

SIG NA ANÁLISE AMBIENTAL: SUSCEPTIBILIDADE EROSIVA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO MUTUCA, NOVA LIMA – MINAS GERAIS

Vanessa Cecília Benavides Silva¹; Patrícia de Sá Machado²

¹ - Geógrafa e Especialista em Gestão Ambiental e Geoprocessamento pelo Centro Universitário de Belo Horizonte (UniBH) –Email: vanessa.benavides@yahoo.com.br

² - Mestre em Geografia pela UFMG. Email: patriciasa@terra.com.br

Artigo recebido em 28/07/2013 e aceito em 11/10/2014

RESUMO

Os estudos geomorfológicos que visam compreender os processos erosivos e suas feições resultantes têm recebido significativas contribuições das técnicas e metodologias do Geoprocessamento. Essas técnicas, dentre outras finalidades, permitem identificar as áreas mais propensas à erosão e os focos erosivos, podendo assim, auxiliar na compreensão das causas das ocorrências. Contribuem também, na busca de alternativas de controle e recuperação dos locais degradados, fornecendo subsídios para a definição de usos adequados e compatíveis com as características ambientais locais. Considerando a importância de conhecer e buscar medidas de controle, o estudo proposto tem por finalidade realizar a classificação e o mapeamento da susceptibilidade erosiva natural e com a influência antrópica da bacia hidrográfica do córrego Mutuca, localizada no Município de Nova Lima, em Minas Gerais, a partir da metodologia de análise de multicritério. Essa análise permite a investigação combinada de diferentes variáveis para gerar um mapa síntese, a partir da definição de pesos e notas atribuídos às variáveis e suas respectivas classes, demonstrando a influência de cada variável no fenômeno considerado. Os procedimentos de tratamento das informações e de elaboração de mapas foram realizados utilizando o *software* de Sistema de Informações Geográficas *ArcGIS* 10.1, sendo utilizadas ferramentas do *Analysis Tools* e *SpatialAnalyst*. Os mapas temáticos e o mapa síntese foram elaborados na escala 1:60.000. Como resultado, foi possível realizar uma análise qualitativa e quantitativa da influência antrópica na susceptibilidade erosiva da bacia em estudo.

Palavras-chaves: Susceptibilidade Erosiva, Geomorfologia Urbana, Sistema de Informações Geográficas, Análise de Multicritério.

GIS IN ENVIRONMENTAL ANALYSIS: EROSION SUSCEPTIBILITY BASIN STREAM MUTUCA NOVA LIMA – MINAS GERAIS

ABSTRACT

The geomorphological studies that aim to understand the erosion processes and their resulting features have received significant contributions of the techniques and methodologies of GIS. These techniques, among other purposes, identifying the areas most prone to erosion and erosion gullies, and may thus help in understanding the causes of the occurrences. They also help in the search for alternative control and recovery of degraded sites, supporting the definition of uses appropriate to and compatible with the local environmental characteristics. Considering the importance of knowing and seek control measures, the proposed study aims to perform the classification and mapping of natural erosive susceptibility and the influence of anthropogenic watershed stream Mutuca, located in the city of Nova Lima, Minas Gerais, from the multicriteria analysis methodology. This analysis allows the investigation of different variables combined to generate a synthesis map, from the definition of weights and grades assigned to variables and their classes, demonstrating the influence of each variable in the phenomenon considered. The procedures for dealing with information and mapping were performed using the software named Geographic Information System *ArcGIS* 10.1, and using “*Analysis Tools eSpatialAnalyst*”. The thematic maps and map synthesis were prepared in 1:60,000 scale. As a result, it was possible to conduct a qualitative and quantitative analysis of human influence on the erosive susceptibility of the study watershed.

Keywords: agriculture, Geoprocessing, Republic of Panamá.

INTRODUÇÃO

Na atualidade, os estudos geomorfológicos no meio urbano ganharam grande importância para prevenção de acidentes ambientais e para o melhor planejamento e gestão do ambiente ocupado. A Geomorfologia Urbana tem trazido importantes contribuições para os estudos de planejamento urbano, uma vez que o desenvolvimento e o crescimento das cidades tem se dado em um ritmo acelerado, e muitas vezes não obedece às características e limitações naturais do ambiente. Nesse sentido, as formas erosivas, consequências diretas dos processos erosivos, merecem destaque, pois, podem levar à situação de risco à população residente em áreas ocupadas desordenadamente ou mesmo em ambientes naturalmente frágeis.

Aplicadas às análises geomorfológicas, as técnicas de Geoprocessamento têm mostrado sua relevância nesses estudos. Permitem realizar mapeamentos temáticos das características ambientais, integrando e relacionando diversas variáveis, possibilitando a identificação de áreas propensas à ocorrência de erosão e na identificação de feições erosivas. É possível também, entre outros, realizar estudos para analisar quais as variáveis ambientais de caráter natural ou antrópico contribuem mais para a ocorrência das erosões, assim como buscar medidas de controle.

Considerando a importância de conhecer e buscar medidas de controle para a erosão do solo, a proposta do presente estudo é mapear o potencial de erosão da bacia hidrográfica do córrego Mutuca, no município de Nova Lima em Minas Gerais. Objetiva-se também elaborar e comparar a classificação da susceptibilidade erosiva natural e com a influência antrópica, e realizar uma análise dos principais fatores que contribuem para os processos erosivos. Assim, busca-se compreender quanto e como a modificação da paisagem pelo homem pode influenciar para a fragilidade da área.

Esse estudo torna-se importante tanto para conhecer as características físicas (litologia, geomorfologia, pedologia, rede de drenagem e vegetação) da bacia do córrego Mutuca quanto na busca da compreensão das condicionantes ambientais e antrópicas que tornam a área vulnerável à erosão.

Ressalta-se a relevância da área de estudo uma vez que o córrego Mutuca participa do abastecimento local e também do município de Belo Horizonte. Além disso, a bacia tem grande importância ambiental, uma vez que está inteiramente contida e encontra-se próxima de áreas de proteção ambiental. As margens do córrego e de seus afluentes abrigam espécies importantes de flora e fauna e de vegetação nativa. A área já apresenta processos erosivos que foram comprovados por Silva, Nunes e Gontijo (2009), principalmente à montante do córrego, devido ao uso inadequado do solo nos condomínios fechados presentes na área.

A área da bacia apresenta diversificados usos e ocupação, como presença de área de cerrado, mata, atividade minerária e conjuntos urbanos. Também se encontram as rodovias federal BR040 e estadual MG030, com fluxo constante de veículos. Pela presença dessa diversidade de uso e ocupação, torna-se importante a busca de melhor compreensão de como essa ocupação influencia nas características ambientais da bacia, para que assim, se possa melhor planejar e gerir o território em conformidade com as características naturais. É importante ressaltar que toda ocupação humana causa modificações na dinâmica da paisagem podendo acarretar problemas no ciclo hidrológico, na dinâmica do solo, no desenvolvimento ou intensificação de processos erosivos e em outras características ambientais.

Os processos erosivos prejudicam as áreas causando perda de solo, degradação da qualidade dos recursos hídricos e riscos de danos à população e circulação de veículos nos acessos. Ressalta-se que na área da bacia encontram-se diversos limites poligonais correspondentes ao direito minerário com os atuais processos, o que indica intensa e contínua exploração mineral na área o que futuramente poderá comprometer intensamente o solo e demais características ambientais.

MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo proposto foi realizado em quatro etapas, sendo elas: 1) Pesquisa na literatura especializada referente à caracterização da área de estudo, no caso a bacia do córrego Mutuca, e sobre metodologias e técnicas utilizadas para mapeamento de susceptibilidade erosiva; 2) Pesquisa de fontes de informações para criação da base de dados espacial; tratamento das bases pré-existentes e elaboração de mapas temáticos; 3) Elaboração dos mapas de susceptibilidade erosiva natural e susceptibilidade erosiva com a influência antrópica a partir da metodologia de análise de multicritério e; 4) Análise dos mapas elaborados.

A base de dados utilizada para atender os procedimentos deste estudo consiste em: litologia na escala 1:50.000 (Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais – CODEMIG, 2005); cartas topográficas, na escala 1:50.000, e limites municipais (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 1977, 1979 e 2010); classes de solo, na escala 1:50.000 (Projeto APA Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH); processos minerários (Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, 2011); intensidade de chuvas, na escala 1:250.000 (Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais – ZEE MG); imagem de satélite *Landsat TM 5* (INPE, 2010); imagem do Google Earth, referente ao ano de 2012, para vetorização do uso e ocupação do solo; e imagem de radar *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução espacial de 90m (MIRANDA, 2012).

As cartas topográficas foram utilizadas para delimitação do limite da bacia e vetorização da drenagem e dos acessos. As bases de litologia, uso do solo e classes de solo foram utilizadas para elaboração de mapas temáticos. A partir das imagens SRTM foram adquiridas as informações de declividade e das imagens *Landsat*, foi obtido o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI). A vetorização das classes de uso e ocupação do solo, a partir da imagem do Google Earth, permitiu as seguintes classificações: mata, campo cerrado/campo gramíneo, solo exposto, área de mineração e área antropizada (conjuntos urbanos e acessos locais).

O cálculo de NDVI é feito a partir da diferença entre as reflectâncias das bandas 4 (infravermelho próximo) e 3 (visível - vermelho) dividido pela soma das reflectâncias dessas duas bandas. O resultado varia de -1 a 1, de modo que quanto mais próximo do 1, maior índice de presença de vegetação, e quanto mais próximo do -1, maior índice de presença de solos descobertos e rochas.

Os procedimentos de tratamento das informações e de elaboração de mapas foram realizados utilizando o *software* de SIG *ArcGIS 10.1*, sendo utilizadas ferramentas do *Analysis Tools* e *Spatial Analyst*. Todos os mapas foram elaborados na escala 1:50.000, de maneira a ficarem compatíveis com a base de dados utilizada.

Mapeamento de Susceptibilidade Erosiva

Dentre os procedimentos metodológicos aplicáveis em ambiente de SIG, foi utilizada a análise de multicritério que permite a investigação combinada de diferentes variáveis para gerar um mapa síntese. Esse procedimento é realizado a partir do

Mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final. A matemática empregada é a simples Média Ponderada, mas há pesquisadores que já utilizam a lógica Fuzzy para atribuir os pesos e notas (MOURA, p.2901, 2007).

