

Revista Brasileira de Geografia Física



Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Caracterização Morfométrica da Rede de Drenagem Associada à Cratera de Impacto de Vista Alegre, Município de Coronel Vivida, Sudoeste do Paraná

Oscar Vicente Quinonez Fernandez¹, Greicy Jhenifer Tiz², Kelly Ariane de Jesus³, Sonia Mary Manfroi Nacke⁴

Artigo recebido em 26/09/2012 e aceito em 04/06/2013

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados da análise morfométrica realizada na rede de drenagem associada à cratera de impacto de Vista Alegre, município de Coronel Vivida, Sudoeste do Paraná. A cratera meteorítica, localizada no planalto basáltico da Bacia do Paraná, possui 9,5 km de diâmetro e a diferença altimétrica entre o centro e borda é de aproximadamente 300 m. A cratera é cortada pelo rio Chopim (130 m de largura) no seu extremo oeste. Os afluentes da margem direita deste rio, os córregos Lambedor, Quieto e Mirim são objetos da análise morfométrica neste estudo. Os dois primeiros córregos drenam a depressão anelar e o último drena terrenos fora da cratera. A medição das variáveis morfométricas das bacias foi realizada com auxílio do programa Global Mapper a partir de cartas topográficas digitalizadas com escala 1/50.000 (Folhas Coronel Vivida e Verê). As redes de drenagem analisadas apresentam padrão dendrítico e os índices morfométicos das bacias instaladas dentro e fora da estrutura apresentam valores similares, mostrando a pouca influência da cratera sobre organização do atual padrão de drenagem. Um modelo conceitual é proposto para explicar a evolução do padrão de drenagem.

Palavras-chave: análise morfométrica, cratera de impacto. Cratera de Vista Alegre.

Morphometric Characterization of Drainage Network Associated Impact Crater Vista Alegre, Municipality of Coronel Vivida, Southwestern Paraná

ABSTRACT

This paper presents the results of morphometric analysis performed on the drainage network associated with the impact crater of Vista Alegre, in Coronel Vivida, southwestern Paraná state, Brazil. The meteorite crater, located in the basalt plateau of Paraná Basin, has 9.5 km in diameter and altimetric difference between center and edge is approximately 300 m. The crater is cuts by the Chopim river (130 m in wide) in its far west. The right bank tributaries of this river, the Lambedor, Quieto and Mirim streams are objects of morphometric analysis in this study. The first two streams drain into the ring depression and the last drains land out of the crater. Measurement of morphometric variables basins was performed using the Global Mapper software from digitized topographic maps with scale 1/50.000. The drainage networks analyzed exhibit dendritic drainage pattern and morphometric indices of catchments installed inside and outside of crater rim have similar values, showing little influence from the crater on the organization of the actual drainage pattern. A conceptual model is proposed to explain the evolution of the drainage system.

Keywords: morphometric analysis, impact crater, Vista Alegre crater.

1.Introdução

Os impactos de corpos extraterrestres com a Terra representam a classe mais

* E-mail para correspondência: oscar.fernandez@unioeste.br.

extrema de desastres naturais, combinando uma probabilidade muito baixa de ocorrência com alto poder destrutivo. Afortunadamente, estes desastres são previsíveis e poderão ser evitados no futuro através da tecnologia espacial. Entretanto, os impactos ocorrem tão

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná-Unioeste. Campus de Marechal Cândido Rondon.

²Geógrafa, doutoranda na Universidade Estadual de Maringá (UEM).

³Engenheira Ambiental.

⁴Colégio Estadual Dr. Eduardo Virmond Suplicy-Francisco Beltrão (PR).

raramente que seu enorme potencial destrutivo foi reconhecido somente nas últimas décadas (Morrison, 2006).

As crateras de impacto ou astroblema cicatrizes na superfície da são produzidas pelo impacto de corpo celeste de grande dimensão (asteróide ou cometa). O termo astroblema provem das palavras gregas astron (estrela) e blema (cicatriz). Tais pouco erodidas. estruturas quando caracterizam-se por uma depressão circular, com borda proeminente (cristas), parte central levemente soerguido podem

identificadas através de imagens de satélites ou fotografias aéreas.

French (1998) sintetiza a formação de uma cratera de impacto em quatro etapas (Figura 1). A colisão do corpo celeste com a superfície da Terra gera ondas de choque que penetra radialmente a partir do ponto de impacto comprimindo e empurrando as rochas. A remoção de grande volume de material dá lugar a cratera transitória. Posteriormente, a gravidade modifica a estrutura transitória com a formação, nas bordas da cratera, de sistemas de falhas anelares e radiais.

