



Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFPR

A ATIVIDADE MINERÁRIA E SUA RELAÇÃO NO AUMENTO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE CORDEIRÓPOLIS/SP

MINING AND ITS RELATIONSHIP WITH INCREASING ENVIRONMENTAL FRAGILITY IN THE MUNICIPALITY OF CORDEIRÓPOLIS/SP

(Recebido em 08-08-2018; Aceito em: 19-02-2019)

Paulo Henrique Vieira

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho *campus* Rio Claro
paulohenrique.vieira@yahoo.com.br

Aline Cristina Alves da Silva Vieira

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul *campus* Três Lagoas
alinegeo_ufms@yahoo.com.br

Resumo

Atualmente, a relação entre a sociedade e natureza vem sendo debatida amplamente em fóruns e congressos, principalmente, sobre os efeitos negativos que as atividades antrópicas causam ao meio ambiente. O homem explora os recursos naturais visando atender seus interesses e necessidades. Nesta conjuntura, encontra-se o objeto de estudo deste trabalho, o município de Cordeirópolis/SP, o qual se localiza na microrregião de Limeira e pertence ao polo cerâmico de Santa Gertrudes. Devido à presença deste complexo industrial, o objetivo do trabalho foi analisar a fragilidade ambiental do município em relação à mineração das indústrias cerâmicas. Visando atender tal objetivo adotou-se os seguintes procedimentos metodológicos: Revisão Bibliográfica; Aquisição dos dados cartográficos; Organização dos dados; Elaboração dos mapas temáticos (mapa de uso e ocupação das terras, mapa de declividade, mapa de geologia, mapa de pedologia e mapa de fragilidade ambiental); e por fim, trabalhos de campo na área de estudo. Dessa forma, o trabalho fez uma análise da fragilidade ambiental da mineração em Cordeirópolis/SP, propondo uma divisão do município em 5 classes de fragilidade (Muito Fraca, Fraca, Média, Forte e Muito Forte) e, assim, de acordo com os aspectos físicos e antrópicos, determinar a fragilidade dos locais às atividades minerárias. Desse modo, acredita-se que a classificação realizada revela os diversos níveis de fragilidade ambiental existentes na área de investigação e sua distribuição espacial em relação à atividade de mineração, cujo resultado pode auxiliar na gestão e planejamento territorial.

Palavras chave: Fragilidade ambiental; Mineração; Indústrias cerâmicas.

Abstract

Currently, the relationship between society and nature has been widely debated in forums and congresses, mainly on the negative effects that anthropic activities cause to the environment. Humans explore the natural resources in order to meet his interests and needs. Therefore, study object of this work is the municipality of Cordeirópolis/SP, which is located in the micro-region of Limeira and belongs to the Santa Gertrudes ceramic pole. Due to the presence of this industrial complex, the objective of the work was to analyze the environmental fragility of the municipality in relation to the mining of the ceramic industries. In order to meet this objective, the following methodological procedures were adopted: Bibliographic Review; Acquisition of cartographic data; Organization of data; Elaboration of thematic maps (map of land use and occupation, declivity map, geology map, pedology map and map of environmental fragility); and finally, fieldwork in the study area. In this way, the work made an analysis of the environmental fragility of the mining in Cordeirópolis/SP, proposing a division of the municipality in 5 classes of fragility (Very Weak, Weak, Average, Strong and Very Strong) and, according to the aspects physical and anthropogenic, determine the fragility of sites to mining activities. Thus, it is believed that the classification carried out reveals the different levels of environmental fragility in the research area and their spatial distribution in relation to the mining activity, the result of which can aid in territorial planning and management.

Key words: *Environmental fragility; Mining; Ceramic industries.*

Introdução

Em função de todos os problemas decorrentes das práticas predatórias, que marcaram a história do crescimento econômico do Brasil, e que, conseqüentemente, a longo prazo trouxe complicações diante do desperdício dos recursos naturais e, com perda da qualidade ambiental.

Assim, é necessário que as intervenções antrópicas, sejam planejadas adotando-se objetivos claros de ordenamento territorial, tomando como premissa as potencialidades dos recursos naturais e humanos, e as fragilidades dos ambientes.