A susceptibilidade erosiva de uma área depende de uma série de variáveis condicionantes, dentre elas, destacam-se vegetação, solo, declividade, pluviosidade, uso do solo e litologia. São fatores que, dependendo de sua situação atual, podem influenciar mais ou menos na susceptibilidade.

Considerando a análise de multicritério, foram definidos pesos (0 – 100%) para cada variável de modo a diferenciar o grau de importância e correlação com o fenômeno em questão (susceptibilidade erosiva), e notas (1 a 5) para cada componente de legenda, de maneira que quanto maior a nota, maior a susceptibilidade erosiva (1: muito baixa; 2: baixa; 3: média; 4: alta; 5: muito alta). Os mapas finais foram elaborados a partir do cruzamento dos parâmetros estabelecidos para as variáveis.

Apesar da importância e necessidade de analisar os fatores de uma maneira integrada, para a aplicação da metodologia de análise de multicritério deve ser pensada de modo isolado a cada item. A relação entre as variáveis resulta da aplicação do modelo, que necessariamente cruza todos os componentes (MOURA, 2007).

Foram elaborados dois mapas de susceptibilidade erosiva, sendo um de susceptibilidade natural e outro com a influência antrópica, seguindo as ideias de Bonna (2011), com o intuito de compará-los e verificar a influência das variáveis consideradas.

Para o mapa de susceptibilidade natural, foram consideradas as variáveis de declividade, litologia, índice de chuvas, índice de vegetação e classes de solos, e para o mapa com a influência antrópica foram consideradas as mesmas variáveis acrescidas do uso do solo e proximidade de vias.

Considerando esses critérios, a Tabela 1 apresenta as variáveis e seus respectivos pesos para cada mapa. Os valores dos pesos foram atribuídos a partir de uma análise preliminar de cada variável na bacia e com base em outros autores. Dessa maneira, os maiores valores para o mapa de susceptibilidade natural foram atribuídos para classes de solo, declividade e índice de vegetação, por julgar que apresentam maior influência na área do que a litologia e intensidade de chuva.

No mapa de susceptibilidade com a influência antrópica, o uso do solo recebeu o maior valor por ser a variável que possui o maior potencial de intensificar a susceptibilidade natural da área. A proximidade de vias recebeu valor pouco menor, pois, julgou-se que as outras variáveis influenciam mais. As demais variáveis receberam valores próximos da metade do que foi atribuído ao uso do solo.

Foram gerados mapas temáticos de cada variável de modo a analisá-las espacialmente e individualmente de acordo com sua situação atual e, a partir do método de álgebra de mapas, foram gerados os mapas finais. Esse método consiste na aplicação de operações aritméticas para associar vários mapas de modo a obter como resultado, classificações que permitem a análise geográfica.

Tabela 1: Variáveis e pesos

	Susceptibilidade Erosiva Natural	Susceptibilidade Erosiva com Influência Antrópica
Variável	Peso (0 - 100%)	Peso (0 - 100%)
Litologia (L)	10	6
Classes de solo (S)	25	13
Declividade (D)	25	13
Intensidade de chuva (C)	15	8
Índice de vegetação (V)	25	13
Proximidade de vias (PV)	-	12
Uso do solo (US)	-	35
Total	100	100

Esse método aplica-se em variáveis organizadas em planos de informações com representação matricial e cada célula das variáveis recebeu o valor do seu peso (Tabela 2). Para a aplicação desse método, foram aplicadas as seguintes fórmulas:

Mapa de susceptibilidade natural:

$$(L*10) + (S*20) + (D*20) + (C*15) + (V*20)$$

Mapa de susceptibilidade natural com a influência antrópica:

$$(L*10) + (S*20) + (D*20) + (C*15) + (V*20) + (PV*15) + (US*30)$$

Tabela 2: Notas estabelecidas para os componentes de legenda

VARIÁVEL	COMPONENTE DE LEGENDA	NOTA (1 A 5)
Litologia	Canga, Concentrações de óxidos de ferro, Corpos de minério de hermatita, Diabásio, Formação ferrífera, Itabirito, Lentes de hematita, Quartzito, Quartzó	1
	Metabasalto, Sericita, Serpentinó	2
	Filito, Xisto, Cobertura detrito-laterítica	3
	Conglomerado polimítico, Talco	4
	Aluvião, Coluvião, Dolomito	5
Classe de Solo	Latossolo	1
	Área sem classificação	2
	Exposição de Canga	3
	Cambissolo	4
	Neossolo / Área degradada	5
Declividade	0 - 2	1
	2 - 6	2
	6 - 20	3
	20 - 50	4
	>50	5
Intensidade das Chuvas	Baixa	2
	Alta	4
Vigor de Vegetação	Alto Vigor (0,490196078 – 1)	1
	Médio Vigor (0,341176471 - 0,490196078)	2
	Baixo Vigor (0,215686275 - 0,341176471)	3
	Baixíssimo Vigor/Ausência (0,066666667 - 0,215686275)	4
	Ausência Vegetação (-1 - 0,066666667)	5
Proximidade de Vias	Buffer acima de 50 metros	1
	Buffer de 50 metros	2
	Buffer de 25 metros	3
	Buffer de 10 metros	4
	Buffer de 5 metros	5
Uso do Solo	Mata	1
	Campo Cerrado/Campo Graminoso	2
	Solo exposto	3
	Área Urbana / Atividade Mineral	5

Para a definição das notas das variáveis de litologia, classes solo, vigor de vegetação e declividade, utilizou-se como parâmetro os valores definidos por Crepani *et al* (2001); para as notas de proximidade de vias, foram utilizados os valores propostos por Lima e Souza (2008). Ressalta-se que as notas de algumas variáveis sofreram alterações em relação às referências consultadas para que ficassem coerentes com a área de estudo.

Para a análise final, optou-se por incorporar os polígonos dos processos minerários da área da bacia, visto que a exploração de novas áreas é uma realidade iminente e consequentemente poderão irão comprometer a qualidade do ambiente.

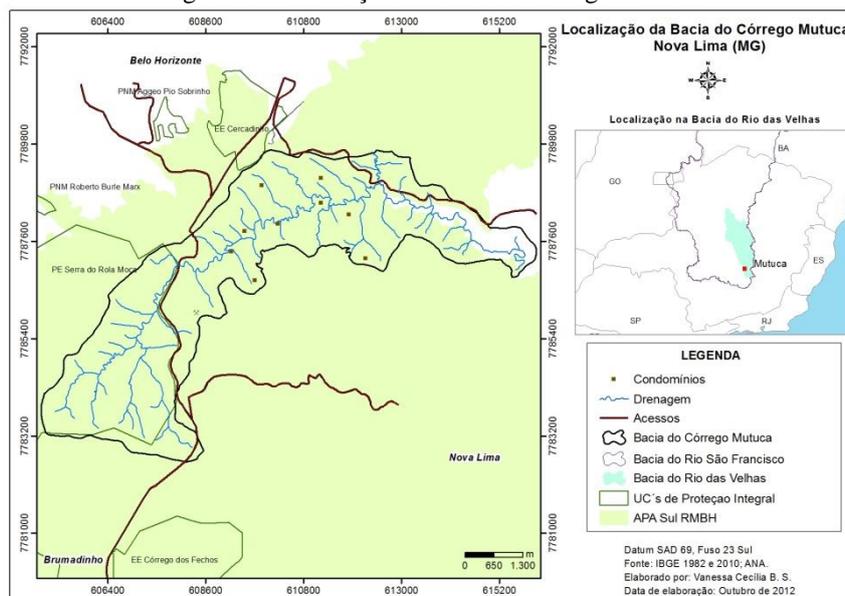
CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO CÓRREGO MUTUCA

Aspectos Físicos

A bacia do córrego Mutuca localiza-se na porção oeste do município de Nova Lima, no limite com o município de Belo Horizonte, no Estado de Minas Gerais (Figura 1). O córrego Mutuca é um afluente do rio das Velhas, que por sua vez encontra-se na bacia do rio São Francisco. A bacia encontra-se na Área de Proteção Ambiental (APA) Sul, bem como sua porção Norte encontra-se próxima da Estação Ecológica Cercadinho, do Parque Natural Municipal Aggeio Pio Sobrinho, do Parque Natural Municipal Burle Marx e a porção Sul encontra-se dentro do Parque Estadual Serra do Rola Moça.

A bacia do córrego Mutuca localiza-se na porção oeste do município de Nova Lima, no limite com o município de Belo Horizonte, no Estado de Minas Gerais (Figura 1). O córrego Mutuca é um afluente do rio das Velhas, que por sua vez encontra-se na bacia do rio São Francisco. A bacia encontra-se na Área de Proteção Ambiental (APA) Sul, bem como sua porção Norte encontra-se próxima da Estação Ecológica Cercadinho, do Parque Natural Municipal Aggeio Pio Sobrinho, do Parque Natural Municipal Burle Marx e a porção Sul encontra-se dentro do Parque Estadual Serra do Rola Moça.

