

**MAPEAMENTO DE FEIÇÕES EROSIVAS E ANÁLISE DOS FATORES CONTROLADORES DA EROSIÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO CONTAGEM – DISTRITO FEDERAL**

**EROSIVE MAPPING AND ANALYSIS OF EROSIONS'S CONTROLLING FACTORS IN RIBEIRÃO CONTAGEM WATERSHED – DISTRITO FEDERAL**

**Ligier Braga, Raina Santos Ferreira & Rogério Elias Ugoda**

Universidade de Brasília –UnB  
Departamento de Geografia, Laboratório de Geografia Física, ICC Norte, Mód. 23,  
Campus Darcy Ribeiro, 70910-900, Brasília, Distrito Federal.  
{ligierbraga, rainasanfer}@gmail.com, rogeriouagoda@unb.br

Recebido 22 de Janeiro de 2016, aceito 21 de Maio de 2017

**RESUMO** - O estudo objetivou demonstrar os controles que a litologia, pedologia, vegetação, declividade e proximidade de canais e estradas podem exercer para o desenvolvimento de feições erosivas na bacia hidrográfica do Ribeirão Contagem, norte do Distrito Federal/Brasil. Foram mapeados canais e feições erosivas em ortofotocartas na escala 1:10.000, com posterior elaboração de Modelos Digitais do Terreno, morfometrias e elaboração e cruzamento dos dados em ambiente SIG, utilizando *ArcGis9.3*. O mapeamento resultou em 3777 canais e adensamento de 78% em relação a mapeamentos anteriores (Terracap, 2010), e 233 feições erosivas e adensamento de 100% em relação a outros mapeamentos (Oliveira, 2011). Os principais controles são entre feições e a litologia clorita filitos; relação inversa entre distribuição de feições e densidade vegetacional; concentração de feições em baixas declividades; e, correlação entre canais e feições. Os resultados obtidos sugerem que as feições erosivas do tipo voçorocas (n.=90) estão evoluindo a partir do crescimento remontante da rede de canais por ajuste de declives.

**Palavras-Chave:** Erosão, Canais, Voçorocas.

**ABSTRACT** - This work aims to study the correlations between erosion features as gullies and channels with controls as roads, lithology, soil type and slope on Contagem basin, north region of Federal District/Brazil. Channels and features was mapped in a 1:10.000 scale base, with aerial photos and curves, in a GIS environment. Was generated Terrain Digital models and morphometric maps. The data were crossed in GIS environment using *ArcGis 9.3*. The results shown 3777 channels, 78% more than the older map (Terracap, 2010); and, 233 features, 100% more than the older map (Oliveira, 2011). The main controls was found between phyllite and gullies; means inverse relationship with vegetation density, concentration of features in high slopes ( $> 35^\circ$ ) and correlation between channels and features. The results suggest widespread adjustment slope, controlling headward erosion and gullies formation ( $n=90$ ), unsettle or not by road construction.

**Keywords:** Erosion, Channel, Gully.

## INTRODUÇÃO

Como um fenômeno natural que age continuamente na superfície da terra, a erosão é hoje potencialmente afetada pela ação do homem. As consequências danosas desse fenômeno podem ser assistidas em diversas partes do Brasil e do mundo, com a ocupação do solo pela urbanização e o acelerado incremento na atividade agropecuária.

Grande parte dos processos erosivos iniciais podem se desenvolver para processos mais intensos, e a erosão laminar é um exemplo. A profundidade e velocidade da lâmina d'água faz aumentar o poder erosivo do fluxo laminar, que adquire caráter turbulento, podendo dar início à erosão em canais.

O surgimento de voçorocas está intimamente ligado ao escoamento subterrâneo e subsuperficial (Bacellar, 2000). O rebaixamento do lençol freático por rompimento

de nível de base causado por eventos naturais ou por ação antrópica (mineração ou construção de estradas, por exemplo) pode aumentar o gradiente hidráulico e, por conseguinte, a remoção de detritos de solo e sedimentos em áreas preferenciais de escoamento (fraturas, por exemplo). Em seguida, a superfície da encosta tende a se ajustar à nova condição, gerando voçorocamentos e formação de canais em direção aos divisores.

O ajuste topográfico de voçorocas à rede de canais ocorre na integração dos processos de encosta com os processos fluviais, comumente onde o domínio das cabeceiras de drenagem apresenta adensamento de canais de primeira ordem (Coelho Netto, 2003).

Mortari (1994) propôs o modelo encaixado para a evolução das feições erosivas do Distrito Federal. Segundo aquele autor, a feição erosiva inicialmente apresenta o formato de “V”, podendo se manter ou evoluir para o formato de “U” ao atingir camadas de saprólito de ardósia e metassedimentos – caracteristicamente mais resistentes e menos intemperizadas. A água que esco superficialmente ingressa pelas camadas menos resistentes quando do contato com a rocha, confinando-se nas mais resistentes. Tal fato se dá pela própria condição estrutural das rochas, que favorece o encaixe, fazendo com que o fundo se estabilize e o talude busque seu equilíbrio natural.

A bacia hidrográfica do Ribeirão Contagem localiza-se ao norte do Distrito Federal, nas Regiões Administrativas de Sobradinho (RA-V) e Sobradinho II (RA-XXVI), e tem uma pequena área de sua foz localizada no sul do Estado de Goiás, na cidade de Planaltina (**Figura 1**). O ribeirão Contagem é um dos principais afluentes do Rio Maranhão, que deságua nas bacias dos rios Tocantins e Araguaia. Em sua litologia predominam as seguintes unidades: Psamo-Pelito Carbonatada; Calcifilitos; Metassiltito Argiloso e Lentes Carbonáticas, e a pedologia é representada em sua maioria por cambissolo haplico e nitossolo vermelho. A bacia encontra-se em uma área que compreende a Reserva Biológica da Contagem, onde há uma zona de

recarga de aquífero, e faz parte, ainda, da Área de Proteção Ambiental (APA) da Cafuringa, que foi criada para preservar e conservar grande parte do cerrado do Distrito Federal. Na Chapada da Contagem, as altitudes variam de 900 a 1200m. A bacia possui 146Km<sup>2</sup>, onde coexistem grandes áreas de mineração de calcário, cascalheiras, ocupações irregulares, intervenção de estradas, focos potenciais de poluição, além de grandes áreas de vegetação preservada, com elevada diversidade florística. Estudos já realizados na área da bacia explicitam que grandes volumes de perda laminar do solo são propiciados pelas altas declividades, fazendo com que, mais rapidamente, haja o recuo das vertentes (Braga Neto *et al.*, 2005). No compartimento da ocorrência de tal atividade são ativos os processos de erosão e deposição, resultando em altos índices de aprofundamento das drenagens e canais. A alta ocorrência de feições erosivas na bacia ainda se integra a movimentos gravitacionais de solo, que também são observados na área, ainda que em menor concentração, promovendo um aumento da vulnerabilidade da bacia à erosão.