É crescente a preocupação da comunidade científica de órgãos governamentais e de organizações não governamentais com a evolução da ocupação dos espaços pela sociedade, que se vem acentuando sobremaneira, servindo para ressaltar a importância do planejamento ambiental, despertando cada vez mais as necessidades do conhecimento do meio físico nos diagnósticos ambientais (GUERRA; MARÇAL, 2014).

Nesse contexto, torna-se cada vez mais importante o planejamento, levando-se em consideração não apenas as potencialidades, mas principalmente a fragilidade das áreas com intervenções antrópicas (BACANI *et al*, 2015). Os estudos relativos à fragilidade são de extrema importância ao planejamento ambiental, cujo centro de preocupação é o desenvolvimento sustentado, no qual a conservação e recuperação ambiental estejam em congruência com o desenvolvimento tecnológico (ROSS, 1994).

A concepção de fragilidade ambiental surgiu a partir da análise integrada das relações sociedade-natureza, no qual os humanos são os centros das preocupações e as questões ambientais

são antes de tudo socioculturais (SANTOS; ROSS, 2012). De acordo com Spörl (2007) a fragilidade ambiental consiste no grau de susceptibilidade a qualquer tipo de dano, ou seja, está relacionada aos ambientes em situação de risco, causado pelas próprias condições naturais somadas às contribuições das ações antrópicas, provocadas pelo uso e ocupação da terra.

Nesse cenário de intervenção antrópica, destaca-se o Polo Cerâmico de Santa Gertrudes (PCSG), maior polo cerâmico das Américas, o qual se localiza na porção Centro-Leste do Estado de São Paulo e engloba os municípios de: Cordeirópolis, Santa Gertrudes, Iracemápolis, Limeira, Piracicaba, Araras, Rio Claro e Ipeúna. Em virtude da abundância de matéria-prima de alta qualidade, da localização geográfica privilegiada e da infraestrutura rodoviária, a atividade ceramista do polo surgiu na década de 1970, com a instalação da indústria de cerâmica vermelha, tradicional na região. Atualmente, das 47 cerâmicas do estado de São Paulo, 34 estão localizadas no Polo Cerâmico de Santa Gertrudes responsáveis por gerar aproximadamente 15 mil empregos diretos e 200 mil indiretos; do total das indústrias do polo 10 localizam-se no município de Cordeirópolis/SP; o polo de Santa Gertrudes produz 42,7 milhões de m² de revestimentos cerâmicos, representando 91,4% do total estadual. Quanto ao faturamento, até setembro de 2016, São Paulo obteve um lucro de 388,74 milhões de reais, ao passo que o polo cerâmico obteve 332,97 milhões de reais (ASPACER, 2016).

Em Cordeirópolis/SP há vários locais de mineração (4 no total) e tal atividade causa diversos impactos ao meio ambiente, conforme Faleiro e Lopes (2010) afirmam:

Provocam mudanças no relevo local através da retirada da cobertura vegetal, desmonte de rocha e armazenamento de minérios e de rejeitos. Tais operações impactam diretamente a vegetação e a hidrografia local, ou mesmo regional, podendo causar modificações no equilíbrio ecológico repercutindo no relevo, na biota, na qualidade do ar e das águas, ou seja, sobre todo o ambiente. A poluição da água e do ar são impactos extremamente importantes de serem diagnosticados e avaliados, uma vez que afetam diretamente a população local. A poluição do ar ocorre principalmente nas etapas de lavra, através dos desmontes, transporte de materiais e beneficiamento. A remoção da cobertura vegetal, o desenvolvimento da mina a céu aberto e a disposição dos rejeitos causam grandes impactos na paisagem (FALEIRO; LOPES, 2010: 100).

Assim, pretende-se analisar de forma integrada os aspectos geológicos, pedológicos, de declividade e uso e ocupação das terras visando um diagnóstico da fragilidade ambiental da mineração no município de Cordeirópolis/SP. Em função disso, o auxílio do Sistema de Informação Geográfica (SIG) é de suma importância, pois permite manusear grande volume de dados e fornece estratégias para a tomada de decisão. Além disso, contribui na elaboração de produtos que podem auxiliar no planejamento territorial, aliando elemento de diversas áreas do conhecimento de forma integrada. A integração de mapas é a “função mais importante de análises do SIG, ele permite que informações de temas distintos sejam sobrepostas, gerando um produto que contém novas relações espaciais” (ROSA; ROSS, 1999, p.89).

Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar a fragilidade ambiental para o município de Cordeirópolis/SP diante da presença de áreas de mineração (4 no total), a partir da análise espacial integrada de elementos naturais e antrópicos com apoio de geoprocessamento

Material e Métodos

Para a produção do trabalho utilizou-se documentos cartográficos, produtos sensores e geotecnologias como Sistema de Posicionamento Global (GPS) e o Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Material

- Base cartográfica digital do município de Cordeirópolis (no formato *.dwg*), na escala 1:25.000, fornecida pela Secretaria de Planejamento e Habitação da Prefeitura Municipal de Cordeirópolis/SP;
- 10 Cartas Topográficas (1979) analógicas, na escala de 1:10.000, do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC);
- 2 Cartas Pedológicas (1985) digitalizadas, escala de 1:50.000, fornecidas pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC);
- Dados Geológicos (2014) (*.shp*), na escala 1:100.000, fornecidos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM);
- 4 Ortofotos Digitais georreferenciadas (2010/2011), na escala original de 1:25.000, da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S/A (EMPLASA);
- GPS – modelo *etrex 20*, da Garmin, do DEPLAN/UNESP;
- ArcGIS – modelo 10.3, desenvolvido pela ESRI.

Métodos

Para o desenvolvimento do trabalho a metodologia foi dividida nas seguintes etapas:

Revisão Bibliográfica

Nesta etapa, realizou-se o levantamento bibliográfico e a análise das principais referências (livros, artigos, periódicos, etc.), obtidas no acervo da biblioteca da UNESP – Campus de Rio Claro/SP, além de *sítes* especializados, como o intuito de obter embasamento teórico sobre a temática em questão e um melhor conhecimento da área de estudo.

Aquisição dos dados cartográficos

Adquiriu-se documentos cartográficos digitais da Secretaria de Planejamento e Habitação da Prefeitura Municipal de Cordeirópolis, bem como Ortofotos Digitais (2010/2011) que recobrem todo o município, na escala de 1:25.000, da EMPLASA. Além disso, obteve-se dados dos aspectos físicos, como o Geológico (CPRM, 2014), Pedológico (IAC, 1977) e de Declividade (IGC, 1979), com o objetivo de elaborar mapas temáticos.

Organização dos dados

A base cartográfica do município de Cordeirópolis/SP, os dados existentes nas pesquisas científicas e nos órgãos de planejamento, foram organizados e integrados em um banco de dados digitais.

Vale ressaltar que alguns elementos estavam incompletos ou com coordenadas incompatíveis (neste trabalho utilizou-se coordenadas Universal Transversa de Mercator – UTM), o que demandou adequações (vetorização e edição) utilizando o ArcGIS.

Elaboração dos mapas temáticos

Os mapas temáticos foram elaborados no ambiente do SIG, utilizando-se a interface do ArcMap do software ArcGIS 10.3. Nesse ambiente, adotou-se o sistema de coordenadas UTM e o Datum SIRGAS 2000, zona 23 Sul.

Mapa de uso e ocupação das terras do município de Cordeirópolis/SP

Para a delimitação das classes, utilizou-se o método de fotointerpretação de Rosa (2009), o qual se baseia em elementos da imagem como: tonalidade (cor), textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e sombra. Após a distinção das classes, utilizou-se os recursos de desenho e edição do ArcGIS 10.3 para vetorizar manualmente cada classe de uso e ocupação da terra identificado, no formato poligonal. E assim, obteve-se 15 classes de uso e ocupação das terras:

- ✓ Antiga mineração – áreas anteriormente destinadas a mineração, atualmente sob o poder da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB); em alguns locais observa-se o desenvolvimento de vegetação, em geral, gramíneas e arbustos;
- ✓ Área industrial – compreende áreas cobertas por estruturas destinadas ao uso industrial (desde pequenas indústrias até a zona industrial), como galpões de armazenagem, instalações dedicadas ao acabamento e processamento dos produtos, além de áreas de estacionamento e pátios de secagem (específico das indústrias de mineração);