Figura 1: Localização da bacia do córrego Mutuca



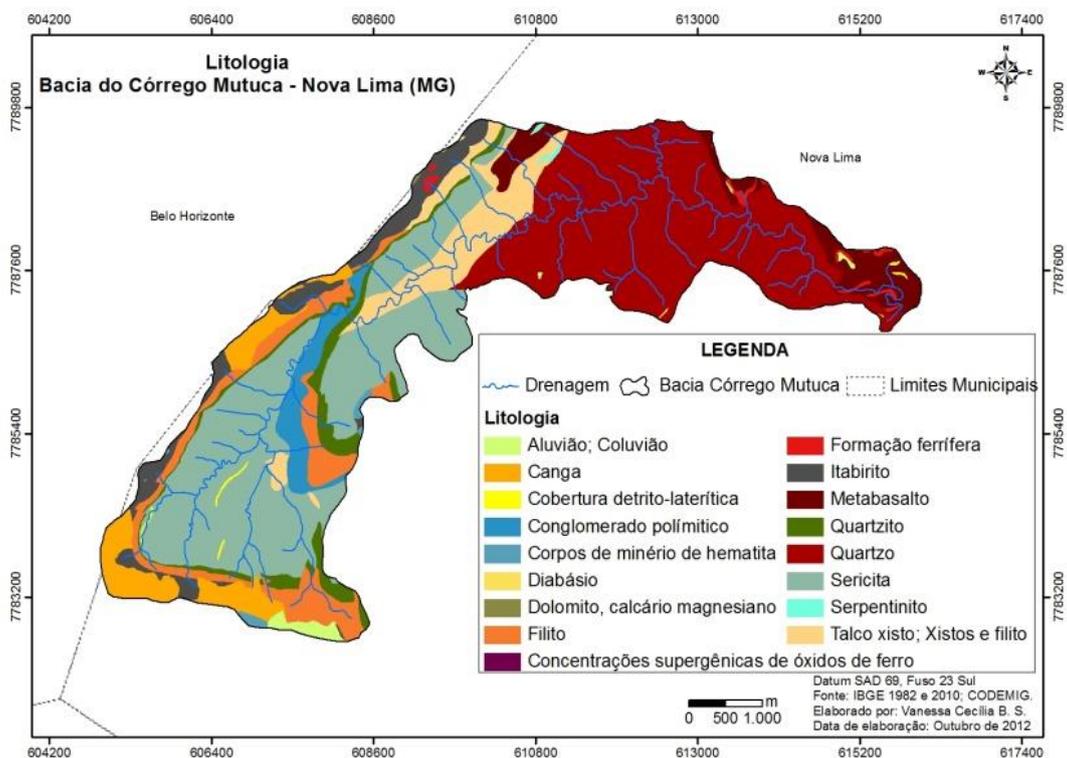
O clima predominante da região é Tropical com intensidade de chuvas alta, em sua maior área, e baixa na porção noroeste, de acordo com ZEE-MG (2005).

A Figura 2 apresenta as características litológicas da bacia, de acordo com as informações da CODEMIG (2005). O substrato geológico da área é caracterizado por rochas dos Supergrupos Minas e Rio das Velhas, rochas intrusivas e formações recentes.

O material mais recente, do Cenozóico, encontra-se na borda sul e em pequenos trechos da bacia, caracterizado por aluvião, cobertura detrito-laterítica, canga, coluvião e concentrações supergênicas de óxido de ferro. A litologia do Supergrupo Minas predomina na porção sul e oeste da bacia, caracterizada por rochas do Paleoproterozóico, sendo elas quartzito, filito, itabirito, corpos de minério de hematita, lentes de hematita, dolomito e xistos. Na maior parte da bacia, há ocorrência de litologia do Supergrupo Rio das Velhas, caracterizada por rochas do Neoarqueano e Mesoarqueano, sendo elas talco xisto, formação ferrífera, sericita, metabasalto, e principalmente quartzo e sericita.

Predominam na bacia o quartzo (quartzo-carbonato-mica-clorita xisto, quartzo-mica xisto, filito carbonoso; formação ferrífera subordinada -metapelitos e metapsamitos com estratificação gradacional e cruzada-) e a sericita (sericita-clorita-quartzo xisto, sericita-clorita xisto, sericita xisto e xisto carbonoso; formação ferrífera e quartzo-ankerita xisto subordinados). De uma maneira geral, o quartzo é um mineral constituído por sílica, quase que insolúvel na água, dificilmente é alterado no ambiente, sendo assim, é muito resistente ao intemperismo. A sericita é um mineral do grupo das micas, que apresentam planos de clivagem que favorecem a entrada da água e consequentemente o intemperismo.

Figura 2: Litologia da bacia do córrego Mutuca



Em relação aos solos, foram consideradas até as classes de segunda ordem, segundo o Sistema Brasileira de Classificação de Solos da Embrapa. Salomão (2012, p.233) ressalta a importância do solo nos processos erosivos, uma vez que sofre e influencia nesses processos, devido às suas “propriedades físicas, principalmente textura, estrutura, permeabilidade e densidade, e às suas propriedades químicas, biológicas e mineralógicas”. O autor também ressalta que a espessura do solo também influencia no comportamento erosivo, já que “solos

rasos permitem rápida saturação dos horizontes superiores, favorecendo o desenvolvimento de enxurradas” (SALOMÃO, 2012, p.235).

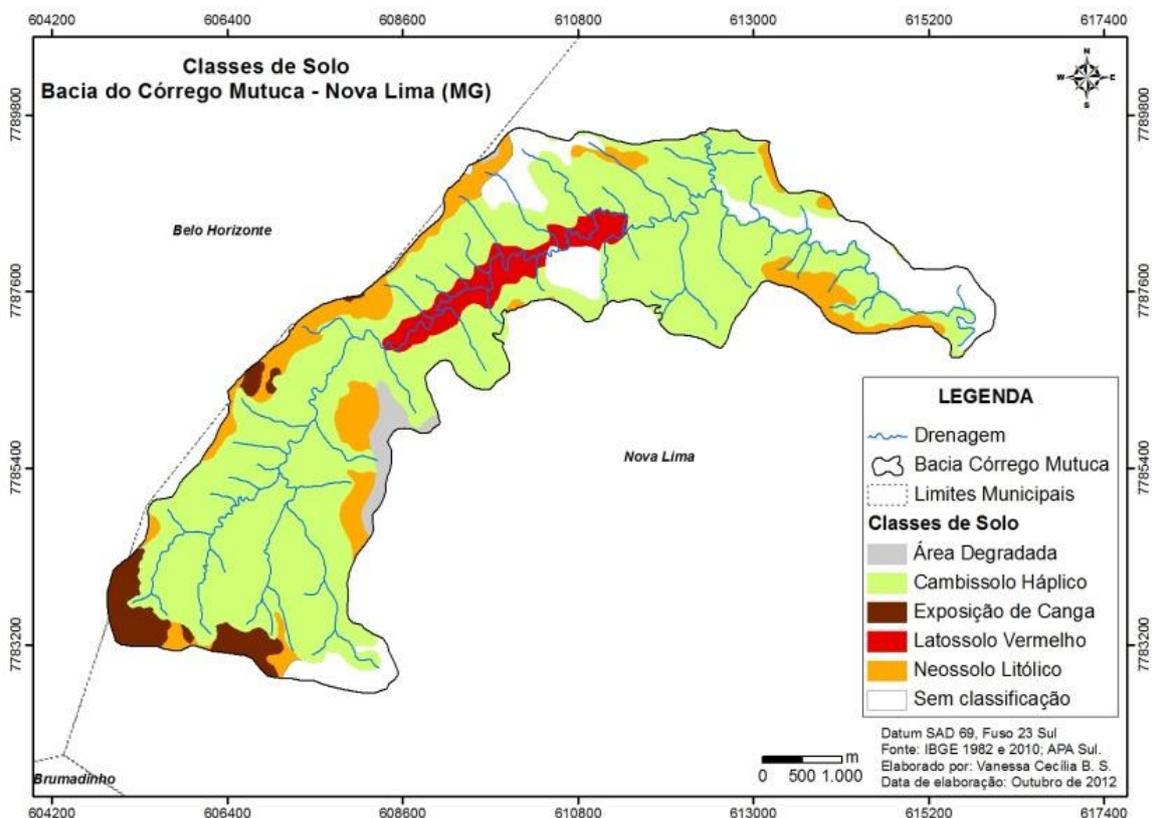
A bacia é composta pelas seguintes classes de solo: Neossolo Litólico, Cambissolo Háptico e Latossolo Vermelho (Figura 3). Alguns trechos são constituídos por exposição de canga e por área degradada devido à mineração ou escavação, e outros não tiveram seu solo classificado pelo projeto da APA Sul.

Os Neossolos Litólicos são solos jovens, rasos, não apresentam horizonte B, sendo que o horizonte A encontra-se assentado sobre a rocha ou sobre um horizonte C (< 50cm) sobre a rocha. O fato da rocha se encontrar próxima da superfície impede a drenagem do solo, favorecendo sua saturação. Encontram-se normalmente em áreas declivosas, favorecendo o escoamento superficial e a ocorrência de erosão hídrica (BONNA, 2011).

Os Latossolos são solos muito desenvolvidos, com textura argilosa, horizonte B profundo e bem drenados. Desenvolvem-se em relevo plano, sendo assim, menos propensos à ocorrência de movimentos de massa e erosões, uma vez que reduzem o escoamento superficial.

Os Cambissolos Hápticos também são considerados solos jovens, porém, mais desenvolvidos que os Neossolos. Desenvolvem-se, em sua maioria, em relevo declivoso favorecendo “a atuação da gravidade que, por sua vez, facilita o desenvolvimento de movimentos de massa e dificulta a infiltração da água no solo aumentando, portanto, o escoamento superficial da água e os processos erosivos conseqüentes” (BONNA, 2010, p.75). Os horizontes superficiais são menos desenvolvidos e profundos que os dos Latossolos, tornando-os mais propícios à exposição do horizonte C e “quando há a exposição desses horizontes ricos em silte, o processo erosivo tende a se tornar mais acelerado, favorecendo inclusive o desenvolvimento de voçorocas (BONNA, 2010, p.73).

Figura 3: Classes de Solo da bacia do córrego Mutuca



A área apresenta declividade que varia de 0 a 72%. A Tabela 3 apresenta as características das declividades e algumas relações que podem ser estabelecidas com a morfologia e os processos erosivos considerando.