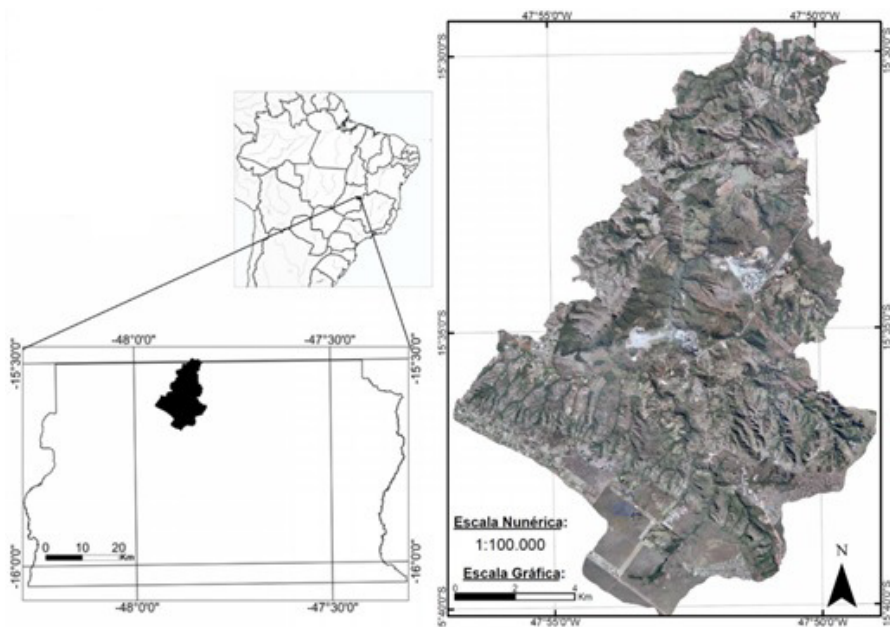


Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do Ribeirão Contagem.

Neste ínterim, é possível que esteja se configurando uma condição de instabilidade morfo-dinâmica, marcada pelos fatores supramencionados, reforçada pela ação da mudança dos regimes de distribuição e intensidade de chuva no Distrito Federal, bem como pela mudança de uso dos solos, demonstrado a necessidade de estudos que forneçam subsídios para um melhor planejamento no desenvolvimento urbano e melhor adequação das tomadas de decisão e preservação da área.

Diante do exposto, o presente trabalho teve por norte mapear feições erosivas e realizar a restituição, ou delimitação, de canais conectados à rede hidrográfica para, posteriormente, relacionar as características de tipo de solo, rocha e vegetação à ocorrência das feições mapeadas, bem como investigar a relação entre diferentes graus de declividade e proximidade com estradas e canais, procurando conhecer os fatores controladores para ocorrência das feições erosivas aqui mapeadas.

## **METODOLOGIA**

A base cartográfica utilizada, foi a da Companhia Imobiliária de Brasília (Terracap), do ano de 2010, na escala de 1:10.000, contendo a cobertura aerofotogramétrica com resolução espacial de 25cm, dados vetoriais e dados raster com resolução de 1m, formando a estrutura da base de dados de ambiente de Sistema de Informação Geográfica aqui utilizada. Assim, fez-se uso do mapeamento geológico do Distrito Federal elaborado por Freitas-Silva e Campos (1999), do mapeamento pedológico do Distrito Federal, em escala 1:100.000, elaborado pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos (SNLCS) (Embrapa, 1978) e do mapeamento da vegetação do Distrito Federal, na escala 1:10.000, elaborado pela Terracap (2010). Os mapas foram reprojatados no sistema de informações geográficas *ArcGis 9.3* – escala de 1:50.000, sistema

de projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) Zona 23S, Datum Horizontal SIRGAS 2000 e Datum Vertical do Marégrafo de Imbituba. A delimitação da bacia hidrográfica deu-se por vetorização no *software ArcGis 9.3*, fazendo uso de curva de nível e do Modelo Digital do Terreno (MDT).

### **Restituição dos Canais**

Os canais foram restituídos, ou mapeados, diretamente sobre as fotos aéreas ortorretificadas da Terracapem ambiente SIG, digitalmente. As feições incisais ligadas ao sistema hidrográfico são facilmente observadas na imagem, devido às características morfológicas das encostas. Os critérios gerais para a identificação dos canais na foto foram: a) identificação visual da forma incisal; b) ponto inicial da vetorização, a partir da cota de maior valor, onde a forma incisal se inicia indo em direção ao fundo do vale, conectada ou não ao canal principal; c) MDT; e, d) vegetação do tipo matas de galeria, em especial, àquelas em linhas estreitas, em direção à rede de drenagem e com limite bem definido entre outros tipos de vegetação.

Utilizou-se o *software* livre *Open Jump versão 1.2.5* como ferramenta de edição vetorial do mapeamento dos canais, para reparação dos possíveis erros contidos no mapeamento. As edições foram feitas para compor as linhas a partir das geometrias abertas, apagar geometrias duplicadas, unificar todas as margens duplas existentes no mapeamento base feito pela Terracap, dividir as linhas sobrepostas e certificar a conexão dos vértices dos canais restituídos com os canais já existentes. Assim, pretendeu-se gerar com exatidão os dados do número total dos canais da bacia, bem como sua extensão.

As morfometrias foram calculadas pelas fórmulas que se seguem:

Densidade de drenagem:  $Dd = Cc/A$

onde:  $Dd$  = densidade de drenagem;  $Cc$  = comprimento dos canais;  $e$ ,  $A$  = área da bacia.

Densidade de canais:  $Dc = Nc/A$

onde:  $Dc$  = densidade de canais;  $Nc$  = número de canais;  $A$  = área da bacia.

