig. 3 - Seleção de dados de entrada para o MDT.

O resultado obtido nessa etapa é o MDT da área de estudo, cuja perspectiva tridimensional pode ser visualizada no mesmo ambiente do aplicativo ArcScene, como demonstra a Figura 4.

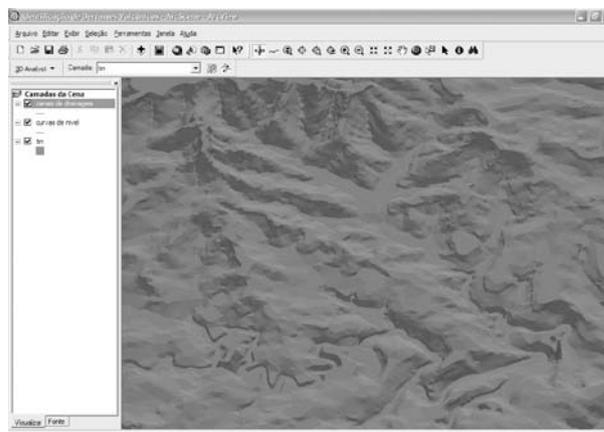


Fig. 4 - Perspectiva tridimensional de parte da área de estudo no aplicativo ArcScene.

O MDT da área drenada pelo Rio Marrecas possui valores hipsométricos que variam de pouco menos de 480 até 948 m. Após, os dados relativos ao MDT foram exportados para o ambiente do aplicativo ArcMap, no intuito de integrá-los aos vetores da rede de drenagem, das estradas, do limite da bacia hidrográfica, bem como para espacialização das informações obtidas pela descrição das amostras.

3.2 Espacialização dos pontos amostrais sobre o MDT no aplicativo ArcMap

Os locais de descrição dos afloramentos, aqui referidos como pontos amostrais, foram espacializados

sobre a base cartográfica digital no ambiente do aplicativo ArcMap. Utilizou-se das coordenadas X e Y coletadas em campo, com Datum Horizontal Córrego Alegre e fuso UTM 22S, cujas características são as mesmas das cartas topográficas digitalizadas. Como pode ser observado na Figura 5, os pontos foram espacializados utilizando-se a opção “X e Y absoluto”, e após digitando-se os valores via teclado.

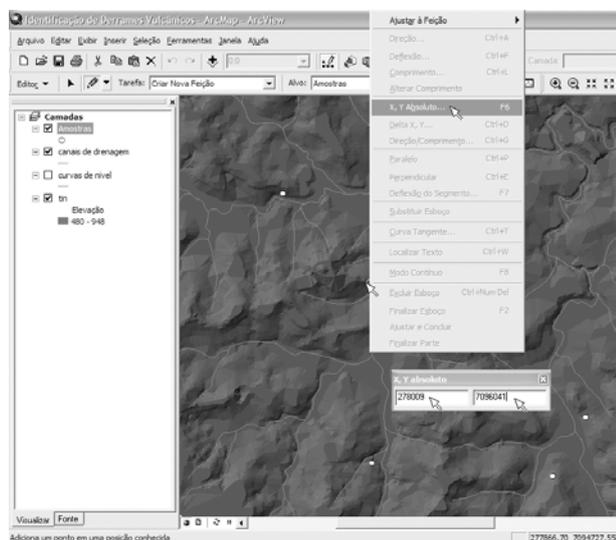


Fig. 5 - Espacialização dos pontos amostrais sobre o MDT.

A distribuição espacial dos pontos amostrais sobre o MDT da área de estudo pode ser vista na Figura 6. Essa distribuição espacial demonstra a representatividade dos locais de afloramento na maioria dos setores da bacia hidrográfica, desde a montante até a jusante, tanto na margem esquerda como direita, com exceção de uma pequena porção a noroeste.

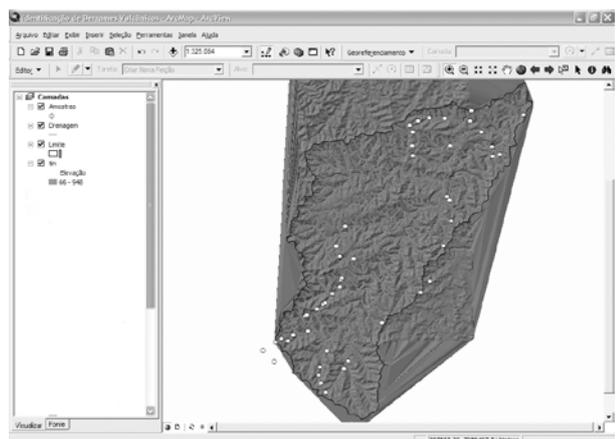


Fig. 6 - Distribuição espacial dos pontos amostrais sobre o MDT.