Tabela 3: Características de classes de declividade

Declividade (%)	Morfologia	Processo de Erosão
0-3 (Plano)	Superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos. Planície aluvial (várzea), terraço fluvial.	Sem perdas de solo e movimentos de massa
3-8 (Suave Ondulado)	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declividades suaves. Ondulações suaves, fundos de vale, superfície tabulares.	Início de escoamento difuso e laminar. Sulco
8-20 (Ondulado)	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives acentuados. Encostas de morros, relevos estruturais monoclinais do tipo cuesta.	Movimento de massa (creep e escorregamentos), escoamento laminar, sulcos e ravinas.
20-45 (Forte Ondulado)	Superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros, com declividades fortes. Encostas serranas	Erosão linear muito forte, grande perda de solo, movimentos de massa (creep, escorregamentos).
45-75 (Montanhoso)	Superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas e maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes.	Erosão linear muito forte, grande perda de solo, movimentos de massa (creep, escorregamentos, queda de blocos, avalanches)
>70 (Escarpado)	Regiões ou ares com predomínio de formas abruptas, compreendendo escarpamentos, tais como: aparado, itaimbé, frente de costa, falésia, flanco de serras alcantiladas e vertentes de declives muito fortes de vales encaixados.	Movimentos de massa (escorregamentos, queda de blocos, avalanches) colapsos

Fonte: Adaptado - Granell-Pérez (2004, p.78) e Santos et al (2005, p.57)

Seguindo as margens dos córregos há predominância de relevo suave ondulado. Em direção às bordas da bacia, a declividade aumenta caracterizando relevo forte ondulado a montanhoso escarpado. As menores declividades (relevo plano) favorecem a infiltração da água no solo, impedindo o escoamento superficial resultando em baixa taxa de erosão. Quando o declive aumenta (relevo ondulado), aumenta o escoamento superficial e reduz da taxa de infiltração de água no solo, uma vez que a rampa do declive acelera o escoamento da água. Esse fator favorece a ocorrência de processos erosivos, principalmente o desenvolvimento de sulcos, ravinas e voçorocas. Em áreas de relevo mais declivoso a infiltração da água praticamente não acontece e são intensos o escoamento superficial e a ocorrência de processos erosivos.

O NDVI é importante no estudo de vegetação, pois, evidencia, a partir do uso de imagens de satélite, o vigor e a caracterização da vegetação de uma área. Foram usadas imagens nas faixas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo, propícias para o estudo de cobertura vegetal.

A área da bacia apresenta todos os níveis de vigor de vegetação, predominando ausência e baixo vigor nas bordas e em trechos da porção central, coincidindo com as áreas urbanizadas, baixíssimo vigor, e nas margens dos córregos predomina alto vigor.

Figura 4: Declividade bacia do córrego Mutuca

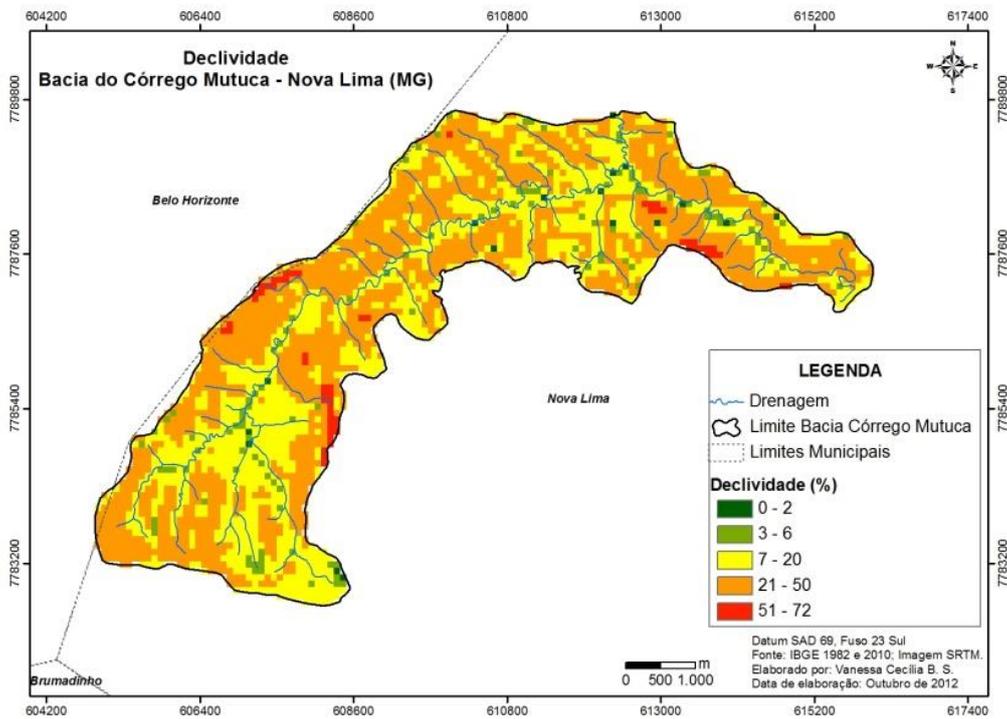
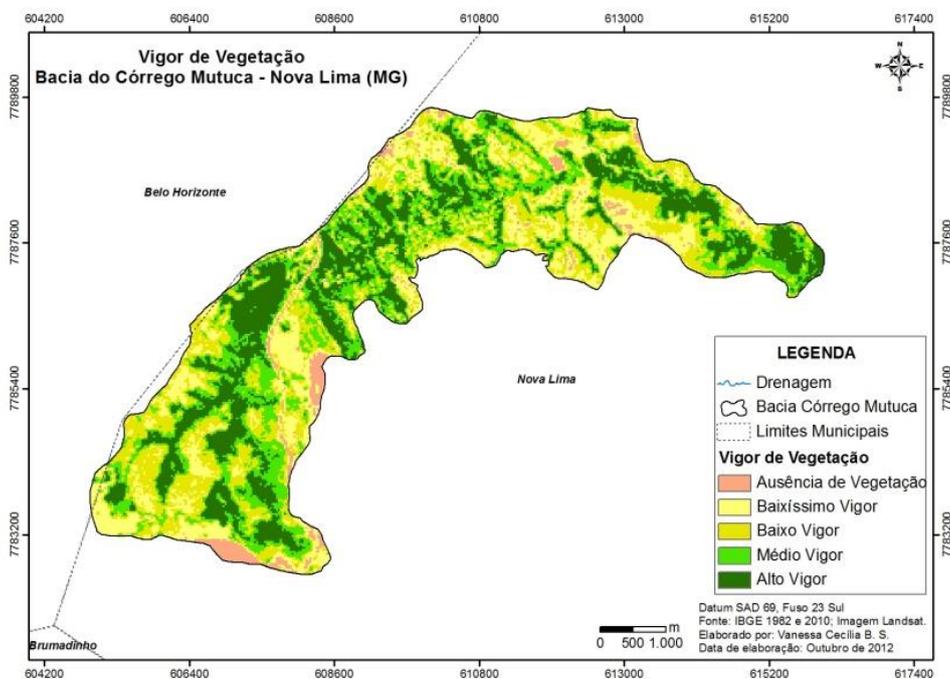


Figura 5: NDVI da bacia do córrego Mutuca



Salomão (2012, p.233) destaca a importância da cobertura vegetal como “defesa natural de um terreno contra a erosão”, e seus principais efeitos são: proteger o solo contra o impacto

direto das gostas de chuva, dispersão e quebra da energia das águas de escoamento superficial, aumento da infiltração pela produção de poros no solo por ação das raízes e aumento da capacidade de retenção de água pela estruturação do solo por efeito da produção e incorporação de matéria orgânica.

Ocupação e Uso do Solo

O município de Nova Lima integra o Eixo Sul da RMBH. De maneira conflitante, ao mesmo tempo em que é um dos principais eixos de expansão, também apresenta muitas limitações a essa expansão, no que se refere aos seus aspectos físicos, geológicos, geomorfológicos e pela presença de importante cobertura vegetal. O fato de encontrar-se quase que por completo dentro da APA Sul, limita a ocupação de muitas áreas do município, porém, não a impede. Em relação à ocupação da área, Peixoto (2005) ressalta que as terras disponíveis para expansão urbana pertenciam às mineradoras, e a administração do município encontrava-se nas mãos de governo comprometido com a reprodução do capital. Peixoto (2005, p.9) também ressalta que

A ausência da instância do planejamento e gestão metropolitana, se traduz na perda da referência para a análise ambiental dos empreendimentos e de seus efeitos sobre os municípios do entorno, atraindo para o licenciamento ambiental a responsabilidade de decidir sobre sua viabilidade ambiental sem as diretrizes municipais relacionadas às restrições e potencialidades de expansão urbana em seu território. Por outro lado, o setor produtivo ligado à mineração, que ofereceu forte resistência a criação da APA Sul, vislumbra a possibilidade de produzir loteamentos na região, como uma alternativa econômica promissora tendo em vista o progressivo descomissionamento das frentes de lavra.

Silva, Nunes e Gontijo (2009) ressaltam que a ocupação de Nova Lima encontra-se relacionada à atividade extrativista de ouro e ferro, principalmente, o que fez com que a concentração de terras predominasse nas mãos das mineradoras. Com a exaustão das minas, uma alternativa de fonte de renda foi a atividade imobiliária que ocorreu de maneira intensa nas décadas de 1970 a 1990, no que diz respeito à ocupação de condomínios “conduzidos por especuladores imobiliários que se aproveitaram da concentração de terras justamente numa área cujas características naturais poderiam ser aliadas a expansão urbana de Belo Horizonte” (p.2). Percebem-se então, conflitos no processo de expansão urbana, que ocorrem devido

A coexistência entre áreas de preservação e mineração; entre a propriedade fundiária altamente concentrada nas companhias mineradoras e a proliferação de lançamentos imobiliários residenciais de acesso controlado; entre as necessidades do planejamento de longo prazo dos zoneamentos ecológicos-econômicos das áreas de proteção ambiental e o imediatismo do marketing urbano (COSTA, 2003, p.159).