### **Mapeamento das feições erosivas**

As feições erosivas foram mapeadas no mosaico das fotos aéreas da Terracap, por meio digital, com a utilização do *software ArcGis 9.3*. Para auxiliar o mapeamento, fez-se uso de um *script* obtido gratuitamente no *site* da Esri, que sincroniza o *ArcGis 9.3* ao *Google Earth*, onde é possível visualizar a mesma área do *ArcMap* no *Google Earth* e vice-versa. As feições erosivas foram mapeadas em polígonos e assim classificadas: voçorocas, ravinas, sulcos e deslizamentos.

A identificação de cada classe de feição na imagem aérea seguiu os seguintes critérios: a) voçoroca: feições incisivas e de característica retilínea, onde parte do solo é exposto, havendo conexão com a rede de canais; b) ravinas: áreas de solo exposto – processo inicial de voçorocamento, sem forte incisão de canais (portanto, sem contato com a rocha); c) sulcos: desgastes leves das superfícies de solo exposto, onde se visualizou a formação de sulcos, com menor escala em relação às demais feições mapeadas; e, d) deslizamentos: movimentos de massa rasos em encostas íngremes ou profundos em encostas suaves

Com o uso do *software ArcGis 9.3*, foi calculado o número total de feições e suas áreas. A quantificação de voçorocas e ravinas conectadas à rede de canais deu-se uma a uma, por meio de foto aérea. Consideraram-se as feições que intersectam a linha de drenagem e aquelas que visivelmente se dirigem a ela dada a direção do corpo da feição, sem que seja perceptível alguma ligação superficial. Não foram consideradas ravinas e voçorocas distantes mais que 50m do canal.

### **Cruzamento dos dados**

Os diferentes controles de formação aos quais as feições estão sob efeito foram visualizados com os cruzamentos dos mapas. As densidade das feições foram calculadas da seguinte forma:

$$Df = Nf/A$$

onde:  $Df$  = densidade de feições;  $Nf$  = número de feições; e,  $A$  = área da bacia.

$$Da = Af/A$$

onde:  $Da$  = densidade da área das feições;  $Af$  = soma da área de todas as feições; e,  $A$  = área da bacia.

Os cálculos de frequência resultam do número e área das feições ponderados pela área de cada litologia, solo, vegetação, declividade e *buffer* de canais e estradas. O mapa de feições erosivas foi cruzado com os mapas de Litologia, Solos, Vegetação e Declividade com uso da ferramenta *Intersect*, via *ArcGis 9.3*. Com os resultados obtidos fizeram-se as análises dos controles aos quais estão ligadas as feições, com cálculo de ocorrência e frequência das mesmas, para cada aspecto observado.

A declividade foi composta a partir de uma simplificação da classificação utilizada no Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Rio de Janeiro (ZEE-RJ, 2009), que divide as declividades em quatro classes, relacionando-as a domínios morfológicos e processos erosivos: 1) 0°-10°, planícies fluviais planaltos e voçorocamentos; 2) 10°-20°, colinoso, voçorocamentos e rastejos; 3) 20°-35°, colinoso e montanhoso, fluxos detríticos; e, 4) >35°, montanhoso, deslizamentos rasos.



### Procedimentos de campo

A partir dos cruzamentos, os pontos de maior interesse foram marcados para verificação em campo. Foram realizados em torno de cinco trabalhos de campo para a verificação das feições mapeadas. Foi dado maior ênfase à visitação das voçorocas, tendo em vista que as observações na imagem já demonstravam uma maior distribuição das mesmas frente a outras feições. Por meio de caminhamentos na área, as feições pretendidas puderam ser observadas em detalhe.

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### Canais

Como pode ser visto na **Figura 2** e nos gráficos das **figuras 3 e 4**, foram mapeados 3777 canais (79%), dos quais 179 (4%) são desconectados da rede de drenagem. Tal restituição acrescenta o total de 26 canais por Km<sup>2</sup> na área da bacia. O mapeamento da Terracapsoma 486,2Km, que significa 3,3km/km<sup>2</sup>. A restituição somou 338,9 Km, que representa 2,3km/km<sup>2</sup> a mais, sendo 20km de canais não conectados. Nos 146 km<sup>2</sup> tem-se 825km de canais, o correspondente a 5,6km de canais em cada km<sup>2</sup> de bacia, e ainda, uma ocorrência de 32,9 canais/km<sup>2</sup>.

A grande diferença de quantidade entre os canais existentes na base utilizada e aqueles que foram restituídos é explicada pelo grau de hierarquização. O mapeamento feito pela Terracap considerou basicamente os canais de margem dupla e seus afluentes principais, ficando de fora deste, grande parte dos canais de primeira ordem que, por sua vez, são maioria na restituição realizada. Sabendo-se, pois, que há uma relação inversa entre a quantidade de canais e o comprimento deles (Christofoletti, 1980), é possível compreender a causa do aumento de mais de 3500 canais, com base em uma extensão de 148 km a menos. E ainda, é possível perceber que um dos critérios do mapeamento daquela Companhia Imobiliária é a vegetação – sua maior parte encontra-se em mata de galeria, e na restituição aqui empreendida constatou-se que a maior quantidade está nas classes de cerrado e campo.

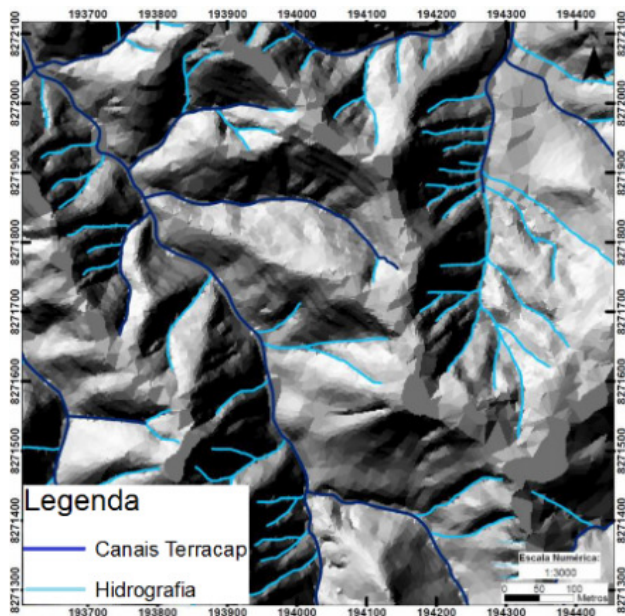


Figura 2 - Amostra da restituição de canais.