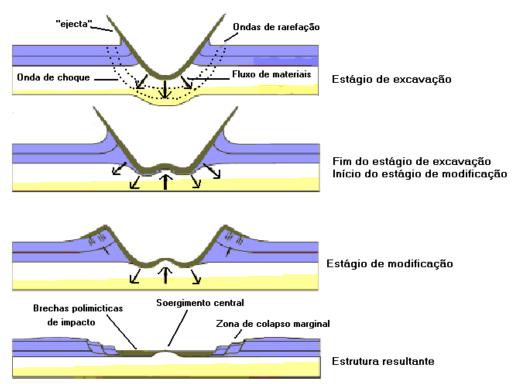


Figura 1. Modelo de formação de uma cratera de impacto (Adaptada de French, 1998).

Os contínuos processos erosivos e deposicionais que dominam a superfície da Terra erodem e mascaram as crateras de impactos. Por esse motivo, pouco mais de uma centena de estruturas foi reconhecida no mundo inteiro até o presente. O banco de dados do Planetary and Space Science Center, entidade sediada em Califórnia (EUA) que concentra as descobertas de geocientistas dedicados ao tema, registrou até julho de 2012, 182 crateras com diâmetros que variam de 160 km (cratera Vredefort, África do Sul) a 13,5 m (cratera de Carancas, Peru) (Figura 2). maior parte dessas estruturas identificada em terrenos geologicamente estáveis da América do Norte, Europa e Austrália.

No Brasil foram identificadas cinco estruturas (Quadro 1) cuja origem esta comprovadamente associada a impacto de corpos celestes (Theilen-Willige, 1981; Crósta, 1982, 2004; Crósta et al., 2004, 2006, 2009, 2010, 2011; Kazzuo-Vieira, 2003; Furuie, 2006; Furuie et al., 2006). Além das estruturas citadas no Quadro 1, outras foram identificadas em território brasileiro como a cratera da Panela (PE) (Barretto, 2006) e a cratera do Aimorés (MG) (Hachiro & Velásquez, 2004).

O objetivo do trabalho é descrever as características morfométricas da rede de drenagem associada à cratera de impacto de Vista Alegre e áreas adjacentes situada na região Sudoeste do Estado do Paraná no município de Coronel Vivida (Quadro 1, Figura 3). A estrutura de impacto foi identificada em 2004 por uma equipe de

pesquisadores liderada por Álvaro P. Crósta, do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

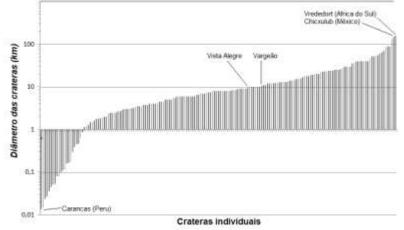


Figura 2. Diâmetro (km) das 182 crateras de impactos registradas no banco de dados do *Planetary and Space Science Center* (PASSC), University of New Brunswick, EUA. São destacadas a menor e as duas maiores estruturas identificadas no mundo e duas crateras descobertas no sul do Brasil (Vista Alegre, PR e Vargeão, SC).

Fonte: http://www.passc.net/EarthImpactDatabase/index.html acessado em julho/2012.

Quadro 1. Estruturas relacionadas a impactos de corpos celestes no Brasil (Crósta, 2006). As cinco primeiras da lista são estruturas comprovadamente formadas por impacto de corpos celestes. As demais constituem feições circulares suspeitas de terem a mesma origem.

erreurares susperius de i	cicili a ilics	ma ongem.
Denominação da estrutura	Localização	Diâmetro
		(km)
1) Domo de Araguainha	MT/TO	40,0
2) Serra da Cangalha	TO	12,0
3) Domo do Vargeão	SC	12,0
4) Riachão	MA	4,5
5) Vista Alegre	PR	9,5
6) Colônia	SP	3,6
7) São Miguel do Tupuio	PI	22,0
8) Cerro Jarau	RS	10,5
9) Piratininga	SP	12,0
10) Santa Marta	PI	10,0
11) Inajah	PA	6,0

