

Caracterização de processos erosivos em área urbana no município de Itabira, MG

Erosion characterization in urban area in the municipality Itabira, MG

Júlia Maria Souza Brandão

Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira, Brasil

E-mail: juliabrandao6@gmail.com

Juliana Caroni Silva Guimarães

Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira, Brasil

E-mail: julianacaroni@yahoo.com.br

André Luís Rossoni Ferreira

Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira, Brasil

E-mail: andre_lua_rossoni@hotmail.com

Patrícia Bárbara Santos Silva

Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira, Brasil

E-mail: patriciabarbara7@hotmail.com

Tárik Silveira Cordeiro

Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira, Brasil

E-mail: tarik.cordeiro@globo.com

Rupert Barros de Freitas

Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira, Brasil

E-mail: rupert.freitas@funcesi.br

Giovanna Moura Calazans

Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira, Brasil

E-mail: giovannacalazans@hotmail.com

Lorena Torres Oporto

Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira, Brasil

E-mail: lorenatoporto@gmail.com

Juni Cordeiro

Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira, Brasil

E-mail: juni.cordeiro@funcesi.br

Recebido: 12/06/2017 – Aceito: 29/07/2017

Resumo

O processo erosivo de um solo começa com a remoção da vegetação nativa, a qual expõe a superfície do solo ao impacto das gotas de chuva, cuja energia cinética provoca a destruição da sua estrutura, liberando os diferentes constituintes da textura para serem carreados pelo vento e pelas enxurradas. Neste sentido, o crescimento desordenado das cidades traz sérios problemas para o espaço urbano relacionados principalmente aos loteamentos e a impermeabilização, os quais podem desencadear e/ou intensificar os processos erosivos. Desse modo, esta pesquisa visou caracterizar sob a perspectiva geológica três ravinas localizadas nos bairros Colina da Praia (Rav 1), Ribeira de Baixo (Rav 2) e Praia (Rav 3), na cidade de Itabira (MG), identificando os fatores que favorecem o desenvolvimento destas. A análise das imagens de satélite permitiu assinalar a interferência antrópica nessas áreas, evidenciada pela remoção da vegetação, abertura de lotes e arruamentos. Quanto à caracterização geológica é possível salientar a presença de saprólito de rocha xistosa e granítica-gnáissica, além de orientações análogas entre a direção das ravinas 1 e 3 com os planos de fratura obtidos. Considerando a análise granulométrica das amostras de solo das três ravinas analisadas, verifica-se a predominância de solo com textura média, o qual comumente possui índice de erodibilidade médio. Contudo, a interferência antrópica caracterizada pela remoção da cobertura vegetal e abertura de estrada, aliada à estruturação geológica, são fatores que contribuem, de forma indissociável, para o desenvolvimento dos processos erosivos analisados. Ressalta-se assim a importância dos levantamentos pedológicos para o planejamento adequado do uso do solo, os quais permitirão minimizar os impactos negativos desencadeados nos ambientes naturais.

Palavras-chave: Impactos Socioambientais. Ravinas. Urbanização.

Abstract

The process of soil erosion begins with the removal of native vegetation, which exposes the soil surface to the impact of raindrops, whose kinetic energy causes the destruction of its structure, releasing the different constituents of the texture to be carried by the wind and by the floods. In this sense, the disorderly growth of cities brings serious problems for the urban space, mainly related to subdivisions and waterproofing, which can trigger and / or intensify erosion processes. Thus, this research aimed to characterize, from a geological perspective, three ravines located in the neighborhoods of Colina da Praia (Rav 1), Ribeira de Baixo (Rav 2) and Praia (Rav 3), in the city of Itabira (MG), identifying the factors that favor its development. The analysis of the satellite images allowed to indicate the anthropic

interference in these areas, evidenced by the removal of vegetation, opening of lots and streets. As for the geological characterization, it is possible to emphasize the presence of schist rock and granitic-gneiss rock, as well as similar orientations between the direction of ravines 1 and 3 with the fracture planes obtained. Considering the granulometric analysis of soil samples of the three ravines analyzed, it is verified the predominance of soil with medium texture, which commonly has a medium erodibility index. However, the anthropic interference characterized by the removal of the vegetation cover and the opening of road, together with the geological structuring, are factors that contribute, inseparably, to the development of the erosive processes analyzed. The importance of pedological surveys for proper land use planning is emphasized, which will minimize the negative impacts of natural environments.

Keywords: Social and Environmental Impacts. Ravines. Urbanization.

1. Introdução

A erosão pode ser compreendida como o processo de desagregação, transporte e arraste acelerado de partículas do solo através da ação da água e vento, constituindo a principal origem para o depauperamento acelerado das terras (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014). De maneira geral, o processo erosivo é um fenômeno natural, possuindo ocorrência em quase toda a superfície da Terra, especialmente nas regiões com clima tropical, caracterizadas por índices pluviométricos mais elevados quando comparadas com outras áreas do planeta. Ademais, em muitas dessas regiões, as chuvas ocorrem de forma concentrada em determinadas estações do ano, agravando ainda mais a erosão (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 2014).

No entanto, quando as taxas de perda de solo excedem às naturais, comumente pela ausência de práticas conservacionistas, estas tornam-se um problema não apenas para as áreas onde ocorrem, mas também às regiões próximas, ao promover o assoreamento nos locais onde há a deposição dos sedimentos (GUERRA; JORGE, 2013).

Além disso, como salientado por Dias, Brígido e Souza (2013), uma vez que as perdas de solo ocorrem nas camadas superficiais, isto é, as mais férteis, os processos erosivos são considerados um problema crescente no Brasil, visto que são perdidos, anualmente, cerca de 600 milhões de toneladas de solo agrícola.

Nesta perspectiva, o crescimento desordenado das cidades traz sérios problemas para o espaço urbano principalmente no que se refere aos impactos socioambientais negativos

causados pela urbanização como os loteamentos e impermeabilização, os quais podem desencadear e/ou intensificar os processos erosivos. Desse modo, esta pesquisa visou caracterizar sob a perspectiva geológica três ravinas localizadas nos bairros Colina da Praia (Rav 1), Ribeira de Baixo (Rav 2) e Praia (Rav 3), na cidade de Itabira (MG), identificando os fatores que favorecem o desenvolvimento destes processos.

2. Os processos erosivos

O solo, quando desprovido de sua vegetação natural, fica sujeito à uma série de fatores que tendem a depauperá-lo em uma velocidade que é dependente de suas características, aspectos da topografia e o tipo de clima (LEPSCH, 2010).

A degradação ocorre, principalmente, pela deterioração de suas propriedades físicas, exemplificadas pela compactação ou formação de crostas em sua superfície, ou químicas, devido à acidificação ou acúmulo de sais. Todavia, a principal forma de degradação dos solos (cerca de 85%) está relacionada aos processos erosivos, decorrentes da ação destrutiva do vento e da água (BRADY; WEIL, 2013).