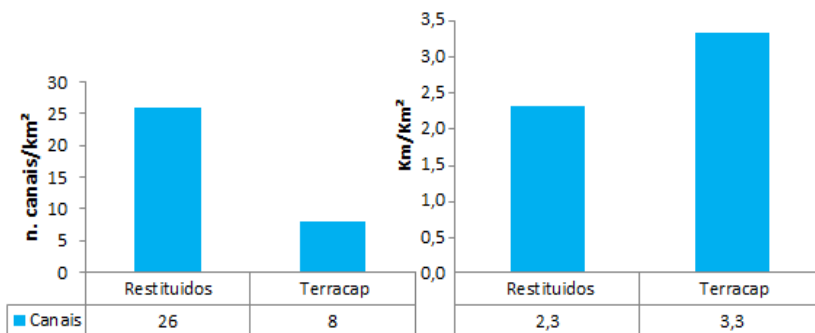


Figura 3 - Gráfico da densidade de canais.

Figura 4 - Gráfico da densidade de drenagem.

### Feições Erosivas

Como pode ser visto no mapa da Figura 5 e nos gráficos das figuras 6, 7 e 8o estudo mapeou um total de 204 feições, quais sejam: 90 (44%) voçorocas, 57

(28%) ravinas, 42 (21%) sulcos e 15 (7%) de deslizamentos. Tal valor somado corresponde a uma área de 2 km<sup>2</sup> (1,37%) da área da bacia. Observou-se um adensamento de 107% em relação ao mapeamento anterior realizado por Oliveira (2008) de todo o Distrito Federal, que mapeou ~25 feições para a área da bacia do Contagem. A densidade de feições é de 0,59 feições/km<sup>2</sup>, concentrando-se sua maioria em voçorocas (0,26/km<sup>2</sup>), e após em ravinas (0,17/km<sup>2</sup>) e sulcos (0,12/km<sup>2</sup>), tendo os deslizamentos a frequência de apenas 0,04/km<sup>2</sup> na bacia. No mapa da figura 5 também são demonstradas as áreas de mineração, devido ao seu possível fator propagador dos processos erosivos e formação de feições, principalmente incisivas. Na bacia, a área de mineração é de 1,87 km<sup>2</sup>, ou 1,28% da área da bacia, em sua maioria concentradas na mineração de calcário na calha principal do ribeirão da Contagem, o que pode estar contribuindo para o rebaixamento do nível superficial e freático de uma maneira geral na bacia. Em se tratando das feições erosivas essas ocupam as respectivas áreas da bacia: voçorocas – 0,09 km<sup>2</sup> (0,06% da área da bacia), ravinas – 0,03 km<sup>2</sup> (0,02%), deslizamentos – 0,02 km<sup>2</sup> (0,01%) e sulcos – 0,01 km<sup>2</sup> (0,007%).

As voçorocas do ribeirão Contagem são canais incisivos, grandes em comprimento e normalmente estreitos e profundos; logo, não são representativas em área, ao passo que no total, somam 90 feições – quase 40% de todas as feições mapeadas. As ravinas, por sua vez, abarcam as feições rasas e incisivas, e correspondem a 24% do mapeamento – no total, 57 unidades. Neste ínterim, de 90 voçorocas, 73 estão conectadas à rede de drenagem e, no que se refere às ravinas, apenas 20 das 57 estão conectadas. As áreas de sulcos possuem uma distribuição maior que as áreas de deslizamentos, porém são menores em área. Os deslizamentos ocorrem principalmente na calha do ribeirão da Contagem, ligadas ao solapamento causado pelo canal, sendo em sua maioria rotacionais.