A cratera de impacto de Vista Alegre e rede de drenagem associada

Morfologicamente, a cratera caracteriza-se por uma depressão circular com diâmetro de aproximadamente 9,5 km,

circundada por serras. Estas constituem a borda da cratera, sendo que o desnível topográfico entre a borda e a parte central é de, aproximadamente, 300 m. Em geológicos estudos na cratera foram identificados dois litotipos principais: brechas polimíticas e basaltos da Formação Serra Geral (Furuie, 2006; Furuie et al., 2006). As brechas polimíticas encontram-se na parte central da estrutura numa área circular de 30 km² e são circundadas por rochas basálticas. As brechas são formadas por clastos de basalto e arenito, extremamente angulosos, granulometricamente mal selecionados e com dimensões milimétricas a decimétricas. Sua origem é interpretada como material ejetado atmosfera e posteriormente a redepositado no interior da cratera recémformada, misturado com blocos provenientes do colapso das paredes da depressão. Na parte central da cratera, também são encontrados quartzitos provavelmente oriundos metamorfização do arenito Botucatu. subjacente à Formação Serra Geral. A causa do afloramento do quartzito tem relação com o soerguimento do núcleo da cratera.

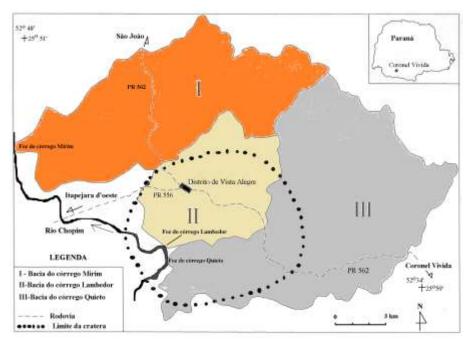


Figura 3. Limite da cratera de impacto de Vista Alegre, município de Coronel Vivida (PR) e delimitação das bacias hidrográficas associadas à cratera.

Na região afloram rochas basálticas da Formação Serra Geral, de idade Cretácea (Nardy et al., 2002). O relevo regional é composto por superfícies aplainadas formadas por processos de etchplanação (Paisani et al., 2008) e caracterizadas por uma dissecação média, topos alongados, vertentes convexas e vales em V aberto (Santos et al., 2006). Predomina na região o clima do tipo Cfb (classificação de Köppen) que corresponde ao clima temperado, com temperatura média no inverno abaixo de 18°C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no verão abaixo de 22°C e sem estação seca definida (IAPAR, 2000).

A cratera de impacto encontra-se na região fitogeográfica de floresta ombrófila mista (IPARDES, 2004), que também compreendem matas de araucária. A maior parte da vegetação original foi removida, dando lugar à extensas plantações de cereais (notadamente soja e milho).

A cratera e sua área de entorno são drenadas pelo rio Chopim e seus afluentes da

margem direita, os córregos Quieto, Lambedor e Mirim (Figura 3). O rio Chopim corta a cratera no seu extremo oeste. A área restante da cratera é drenada pelos córregos Lambedor e Quieto. A saliência central da cratera desempenha o papel de divisor de águas entre as bacias. O córrego Mirim drena os terrenos situados ao norte da cratera.

2. Material e métodos

As medições das variáveis morfométricas foram realizadas em cartas topográficas digitais das folhas Coronel Vivida (SG 22–V–C–VI–4) e Verê (SG 22 V–C–VI–3) (escala 1:50.000) com auxílio do programa Global Mapper. A rede fluvial foi hierarquizada de acordo com Strahler (1957) e a caracterização morfométrica foi realizada seguindo índices citados nos trabalhos de Christofoletti (1980) e Jardí (1985) referentes a forma, sistema de drenagem e relevo das bacias (Quadro 2).

Quadro 2. Índices morfométricos utilizados no trabalho, segundo Christofoletti (1980) e Jardí (1985).

65). ÍNDICES MO	DEOMÉTRICOS				
ÍNDICES MORFOMÉTRICOS					
Quanto a forma das bacias					
Coeficiente de Circularidade (Rc)	Forma da bacia ou índice de compacidade (Kc)				
$_{\rm p}$ $4\Pi A$	V = 0.20 P				
$Rc = \frac{411A}{P^2}$	$Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$				
P	\sqrt{A}				
Quanto ao sis	tema de drenagem				
Densidade hidrológica total (Dh, rios/km²)	Densidade de drenagem (Dd, km/km ²)				
n	Ct				
$Dh = \frac{n}{A}$	$Dd = \frac{Ct}{A}$				
7.1	Л				
Extensão do percurso superficial (Eps, km/km²)	Declividade do rio principal (S1, m/m)				
E_{ra} 1	$S1 = \frac{Hr \max - Hr \min}{I}$				
$Eps = \frac{1}{2.Dd}$	$S1 = {L}$				
Índice de sinuosidade (Is)					
L					
$Is = \frac{L}{R}$					
Ev					
Quanto ao relevo das bacias					
Relação de relevo da bacia (Rr)	Rugosidade topográfica (Nº de rugosidade) Rt				
$Rr = \frac{\Lambda H}{}$	$Rt = \Lambda H.Dd$				
$Rr = \frac{1}{Lh}$					
$L\mathcal{D}$					