O Vale do Mutuca, localizado na área da bacia, abrange diversos condomínios que tiveram seu parcelamento aprovado na década de 1970, e recebeu grandes investimentos dos proprietários de terra e ausência de poder público. Outro fator relevante foi “a inexistência de legislação municipal específica definindo diretrizes para a expansão urbana e parcelamento do solo, com exigências que garantissem um projeto urbanístico adequado às características físicas do sítio, e a implantação de infra-estrutura urbana” (ANDRADE et al, s/d)

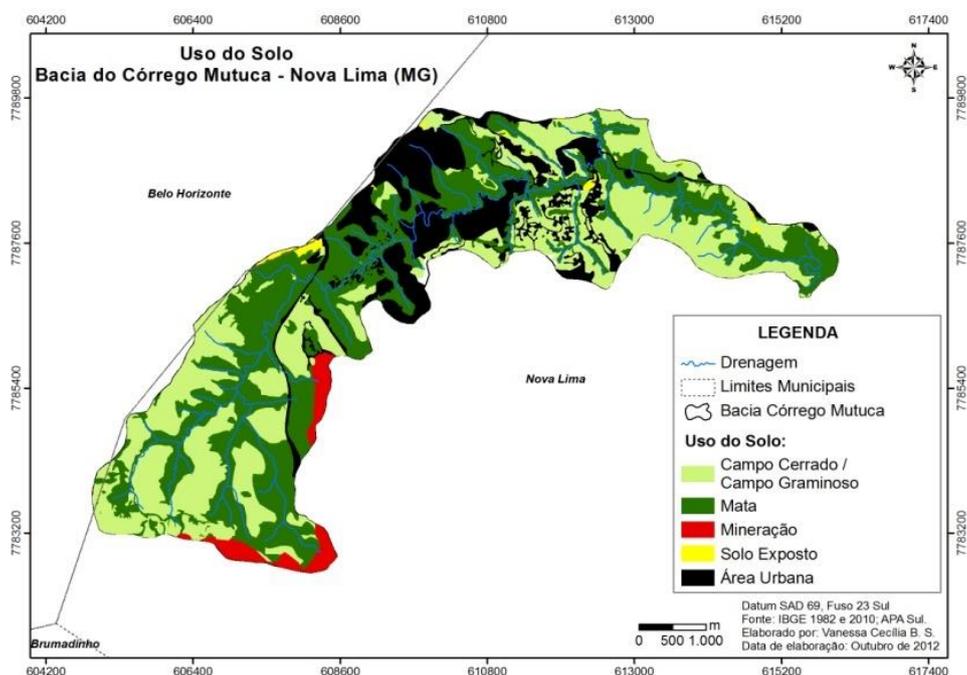
Outro fator que contribuiu para a expansão do trecho Oeste de Nova Lima foi a construção do BH Shopping, em 1979, no município de Belo Horizonte, a expansão da Avenida Nossa Senhora do Carmo e da BR040, além da existência da MG030 que liga o município à capital com fluxo intenso de veículos. Embora exista a facilidade de acessos, não são poucos os problemas em relação ao sistema viário, principalmente pelas condições de segurança de tráfego e ao crescimento de tráfego de passagem.

Em relação aos acessos internos, também existem problemas no que se refere, de acordo com o Andrade *et al* (s/d) aos projetos viários (declividade e largura de vias) e referentes à manutenção (pavimentação, erosão), que vem reforçar a questão de falta de políticas públicas

urbanas e de planejamento para darem conta dessas questões que estão em desarmonia com as características ambientais da área. Esses problemas aceleram o desencadeamento de erosões na área.

O atual uso e ocupação do solo do município é diversificado, apresentando áreas naturais e antropizadas, tendo sido identificadas os seguintes usos predominantes: atividade mineral (2,76%), área urbana/antropizada (17,03%), solo exposto (0,64%), mata (41,74%) e campo cerrado/campo graminoso (37,83%). Verifica-se que na maior parte da bacia prevalecem as áreas naturais, com presença de mata e cerrado, abrangendo 90,4% da bacia. Já a área antropizada, ocupada menor área e predomina em trechos da porção central, condomínios, e sudoeste, mineração, abrangendo 9,6% da bacia (Figura 6).

Figura 6: Uso e Ocupação do Solo da bacia do córrego Mutuca



As áreas de mata compõem cobertura vegetal mais densa, o que também pode ser observado na Figura 5. Essa cobertura densa protege o solo dos efeitos da água da chuva, contribuindo para que infiltre mais lentamente e evitando assim o escoamento superficial acelerado e intenso. Os campos de cerrado e campos graminosos, encontram-se sobre solos mais jovens, Cambissolo e Neossolo. Por serem coberturas rarefeitas, com predominância de espécies de herbáceas e gramíneas, são mais propensas a processos erosivos. Em pequenos trechos da bacia encontram-se solos expostos. São áreas com solos mais compactados e mais susceptíveis aos processos erosivos pela ausência da proteção vegetal. As áreas urbanas e de atividade mineral possuem solos intensamente alterados e compactados, gerando impermeabilização. O tráfego de pessoas e veículos pode acarretar a intensificação de processos erosivos, principalmente sulcos, muito comuns em beiras de estradas. As rodovias presentes na área são muito movimentadas, o que pode acarretar tais processos.

SIG E ANÁLISE AMBIENTAL

O Geoprocessamento consiste em um conjunto de técnicas e metodologias em ambiente computacional que permite analisar, espacialmente, informações geográficas. É um termo amplo por encontrar-se atrelado a diversas disciplinas científicas e tecnologias de apoio, dentre elas a Cartografia, Geodésia, Topografia, Sistema de Informações Geográficas, Sensoriamento Remoto, Ciência da Computação dentre outras. Essas disciplinas e tecnologias permitem a representação espacial computacional e a análise de informações geográficas que se aplicam ao estudo de fenômenos ambientais, sociais, econômicos e outros.

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é uma das técnicas (também considerado uma ciência de informação espacial) mais completas e amplas do Geoprocessamento, pois, permite trabalhar de maneira integrada abordagens de várias áreas do conhecimento, para o adequado e automatizado armazenamento, tratamento e manipulação de grande quantidade de informações espaciais.

Os SIG constituem importante técnica para os estudos ambientais por proporcionar rápida e constante integração e atualização de dados espaciais e alfanuméricos que permitem a análise de fenômenos em diferentes escalas. As características do SIG permitem compreender a distribuição espacial e o porquê da ocorrência de determinado evento em determinado lugar, assim como simular situações e planejar o ambiente para tomada de decisões, entre outras possibilidades.

Atualmente, a problemática ambiental tem sido abordada de maneira mais coerente com os acontecimentos e os envolvidos nos mesmos, considerando esses problemas não mais como simplesmente ambientais, mas sim como socioambientais, aonde o social e o natural são concebidos no mesmo processo, uma vez que a transformação do ambiente se dá devido às complexas interações sociedade-natureza.

O termo socioambiental tem sido o mais adequado quando se trata de meio ambiente, pois, segundo Mendonça (2011), tornou-se insuficiente referir-se a meio ambiente considerando apenas a vista da natureza, uma vez que existe uma problemática interação entre sociedade e natureza no presente. Nesse sentido, tem-se a importância da Legislação Ambiental, que consiste no conjunto de normas jurídicas estabelecidas apresentando os mecanismos legais para proteção do meio ambiente e disciplinar as ações humanas de modo a estarem compatíveis com a proteção do mesmo.

A Legislação Ambiental brasileira, por mais que seja ampla, apresenta alguns fatores que a torna pouco ágil. Nascimento (2005, p.208) ressalta que dentre esses fatores

Destaca-se a deficiência em meios e materiais para apurar com rigor as agressões ao meio ambiente. Diante desse fato, as metodologias possíveis de serem implementadas, por meio do geoprocessamento, tornam-se alternativas viáveis para reduzir de maneira significativa às deficiências relativas ao cumprimento das leis pertinentes. As condições oferecidas permitem integrar informação cartográfica e tabular, possibilitando por meio da análise ambiental estabelecer correlações espaciais, relações de causa e efeito e aspectos temporais que antes eram impraticáveis pelos meios tradicionais existentes, auxiliando de maneira decisiva a investigação da adequação do uso da terra em áreas de preservação permanente.

Com isso, é essencial considerar as interações e a dinâmica entre os aspectos ambientais, sociais e econômicos através da espacialização das informações que permitem a análise de fenômenos diversos que têm gerado inquietações na sociedade, sendo eles poluição, desertificação, mudanças climáticas e riscos ambientais, englobando riscos naturais e riscos naturais intensificados pela ação antrópica. Essa espacialização têm ganhado significativas contribuições das geotecnologias, especialmente do SIG a partir da representação das

informações e estabelecimento de relações sistêmicas de maneira automatizada, rápida e dinâmica.

Dentre as aplicações do SIG na análise ambiental pode-se citar Mapeamento Temático, Diagnóstico Ambiental, Avaliação de Impacto Ambiental, Ordenamento e Gestão Territorial e os Prognósticos Ambientais. Câmara e Medeiros (2001, p.10.2) apontam que, “na perspectiva moderna de gestão do território, toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente, incluindo o meio físico-biótico, a ocupação humana, e seu inter-relacionamento”. Nesse sentido, em projetos ambientais, a análise tem de ser feita de maneira integrada baseada na combinação de atributos de diferentes variáveis considerando suas características separadamente, independente da influência exercida pelas demais.

Em relação a esse tipo de análise integrada, Câmara e Medeiros (2001, P.10.3) ressaltam que “em Geoprocessamento, estes métodos objetivam identificar e descrever unidades homogêneas por meio dos procedimentos analíticos disponíveis num SIG”. Um exemplo desse tipo de análise é o do presente estudo, em que foi utilizado um método classificatório para agrupar áreas que apresentam, de acordo com as variáveis selecionadas, potencial de susceptibilidade erosiva semelhante, através da análise de multicritério com o método de álgebra de mapas.

GEOMORFOLOGIA URBANA E DESENCADEAMENTO DE EROSÕES

A Geomorfologia é a ciência que estuda a formação e dinâmica do relevo. O relevo é um elemento do meio físico que tem sua importância para o homem, principalmente no que se refere ao processo de ocupação, uma vez que o relevo é o suporte físico/terreno apropriado e transformado pelo homem, de acordo com suas necessidades.

Tendo o relevo como um terreno a ser ocupado, é importante analisar essa ocupação no espaço urbano. Alguns dos principais fatores que dão um caráter urbano ao espaço, segundo Souza (2010), são a dinâmica dos fluxos e o ritmo do trabalho e da vida cotidiana, que querendo ou não, causa certa invisibilidade ao relevo e seus processos.