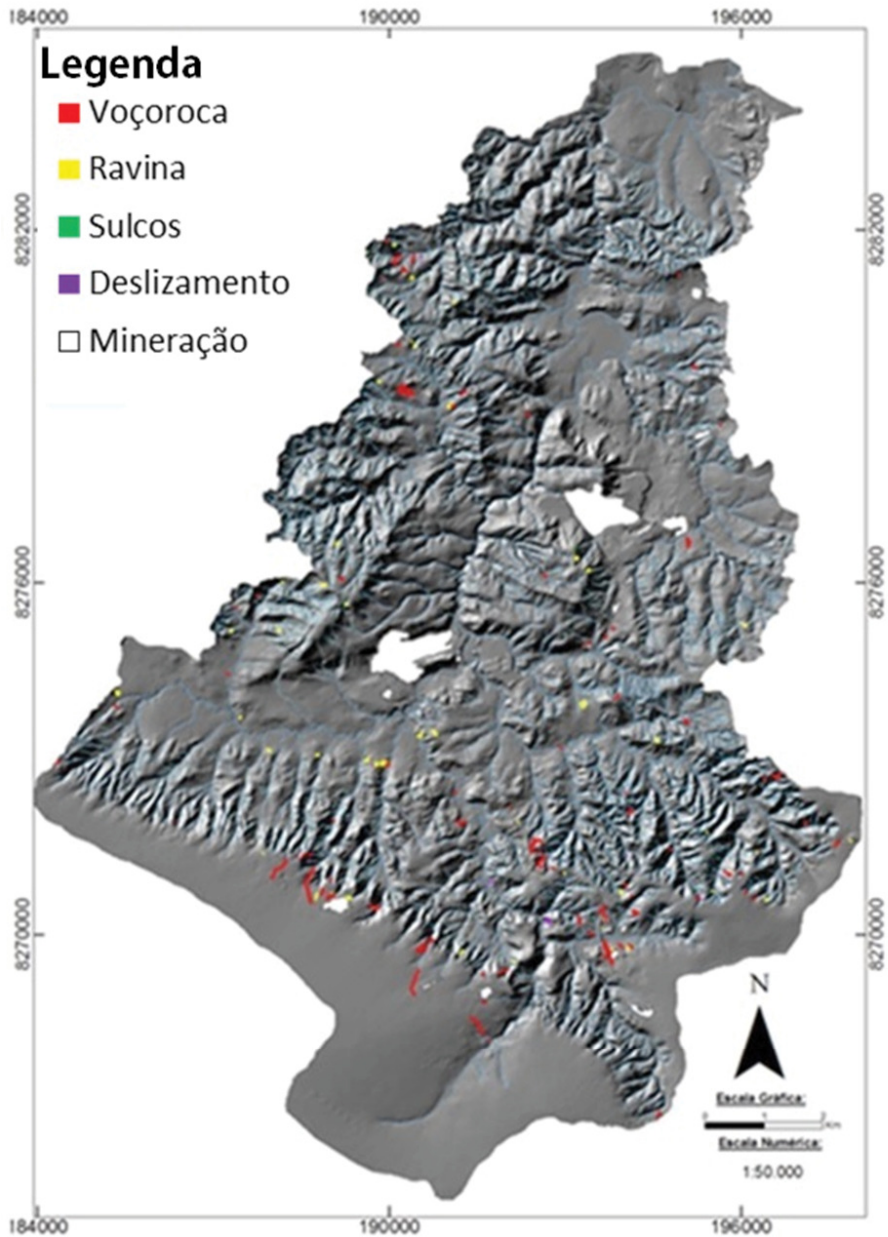


Figura 5 - Mapa de distribuição de feições erosivas na bacia do ribeirão Contagem.

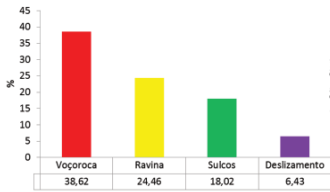


Figura 6 - Gráfico de ocorrência de feições.

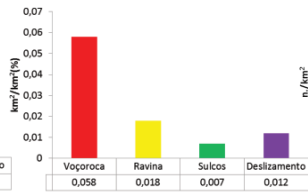


Figura 7 - Gráfico de frequência de área de feições.

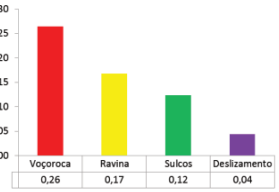


Figura 8 - Gráfico de frequência de feições

### Feições por litologia

Como pode ser visto no mapa da **Figura 11** e nos gráficos das **figuras 9 e 10** a distribuição das feições pela litologia resultou em 118 (50%) feições no Psamo-Pelito Carbonatada; 56 (24%) no Metassilito; 26 (11%) em Calcifilitos; 19 (8%) no Clorita Filitos; nove (4%) no Quartzito Médio e cinco (2%) em Lentes Carbonáticas. O Psamo-Pelito abrange 71km² (48%); o Metassilito 22km² (15%); os Calcifilitos 23km² (16%); e, o Quartzito Médio 15km² (10%). O Psamo-Pelito Carbonatado ocupa na bacia uma área de 71km² (49%), que se distribui da cabeceira até a foz apresentando 50% de todas as feições, quais sejam: 45 voçorocas, 26 ravinas, 17 sulcos e seis deslizamentos. Porém, a Clorita Filito, presente em apenas 4,8% da bacia, apresenta 3,94 feições/km² contra apenas 1,31 feições/km² do Psamo-Pelito Carbonatado, demonstrando que essa litologia poderia oferecer fator controlador para ambas feições erosivas.

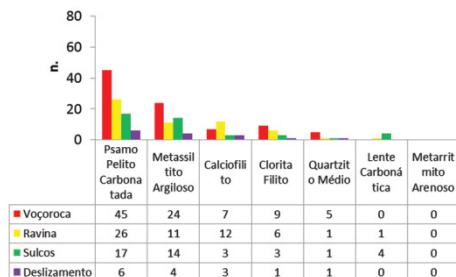


Figura 9 - Gráfico de ocorrência de feição por classe de litologia.

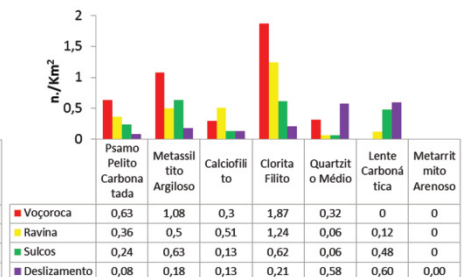


Figura 10 - Gráfico de frequência de feições por classe de litologia.

Destacam-se ainda o Metassiltito Argiloso, com uma área de 22km (15%), e a ocorrência de 2,23 feições /Km<sup>2</sup>; e, os Calcifilitos, que ocupam 23Km<sup>2</sup> da bacia (16%) e tem a ocorrência de 1,11 feições/Km<sup>2</sup> em sua área. As voçorocas foram as feições com maior ocorrência e frequência na maioria das litologias, seguidas pelas ravinas. Exceção está para o Quartzito Médio e as Lentes Carbonáticas, onde há predominância de deslizamentos e sulcos por sobre as voçorocas.

### **Feições por Solos**

Os dados expostos a seguir tem sua apresentação das maiores relações para as menores relações solo/feição, as quais podem ser acompanhadas no mapa da **Figura 12** e nos gráficos das **figuras 15 e 16**. O Cambissolo Áplico ocupa 71Km<sup>2</sup> da bacia (48,6%), e responde por 2,7 feições/Km<sup>2</sup> em sua área. Aqui se tem 194, ou 84% das feições erosivas, quantificando: 77 voçorocas, 46 ravinas, 37 sulcos e 12 deslizamentos. O Nitossolo Vermelho, abrange uma área de 46km<sup>2</sup> (31,3%), mas acumula na sua área somente 0,6 feições. Este tipo de solo tem uma área considerável na bacia; mas, ele não detém um número muito alto de feições comparado à sua área. O Latossolo Vermelho Amarelo possui 88% de sua área localizada no topo da cabeceira de drenagem do Ribeirão Contagem, e o restante localiza-se nos topos de chapadas, das bordas da bacia; corresponde a 15,3km<sup>2</sup> (10,5%) da área total, constituindo, depois do Nitossolo Vermelho, a terceira classe de solo mais presente; nele foram mapeadas somente sete (3%) feições erosivas (nenhuma se inclui nos 88% que compreendem a área da cabeceira). Os Latossolos, apesar de serem bastante argilosos, podem adquirir característica estruturais porosas, fazendo com que seu comportamento assemelhe-se à solos arenosos, tornando-os, assim, muito permeáveis.