Quando ocorre naturalmente, sem intervenção antrópica, a erosão é denominada erosão geológica, correspondendo ao processo responsável pela transformação do solo em sedimentos e pelo nivelamento natural que modifica o relevo, ocorrendo de forma mais intensa em regiões semiáridas, nas quais a quantidade de chuva mostra-se suficiente para danificar, mas não para sustentar vegetação densa e protetora (BRADY; WEIL, 2013). Por sua vez, ainda de acordo com Brady e Weil (2013), a erosão acelerada está relacionada à alteração da vegetação natural pelo superpastoreio, desflorestamento para a agricultura ou por terraplanagens para a abertura de estradas e construção de edifícios, podendo ser de 10 a 1.000 mais destrutiva do que a erosão geológica, principalmente em áreas com declividade acentuada e localizadas em regiões com alta pluviosidade.

Segundo Lepsch (2010), no Brasil, a erosão hídrica é a mais relevante, ocorrendo em duas fases representadas pela desagregação, ocasionada tanto pelo impacto direto da chuva quanto pelo escoamento superficial; e pelo transporte das partículas. Neste sentido, salienta-se que os problemas vinculados aos processos erosivos são resultados da combinação de um rápido desenvolvimento, solos frágeis e um regime climático irremissível. Assim, torna-se um desafio compreender os fatores responsáveis pela erosão, reconhecendo que tais processos não são apenas físicos, mas também socioeconômicos, uma vez que os solos não erodem em

decorrência de uma chuva forte, mas porque tiveram sua cobertura vegetal removida e foram cultivados de forma inadequada (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 2014).

Dentre os tipos de erosão hídrica pode-se destacar a erosão laminar, que corresponde à remoção relativamente uniforme do solo, em camadas finas; as ravinas (ou erosão em sulcos) que correspondem a pequenos canais formados pela concentração de fluxo de água sobre o solo; e as voçorocas, que representam canais d'água profundos e intermitentes que podem ser interceptados por fluxos de água maiores, sendo mais difíceis, às vezes impossíveis, de serem recuperados (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2014). Apesar dos três tipos de processos erosivos serem considerados graves, de acordo com Brady e Weil (2013), a erosão laminar e as ravinas, mesmo sendo menos perceptíveis dos que as voçorocas, são responsáveis pela maior parcela do solo movido.

Com relação aos impactos desencadeados pela erosão hídrica, Dias, Brígido e Souza (2013) destacam o assoreamento dos corpos hídricos, acarretando na diminuição da navegabilidade e produção de energia elétrica; redução da produtividade agrícola e de produtos de origem animal; diminuição de áreas de cultivo agrícola; desmantelamento de estradas, residências e demais construções; empobrecimento geral da população afetada diretamente pelos processos erosivos e êxodo rural. Ainda neste sentido, Carvalho (2008) ressalta que a erosão corresponde ao início de todos os problemas relacionados aos sedimentos no meio ambiente, provocando, além dos depósitos indesejáveis, a deterioração da qualidade da água para o consumo humano dada a presença de partículas em suspensão.

Quando considerada a erosão em áreas urbanas, Guerra, Silva e Botelho (2014) salientam que a maior parte das cidades construídas em terrenos caracterizados por solos de textura arenosa e moderadamente profundos, apresentam erosão representada por ravinas e voçorocas, provocadas principalmente pela concentração das águas de escoamento superficial.

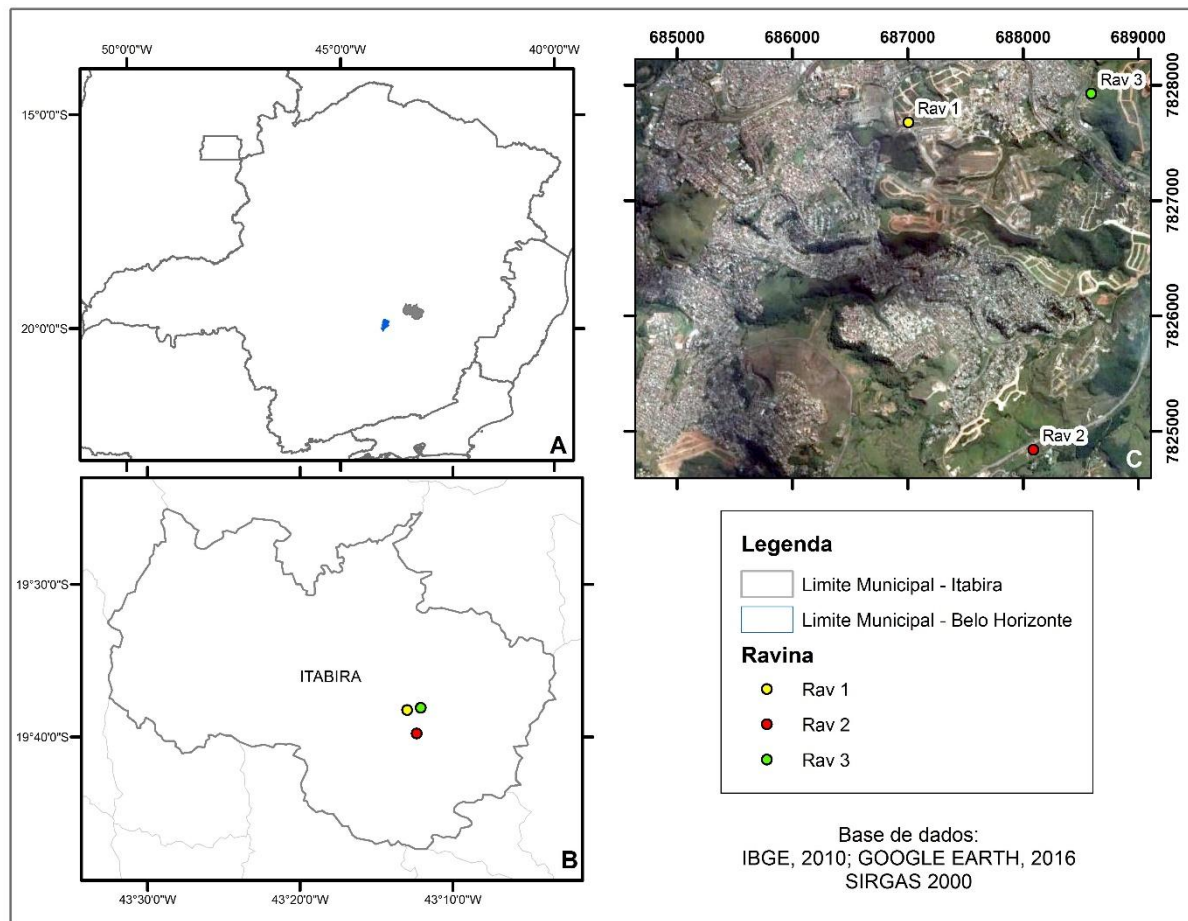
Salienta-se que, com relação à prevenção da erosão nestas áreas, Guerra, Silva e Botelho (2014) destacam a importância relacionada à elaboração de Carta Geotécnica, sintetizando as características dos terrenos, considerando seus problemas e fenômenos, ressaltando a sua aptidão para diferentes tipos de ocupação.