Os processos geográficos e os espaços construídos expressam diferentes paisagens, indiferentes às formas do relevo e aos processos geomorfológicos, que também compõem essa paisagem e respondem pela dinâmica e ritmo do urbano. A dinâmica dos processos geomorfológicos, embora visível durante catástrofes urbanas, como movimentos de massa, enchentes, acúmulo de material em ruas e residências e outros, ainda está invisível aos olhos da população que percebe a chuva, a ineficácia do saneamento e infra-estrutura urbana, mas não perceber a dinâmica do relevo e seus processos (SOUZA, 2010, P.3).

Com isso, é indiscutível a importância que a Geomorfologia tem, ou deveria ter, nas políticas públicas urbanas, uma vez que

As mudanças econômicas e tecnológicas afetam as construções, e a manutenção do uso do solo na cidade, que por sua vez, influencia os processos geomorfológicos. À medida que o caráter socioeconômico de uma cidade se altera, há uma resposta geomorfológica para a qual a política urbana deve ser alterada (JORGE, 2011, p.141).

Nesse sentido, a Geomorfologia Urbana encarrega-se de estudar o relevo, buscando mostrar as consequências da dinâmica do relevo com a sociedade e, conseqüentemente, da ocupação e modificação no espaço socialmente produzido em ambiente urbano, considerando a interação dos agentes ambientais e sociais.

Jorge (2011) argumenta que a Geomorfologia Urbana tem como alguns de seus objetivos o conhecimento da topografia onde a cidade é construída, entender os processos geomorfológicos atuais modificados pela urbanização e prever as futuras mudanças geomorfológicas que poderão vir a ocorrer. Além disso, ressalta que “a geomorfologia tem um papel importante nas políticas públicas urbanas, porém, ela acaba só sendo acatada após a

ocorrência de desastres, principalmente quando há perda de vidas humanas” (JORGE, 2011, p.135). Esse importante papel deveria ser considerado antes da ocorrência desses desastres, justamente para que seja possível tomar medidas preventivas mais precisas, e consequentemente, evitar perdas materiais e de vida.

Uma das consequências da ocupação desordenada e sem planejamento adequado de uma área é o desencadeamento de erosões. Por definição, erosão consiste em

Um processo mecânico que age em superfície e profundidade, em certos tipos de solo e sob determinadas condições físicas, naturalmente relevantes, tornando-se críticas pela ação catalisadora do homem. Traduz-se na desagregação, transporte e deposição de partículas do solo, subsolo e rocha em decomposição pelas águas, ventos ou geleiras (MAGALHÃES, 2001, p.1).

Existem três principais tipos de erosão que se diferenciam pelo seu agente (água, vento e gelo), sendo elas: erosão hídrica, eólica e glacial. No Brasil, por ser um país em que predomina o clima tropical, o principal agente atuante é a água, consequentemente, a erosão hídrica é a mais atuante.

A erosão hídrica consiste no desprendimento e transporte de partículas e elementos nutritivos do solo a partir da ação das gotas de chuva, seja ao impactar o solo e cair, seja pelo escoamento superficial. Os principais tipos de erosão pela ação da água são: laminar, sulcos, ravinas e voçorocas.

A erosão laminar, de acordo com Santos *et al* (2005, p.59) “refere-se ao tipo de remoção mais ou menos uniforme de camadas do solo em uma área, sem o aparecimento de sulcos na superfície”. Já a erosão em sulcos “diz respeito à remoção do solo através de sulcos e canais, nos quais se concentra o escoamento superficial da água”. Dependendo da frequência e profundidade dos sulcos, pode ser classificado em ravina ou voçoroca.

As erosões podem ser desencadeadas de forma natural, quando uma área apresenta características que a torna naturalmente susceptível à erosão, sem a influência antrópica. Esse tipo de erosão depende, dentre outros fatores, da precipitação, do escoamento superficial, presença de cobertura vegetal e da declividade, que influencia diretamente na ação da água sobre o terreno. Já a erosão acelerada corresponde à intensificação do potencial erosivo de uma área devido às ações do homem com a ocupação não planejada de um local e dos novos elementos que surgem em um ambiente ocupado (lixo, resíduos, entulho, etc). Magalhães (2001) discute alguns fatores que favorecem a erosão urbana no Brasil, principalmente no que se refere à ocupação do ambiente para bota-fora de obras e depósito de lixo, que cria pontos de instabilidade de encosta juntamente com o manejo inadequado. A construção de acessos também contribui para a ocorrência de erosões. Lembrando que, principalmente, no espaço urbano, a maioria dos processos erosivos, e outros processos relacionados, ficam “invisíveis” diante de toda a dinâmica que envolve um espaço urbanizado.

Em ambiente urbano, esse agravamento é mais perceptível, uma vez que ocupações diversas são realizadas em áreas, que por suas características naturais, não deveriam ser ocupadas, ou deveriam ser ocupadas respeitando certos limites e após intervenções humanas adequadas. Algumas características de litologia e declividade, por exemplo, podem limitar intensamente a ocupação humana. Outro fator de limitação à ocupação humana é a existência de uma diversidade biológica a ser preservada. Um exemplo de área com condicionamentos à ocupação são as Áreas de Preservação Permanente (APP). As APP's são áreas protegidas, nos termos da Lei nº 12.651 do Código Florestal, “cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas”. Essas áreas são importantes para a manutenção da qualidade e quantidade dos recursos hídricos da bacia, uma vez que apresenta áreas de recarga de mananciais.

O maior ou menor impacto que uma ocupação antrópica pode causar no ambiente, depende das características dos condicionantes ambientais da área, e de como a ocupação e o manejo da área é feito. Sobre isso, Silva *et al* (1995, p.101) argumenta que

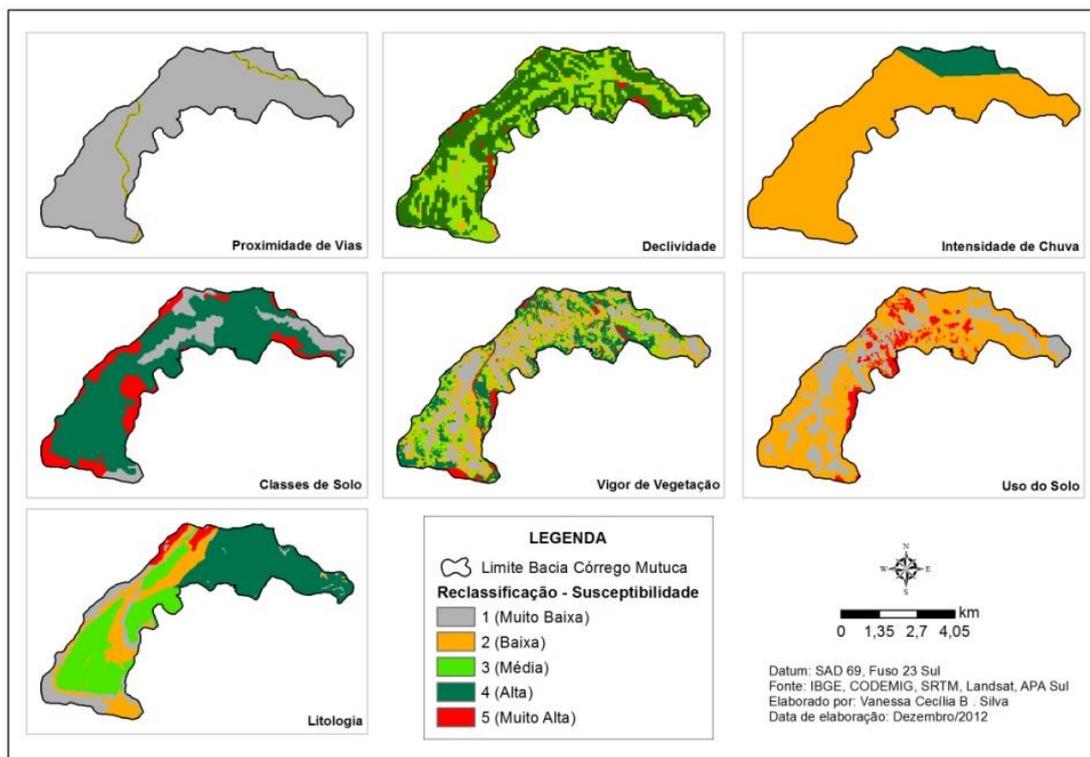
A ação antrópica faz do homem um agente preparatório de excepcional eficácia na ativação dos processos de erosão; a remoção da cobertura vegetal expõe o solo ao impacto direto da chuva, retira-lhe a proteção proporcionada pela trama de raízes, submete-o a insolação intensa, responsável por importantes mudanças estruturais consequentes dos repetidos ciclos de embebição e ressecamento; a execução de escavação nos processos de urbanização, nas construções, na lavra de materiais de empréstimo e de agregados granulares para a pavimentação, a acumulação de estéreis, rejeitos e bota-foras em áreas íngremes; a concentração do fluxo frequentemente associada a essas intervenções constituem os principais tipos de ação preparatória de que resulta a exacerbação dos processos erosivos.

A ocupação e urbanização no Município de Nova Lima vêm crescendo em determinadas regiões, como a bacia do Córrego Mutuca que apresenta ocupação diversificada. A análise da susceptibilidade erosiva na bacia permitiu compreender como a ação antrópica pode influenciar nessa susceptibilidade. Bonna (2011) ressalta que, na elaboração do mapa de susceptibilidade erosiva, a influência de cada condicionante é diferente, uma vez que cada área tem suas peculiaridades, podendo apresentar variedade litológica, declividade acentuada, e outros fatores que podem influenciar nos processos erosivos. Sendo assim, o ideal é que após a elaboração do mapa, realize-se um campo na área com o intuito de verificar se o resultado é coerente ou não.