P=perímetro da bacia; A=área da bacia; n=número total de canais; Ct=somatório do comprimento de todos os canais da bacia; Lb=comprimento da bacia; Hrmax=altitude máxima do rio principal; Hrmin= altitude mínima do rio principal; Ev=comprimento do canal principal em linha reta; ΔH=amplitude altimétrica da bacia.

3. Resultados e discussão

As Figuras 4, 5 e 6 mostram a hierarquia da rede de drenagem (classificação de Strahler, 1957) dos córregos Lambedor,

Quieto e Mirim respectivamente que apresentam padrão dendrítico. No Quadro 3 são apresentados as variáveis e índices morfométricos correspondentes às três bacias.

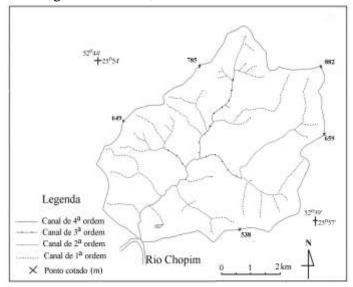


Figura 4. Rede de drenagem na bacia hidrográfica do córrego Lambedor.

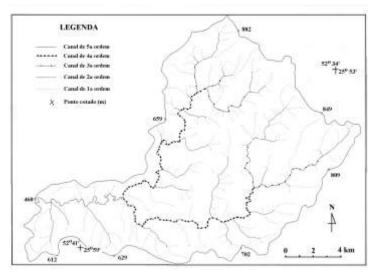


Figura 5. Rede de drenagem na bacia hidrográfica do córrego Quieto.

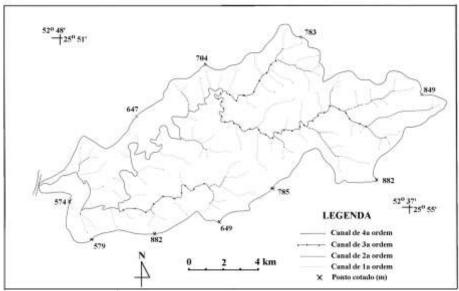


Figura 6. Rede de drenagem na bacia hidrográfica do córrego Mirim.

Quadro 3. Índices morfométricos para os córregos Lambedor, Quieto e Mirim.

ÍNDICES MORFOMÉTRICOS	LAMBEDOR	QUIETO	MIRIM
Variáveis e índice	es de forma	L	
Área de bacia (A) km ²	42,6	121,7	83,63
Perímetro da bacia (P), km	28,1	61,5	52,8
Coeficiente de Circularidade (Rc)	0,68	0,40	0,38
Forma da bacia ou índice de compacidade (Kc)	1,20	1,56	1,62
Índices relativos ao sist	ema de drenagem		
Comprimento total dos rios (Ct), km	59,800	191,850	134,075
Número total de canais (n)	52	176	97
Densidade hidrográfica (Dh), rios/km ²	1,22	1,45	1,16
Densidade de drenagem (Dd), km/km ² .	1,40	1,58	1,60
Extensão do percurso superficial (Eps), km.	0,37	0,33	0,34
Comprimento do rio principal (L), km	11,490	28,290	36,7
Comprimento do canal principal em linha reta (Ev), km	8,74	18,09	19,0

Comprimento da bacia (Lb), km	8,0	20,0	20,8
Índice de sinuosidade (Is)	1,3	1,60	1,93
Declividade do rio principal (S1) (m/m)	0,037	0,021	0,019
Índices relativos ao relevo das bacias			
Altitude máxima do rio principal (Hrmax)	720	850	830
Altitude mínima do rio principal (HRmin)	459	459	458
Amplitude altimétrica da bacia (ΔH), m	261	391	372
Relação de relevo (Rr), m/m	0,037	0,021	0,020
Rugosidade topográfica (Rt)	378,0	597,7	581,1

O córrego Lambedor se destaca por possuir forma mais circular que outras bacias, apresenta menores valores de densidade hidrológica e de drenagem, alta relação de relevo maior declividade. Estas características derivam da posição da bacia em relação à cratera de impacto. Grande parte da bacia está localizada dentro da cratera e somente os trechos superiores dos seus tributários drenam os terrenos declivosos da borda da cratera. A densidade de drenagem nesta bacia é baixa devido ao relevo suave encontrado no interior da estrutura de impacto.