3. Metodologia

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram escolhidas três ravinas (Figuras 1B e 1C), localizadas nos bairros Colina da Praia (Rav 1), Ribeira de Baixo (Rav 2) e Praia (Rav 3), situadas na área urbana do município de Itabira, o qual está situado na porção nordeste do

Quadrilátero Ferrífero, a oeste de Belo Horizonte (MG), distando deste cerca de 100km (Figura 1A).

Figura 1: (A) Localização do município de Itabira no âmbito do Estado de Minas Gerais; (B) Localização das ravinas estudadas na área abrangida pelo município de Itabira e (C) Localização, em imagem de satélite georreferenciada, das ravinas pesquisadas.



Fonte: Modificado de IBGE, 2010; GOOGLE EARTH, 2016.

Assim, utilizou-se neste estudo uma abordagem quali-quantitativa, por meio da pesquisa de campo. Considerando a abordagem qualitativa, Gerhardt e Silveira (2009) afirmam que esta retrata os aspectos da realidade através da compreensão, descrição e precisão das relações entre o global e o local em determinado fenômeno. Por sua vez, a pesquisa quantitativa corresponde a um método de pesquisa que emprega técnicas estatísticas, transformando em números informações e opiniões para classificá-las e analisá-las (BOTELHO; CRUZ, 2013). Neste contexto, a abordagem qualitativa foi utilizada para a descrição e caracterização acerca da evolução dos processos erosivos por meio de imagens de

satélite, enquanto a abordagem quantitativa foi empregada para a análise dos planos estruturais das rochas aflorantes na região das ravinas e análise granulométrica dos solos presentes nestas.

Segundo Marconi e Lakatos (2002), a pesquisa de campo consiste na observação de fatos e fenômenos que ocorrem espontaneamente, na coleta de dados e no registro de variáveis que se presumem pertinentes, para que possam ser averiguados. Suas fases, para Prodanov e Freitas (2013), decorrem da realização de uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, para a definição das técnicas a serem empregadas na coleta de dados; bem como na definição da amostra, e finaliza com a determinação das técnicas de registro desses dados e sua análise.

Desse modo, as ferramentas utilizadas nesta pesquisa para a coleta de dados corresponderam à observação, análise documental e análise laboratorial. A observação, de acordo com Marconi e Lakatos (2002), é uma técnica de coleta de dados para conseguir informações que utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade, consistindo no exame de fatos ou fenômenos que se desejam estudar. Já a análise documental é caracterizada, pelos mesmos autores, como a procedência de coleta de dados restritos a documentos, escritos ou não, formando o que se denomina de fontes primárias. Por fim, a análise laboratorial visa a descoberta da ação e conduta, que pode ser obtida em condições cuidadosamente dispostas e controladas (MARCONI; LAKATOS, 2002).

Assim, foram realizadas visitas de campo nas três ravinas selecionadas para observação e análise das características locais, tanto naturais (abrangendo descrição litológica, levantamento de atitudes dos planos de foliação e fratura, caracterização do relevo e vegetação) quanto antrópicas (uso e ocupação do solo), as quais possibilitaram a escolha dos locais mais adequados para a coleta de amostras de solo, além da avaliação da influência do tamanho das partículas frente ao processo erosivo.

Além disso, visando a interpretação da evolução do processo erosivo ao longo do tempo, foram utilizadas imagens de satélites disponíveis no Google Earth no intervalo compreendido entre os anos de 2005 e 2015, as quais foram georreferenciadas através do *software* ArcGIS, versão 10.2.2. Salienta-se que as imagens foram obtidas nos dias 17 de outubro de 2005 e 09 de julho de 2015. De acordo com Florenzano (2011) as imagens obtidas por satélites, ao recobrirem a superfície da Terra de forma sucessiva, permitem o estudo e o monitoramento de fenômenos naturais dinâmicos do meio ambiente, tais como aqueles relacionados à atmosfera, à erosão do solo e à inundação, assim como os antrópicos, referentes, por exemplo, ao desmatamento. Dessa forma, a análise das informações ambientais

obtidas por meio de sensores remotos tem sido empregada em pesquisas e levantamentos de recursos naturais, construção de mapas, topografia e zoneamentos (IBRAHIN, 2014).

Por sua vez, a análise laboratorial foi empregada para a caracterização dos parâmetros físicos do solo. Desse modo, foram coletadas cinco amostras de solo por meio de trado manual, a uma profundidade de 30cm, encaminhadas para laboratório particular para a realização de análise granulométrica.

A análise dos dados estruturais (planos de fratura e foliação), obtidos nos litotipos caracterizados em campo, foi realizada a partir de uma projeção estereográfica utilizando o *software* Stereo 32. De acordo com Fossen (2012), uma projeção estereográfica corresponde à interpretação da atitude de estruturas lineares e planares em um diagrama elaborado em duas dimensões, representada por um plano que cruza o centro de uma esfera. Dessa forma, para representar as direções dos planos medidos foi empregado o método do diagrama de roseta que consiste em “um círculo principal dividido em setores, em que o número de medidas em cada setor é representado pelo comprimento das respectivas pétalas” (FOSSEN, 2012, p. 535).

Este tipo de análise faz-se relevante visto que, de acordo com Díaz (2001), quando considerados solos residuais e as rochas intemperizadas, a erosividade está associada à litologia e às características da rocha parental, dentre as quais pode ser ressaltada a intensidade do fraturamento dos litotipos.

4. Resultados e discussão

A partir da análise de imagens de satélite obtidas no Google Earth, verifica-se, na região da Rav 1, no ano de 2005 (Figura 2A), a ocupação desordenada da região, com remoção da cobertura vegetal para a construção de casas e abertura de acessos. Além disso, destacam-se, em branco, áreas com solo exposto, locais que podem ter o desenvolvimento acelerado de processos erosivos.

Na imagem de satélite de 2015 da mesma área (Figura 2B), é possível verificar que as casas situadas a norte da ravina, observadas na imagem de 2005, foram removidas, além disso, nota-se o desenvolvimento de vegetação rasteira e arbustiva nessa área. Contudo, tanto a norte como a leste da Rav 1, é possível perceber a urbanização da região, com a criação de lotes e arruamento, podendo-se destacar que as ruas localizadas a leste da Rav 1, foram asfaltadas. Faz-se importante ressaltar que a direção do ravinamento é N20-30W, sendo aproximadamente perpendicular à direção de arruamento.

Figura 2: Imagens de satélite georreferenciadas da região das ravinas (A) Rav1, obtida no ano de 2005; (B) Rav1, obtida no ano de 2015; (C) Rav2, obtida no ano de 2005; (D) Rav2, obtida no ano de 2015; (E) Rav3, obtida no ano de 2005 e (F) Rav3, obtida no ano de 2015.



Fonte: Modificado de GOOGLE EARTH, 2016.