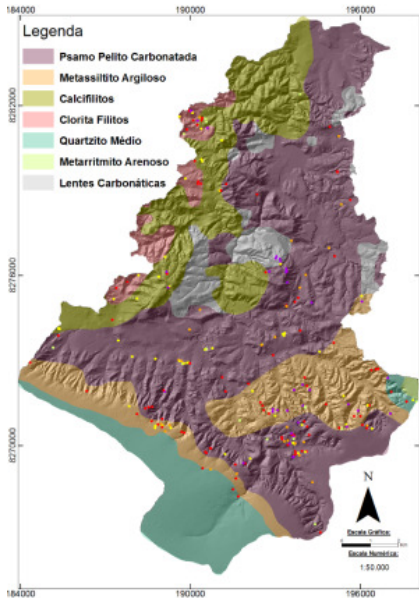


Figura 11 - Feições e litologia.

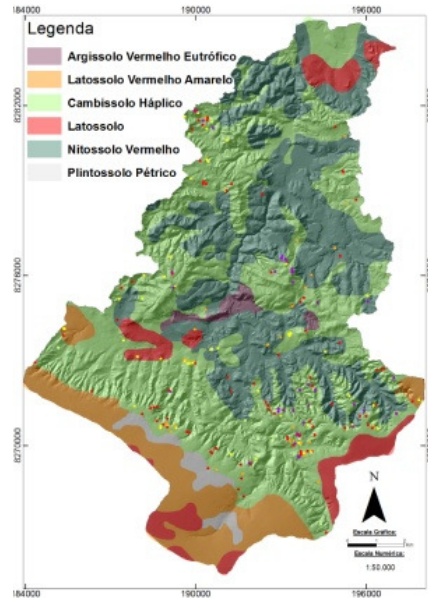


Figura 12 - Feições e solo.

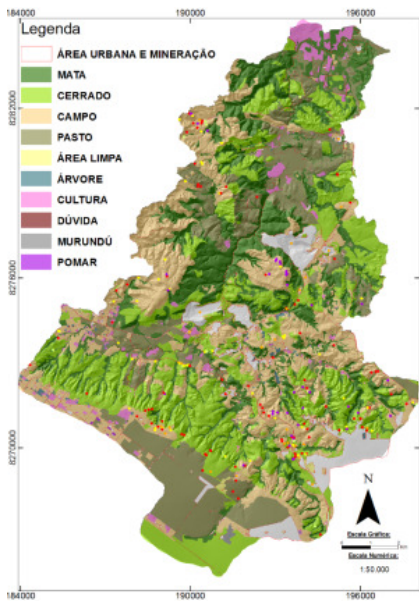


Figura 13 - Feições e vegetação.

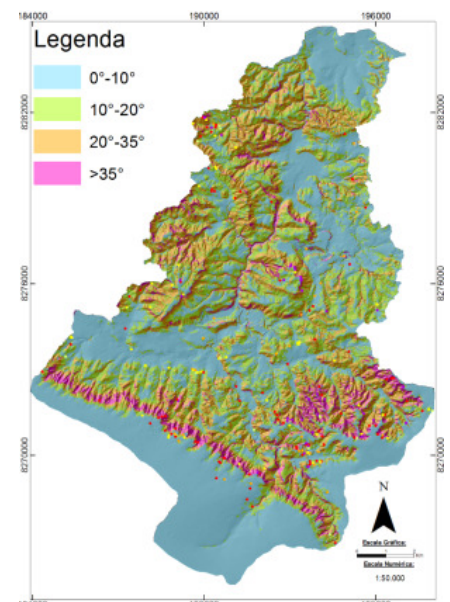


Figura 14 - Feições e declividade.

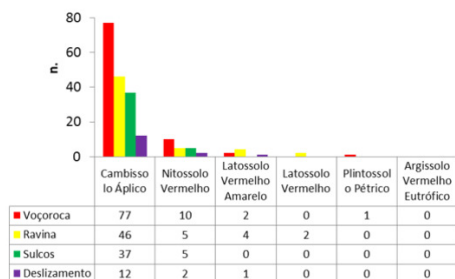


Figura 15 - Gráfico de ocorrência de feições por classe de solo.

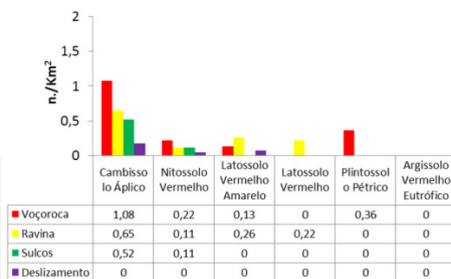


Figura 16 - Gráfico de frequência de feições por classe de solo.

### Feições por uso do terra

O mapa de uso da terra da Terracap classifica a vegetação na bacia do Ribeirão Contagem em dez categorias distintas, mas, as classes onde se tem a erosão são somente as que se seguem: área limpa (1); mata (2); pasto (14); cerrados (66); e, campo (115). Cabe informar que 4,4km<sup>2</sup> são ocupados por vias, áreas urbanas e por 35 distintas áreas de mineração.

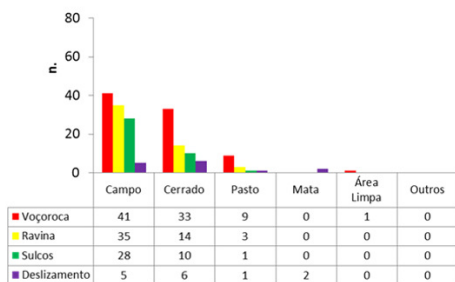


Figura 17 - Gráfico de ocorrência de feições por tipo de uso.

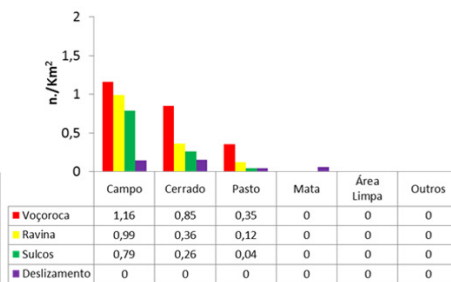


Figura 18 - Gráfico de frequência de feições por tipo de uso.