Os córregos Quieto e Mirim apresentam índices morfométricos similares, apesar da

localização diferenciada de ambos com respeito a cratera. O primeiro atravessa a estrutura enquanto que o segundo drena terrenos externos à cratera. Analisado o coeficiente de circularidade e o índice de compacidade tanto dos córregos Quieto e Mirim (Quadro 3) assim como os valores destas relações correspondentes a dezesseis bacias localizadas na região Sudoeste do Paraná (em um raio de 50 km da cratera) (Quadro 4), é possível observar que as bacias analisadas apresentam índices de forma similares, indicando a pouca influência da cratera quanto a forma da bacia do córrego Quieto.

Quadro 4. Valores do coeficiente de circularidade e do índice de compacidade calculados para outras bacias hidrográficas localizadas na região Sudoeste do Paraná.

Rio/município	Área da bacia	Coeficiente de	Índice de	Fonte
	(km ²)	circularidade (Rc)	compacidade (Kc)	
Verde/Flor da Serra do Sul	80,5	0,648	1,23	
Araça/Flor da Serra do Sul	74,1	0,64	1,24	
Quatorze/Francisco Beltrão	114,0	0,355	1,66	
Cruzinha/ Francisco Beltrão	13,0	0,34	1,70	
Frio/Marmeleiro	14,7	0,365	1,64	Luz (2011)
Bonito/ Francisco Beltrão	42,3	0,468	1,45	
Lata/Marmeleiro	7,72	0,495	1,41	
Concórdia/Francisco Beltrão	51,7	0,394	1,58	
Santa Rosa/Francisco Beltrão	166,0	0,41	1,55	
Lonqueador/Francisco Beltrão	19,1	0,41	1,54	
Tuna/Francisco Beltrão	65,6	0,445	1,49	
Anta Gorda/Santa Izabel do	12,12	0,56	1,32	
Oeste				
Brinco/Clevelândia	14,87	0,43	1,52	Tomazoni
Coxilha Rica/Itapejara do Oeste	6,72	0,62	1,26	(2003)

Jirau/Dois Vizinhos	24,72	0,61	1,26	
Ligeiro/Pato Branco	30,77	0,47	1,45	Jabur e Rizzi
Média		0.478	1.46	(2008)
Média		0,478	1,46	I

Os resultados da aplicação das duas primeiras leis de Horton (1945), isto é lei de número de canais e a lei de comprimento de canais, são mostrados no Quadro 5. Os valores médios da taxa de bifurcação (Rb) para as três bacias variam dentro do intervalo esperado (3 a 5). A média da taxa de comprimento (Rl) dos córregos Lambedor e Quieto encontra-se dentro de valores aceitáveis (em torno de 2). No entanto, esta

taxa no córrego Mirim (3,39) é superior ao esperado, devido a maior extensão dos canais de 3ª ordem (Quadro 5).

A representação gráfica da 1ª e 2ª leis de Horton (Lei do número de canais e Lei do comprimento dos canais) mostra valores significativos nos coeficientes de determinação (R²) das retas de ajustes (Figura 7) indicando que as redes de drenagem obedecem as leis hidrofísicas de Horton.

Quadro 5. Número de canais (Nw), taxa de bifurcação (Rb), comprimento dos canais (Lw) e comprimento médio dos canais (Lm) e taxa de comprimento (Rl).

Bacias	Ordem (i)	Nw	Nw ₁₀ log	Rb	Lw (m)	Lm (m)	Lw ₁₀ log	Rl
Córrego Lambedor	1ª	37	1,57	3,36	35550	960,8	2,98	0,97
	2ª	11	1,04	3,67	10300	936,4	2,97	3,36
	3ª	3	0,48	3,0	9450	3150	3,50	1,43
	4ª	1	0		4500	4500	3,65	
Total		52		3,34	59800			1,92
	1ª	79	1,89	5,64	63500	804	2,90	1,94
Córrego Mirim	2ª	14	1,15	4,67	21850	1560	3,19	5,15
	3ª	3	0,48	3,0	24025	8008	3,90	3,08
	4ª	1	0		24700	24700	4,49	
Total		97		4,44	134075			3,39
	1ª	142	2,15	5,46	98350	692,6	2,84	2,27
Córrego Quieto	2ª	26	1,41	5,2	40750	1567,3	3,19	2,08
	3ª	5	0,70	2,5	16300	3260	3,51	4,13
	4ª	2	0,30	2	26950	13475	4,13	0,70
	5ª	1	0		9500	9500	3,98	
Total		176		3,79	191850			2,29