Na região da Rav 2, por meio da imagem de satélite obtida no ano de 2005 (Figura 2C), nota-se a presença de processo erosivo em avançado estágio de desenvolvimento ao longo de um corte de estrada às margens da MG-120. De maneira geral a área é caracterizada pela presença vegetação esparsa, representada essencialmente por gramíneas, e diversas trilhas, localizadas à montante das ravinas. Destaca-se que a ravina principal possui extensão de cerca de 68m, com ravinas secundárias atingindo entre 15 e 20m de comprimento. Faz-se importante salientar que a norte e a noroeste da Rav 2 também são observados processos erosivos.

A análise da imagem de satélite obtida no ano de 2015 da região da Rav 2 (Figura 2D), permite notar o avanço do processo erosivo, com a ravina principal atingindo cerca de 86m de

extensão e as secundárias alcançando, aproximadamente, 30m de comprimento. Ressalta-se, entretanto, a ausência de trilhas à montante das ravinas, além do aspecto mais homogêneo da cobertura vegetal do local. Já os processos erosivos observados a norte e nordeste da Rav 2 foram, aparentemente, estabilizados. Ademais, pode-se perceber que a direção do ravinamento é N10-20E a N10W, sendo oblíquo à direção do arruamento (MG-120).

Na região da Rav 3, observa-se na imagem de satélite obtida no ano de 2005 (Figura 2E), a presença de cobertura vegetal esparsa, representada essencialmente por gramíneas, além de solo exposto nas proximidades do processo erosivo em questão. Contudo, dada a baixa resolução espacial da imagem de satélite, aliada à reflexão da luz solar provocada pelo solo exposto, não é possível avaliar a extensão da ravina.

Já a imagem de satélite da região da Rav 3 (Figura 2F), obtida no ano de 2015, permite identificar que a ravina principal apresenta extensão aproximada de 50m, enquanto as ravinas secundárias exibem comprimento entre 10 e 20m e largura variando entre 10 e 17m. Além disso, nota-se que a área leste da ravina analisada, situada topograficamente acima desta, teve a vegetação removida para a criação de lotes e ruas. Ademais, a direção das ravinas é N30-50W, sendo aproximadamente perpendicular à direção de arruamento.

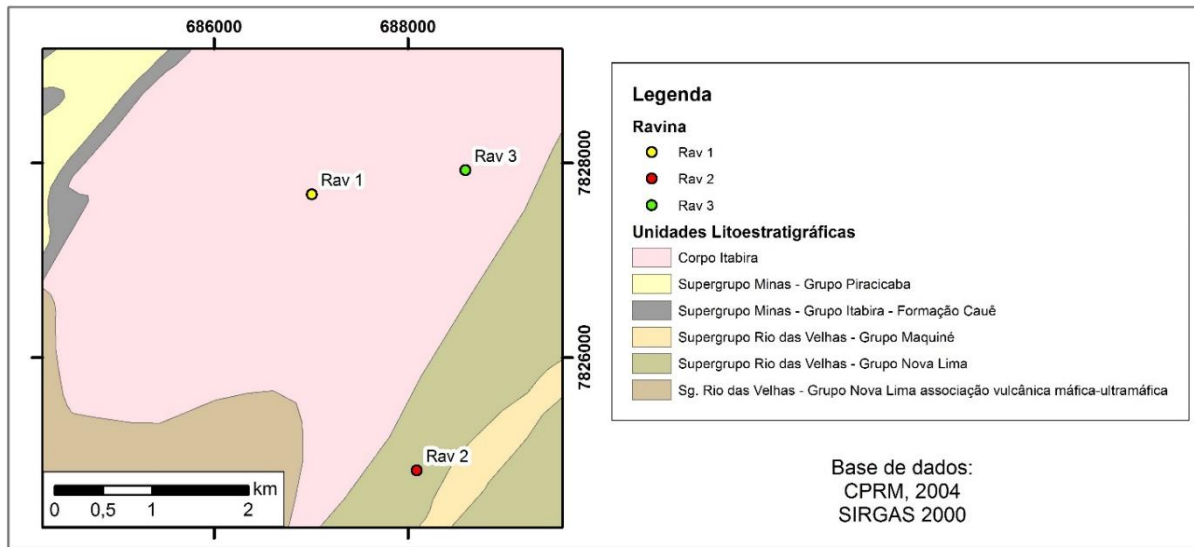
De maneira geral, salienta-se que tanto o loteamento quanto a impermeabilização do solo observados nas regiões das ravinas analisadas, são fatores que podem intensificar e/ou acelerar o desenvolvimento de processos erosivos, uma vez que aumentam o escoamento superficial das águas da chuva, além de promoverem alteração na topografia local.

De acordo com Fendrich (1984 *apud* GUERRA; SILVA; BOTELHO, 2014), a origem da erosão urbana está relacionada à ausência de planejamento adequado que considere as especificidades do meio físico, as condições sociais, além das tendências de desenvolvimento da área urbana. Assim, as expansões das áreas construídas e pavimentadas aumentam de forma significativa o volume e a velocidade das enxurradas, que se não forem dissipadas, irão concentrar o escoamento, acelerando o desenvolvimento das ravinas.

4.1. Caracterização geológica

Sob a perspectiva geológica regional, de acordo com dados do Serviço Geológico do Brasil - CPRM (2004), a região das ravinas (Figura 3) é constituída por rochas associadas ao Grupo Nova Lima (Rav 2) e à Suíte Borrachudos - Corpo Itabira (Rav 1 e Rav 3).

Figura 3: Unidades litoestratigráficas aflorantes na região das ravinas pesquisadas.



Fonte: Modificado de CPRM, 2004.

De acordo com Padilha, Vieira e Heineck (2000), na região abrangida pela Folha Itabira (SE-23-Z-D-IV, escala 1:100.000), o Grupo Nova Lima indiviso é constituído por variados litotipos não individualizados, dentre os quais podem ser destacados xistos e filitos paraderivados e vulcanogênicos, formações ferríferas, quartzitos ferruginosos, anfibolitos, metachert, dolomitos, rochas metaultrabásicas e, mais raramente, metaconglomerado.

Já a associação vulcânica máfica-ultramáfica do Grupo Nova Lima é denominada por Padilha, Vieira e Heineck (2000) como Unidade Ouro Fino, que corresponde à sequência basal deste grupo, sendo composta predominantemente por rochas metavulcânicas básicas, contendo rochas metaultrabásicas e meta-ácidas subordinadas. Além destas, podem ser identificados metatufos máficos e intercalações de formação ferrífera bandada, xisto carbonoso e metachert.

Segundo Padilha, Vieira e Heineck (2000), os corpos plutônicos que compõem a Suíte Borrachudos recebem na região abrangida pela Folha Itabira denominações locais, tais como Itabira, Peti, Açucena e Bicas, sendo representados por granitos aluminosos de província alcalina, compostos por quartzo, ortoclásio, microclina, albita, oligoclásio e biotita, além de fluorita, muscovita, granada, epidoto, clinozoisita, turmalina, leucóxênio, clorita e magnetita como minerais acessórios.