Em cada ponto amostral espacializado associou-se o conjunto de dados com informações relativas às descrições, tais como número da amostra (caso seja necessária uma análise detalhada da amostra), altitude do local de observação (informação fundamental para a elaboração das classes

hipsométricas), e os três aspectos que dizem respeito às características das rochas dos derrames: cor, estrutura e textura. Por meio da Figura 7 pode-se observar que cada linha da planilha corresponde a uma amostra e cada coluna a um atributo relacionado à mesma.

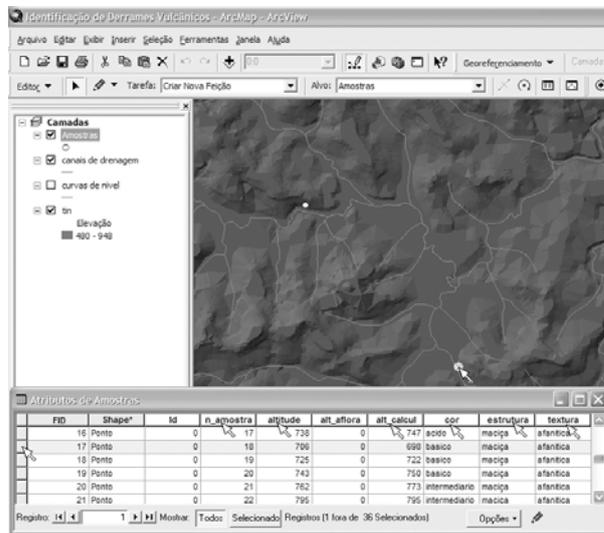


Fig. 7 - Associação dos dados relativos as descrições dos afloramentos.

A espacialização dos pontos amostrais sobre o MDT permitiu a verificação do erro altimétrico (coordenada Z coletada com GPS) dos locais de amostras, o qual foi de aproximadamente 5 m, ou 0,1 mm considerando a escala horizontal das cartas. Esse resultado é praticamente insignificante para coordenadas X e Y, porém para esse trabalho optou-se pela obtenção do valor de Z para os locais de observação a partir do cálculo da interpolação entre curvas de nível. Esse dado foi inserido como novo atributo ao plano de informação “Amostras”, estando na coluna “alt_calcul”, como demonstrado na Figura 7.

Os dados, na forma de planilha eletrônica, associados aos pontos amostrais, foram organizados em ordem de valor altimétrico calculado, como pode ser visto na Figura 8. Nessa etapa determinaram-se as classes hipsométricas correspondentes aos diferentes derrames vulcânicos.

N_AMOSTR	ALTITUD	ALT_AFLORA	ALT_CALC	COR	ESTRUTURA	TEXTURA
43	488	0	492	básico	macica	afanítica
44	496	0	498	básico	macica	afanítica
46	505	0	512	intermediária	amigdaloidal	afanítica
40	529	0	517	básico	macica	afanítica
42	509	0	522	intermediária	amigdaloidal	afanítica
45	516	0	528	básico	macica	afanítica
41	520	0	531	básico	macica	afanítica
47	540	0	535	básico	macica	afanítica
49	570	0	572	básico	macica	afanítica
39	545	0	575	básico	macica	afanítica
55	585	0	584	básico	macica	afanítica
37	541	0	586	intermediária	amigdaloidal	afanítica
38	586	0	598	intermediária	amigdaloidal	afanítica
50	605	0	604	básico	macica	afanítica

Fig. 8 - Ordem dos dados pelo valor altimétrico calculado.

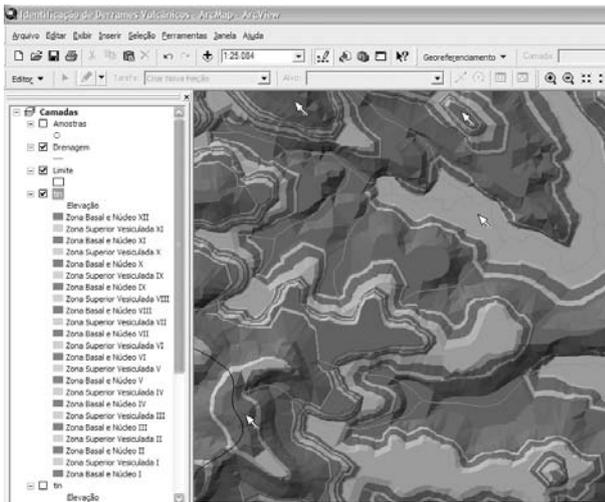


Fig. 12 - Detalhe da espacialização das zonas estruturais dos derrames.