RESULTADOS E ANÁLISES

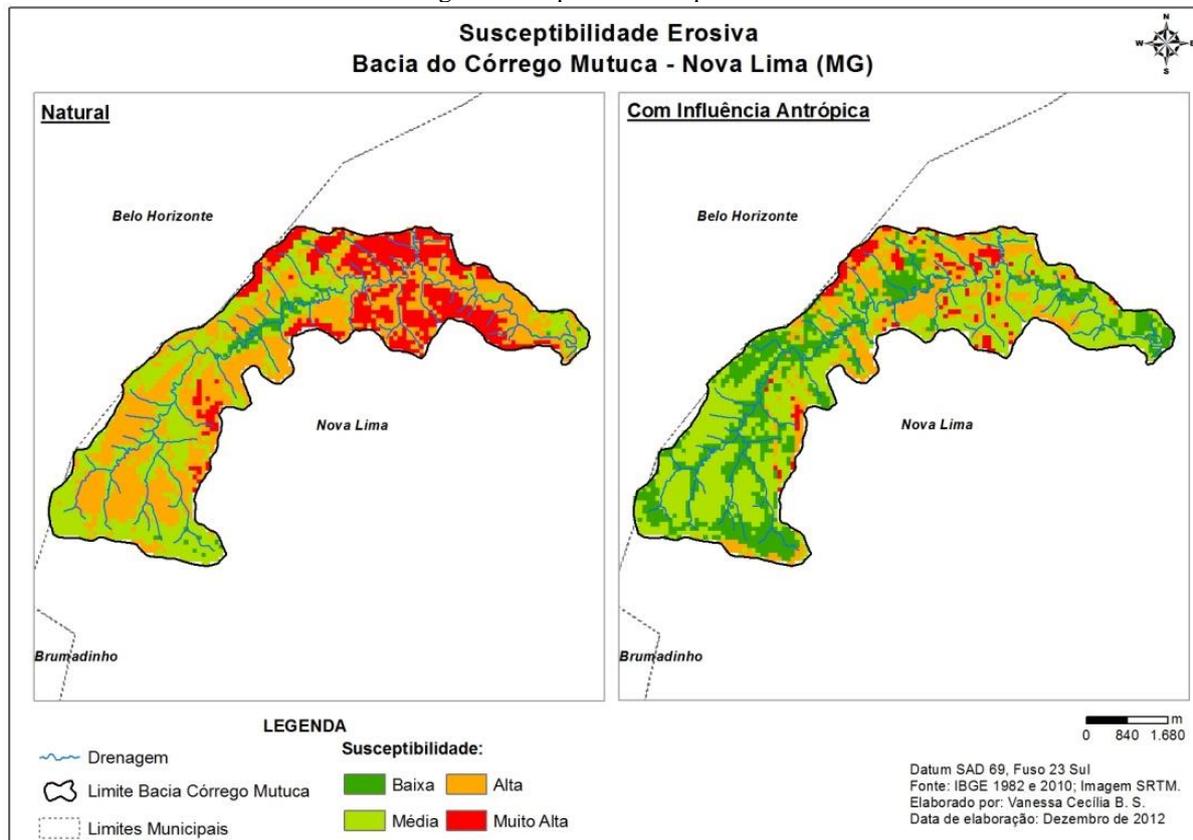
Para a elaboração dos mapas finais, realizou-se a reclassificação de cada variável para que todas ficassem numa mesma escala de valor, que variou de muito baixa a muito alta (Figura 7).

Figura 7: Reclassificação das variáveis



Os dois mapas elaborados (natural e com influência antrópica) não apresentaram susceptibilidade muito baixa, sendo assim, foram analisadas as áreas com susceptibilidade baixa, média, alta e muito alta (Figuras 8).

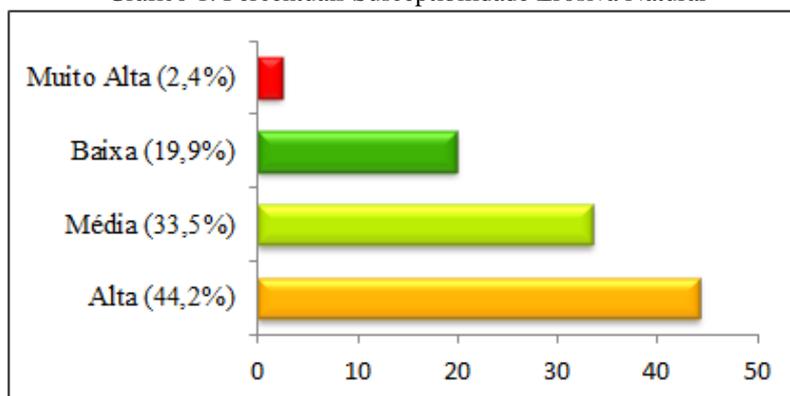
Figura 8: Mapas de Susceptibilidade Erosiva



Susceptibilidade Erosiva Natural da Bacia

O Gráfico 1 apresenta os percentuais da área das classes de susceptibilidade. A maior parte da área apresenta susceptibilidade alta, cobrindo 44,2% da área, seguido de média, com 33,5% e baixa com 19,9% e em alguns trechos tem-se susceptibilidade muito alta, abrangendo área de 2,4%.

Gráfico 1: Percentuais Susceptibilidade Erosiva Natural



A baixa susceptibilidade encontra-se em pequenos trechos da bacia nas porções sul, central e leste. Na alta e média bacia, abrangendo maiores áreas, tem-se susceptibilidade média com predominância de Cambissolo Háplico com textura média a alta cascalhenta e argilosa sobre filito, talco xisto, em declividade predominante de 20 a 50% caracterizando relevo forte a ondulado. As características desse solo juntamente com a declividade contribuem para a ocorrência de processos erosivos, porém, como a área está coberta por vegetação (alto vigor) de mata e campo cerrado/graminoso, pode amenizar a intensificação de processos erosivos. As áreas com Latossolo Vermelho, trecho da porção central, com textura argilosa sobre talco xisto, em declividade predominante de 7 a 20% caracterizando relevo ondulado. Por ser um solo muito desenvolvido, apresenta características que o classificam como pouco susceptível, ainda mais por encontrar-se em áreas com vegetação densa (alto vigor) de floresta tropical subperenifólia. Sendo assim, o fator que contribui mais para a susceptibilidade desse trecho de Latossolo é a litologia.

A maior área da bacia enquadrou-se na classe de alta susceptibilidade à erosão. Há predominância de Cambissolo Háplico e pequenos trechos com presença de Canga (sul), Neossolo Litólico (sudeste e noroeste) e Latossolo Vermelho (centro). Características semelhantes de declividade, em relação à classe de média susceptibilidade, sobre, principalmente, sericita e quartzo, que são bem resistentes, o que sugere que a alta susceptibilidade não é atribuída à variável litologia. A vegetação apresenta é diversificada, apresentando trechos com baixíssimo/baixo vigor até médio/alto vigor com áreas de floresta tropical. Sendo assim, verifica-se que as variáveis que mais contribuem para a alta susceptibilidade são a classe de solo, declividade e vegetação.

A susceptibilidade muito alta abrange, principalmente, a porção leste da bacia e pequenos trechos na porção sudeste. Nessas áreas predominam o Cambissolo Háplico e Neossolo Litólico, solos com alta susceptibilidade erosiva. Os Neossolos Litólicos apresentam textura média cascalhenta. Encontram-se principalmente sobre quartzo, itabirito e sericita, caracterizando uma litologia resistente. A declividade predominante varia de 21 a 72% caracterizando relevo forte ondulado a escarpado com ausência a baixo vigor de vegetação. Sendo assim, constata-se que o fator declividade, classe de solos e vegetação são os principais contribuintes para a alta susceptibilidade da área.

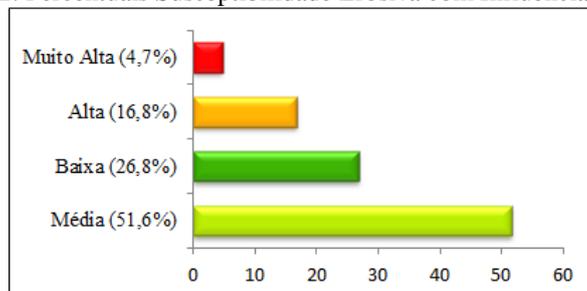
Essa análise permitiu constatar que as variáveis que mais contribuem para a susceptibilidade da bacia são: classe de solos, vegetação e declividade.

Susceptibilidade Erosiva com Influência Antrópica

A influência antrópica gera modificações na dinâmica natural das variáveis do meio físico. No caso da bacia do córrego Mutuca, como 79,57% da área corresponde à ocupação natural, verifica-se que há menos influência antrópica, no entanto, nos trechos em que ela ocorre, verifica-se intensificação da susceptibilidade de erosão.

O Gráfico 2 apresenta o percentual das classes de susceptibilidade erosiva com influência antrópica.

Gráfico 2: Percentuais Susceptibilidade Erosiva com Influência Antrópica



Considerando os dois Gráficos (1 e 2), verifica-se as mudanças dos percentuais das classes de susceptibilidade. Com a influência antrópica houve aumento de 6,9% da classe de baixa susceptibilidade, de 18,1% na média e 2,3% da muito alta, ao contrário da classe alta que teve diminuição de 27,4%.

Em outro cenário, em que a ocupação antrópica fosse mais intensa, esse percentual aumentaria nas classes mais altas, porém, o caso dessa bacia é diferente, pois, como já foi ressaltado, a área de ocupação antrópica é pequena. Sendo assim, a variável uso do solo mostrou baixa influência no que se refere a toda a bacia, porém, nos trechos em que ela ocorre, contou-se aumento da susceptibilidade.

Outro motivo para essa redução do percentual da classe alta foi devido ao valor do peso definido para a variável uso do solo (35%). Devido a isso, as variáveis naturais que apresentam maior influência ficam “mascaradas”.

Nas áreas com susceptibilidade alta e muito alta predominam os Cambissolos e Neossolos Litólicos, sobre, principalmente, sericita, itabirito e quartzo, em declividades de 21 a 50% com trechos mais declivosos, caracterizando relevo forte ondulado. O vigor de vegetação correspondente varia de ausente a baixo vigor. A porção leste apresenta ocupação caracterizada por campo cerrado/graminoso com pouca intensidade de área urbanizada, já a porção central apresenta maiores trechos de área urbanizada e a parte sudeste apresenta área de atividade mineral.

Aonde a susceptibilidade é baixa, predominam os Cambissolos Háplicos sobre filito e talco xisto em declividades de 7 a 20% caracterizando relevo ondulado com alto vigor de vegetação. O uso é caracterizado por mata, campo cerrado/graminoso e pequenos trechos de área urbana.