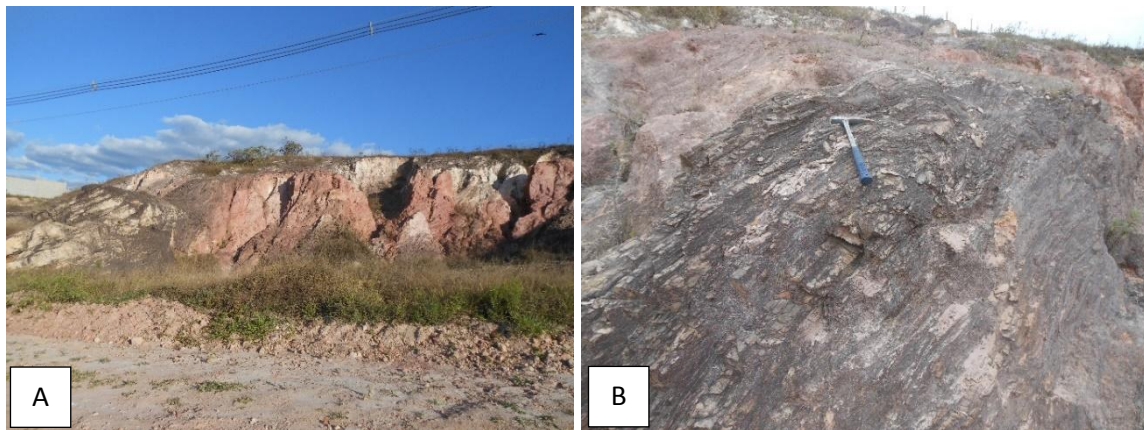
Destaca-se, ainda, que a oeste das ravinas ocorrem rochas associadas aos grupos Piracicaba e Itabira (DORR *et al.*;1957), sendo que este último foi subdividido por Dorr

(1958) em duas unidades intergradacionais, Formações Cauê e Gandarela, as quais compreendem os principais depósitos de minério de ferro do Quadrilátero Ferrífero.

Faz-se importante salientar que dados estruturais dos litotipos aflorantes nas proximidades dos processos erosivos têm sido utilizados para o exame referente ao desenvolvimento destes. Neste sentido, Lima (1999) analisando o processo evolutivo de voçorocas na região urbana de Manaus (AM), verificou uma coincidência entre a orientação de feixes de falhas transcorrentes e a orientação do avanço das cabeceiras dos processos erosivos, sugerindo que a gênese e a evolução dessas voçorocas estão relacionadas às falhas. Ademais, Infanti Junior e Fornasari Filho (2001 *apud* JESUS, 2013) destacam que a presença de xistosidade e a foliação também favorecem o desenvolvimento de erosões.

Assim, a partir de visitas de campo verificou-se que, litologicamente, a região da Rav 1 (Figura 4A) é formada por solo amarelo a rosado, predominantemente arenoso, resultante da alteração de uma sequência xistosa já fortemente intemperizada, com coloração variando de avermelhada a amarronzada, e rocha quartzítica com aspecto fortemente recristalizado, exibindo granulação média a grossa (Figura 4B).

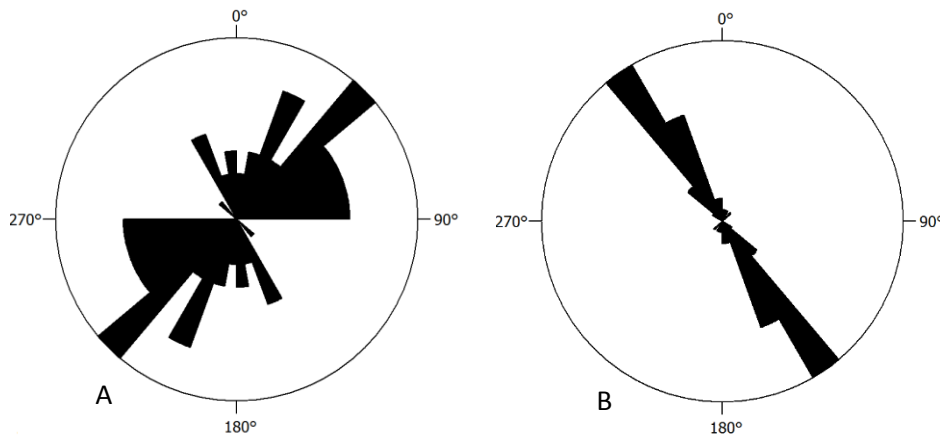
Figura 4: (A) Visão geral da ravina 1 (Rav 1) e (B) Afloramento de sequência xistosa, contendo intercalações quartzítica, formando uma dobra fechada, com dimensão métrica.



Fonte: Acervo dos autores.

Assim, sob a perspectiva estrutural, esses litotipos exibem planos de foliação bem desenvolvidos, ondulados, formando localmente uma dobra fechada, com dimensão métrica. Quando tratados em *software* para análise estrutural verifica-se que os planos de foliação ($n = 52$) exibe direção principal N40-50E, com direção secundária N20-30E (Figura 5A). Já os planos de fratura ($n = 39$) apresentam direção principal N30-40W (coincidente com a direção da ravina) e secundária e N20-30W (Figura 5B).

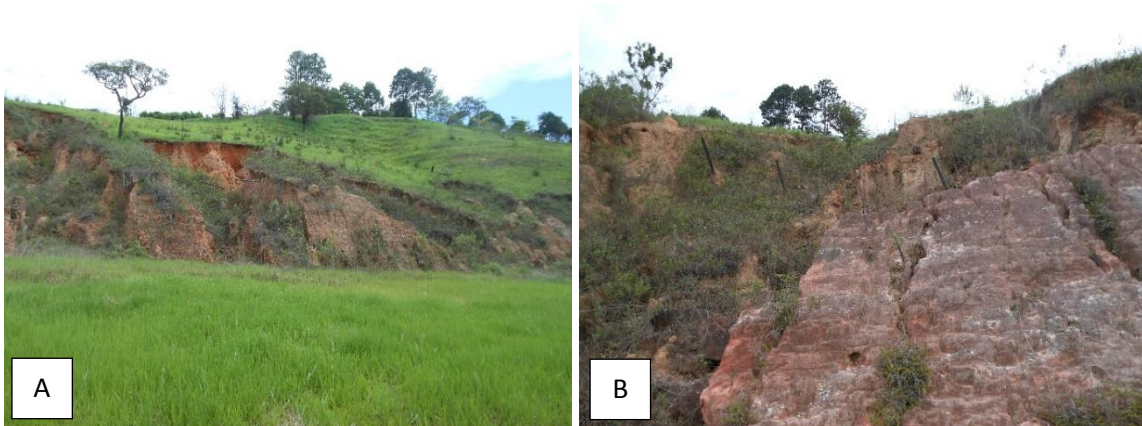
Figura 5: (A) Diagrama de rosetas dos planos de foliação (n = 52) obtidos na Rav 1; (B) Diagrama de rosetas das direções dos planos de fratura (n = 39) obtidos na Rav 1.