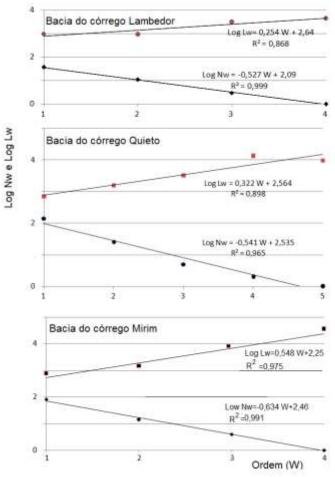


Figura 7. Representação gráfica da Lei do número de canais e Lei do comprimento dos canais para as bacias dos córregos Lambedor, Quieto e Mirim.

O aspecto evolutivo dos córregos é mostrado a partir das características dos perfis longitudinais (Figura 8). Os trechos superior e médio do córrego Quieto e o trecho superior do córrego Lambedor drenam áreas externas da cratera e suas entradas no interior da estrutura são realizadas após seccionar a borda da estrutura de impacto abrindo profundos cortes (gargantas epigénicas). Tal processo erosivo propicia a formação, por erosão remontante, de inúmeras cachoeiras no

leito principal do córrego Quieto e afluentes (cachoeiras de Olivo, dos Lobos, Linha Giordani e Herman).

A baixa declividade no interior da cratera promoveu a formação de canais meandricos nos trechos inferiores dos córregos Quieto e Lambedor. Com a continuidade da incisão fluvial os meandros atualmente apresentam-se encaixados, alternando leitos rochosos e aluviais.

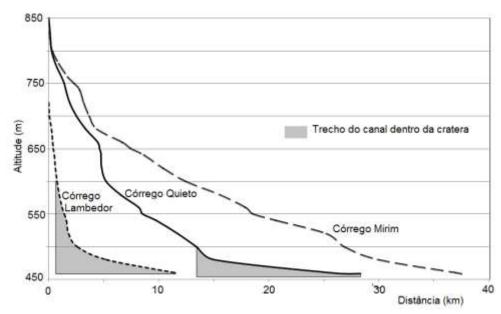


Figura 8. Perfis longitudinais dos córregos Lambedor, Quieto e Mirim.

O estágio erosivo das crateras tem relação com sua idade de formação. Nos primeiros estágios predominam os processos de movimentos de massa nas paredes da cratera que posteriormente são substituídos pelos processos erosivos fluviais (Grant, 1999). Nas fases iniciais da erosão das crateras (até alguns milhões de anos de formação) predominam no interior estrutura o padrão radial centrípeto (Burba, 1967; Kumar et al., 2010) e o padrão anelar nos terrenos em torno da cratera (Santos & Oliveira, 2010). Nas crateras com histórico erosivo mais prolongado, os padrões de drenagem citados podem evoluir para uma rede dendrítica através de processos como captura fluvial (Grant, 1999).

Como pode ser observado nas Figuras 4-6, as bacias associadas à cratera de Vista Alegre apresentam padrão dendrítico. A julgar pela presença deste padrão, podemos sugerir que a cratera se encontra num avançado estágio erosivo. A figura 9 retrata um modelo conceitual para explicar a evolução da atual sistema de drenagem nas áreas entorno à cratera de Vista Alegre. Após a formação da

estrutura de impacto (Figura 9 A) a região teria passado por um processo etchplanação, caracterizado por profundo intemperismo químico das rochas basálticas (Paisani et al., 2008) fornecendo sedimentos para uma fase de colmatação que recobriu parcial ou totalmente a cratera e áreas adjacentes (Figura 9 B). Nesta superfície teria se desenvolvido o atual padrão dendrítico, que por processos erosivos exumou a cratera e a erode atualmente. Neste cenário. rebaixamento gradual do nível de base promoveu a instalação de uma drenagem superimposta que seccionou a borda da cratera em diferentes pontos formando gargantas epigénicas (Figura 9C). gargantas mais pronunciadas são as dos córregos Quieto, Evoluído, Lambedor e as do rio Chopim (Figura 10).