As classes apresentadas no atributo “tin” podem ser modificadas nos elementos cor e texto da legenda. No caso da área de estudo utilizou-se apenas a intercalação entre dois tons de cinza contrastantes e texto mostrando a zona estrutural e o respectivo derrame vulcânico (Figura 12).

3.4 Quantificação das áreas de afloramento dos derrames no aplicativo SAGA

Para quantificar as áreas de afloramento dos derrames procedeu-se a importação da imagem resultante da espacialização dos derrames gerada no ArcMap para o aplicativo SAGA. Selecionou-se a opção “Assinatura”, após “Adicionar um mapa raster” e “Processar Assinatura” (Figura 13). Esse processo forneceu dados relativos a quantidade de células correspondentes a cada uma das classes, a partir da qual também são fornecidas as informações sobre a área das mesmas (Km² e ha).

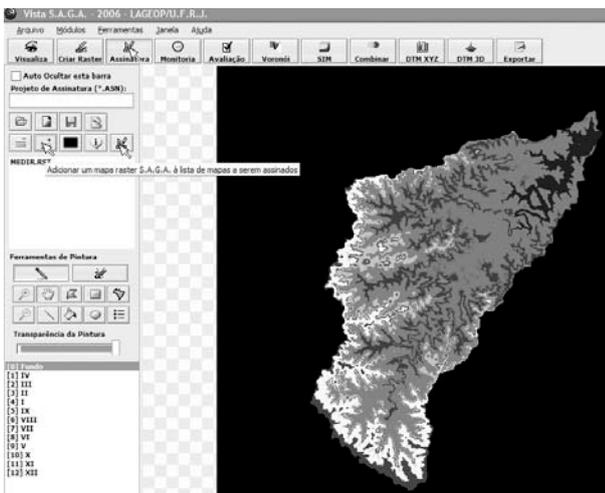


Fig. 13 - Processo de assinatura no ambiente do aplicativo SAGA.

A etapa de assinatura permite ter acesso aos dados de área das diferentes classes dos derrames, por meio do “Relatório de Assinatura” (Figura 14). A informação “Pixels” corresponde ao número de células da matriz que representa a imagem. Este, multiplicado pela resolução espacial, no presente caso 10 x 10 m, resulta na área em hectares (“ha”) de cada uma das classes (Figura 14).

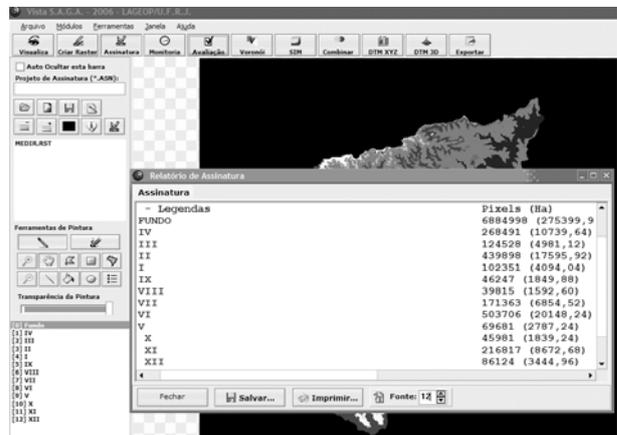


Fig. 14 - Relatório do processo de assinatura dos derrames vulcânicos.

3.5 Distribuição espacial e quantificação dos derrames vulcânicos

A distribuição espacial dos derrames vulcânicos pode ser vista na Figura 15.