Fonte: Dados da pesquisa.

A região da Rav 2 (Figura 6A) é caracterizada pela presença de solo amarelo a rosado, predominantemente silto-arenoso, resultante, possivelmente da alteração de rocha granítica-gnáissica (Figura 6B). Não foram observados resquícios do material parental deste solo, além disso, dentre as estruturas observadas pode-se salientar a presença de veios de quartzo, com espessura centimétrica, e apenas raros vestígios dos planos de foliação/bandamento.

Figura 6: (A) Visão geral da ravina 2 (Rav 2) e (B) Solo amarelo a rosado observado na Rav 2.



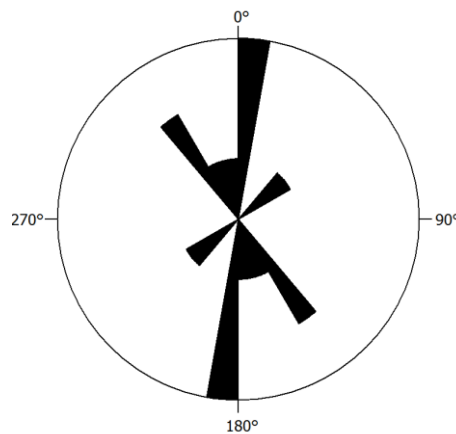
Fonte: Acervo dos autores.

Distante cerca de 160m, na margem oposta da MG-120, observa-se corte de estrada em saprolito arenoso, com coloração amarelada a levemente alaranjada, recortado por veios

de quartzo com espessura centimétrica, exibindo resquícios dos planos de foliação, os quais contribuíram para a análise da geologia estrutural da área.

Apesar da baixa densidade de atitudes obtidas tanto na Rav 2 quanto no corte de estrada próximo à esta, os dados coletados permitem verificar que os planos de foliação ($n = 10$) exibem direção principal NS a N 0-10E, com direção secundária N30-40W (Figura 7). Não foi possível obter atitudes dos planos de fratura.

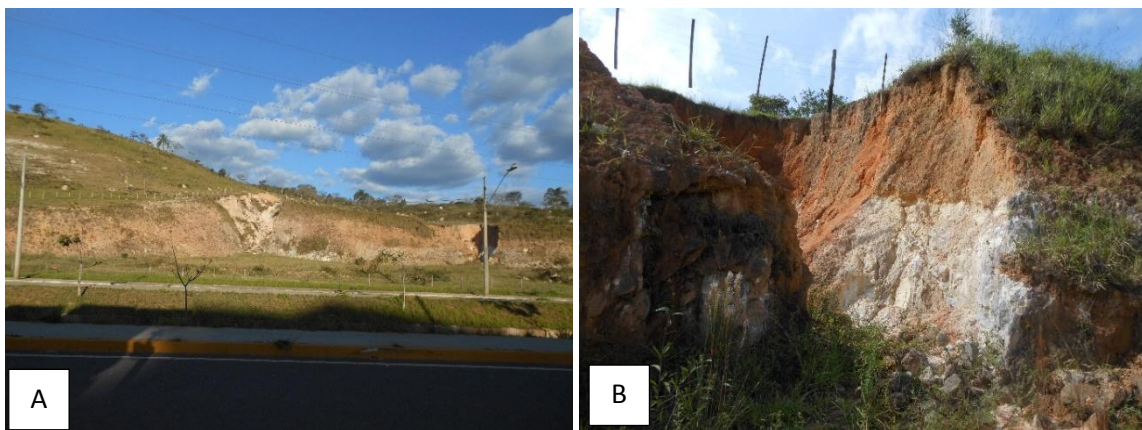
Figura 7: Diagrama de rosetas dos planos de foliação ($n = 10$) obtidos na região da Rav 2.



Fonte: Dados da pesquisa.

Na região da Rav 3 (Figura 8A) é possível observar solo transportado, alaranjado a avermelhado, predominantemente silto-arenoso, sobre solo residual, amarelado a levemente rosado, arenoso (Figura 8B). Sob a perspectiva geológica, nota-se a presença de fragmentos centimétricos a decimétricos de quartzo-mica xisto com granulação média, assim como veios de quartzo, com espessura centimétrica.

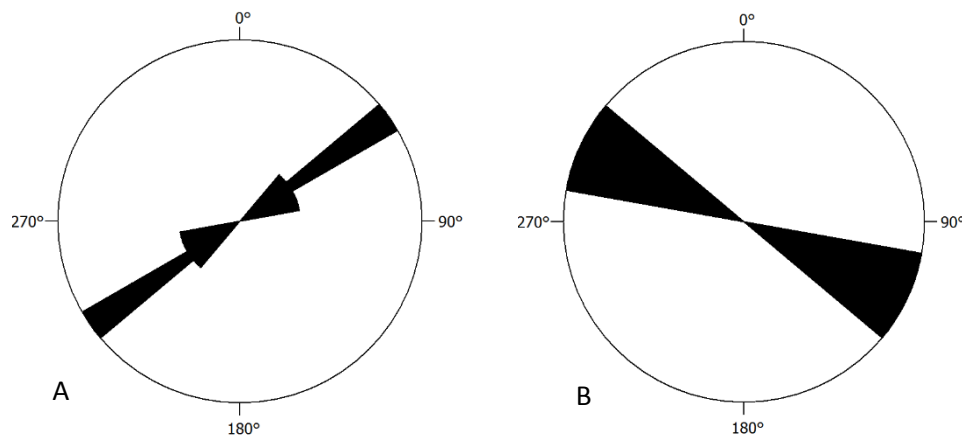
Figura 8: (A) Visão geral das ravinas; (B) Solo transportado (alaranjado a avermelhado) sobre solo residual (amarelado a rosado) observado na Rav 3.



Fonte: Acervo dos autores.

Assim como verificado na Rav 2, dado o avançado grau de intemperismo da região da Rav 3, foi obtida uma baixa densidade de medidas estruturais. Assim, os dados coletados indicam que os planos de foliação ($n = 6$) exibem direção principal N50-60E (Figura 9A), já os planos de fratura ($n = 3$) apresentam direção variando entre N50-80W (Figura 9B).