Como pode ser visto no mapa da **Figura 13** e nos gráficos das **figuras 17** e **18** a área de Cerrado na bacia é de 38,9km<sup>2</sup> (26,6%), onde estão presente 66 feições. As matas tem 31km<sup>2</sup> – 21% da área da bacia –, porém, somente foram mapeados dois deslizamentos. As áreas de pasto ocupam 25,7km<sup>2</sup> –



equivalente a 17,6%. A vegetação do tipo campo ocupa 35% da área da bacia sendo responsável por 115 feições erosivas, com 41 voçorocas, 35 ravinas, e 28 sulcos. Estas são compostas basicamente pelo predomínio de espécies herbáceas e pouco arbóreas. Os pastos, apesar de teoricamente serem as áreas mais propícias a perda de solos por erosão, devido a retirada da vegetação e ao pisoteio do gado, que pode causar compactação do solo e favorecer o escoamento superficial, são apenas a terceira mais representativa em se tratando de frequência de feições, atrás de campo e cerrado. Foi observado que os pastos ocupam áreas de encostas convexas, formando terracetes facilmente erodíveis. As feições erosivas distribuem-se de forma desigual sobre a vegetação, e mais acentuadamente onde não há muita densidade de cobertura vegetal e pouca interceptação (campos, cerrado e pastos), de modo a abrir caminho para o início do processo erosivo pelas águas da chuva. O mapeamento nas áreas densas de vegetação foi restrito, ao passo que a identificação na foto aérea, de concavidades, é dificultada pelo dossel da vegetação. No entanto, o atual reajuste das redes de drenagem, refletido nos canais incisos de voçorocas encontradas na bacia, dá provas da ocorrência pretérita desses mesmos acontecimentos, que podem atualmente estar mascarados sob tais formas de vegetação.

### **Feições por declividade**

A declividade foi organizada em quatro classes, que se dividem nas seguintes proporções: 0°-10° (47% da área da bacia); 10°-20° (23,1%); 20°-35° (23,9%); e, >35° (5,9%). Como pode ser visto no mapa da **Figura 14** e nos gráficos das **figuras 19 e 20**, evidencia-se que a classe de 0 a 10 graus é a mais abrangente, principalmente nas áreas próximas a foz da bacia (com o canal do Rio Maranhão) e nas áreas de topo da chapada, que é controlado pela presença do Quartzito Médio.

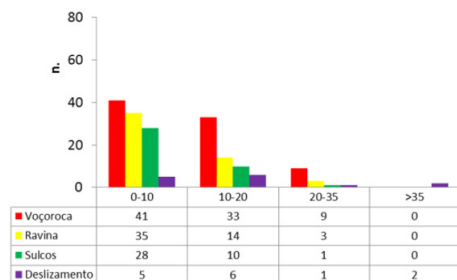


Figura 19 - Gráfico de ocorrência de feições por classe de declividade

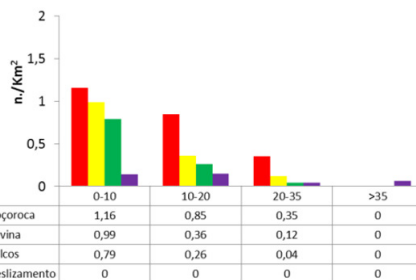


Figura 20 - Gráfico de frequência de feições por classe de declividade

A maioria das feições erosivas encontram-se na classe  $0^0$  à  $10^0$ , tanto em se tratando de ocorrência ou frequência, com destaque para voçorocas e ravinas, concentrando 109 feições ou 3,08 feições/km<sup>2</sup> contra, respectivamente 63 feições e 1,62 feições/km<sup>2</sup> para a classe de  $10^0$  à  $20^0$ , com concentração de voçorocas, que representam 0,85 feições/km<sup>2</sup>. Na classe de declividade  $>35^0$  há apenas a ocorrência de deslizamentos, sendo esses translacionais e rasos. Os deslizamentos registrados nas classes de declividade mais baixa são rotacionais e profundos.

### Feições por *buffer*de estrada e canais

Foram gerados *buffer*s com 20, 50 e 100 metros de raio para testar a influência de estradas e canais em relação à formação das feições aqui estudadas, como pode ser visto em amostra na **Figura 21**. O *buffer* escolhido para utilização foi o de 20 metros de raio, por apresentar uma cobertura mais realista em relação à abrangência e propagação dos processos erosivos.

Estudos anteriores ligados à área de Geotecnia identificaram alta correlação entre as feições erosivas e a distribuição e/ou construção de estradas a partir da aplicação de vários modelos matemáticos e morfometrias (Oliveira, 2011;

Lima, 2003), não identificando a mesma correlação para a proximidade com os canais. Tais estudos, porém, fizeram uso de uma base de dados incompleta em relação à distribuição dos canais nas encostas (2,57 vezes menor do que aqueles aqui mapeados) e das feições erosivas (~10 vezes menor do que aquelas aqui mapeadas), explicando, em parte, o motivo de os resultados não apresentarem conexão entre a distribuição de canais e a ocorrência de feições erosivas.

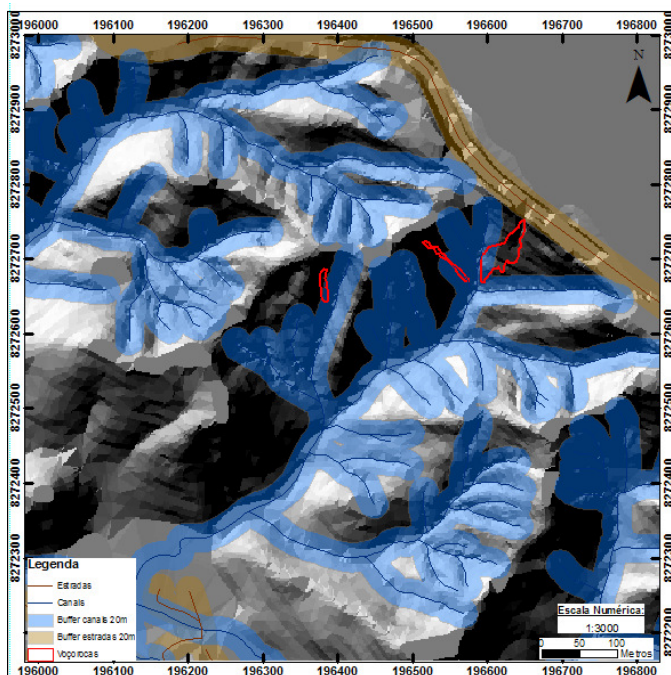


Figura 21 - Amostra de abrangência de buffers de 20 metros de raio de estradas e canais.