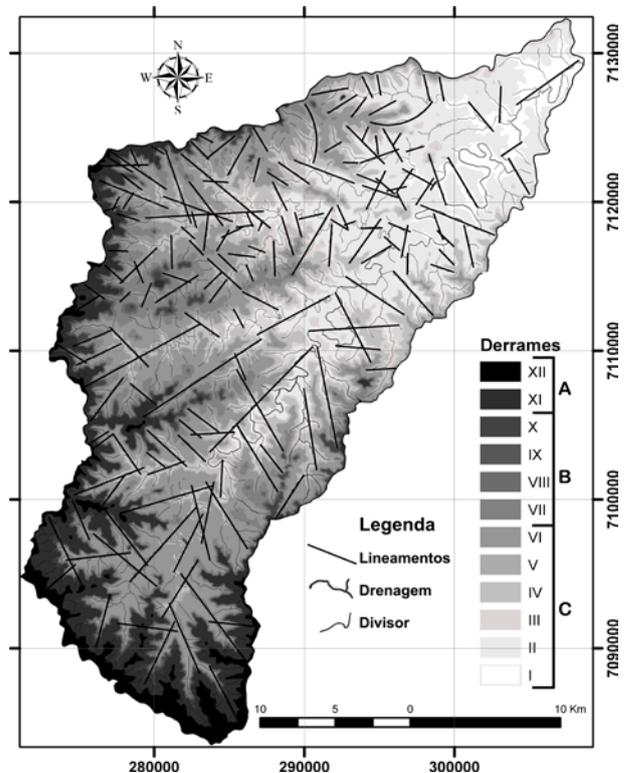


Fig. 15 - Distribuição espacial dos derrames vulcânicos. A - seqüência superior; B - seqüência intermediária; C - seqüência inferior.

Observou-se que os derrames mais representativos são II, IV, VI e XI. Já os derrames menos representativos são V, VII, IX e X. Por meio dessa distribuição espacial, os doze derrames identificados foram individualizados em três seqüências. Na seqüência A (superior) foram agrupados os derrames XI e XII; na seqüência B (intermediária) foram agrupados os derrames VII a X; e na seqüência C (inferior) agrupados os derrames de I a VI.

A quantificação das áreas de cada derrame pode ser vista na Tabela 1.

TABELA 1 – QUANTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DOS DERRAMES.

Derrames	Área (ha)	Percentual da área total
I	4.094	4,84
II	17.596	20,80
III	4.981	5,89
IV	10.740	12,70
V	2.787	3,29
VI	20.148	23,82
VII	6.854	8,10
VIII	1.593	1,88
IX	1.850	2,19
X	1.839	2,17
XI	8.673	10,25
XII	3.445	4,07
Total	84.600	100,00

Por meio da quantificação das áreas percebe-se que em mais da metade da bacia hidrográfica do Rio Marrecas afloram os derrames II, VI e XI, atingindo cerca 54,87% da área total. Já a soma do percentual dos derrames V, VII, IX e X atinge apenas 9,53%.

A quantificação da espessura dos derrames pode ser vista na Tabela 2.

TABELA 2 – QUANTIFICAÇÃO DA ESPESSURA DOS DERRAMES

Derrames	Espessura (m)	Percentual (espessura)
I	490 - 520 (30)	6,55
II	520 - 604 (84)	18,34
III	604 - 625 (21)	4,58
IV	625 - 663 (38)	8,30
V	663 - 676 (13)	2,84
VI	676 - 725 (49)	10,70
VII	725 - 742 (17)	3,71
VIII	742 - 749 (7)	1,53
IX	749 - 758 (11)	2,40
X	758 - 763 (5)	1,09
XI	763 - 842 (79)	17,25
XII	842 - 948 (106)	23,14
Total	458	100,00

Pela quantificação da espessura nota-se que os derrames II, VI, XI e XII predominam na estrutura

geológica da bacia do Rio Marrecas, com 69,43% do gradiente altimétrico. Enquanto que os derrames V, VII, VIII e IX possuem apenas 7,86% da espessura total.

Por meio das quantificações observa-se que não há relação direta entre espessura dos derrames e sua distribuição espacial, uma vez que o derrame II que abrange 20,80% de toda área possui 18,34% da espessura total e o derrame VI que abrange 23,82% da área possui 10,70% da espessura, enquanto que o derrame XII que abrange 4,07% da área possui 23,14% da espessura total. A correlação direta entre os percentuais de espessura e de área dos derrames pode ser vista na Figura 16.

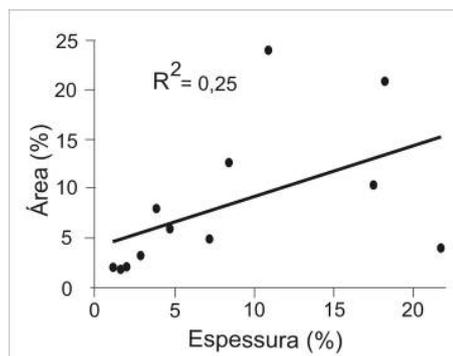


Fig. 16 - Correlação direta entre espessura e área dos derrames. (Pearson).

Observa-se que o fator R^2 foi de apenas 0,25, comprovando que derrames delgados podem ter uma distribuição espacial mais significativa do que derrames mais espessos.