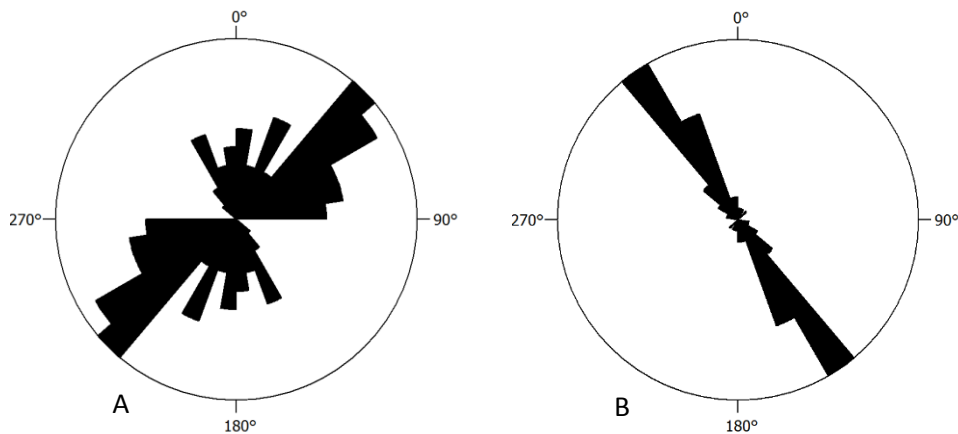
Figura 8: (A) Diagrama de rosetas dos planos de foliação ($n = 6$) obtidos na Rav 3; (B) Diagrama de rosetas dos planos de fratura ($n = 3$) obtidos na Rav 3.



Fonte: Dados da pesquisa.

Quando analisados em conjunto, os dados estruturais obtidos nas regiões das três ravinas sugerem planos de foliação ($n = 68$) com atitude preferencial N40-50E, com direção secundária N50-60E (Figura 10A) e planos de fratura ($n = 42$) com direção principal N30-40W e direção secundária N20-30W (Figura 10B).

Figura 10: (A) Diagrama de rosetas dos planos de foliação ($n = 68$) obtidos nas três ravinas pesquisadas; (B) Diagrama de rosetas dos planos de fratura ($n = 42$) obtidos nas três ravinas analisadas.



Fonte: Dados da pesquisa.

Visto que a direção da Rav 1 é aproximadamente N20-30W e da Rav 3 é N30-50W, nota-se uma correspondência destes com a direção principal dos planos de fratura medidos. Por outro lado, a direção da Rav 2 (variando entre N10-20E e N10W), não apresenta uma forte relação com as atitudes medidas, podendo ser correlacionada às direções secundárias verificadas para os planos de foliação.

4.2. Análise granulométrica

Para a caracterização granulométrica do solo foram coletadas 5 amostras nas três ravinas pesquisadas por meio de trado manual, a uma profundidade de 30cm, encaminhadas para laboratório particular para a realização da análise granulométrica.

Uma das características pedológicas mais notadas nos solos corresponde a cor, por ser de fácil visualização, além de indicar condições referentes ao material parental assim como ao processo de pedogênese. Destaca-se, contudo, que a cor deve ser descrita em comparação com uma escala padronizada, sendo que a mais usual é a “Tabela Münsell”, formada por cerca de 170 pequenos retângulos exibindo colorações diversas, arranjadas de modo sistemático em um livro contendo folhas destacáveis (LEPSCH, 2010).

Neste sentido destaca-se que solos escuros, indicam comumente altos teores de matéria orgânica decomposta; solos avermelhados estão associados à uma boa drenagem e teores significativos de óxidos de ferro; já solos com tonalidades cinza-azuladas assinalam solos que possuem, de forma permanente, excesso de água no perfil, sendo característicos de áreas encharcadas, próximas aos rios e riachos (LEPSCH, 2010).

Assim, ao serem coletadas, as amostras de solo das ravinas, em estado úmido, foram classificadas de acordo com a cor, indicado no Quadro 1, sendo possível notar a predominância de solo vermelho.

Quadro 1: Amostras de solo coletadas nas ravinas analisadas para a caracterização granulométrica.

Ravina	Amostra	Cor	Nome
Ravina 1	Rav 1A	7,5YR 8/3	Rosa
	Rav1B	10R 4/6	Vermelho
Ravina 2	Rav2	10R 5/6	Vermelho
Ravina 3	Rav3A	5Y 8/3	Amarelo pálido
	Rav3B	5YR 5/8	Vermelho amarelado

Fonte: Dados da pesquisa.

A granulometria ou composição granulométrica, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2007), corresponde ao conjunto das frações do solo, abrangendo desde as partículas mais finas, como as argilas, até aquelas mais grossas, como os calhaus e cascalhos.

Considerando a granulometria, verifica-se que as duas amostras coletadas na Ravina 1 (Rav 1A e Rav1 B) apresentam classificação textural “média”, assim como as amostras coletadas na Ravina 2 (Rav 2) e na Rav 3A (Ravina 3); enquanto a amostra Rav 3B (Ravina 3) é do tipo “argilosa”. Os resultados detalhados de acordo com as classes texturais areia, silte e argila pode ser observados no Quadro 2.

Quadro 2: Classificação textural das amostras coletadas nas ravinas pesquisadas.

Amostra	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia	Areia	Silte	Argila	Classificação Textural (Tipo)
	Muito Grossa	Grossa	Média	Fina	Muito Fina	Total			
(g/kg)									
Rav 1A	18	86	188	155	88	534	364	102	Média
Rav 1B	7	18	211	185	71	492	378	130	Média
Rav 2	15	140	427	47	71	700	196	104	Média
Rav 3A	5	42	453	118	18	636	253	111	Média
Rav 3B	8	37	217	150	52	464	52	484	Argilosa

Fonte: Dados da pesquisa.

Faz-se importante destacar que solos com textura média correspondem àqueles que apresentam fração argila <35% e areia >15%, exibindo relativo equilíbrio entre os teores de areia, silte e argila, por sua vez, solos com textura argilosa possuem teores de argila > 35%.

Segundo Lepsch (2010), dentre as características que determinam a susceptibilidade de um solo à erosão, podem ser destacadas a textura, a permeabilidade, a profundidade e o grau de fertilidade. Dessa forma, de maneira geral, solos com textura média possuem boa drenagem, boa capacidade de retenção de água e índice médio de erodibilidade, enquanto solos com textura argilosa apresentam baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água, além de serem mais resistentes à erosão (LEPSCH, 2010).

Contudo, apesar das características naturais favorecerem uma relativa resistência frente ao desenvolvimento da erosão, as intervenções antrópicas verificadas nos locais pesquisados podem corresponder ao fator desencadeador destes.

Assim, como salientado por Girão, Corrêa e Guerra (2007), solos pouco susceptíveis podem desenvolver processos erosivos decorrentes das significativas alterações promovidas pelos cortes de encostas e aterros, parcelamento do solo, mobilização causada pelos serviços de terraplanagem e implantação de sistemas viários, os quais expõem o solo superficial, assim como o saprolito à uma forma de degradação acelerada.

Nesta acepção, Brito, Martins e Aicha (2013) destacam a importância relativa à elaboração de projetos que harmonizem a conservação ambiental ao desenvolvimento urbano, com o intuito de que a expansão da malha urbana não degrade os ambientes naturais, os quais devem ser elaborados a partir da análise da aptidão do solo, ressaltando suas potencialidades e considerando suas fragilidades e limitações.

5. Considerações finais

Apesar da erosão corresponder à um fenômeno natural, este processo pode ser intensificado e acelerado pela intervenção antrópica. Dessa forma, o crescimento desordenado das cidades desencadeia problemas para o espaço urbano principalmente quanto aos impactos socioambientais causados pela urbanização como os loteamentos, impermeabilização, dentre outros.