- ✓ Área urbana – áreas de uso intensivo, com grande parte da terra ocupada por edificações, como residências, áreas comerciais (venda de produtos e serviços) e arruamentos;
- ✓ Chácaras – áreas destinadas a residências ou recreação, geralmente, distante da área urbana; abrange construções irregularmente distribuídas e expressiva arborização;
- ✓ Cultura permanente – áreas de plantações que propiciam mais de uma colheita ou produção; em Cordeirópolis/SP ocorre a cultura de citros;
- ✓ Cultura semi-perene – caracterizada pelo plantio de cana-de-açúcar;
- ✓ Lagos de Mineração – formado pelo afloramento do lençol freático em cavas de mineração. Apresenta tons diferentes das represas devido à presença de partículas advindas da atividade minerária.
- ✓ Loteamentos urbanos – áreas utilizadas pelos loteamentos urbanos, podendo apresentar infraestrutura de pavimentação, guias e iluminação;
- ✓ Mineração – caracterizada pela ausência de vegetação, pois a cobertura vegetal e o material de recobrimento são removidos a fim de expor o material explorado;
- ✓ Pasto sujo – caracteriza-se por vegetação de gramínea e, em alguns locais, ocorrem gramíneas intercaladas com vegetação arbustiva.
- ✓ Represas – características de extensas lagoas, utilizadas geralmente para abastecimento de indústrias e domicílios;
- ✓ Silvicultura – consiste no cultivo de espécies de rápido crescimento, como o eucalipto.
- ✓ Solo de preparo para o cultivo – solo preparado para a plantação. Não consta forma de cobertura no solo, mas apresenta curvas de nível;
- ✓ Solo exposto – solo sem ocupação antrópica ou cobertura natural;
- ✓ Vegetação arbórea – apresenta densidade de copas de árvores, com ocorrência, no caso de Cordeirópolis, próxima às áreas de cursos d'água.

Tratando-se de uma ortofoto datada em 2010/2011, foram feitas atualizações, quanto as classes temáticas existentes no município, através de trabalhos de campo em 2017 e 2018, principalmente, referentes aos loteamentos urbanos e industrial, as áreas de mineração e antiga mineração.

Para finalizar, atribuiu-se cores às classes temáticas, utilizando as cores padrão do Manual Técnico de Uso e Ocupação das Terras do IBGE (2013).

Mapa das formações geológicas do município de Cordeirópolis/SP

Em relação as informações geológicas da área de estudo, foram adquiridos os arquivos digitais em formato *shapefile* (.shp) da carta geológica do CPRM (2014). Os dados georreferenciados projetados em coordenadas geográficas foram reprojatados para coordenadas UTM e realizado o recorte das informações somente para o município de Cordeirópolis/SP, que possui 7 formações geológicas (quadro 01). As cores utilizadas para as classes geológicas seguem o padrão definido pelo CPRM (2014).

Quadro 01: Formações geológicas do município de Cordeirópolis/SP

Cor	Formações Geológicas	Período	Era
	Rio Claro	Paleógeno	Cenozóico
	Grupo Serra Geral	Cretáceo	Mesozoico
	Piramboia	Permiano	Paleozoico
	Corumbataí	Permiano	
	Irati	Permiano	
	Tatuí	Permiano	
	Itararé	Carbonífero	

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Mapa de solos do município de Cordeirópolis/SP

Utilizou-se cartas pedológicas de Araras (SF-23-Y-II) e Campinas (Campinas), pois estes arquivos recobrem o município de Cordeirópolis/SP. Assim, a primeira etapa foi georreferenciar as cartas utilizando a grade de coordenadas UTM destes arquivos. Após o georreferenciamento, as classes pedológicas pertencentes ao município de Cordeirópolis/SP foram vetorizadas manualmente, por meio do ArcGIS 10.3.

Para a nomenclaturas das classes pedológicas utilizou-se o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SIBCS) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2013). O município de Cordeirópolis/SP contém 4 tipos de solos: Latossolo Vermelho; Latossolo Vermelho Amarelo; Gleissolos; e Argissolos. Para as cores das classes temáticas seguiu-se as normas da EMBRAPA (2013).