Além disso, os buffers acima de 100m de raio podem sobrepassar a área de influência para a propagação de erosão devido a construção de (atravessando divisores, por exemplo), mascarando as correlações entre os processos. Estimou-se que os raios de 20, 50 e 100 metros ocupem, respectivamente, 11,8%, 27,4% e 69,1% da área da bacia para as estradas e, respectivamente, 27,4%, 66,16% e

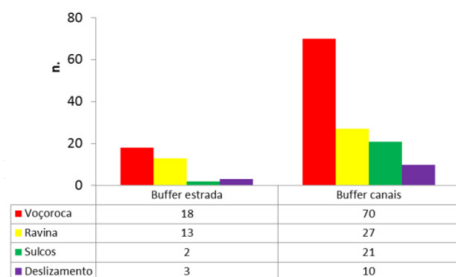


Figura 22 - Gráfico de ocorrência de feições por buffer de 20 metros de raio de estradas e canais

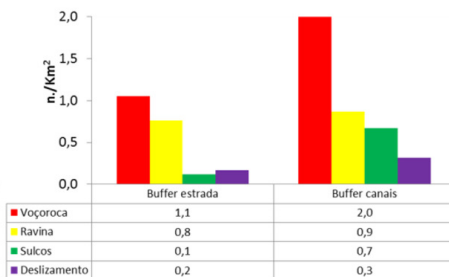


Figura 23 - Gráfico de frequência de feições por buffer de 20 metros de raio de estradas e canais.

Como pode ser visto nos gráficos das **figuras 22 e 23**, considerando a distribuição das feições em relação aos *buffer's* propostos por essa pesquisa, foi possível observar que 128 do total de 204 feições, ou 63%, estão concentradas a uma distância máxima de 20 metros dos canais, perfazendo 3,9 feições/km<sup>2</sup>, denotando forte correlação entre feições erosivas e canais, ao passo que o mesmo não pode ser visto para o *buffer* de estradas que concentra apenas 36 feições, ou 17%, em uma distância de até 20 metros das estradas mapeadas. Deve ser dado destaque as voçorocas, estando concentradas 70 das 90 voçorocas, ou 2 feições/km<sup>2</sup> em uma distância de apenas 20 metros dos canais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O adensamento expressivo da rede de canais atual em relação a rede de canais anteriormente mapeada (257,68%) permitiu gerar uma base de dados robusta para estabelecer relações entre o crescimento da rede de canais e a conexão com as feições erosivas atuais. O mapeamento das feições erosivas (n.= 233), que apresentou um adensamento de ~100% em relação a trabalhos anteriores (Oliveira, 2011), demonstrou predominância da feição voçoroca (n.=90) em relação às outras feições. Como principais controles, foi possível perceber uma

alta correlação entre voçorocas e a litologia clorita filitos, de pequena área e grande distribuição em regiões de relativa baixa declividade. O cruzamento com as classes de solos não demonstra controle aparente, pois, grande parte das feições encontram-se na classe Cambissolo (n.= 196), que abrange 48% da bacia. Apresentou-se relação inversa entre a distribuição de feições e a densidade vegetacional. As feições também se concentram em baixas declividades, seguindo o que sugere a literatura, que liga movimentos de massa a altas declividades e voçorocamentos em baixas e médias declividades próximo a rede de canais. Muitas das voçorocas tem seu início em rebaixamentos de níveis de base e aprofundamento de canais na borda da escarpa da Chapada da Contagem, propagando sua incisão em direção as áreas planas da chapada. Neste ínterim, os resultados aqui obtidos demonstraram que os *buffers* maiores que 50 metros podem abranger cobertura próxima a 60% da área da bacia, podendo, assim, mascarar os resultados de correlação devido ao fato de abrangerem diferentes vales e rios em um mesmo raio de *buffer*, os quais possuem controles totalmente diferenciados à estrada tomada como base. O *buffer* de 20 metros foi escolhido para estudar uma relação imediata entre as feições e elementos. O adensamento dos canais permitiu, em relação aos canais anteriormente utilizados, demonstrar correlação entre canais e voçorocamentos, não necessariamente relacionados a distribuição de estradas. A grande quantidade de voçorocas conectadas à rede de canais é, pois, uma evidência de possível nova configuração do sistema de drenagem, que pode estar ocorrendo no presente – resultado de um ajuste de declives causado por fatores antrópicos advindos da acelerada urbanização que a região vivenciou desde a fundação da capital do país.

A realização da presente pesquisa abre possibilidade de novas investigações sobre os processos erosivos passados, identificação de depósitos contidos em encosta e fundos de vale, taxas erosivas e deposicionais e correlação entre retirada de material por grandes plantas de mineração e a evolução de voçorocas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACELLAR, L. A. P. *Condicionantes Geológicas, Geomorfológicas e Geotécnicas dos Mecanismos de Voçorocamento na Bacia do Rio Maracujá*, Ouro Preto, MG. Rio de Janeiro, Doutorado em Engenharia Civil, XIV, p. 226, 2000.
- BRAGA NETTO, P.; MECENAS, V. V.; CARDOSO, E. S. *APA de Cafuringa: a última fronteira natural do Distrito Federal*. Brasília, DF: SMARH-D F – SEMARH, 544p, 2005.
- COELHO NETTO, A. L. *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*. RBG. Ano 4. N°2, p. 69 -100, 2003.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. 2 ed., São Paulo, SP: Edgard Blucher 188p, 1980.
- EMBRAPA. *Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Distrito Federal. Escala 1:100.000*. Rio de Janeiro, EMBRAPA, SNLCS, Boletim Técnico 53, 455p., 1978.
- FREITAS-SILVA, F. H. & CAMPOS, J. E. G. *Geologia do Distrito Federal*. In: *Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal*. Brasília: Iema/Sematec/UnB, p. 1-87, 1998.
- LIMA, M.C. *Degradação físico-química e mineralógica de maciços junto às voçorocas*. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Geotecnia/UnB. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília: FT, UnB, 233p, 2003.
- MORTARI, D. *Caracterização geotécnica e análise do processo evolutivo das erosões no Distrito Federal*. Dissertação de Mestrado em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília: FT, UnB, DFG, 200p, 1994.
- OLIVEIRA, B. E. N. *Mapeamento, Identificação e Análise dos Fatores Relacionados aos Processos Erosivos no Distrito Federal (DF) – Ênfase nas Voçorocas*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 164p, 2011.

ZEE-RJ. Análise e Qualificação Sócio-Ambiental do Estado do Rio de Janeiro (Escala 1:100.000) subsídios ao Zoneamento Ecológico-Econômico, Fase 01, Volume 01. Governo do Estado do Rio de Janeiro, 223p, 2008.