Todavia, para o adequado controle e/ou mitigação dos processos erosivos, faz-se necessário identificar e caracterizar os fatores que influenciam o desenvolvimento deste fenômeno, contribuindo para o planejamento urbano apropriado e evitando prejuízos aos cofres públicos, dado o custo associado à implementação de medidas ineficazes. Neste contexto, este trabalho visou gerar informações quanto a ocorrência de processos erosivos a partir da caracterização de três ravinas localizadas nos bairros Colina da Praia, Ribeira de Baixo e Praia, identificando os fatores que favorecem o desenvolvimento destes a partir da utilização de imagens de satélite, caracterização geológica e análise granulométrica do solo destes locais.

A análise da evolução desses processos através de imagens de satélite permitiu identificar a interferência antrópica nas áreas, evidenciada pela remoção da vegetação, abertura de lotes e arruamentos. Além disso, é possível notar o aumento gradativo da extensão e largura das ravinas pesquisadas no intervalo de tempo examinado.

Quando considerada a caracterização geológica regional, as ravinas 1 e 3 estão associadas às rochas graníticas pertencentes à Suíte Borrachudos, enquanto na região da Rav 2 ocorrem rochas associadas ao Grupo Nova Lima indiviso, representadas por xistos e filitos

paraderivados e vulcanogênicos, formações ferríferas, quartzitos ferruginosos, anfibolitos, metachert, dolomitos, rochas metaultrabásicas e, mais raramente, metaconglomerado.

Por sua vez, caracterização geológica local mostrou-se limitada dado o avançado grau de intemperismo das ravinas analisadas, as quais são caracterizadas pela presença de saprolito de rocha xistosa e granítica-gnáissica. A determinação das atitudes dos planos estruturais permitiu verificar orientações análogas entre a direção das ravinas 1 e 3 com os planos de fratura. Faz-se importante salientar que a impossibilidade para a obtenção de dados estruturais referentes aos planos de fratura e a presença rara dos planos de foliação nas ravinas 2 e 3, mostra-se um fator limitante para a análise efetiva da influência dessas estruturas frente ao desenvolvimento desses processos erosivos. Além disso, destaca-se que localmente, como por exemplo na Rav 1, o arruamento é perpendicular à direção da ravina, podendo exercer influência no desenvolvimento dos processos erosivos.

Quando considerada a granulometria das amostras de solo das três ravinas analisadas, nota-se a predominância de solo com textura média, o qual comumente possui como características boa drenagem, boa capacidade de retenção de água e índice de erodibilidade médio. Entretanto, a interferência antrópica através da retirada da cobertura vegetal e abertura de estrada, aliada à estruturação geológica, são fatores que contribuem para o desenvolvimento dos processos erosivos analisados. Verifica-se, portanto, que os fatores declividade do terreno, material parental/características pedológicas e interferência antrópica contribuem de forma indissociável para o desenvolvimento dos processos erosivos analisados.

Dessa forma, ressalta-se a importância dos levantamentos pedológicos para o planejamento adequado do uso do solo, os quais permitirão delimitar as áreas com aptidão agrícola, destinadas à expansão urbana, à conservação e recuperação dos solos, dentre outras formas de uso, com o intuito de minimizar os impactos negativos desencadeados nos ambientes naturais.

Referências

ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. Gestão ambiental de áreas degradadas. 11ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 9ª edição. São Paulo: Ícone, 2014.

BOTELHO, J. M; CRUZ, V. A. G. Metodologia científica. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. Elementos da natureza e propriedades dos solos. Tradução técnica: Igo Fernando Lepsch. 3ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRITO A. O.; MARTINS I. S.; AICHA N. N. Estudo da erosão urbana no Distrito Federal. Revista Científica Eletrônica do Distrito Federal, v. 20, n. 1, p. 85-92, jul. 2012. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/mWwAkAhB70T6tPL_2013-4-29-16-6-14.pdf>. Acesso em: 10 out 2016.

CARVALHO, N. O. Hidrossedimentologia prática. 2ª ed., ver., atual. e ampliada. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

Díaz, J.S. Control de Erosión em Zonas Tropicales. Bucaramanga, Univesidad Industrial de Santander. 2001.

DIAS, N. S.; BRÍGIDO, A. R. SOUZA, A. C. M. Manejo e conservação dos solos e da água. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2013.

DORR II, J. V. N. 1958. The Cauê Itabirite. Soc. Bras. Geol., Bol. 7 (2).

Dorr II, J. v. N.; Gair, J. E.; Pomerene, J. B.; Rynearson, G. A., 1957. Revisão da estratigrafia pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero. Rio de Janeiro, DNPM/DFPM. Avulso 81.

FLORENZANO, T. G. Iniciação em sensoriamento remoto. 3ª ed. ampl. e atual. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

FOSSEN, H. Geologia estrutural. São Paulo: Oficina dos textos, 2012.

GERHARDT, T. E; SILVEIRA, D. T. Métodos de pesquisa. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIRÃO, O.; CORRÊA A. C. B.; GUERRA A. J. T. Encostas urbanas como unidades de gestão e planejamento, a partir do estudo de áreas a sudoeste da cidade do Recife – UFPE-DCG/NAPA. *Revista de Geografia*, v. 24, n. 3 p. 242-267, set-dez 2007. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/revistageografia/index.php/revista/article/viewFile/165/100>> Acesso em: 9 nov 2016.

GOOGLE. Google Earth. Versão 7.1.5.1557. 2015. Nota (Município de Itabira/MG). Disponível em: <<http://www.google.com/earth/download/ge/agree.html>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. 9ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

IBRAHIN, F. I. D. Introdução ao geoprocessamento ambiental. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manual Técnico de Pedologia. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Carta Internacional ao Milionésimo. 2010. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/interativos/servicos/wms-do-arcgis>>. Acesso em: 05 nov. 2016.

JESUS, A. S. Investigação Multidisciplinar de Processos Erosivos Lineares: Estudo de Caso da Cidade de Anápolis – GO. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2013.

LEPSCH, I. F. Formação e conservação dos solos. 2. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

Lima, M.C. Contribuição ao estudo do processo evolutivo de boçorocas na área urbana de Manaus. Dissertação de Mestrado em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, FT, UnB, Brasília, DF. 1999.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados. 5^a ed. São Paulo: Atlas, 2002.

PADILHA, A.V; VIEIRA, V. S; HEINECK, C. A (Coord.). Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Itabira, Folha SE. 23-Z-D-IV. Estado de Minas Gerais. Escala 1:100.000. Brasília: CPRM, 2000. CD-ROM.

PRODANOV, C. C; FREITAS, E. C. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2^a ed. Novo Hamburgo: Universidade Freevale, 2013.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. Base de dados litológicos e de geodiversidade do Estado de Minas Gerais. Escala 1: 1.000.000. Brasília, 2004. CD-ROM.