A seguir, estão descritas as principais características dos tipos de solos encontrados em Cordeirópolis/SP:

- ✓ Latossolos – São solos bem desenvolvidos, com grande profundidade e porosidade sendo, portanto, considerados os solos cujos materiais são os mais decompostos. São considerados solos maduros. Neles ocorre uma concentração residual de sesquióxidos (óxido de alumínio, Al_2O_3 e óxido de ferro, Fe_2O_3) (CREPANI *et al.*, 2001).
- ✓ Argissolos – São solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com Argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B (EMBRAPA, 2013). Comparado aos Latossolos, apresentam profundidade menor e são solos menos estáveis (CREPANI *et al.*, 2001).
- ✓ Gleissolos – Grupamento de solos com expressiva gleização. Hidromorfia, resultante de processos de intensa redução de compostos de ferro, em presença de matéria orgânica, com ou sem alternância de oxidação, por efeito de flutuação de nível do lençol freático, em condições de regime de excesso de umidade permanente ou periódico (EMBRAPA, 2013). Nestes solos o horizonte A está assentado diretamente sobre o horizonte C ou então assentado diretamente sobre a rocha mãe (não possuem o horizonte B). São considerados como sendo solos jovens (CREPANI *et al.*, 2001)

Mapa de Declividade do município de Cordeirópolis/SP

Primeiramente, realizou-se a conversão das cartas topográficas analógicas para arquivos digitais, através de um scanner A0. Assim, essas cartas digitais foram inseridas no ambiente do ArcGIS 10.3, para o procedimento do georreferenciamento, baseando-se na grade de coordenadas UTM das mesmas.

Em seguida, as curvas de nível (de 5 em 5 metros) e os pontos cotados foram vetorizados no formato linear e pontual, respectivamente. E posteriormente inseriu-se os valores altimétricos nas curvas de nível e pontos cotados.

Concluída essa base altimétrica, gerou-se o modelo tridimensional, tipo TIN (*Triangular Irregular Network*). O arquivo TIN foi gerado no modo automático do ArcGIS. Assim, observou-se que a amplitude altimétrica de Cordeirópolis/SP é de 269 metros (825m – 556 metros). o arquivo TIN (vetorial) foi convertido para um arquivo *raster* (*conversion tools*); através da manipulação deste arquivo (*slope*) no ArcGIS 10.3 criou-se o mapa de declividade, onde cada célula obteve um valor em graus: 0 -1,7°; 1,71° – 4,8°; 4,81° - 6,8°; 6,81° - 11,3°; >11,3°. Para a definição dos valores de declividade utilizou-se como base a Lei nº2780 de 29 de dezembro de 2012 – Parcelamento do Solo e Urbanizações Especiais de Cordeirópolis (2011), o qual define a declividade máxima para a construção

de vias e lotes. A escolha das cores das classes de declividade varia das mais claras para as mais escuras, conforme a declividade aumenta.

Mapa de Fragilidade Ambiental da mineração do município de Cordeirópolis/SP

Os procedimentos técnicos na elaboração do mapa de fragilidade ambiental em relação a mineração, consistiu na aplicação da proposta metodológica de Ross (1994), baseadas no conceito de Unidades Ecodinâmicas preconizadas por Tricart (1977). Esse conceito fundamenta-se na relação morfogênese/pedogênese e na potencialidade para estudos integrados de imagens de satélites. “É preciso entender as Unidades Ecodinâmicas com a finalidade de perceber as susceptibilidades da natureza em função dos riscos potenciais e da degradação ambiental” (ROSS, 2009, p. 46).

Entretanto para que esses conceitos pudessem ser utilizados como subsídio para o planejamento ambiental, Ross (1994) ampliou seu uso estabelecendo vários graus de fragilidade, Muito Fraco (1), Fraco (2), Médio (3), Forte (4) e Muito Forte (5). Nessa pesquisa para cada uma das classes dos mapas temáticos (geológico, pedológico, declividade e uso e ocupação das terras) atribuiu-se um grau de fragilidade de acordo com suas características e susceptibilidade à mineração.

A análise da fragilidade do ambiente tem como princípio básico definir os diferentes níveis de fragilidade dos ambientes naturais, estes modificados ou não pelas atividades humanas (ROSS, 1994). Para elaboração do mapa precisou reclassificar (*reclassify*) os mapas temáticos, na interface do ArcGIS 10.3. Após essa etapa atribuiu-se graus de fragilidade às classes de cada um dos mapas.