Este modelo detalha as hipóteses de evolução da cratera levantadas por Paisani et al. (2008) segundo as quais a cratera de impacto teria se formado numa paleosuperfície que sofreu processos de etchplanação e posterior dissecação.

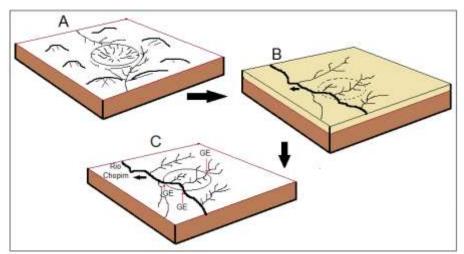


Figura 9. Modelo evolutivo da drenagem nas áreas adjacentes à cratera de impacto de Vista Alegre. A sigla GE indica a posição das principais gargantas epigénicas na borda da cratera.

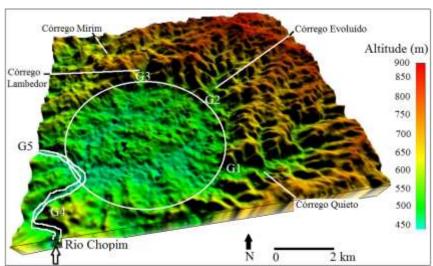


Figura 10. A cratera de Vista Alegre e áreas adjacentes. O circulo delimita a borda da cratera. As siglas G1, G2 e G3 indicam as gargantas epigénicas dos córregos Quieto, Evoluído (afluente do Quieto) e Lambedor respectivamente. As siglas G4 e G5 indicam os cortes realizados pelo rio Chopim.

4.Conclusão

As bacias hidrográficas associadas à de impacto de Vista Alegre apresentam padrão dendrítico e a análise morfometrica mostra que as redes de drenagem obedecem as leis de Horton. Um modelo conceitual da evolução da drenagem é proposto para explicar o predomínio do padrão dendrítico e a presença de cortes epigénicas na borda da cratera. As etapas deste modelo incluem uma fase de colmatação da estrutura e a instalação de uma drenagem superimposta que exumou a cratera e provocou a evolução das gargantas epigénicas na intercepção do rio Chopim e seus afluentes com a borda da cratera.

5.Referências

Barretto, P. (2006). Impactitos – Estudo de caso, o astroblema da Panela no estado de Pernambuco, Brasil. Anais 9º Encontro Nacional de Astronomia, Brasília, DF.

Burba, G.G. (1997). Astroblemes: unique terrestrial ecosystems. Meteoritics and Planetary Science (Abstract). v. 32, A24.

Christofoletti, A. (1980). Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blucher.

Crósta, A.P. (2004). Impact craters in Brazil: How Far We've Gotten. Meteoritics &

Planetary Science, v. 39, Supplement, pp. A-27.

Crósta, A.P. (1982). Mapeamento geológico do Domo de Araguainha utilizando técnicas de sensoriamento remoto. Dissertação de mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos. 90 p.

Crósta, A.P.; Furuie, R.A.; Schrank, A.; Kazzuo-Vieira, C. (2011). Astroblema de Vista Alegre, PR - Impacto meteorítico em derrames vulcânicos da Formação Serra Geral, Bacia do Paraná. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Souza, C.R.G.; Fernandes, A.C.S.; Berbert-Born, M.; Sallun Filho, W.; Queiroz, E.T.; (Ed.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. 2011. Publicado no endereço http://www.unb.br/ig/sigep/sitio044/sitio044.pdf. Acesso em janeiro de 2011.

Crósta, A.P.; Koeberl, C.; Furuie, R.A.; Kazzuo-Vieira, C. (2010). The first description and confirmation of the Vista Alegre impact structure in the Paraná flood basalts of southern Brazil. Meteoritics & Planetary Science, v. 45, n. 2, p. 181-194.

Crósta, A.P.; Kazzuo-Vieira, C.; Choudhuri, A.; Schrank, A. (2009). Astroblema Domo de Vargeão, SC - Registro de impacto meteorítico sobre rochas vulcânicas da bacia do Paraná. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E.T.; Campos, D.A. (Edit.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. 2009. Publicado no endereço http://sigep.cprm.gov.br/sitio114/siti o114.pdf Acesso em agosto de 2012.

Crósta, A.P.; Furuie, R.A.; Kazzuo-Vieira, C. (2006). Astroblema de Vista Alegre, PR: análise das características geológicas e das feições de impacto. Anais do XLI Congresso Brasileiro de Geologia, Aracaju (SE): Sociedade Brasileira de Geologia, Núcleo Bahia-Sergipe.