4. CONCLUSÃO

A utilização do MDT para a individualização de derrames vulcânicos da bacia hidrográfica do Rio Marrecas mostrou-se satisfatória, uma vez que permitiu a espacialização e quantificação da área de 12 derrames em três seqüências. O emprego do Geoprocessamento no mapeamento dos derrames aumentou a precisão na determinação de sua distribuição espacial, bem como reduziu custos e tempo com trabalhos de campo. A seqüência de procedimentos empregados para gerar a distribuição espacial dos derrames mostra a potencialidade da integração de aplicativos de Geoprocessamento para a representação de dados do meio físico, sobretudo para a análise geomorfológica. A possibilidade de integrar dados não espaciais dos pontos amostrais à sua representação espacial nos aplicativos de Geoprocessamento facilitou a análise e a espacialização dos derrames vulcânicos. A metodologia desenvolvida neste trabalho pode ser utilizada em pesquisas similares em outras áreas de estudo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e a PRPPG-UNIOESTE pelas bolsas de iniciação científica que contribuíram para o desenvolvimento do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRES, Juliano. **Análises Temporais e Espaciais do Uso da Terra, por meio de Geotecnologias, no Município de Pirapó - RS**. 2006. 86f. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

CÂMARA, Gilberto; DRUCK, Suzana; CARVALHO, Marília Sá; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004.

CASTILHO, José Leonardo de Souza; GIOTTO, Enio. Interferência da Área de Risco sobre a Zona Urbana por Aplicação de Técnicas de Geoprocessamento - Estudo de caso em Dom Pedrito - RS. **Geomática**, v. 1, p. 1 - 8, 2006.

CARVALHO, Thiago Morato de; LATRUBESSE, Edgardo. Aplicação de Modelos Digitais do Terreno (MDT) em Análises Macrogeomorfológicas: o caso da bacia hidrográfica do Araguaia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n. 1, p. 85 - 93, 2004.

GILES, Philip; FRANKLIN, Steven. An automated approach to the classification of the slope units using digital data. **Geomorphology**, v. 21, p. 251 - 264, 1998.

GOULART, Décio Rodrigues. **Diagnóstico da suscetibilidade à erosão dos solos da bacia hidrográfica de Bonfim - Correias Petrópolis/RJ**. 1999. 102f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

MARANHÃO, Carlos Marcelo Lôbo. **Introdução à Interpretação de Mapas Geológicos**. Fortaleza: UFC, 1995.

MELLO FILHO, José Américo de. **Qualidade de vida na região da Tijuca, RJ, por geoprocessamento**. 2003. 288f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

NOVO, Evlyn Marcia Leão de Moraes; BARBOSA, Cláudio Clemente Faria; SHIMABUKURO, Yosio Edemir; MELACK, John; PEREIRA FILHO, Waterloo. Seasonal changes in chlorophyll distributions in Amazon floodplain lakes derived from MODIS images. **Limnology**, v. 7, p. 153 - 161, 2006.

OKA-FIORI, Chisato; FIORI, Alberto Pio; HASUI, Yociteru. Tolerância de Perdas de Solo na Bacia do Rio Itiquira, Moto Grosso, Brasil. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 54, 83 - 99, 2004.

PAISANI, Julio César *et al.* Características Geológicas da Formação Serra Geral na Área Drenada pelo Rio Marrecas (SW Paraná): fundamentos para a análise geomorfológica. **Geografia**, UEL, v.17, n.2, p. 49-65, 2008.

RUHOF, Anderson Luis; SOUZA, Bernardo Sayão Penna e; GIOTTO, Enio; PEREIRA, Rudiney Soares. Avaliação dos Processos Erosivos através da Equação Universal de Perdas de Solos Implementada com Algoritmos em LEGAL. **Geomática**, v. 1, p. 9 - 18, 2006.

STEMPNIAK, André. **Avaliação da Transformação da Paisagem da Bacia do Ribeirão Vidoca, São José dos Campos, SP**. 2006. 162f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 2006.

VALERIANO, Márcio de Morisson; CARVALHO JUNIOR, Osmar Abílio de. Geoprocessamento de Modelos Digitais de Elevação para Mapeamento da Curvatura Horizontal em Microbacias. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n. 1, p. 17 - 29, 2003.

XAVIER, Jorge Silva. **Geoprocessamento para a Análise Ambiental**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2001.

XAVIER, Jorge Silva; ZAIDAN, Ricardo (org.). **Geoprocessamento & Análise Ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.