E nas áreas com média susceptibilidade, há presença de Neossolos Litólicos e Cambissolos Háplicos em áreas de exposição de canga, itabirito e sericita, com vigor de vegetação que varia de baixo a alto. São áreas em que o uso do solo corresponde a campo cerrado/graminoso e mata, com pequenos trechos ao norte de urbano, solo exposto e atividade mineral.

Silva, Nunes e Gontijo (2009) verificaram a potencialização dos processos erosivos devido à atuação antrópica, nas áreas em que se têm os conjuntos urbanos, devido, principalmente, à retirada de cobertura vegetal e realização de terraplanagem, associada à declividade da área. Os autores também ressaltam que como a ocupação dessa região se deu anteriormente à lei de parcelamento do solo, diversas edificações foram construídas em locais inadequados, que hoje são consideradas APP's. que podem prejudicar as características ambientais da área (SILVA, NUNES e GONTIJO, 2009). Os autores também constataram que a ocupação da área não condiz com as características de declividade, o que potencializa o desencadeamento de mais processos erosivos. Também agravam esse fator, as técnicas inadequadas e insuficientes que são utilizadas para controlar os processos erosivos e para distribuição de água dentro dos condomínios (SILVA, NUNES e GONTIJO, 2009).

Sendo assim, constata-se a importância de melhor conhecimento do ambiente ocupado para adoção de melhores formas de uso e ocupação do solo, bem como para criar medidas para evitar e controlar os processos erosivos que na área se desenvolvem.

Breve Análise Complementar

Considerando os polígonos de direito minerário (DNPM, 2012), é possível realizar uma breve análise sobre possíveis alterações no cenário atual da bacia do córrego Mutuca. Na área, encontram-se 18 processos do ano de 1935 a 2012, sendo 7 para Requerimento de Lavra, 2 para Disponibilidade, 7 para Concessão de Lavra e 2 para Autorização de Pesquisa.

Constata-se que apenas 15,44% da área da bacia encontram-se fora dos polígonos do DNPM, o que indica que a curto ou longo prazo significativa área da bacia pode ter a ocupação alterada, principalmente pelo fato de a maior área estar em fase de Concessão de Lavra de ferro, ouro, bauxita e minério de ferro. Esse é um fator importante a ser considerado já que no momento que as empresas começarem a explorar a área concedida, causará diversos efeitos, dentre eles a atração de mão de obra para trabalhos relacionados com a exploração mineral, construção de moradias e acessos, o que direta e indiretamente poderá acarretar na supressão de vegetação, degradação do solo e conseqüentemente no desencadeamento e aceleração dos processos erosivos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos de diagnóstico ambiental são primordiais para planejar e gerir o ambiente de forma adequada com as características e limitações que ele apresenta. Nesse contexto, a análise da susceptibilidade erosiva pode ser considerada um suporte para o diagnóstico ambiental, pois, trás informações relevantes sobre o cenário de um ambiente, considerando suas possíveis fragilidades permitindo assim, a busca por possibilidades de remediação.

Neste estudo, a análise de multicritério mostrou-se eficiente, pois, permitiu combinar variáveis e elaborar os mapas sínteses finais que permitiram a análise qualitativa e quantitativa da susceptibilidade erosiva da área, permitindo analisar as possíveis variáveis que mais influenciam na susceptibilidade.

Na maioria dos estudos dessa natureza, o fator humano tem peso maior, uma vez que as intervenções antrópicas alteram o meio natural e podem acarretar conseqüências negativas para homem. No caso da bacia do córrego Mutuca, esse aspecto foi considerado no segundo mapa de susceptibilidade erosiva elaborado, porém, no primeiro (susceptibilidade natural) verificou-se que os fatores solo e declividade influenciam mais na vulnerabilidade da área, o que não ocorre com a litologia. No segundo mapa (susceptibilidade com influência antrópica) os fatores uso e ocupação do solo e proximidade de vias, mostraram ter significativa relevância nos trechos em que se encontram, porém, são áreas pequenas, o que implicou na geração de um mapa que teve como resultado a diminuição da alta susceptibilidade erosiva, generalizando algumas informações observadas no primeiro mapa. Isso se deu, devido ao valor do peso atribuído para o uso do solo.

Esses resultados obtidos permitem realizar uma série de análises referentes à metodologia empregada: é essencial realizar um estudo preliminar sobre as características de cada variável considerada para verificação de quais têm mais importância na susceptibilidade da área (considerando-as individualmente) e; sempre que possível, realizar campanhas de campo para verificação das informações levantadas previamente em escritório.

É sempre importante destacar as contribuições do uso do SIG, que foi primordial para a elaboração dos documentos cartográficos e das análises mais eficazes. Lembrando que os resultados eficazes obtidos pelo SIG são alcançados apenas com a pesquisa e coleta de dados confiáveis, por parte do usuário, em projeções e escalas compatíveis, de maneira que não haja distorção das informações e não comprometa a veracidade das análises.

Pretende-se dar continuidade a este estudo realizando testes a partir da elaboração de mapas de susceptibilidade com a influência antrópica, estipulando pesos diferentes aos que aqui foram dados para analisar os resultados comparando com os aqui expostos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Ana Maria de Souza B. de; et al. Diagnósticos, Conclusões e Recomendações – Vale da Mutuca. Disponível em: <<http://www.promutuca.com.br/diagnosticos.htm>>. Acesso em agosto de 2012.
- BONNA, Joyce Luiza. Mapeamento Pedológico e de Suscetibilidade Erosiva no Alto Córrego Prata (Ouro Preto-MG). Dissertação de Mestrado em Geografia na Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011. P.119.
- BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de Maio de 2012, que institui o novo Código Florestal. Disponível em: <http://www.lei.adv.br/4771-65.htm>.
- CÂMARA, Gilberto; MEDEIROS, José Simeão de. Geoprocessamento para Projetos Ambientais. In: CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira (Org.). Introdução à Ciência da Geoinformação. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2001.
- CREPANI, Edison et al. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2001. P.124.
- CODEMIG, Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais. Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero. Base de dados na escala 1:50.000. 2005.
- COSTA, Heloísa Soares Moura. Natureza, Mercado e Cultura: Caminhos da Expansão Metropolitana de BH. In: MENDONÇA, Jupiara Gomes de; GODINHO, Maria Helena de Lacerda. (Org.). População, Espaço e Gestão na Metrópole: Novas Configurações, Velhas Desigualdades. Belo Horizonte: PUC.Minas, 2003. P. 159-179.
- DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. Base de Dados: Polígonos dos Processos Minerários, Dezembro. 2012.
- GRANELL-PÉREZ, María Del Carmen. Trabalhando Geografia com as Cartas Topográficas. 2ª edição. Ijuí: Ed. Unijuí, 2004. 128 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cartas Topográficas escala 1:50.000: SE-23-Z-C-VI-3 – Belo Horizonte (1977) e SF-23-X-A-III-1 – RioAcima (1979). Base de Dados: Limites Municipais (2010).
- IMAGEM DO GOOGLE EARTH, ano de 2012.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Imagem de satélite Landsat 5 TM. 2010.
- JORGE, Maria do Carmo Oliveira. Geomorfologia Urbana: Conceitos, Metodologias e Teorias. In: GUERRA, Antônio José Teixeira. (Org.). Geomorfologia Urbana. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2011. P. 117-145.
- LIMA, Silmar Teixeira; SOUZA, Jorge Batista de. O Geoprocessamento Aplicado na Identificação de Áreas com Susceptibilidade a Movimento de Massas no Parque das Mangabeiras em Belo Horizonte – MG. Revista e-Scientia UniBH, V.1, n.1, 2008.

MAGALHÃES, Ricardo Aguiar. Erosão: Definições, Tipos e Formas de Controle. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Goiânia (GO), maio de 2001. P.1-11.

MENDONÇA, Francisco. Geografia Socioambiental. Revista Terra Livre, Publicação da Associação dos Geógrafos Brasileiros, nº16, 1º semestre de 2011, p.113 – 132. 2001.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso

MOURA, Ana Clara Mourão. Reflexões Metodológicas como Subsídio para Estudos Ambientais Baseados em Análise de Multicritérios. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil. Abril de 2007. P.2899-2906.

NASCIMENTO, Melchior Carlos do; SOARES, Vicente Paulo. Uso do Geoprocessamento na Identificação de Conflito de Uso da Terra em Áreas de Preservação Permanente na Bacia Hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo. Ciência Florestal, ano/volume 15, número 002. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2005. P.207-220.

PEIXOTO, Monica Campolina Diniz. Expansão Urbana e Proteção Ambiental: Um Estudo a partir do Caso de Nova Lima/MG. XI Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional. Maio de 2005, Bahia.

Projeto APA Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH. Base de Dados escala 1:50.000: Classes de Solo. 2005.

SALOMÃO, Fernando Ximenes de Tavares. Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; SILVA, Antônio Soares da; BOTELHO, Rosângela Garrido Machado (Org.). Erosão e Conservação de Solos – Conceitos, Temas e Aplicações. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2012. P. 229-267.

SANTOS, Raphael David dos; et al. Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. 5ª edição. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2005. 92 p.

SILVA, Paulo Eduardo Alves Borges da; NUNES, Alfredo Costa; Malena Silva; GONTIJO, Natália Maranha. Problemas Associados ao Uso do Solo em Condomínios Fechados: Intensificação de Processos Erosivos no Trecho a Montante do Córrego Mutuca, Nova Lima-MG. In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Viçosa, 2009.

SILVA, A. B. et al. Estudos Geológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos e Geoambientais Integrados do município de Belo Horizonte. IGC/UFMG. Belo Horizonte, 1995, 138 p.

SOUZA, Carla Juscélia de Oliveira. Dinâmica do Relevo no Estudo Geográfico Urbano: Discussão Teórica e Prática. VI Seminário Latino Americano de Geografia Física, II Seminário Ibero Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra, Maio de 2010.

ZEE – MG – Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais. Base de dados escala 1: 250.000: Intensidade de Chuvas. 2005.