Crósta, A. P.; Kazzuo-Vieira, C.; Schrank, A. (2004). Vista Alegre: a newly discovered impact crater in Southern Brazil. Meteoritics & Planetary Science, v. 39, Supplement, pp. A-28.

French, B.M. (1998). Traces of catastrophe: A handbook of shock-metamorphic effects in terrestrial meteorite impact structures. LPI Contribution n° 954, Houston: Lunar and Planetary Institute, 120 p.

Furuie, R. (2006). Aspectos Geológicos e feições de impacto da Cratera de Vista Alegre. PR. Monografia de graduação em Geologia. Instituto de Geociências - Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 53p.

Furuie, R.A.; Crósta, A.P.; Kazzuo-Vieira, C. (2006). Estudos petrográficos e morfológicos da cratera de impacto de Vista Alegre, PR. In: 7º Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil e 1º Simpósio do Terciário do Brasil. Serra Negra (SP) Resumos.

Grant, J.A. (1999). Evaluating the evolution of process specific degradation signatures around impact craters. International Journal of Impact Engineering, 23: 331-340.

Hachiro, J.; Velásquez, V.F. (2004). A estrutura oval de Aimorés (MG): evidências morfo-estruturais e petrográficas de crateramento por impacto. In: Anais XLII Congresso Brasileiro de Geologia, 2004, Araxá (MG).

Horton, R.E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological Society America Bulletin, v. 56, n. 3, p. 275-370.

IAPAR (Instituto Agronômico do Paraná). (2000). Cartas climáticas do Estado do Paraná. Londrina: Cd-Rom.

IPARDES (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social) (2004). Leituras regionais: Mesorregião Geográfica Sudoeste Paranaense. Curitiba, 139 p.

Jabur, A.S.; Rizzi, N.E. (2008). Avaliação morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Ligeiro, Pato Branco — Paraná. Synergismus Scyentifica - UTFPR, Pato Branco, v. 03, n. 4.

Jardí, M. (1985). Forma de uma cuenca de drenaje. Análisis de las variables morfométricas que nos la define. Revista de Geografia (Barcelona), v. 19, p. 41-68.

Kazzuo-Vieira, C. (2003). Mapeamento Geológico do Astroblema de Vargeão, SC. Trabalho de Conclusão de Curso – IG – Unicamp. 48p.

Kumar, P.S.; Head, J.W.; Kring, D.A. (2010). Erosional modification and gully formation at Meteor Crater, Arizona: Insights into crater degradation processes on Mars. Icarus, v. 208, p. 608-620.

Luz, C.E. (2011). Tendências granulométricas dos sedimentos de fundo no rio Marrecas, região Sudoeste do Paraná. Dissertação de mestrado, Programa de Pós- Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), 71p.

Morrison, D. (2006). Asteroid and comet impacts: the ultimate environmental catastropher. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 364 (1845), p. 2041-2054.

Nardy, A.J.R.; Oliveira, M.A.F. De; Betancourt, R.H.S.; Verdugo, D.R.H.; Machado, F.B. (2002). Geologia e estratigrafia da Formação Serra Geral. Revista Geociências, v. 21, n. 2, p. 15-32.

Paisani, J.C.; Pontelli, M.E.; Andres, J. (2008). Superfícies aplainadas em zona morfoclimática subtropical úmida no planalto basáltico da bacia do Paraná (SW Paraná/NW Santa Catarina): primeira aproximação. Geociências (UNESP), v. 27, p. 541-553.

Santos, A.H.B.; Oliveira, D. (2010). A influência de um impacto meteorítico na evolução da rede de drenagem no setor meridional do planalto paulistano-SP. Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial, p. 181-194.

Santos, L.J.C, Oka Fiori, C.; Canali, N.E.; Fiori, A.P.; Silveira, C.T.; Silva, J.; Ross, J.L.S. (2006). Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 7, p. 312.

Strahler, A.N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transactions of American Geophysical Union, v. 38, p. 913-920.

Theilen-Willige, B. (1981). The Araguainha impact structure, Central Brazil. Revista Brasileira de Geociências, v. 11, p. 91-97.

Tomazoni, J.C. (2003). Morfodinâmica e transporte fluvial no Sudoeste do estado do Paraná por método de levantamento de microbacias hidrográficas através de geoprocessamento. Tese de doutorado, Curso de Pós Graduação em Geologia, Universidade Federal do Paraná, 136p.