Para a produção do mapa de fragilidade ambiental em relação a mineração, realizou-se a análise multicritério a qual permite integrar mapas temáticos (geologia, pedologia, declividade e uso e ocupação das terras) definindo-se qual tem a maior ou menor influência no estudo da mineração, atribuindo-se influências que variaram de 1% a 100%, sendo que a soma de todos os mapas não pode superar o 100%.

Foram realizados inúmeros testes, no qual modificou-se as influências dos mapas e a fragilidade das classes temáticas, de acordo com a influência de cada mapa temático e a importância de cada classe no que se refere à fragilidade em relação a mineração. Realizou-se trabalhos de campo para a validação do mapa que melhor representa a fragilidade ambiental do município de Cordeirópolis/SP (quadro 02).

Quadro 02: Influência e fragilidade dos mapas e classes temáticas na fragilidade ambiental da mineração do município de Cordeirópolis/SP

Mapas	Classes	Fragilidade	Influência (%)
Geologia	Formação Rio Claro	2	35
	Formação Corumbataí	5	
	Formação Irati	2	
	Formação Itararé	2	
	Formação Piramboia	2	
	Formação Serra Geral	2	
	Formação Tatuí	2	
Pedologia	Argissolos	4	10
	Latossos vermelho	2	
	Latossos vermelho amarelo	2	
	Gleissolos	5	
Uso e Ocupação das terras	Pasto sujo	3	45
	Vegetação arbórea	1	
	Mineração	5	
	Antiga mineração	5	
	Cultura semi-perene	3	
	Cultura permanente	1	
	Silvicultura	1	
	Solo exposto	3	
	Solo para cultivo	3	
	Área urbana	2	
	Loteamento urbano	1	
	Área industrial	2	
	Sítios ou Chácaras	1	
Represas	1		
Lago de mineração	5		
Declividade	de 0 – 1,7°	1	10
	de 1,71 – 4,6°	2	
	de 4,61 -6,8°	3	
	de 6,81 – 11,3	4	
	> 11,3°	5	

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Para a definição da influência nos mapas, considerou-se que a mineração, sendo uma atividade antrópica o mapa de uso e ocupação possui o maior valor (45%); a geologia é o aspecto natural com maior influência (35%) na mineração, pois é através da formação geológica que ocorre ou não a extração mineral; na mineração ocorre a retirada de camadas de solos, portanto, para pedologia aplicou-se uma influência de 10%; a mineração, em Cordeirópolis/SP, ocorre em áreas planas ou suavemente onduladas (até 6,8°), onde o risco de processos erosivos é menor, assim a influência da declividade na mineração é de 10%.

Para a definição da fragilidade nas classes temáticas no mapa de formações geológicas considerou-se a extração de argila, desta forma, para a formação geológica Corumbataí atribuiu-se fragilidade muito forte (5) devido a presença de áreas de mineração no local, enquanto que para as outras formações geológicas aplicou-se fragilidade fraca (2), pois não há mineração nesses locais; no mapa de solos considerou-se os aspectos de permeabilidade, textura, estrutura, porosidade e o desenvolvimento dos solos, ou seja, a maturidade do solo, assim a classe Argissolos apresentou fragilidade forte (4) e os solos Gleissolos com fragilidade muito forte (5), enquanto que para o Latossolo Vermelho e Vermelho-Amarelo atribuiu-se fragilidade fraca (2); no mapa de declividade considerou a topografia, áreas com relevo mais íngremes apresentaram maior fragilidade devido a suscetibilidade à erosão. Desta forma, a classe de 0-1,7° apresentou fragilidade muito fraca (1) e para classe com relevo íngreme acima de 11,3° determinou-se fragilidade muito forte (5); para o mapa de uso e ocupação das terras considerou a susceptibilidade de cada aspecto à atividade minerária, sendo que as classes temáticas com maior fragilidade (5-Muito forte) são aquelas vinculadas a mineração: antiga mineração, mineração e lagos de mineração.

Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo são essenciais em estudos geográficos, pois permitem conhecer a área de estudo e também averiguar a qualidade dos mapas produzidos. Os trabalhos de campo foram realizados no município Cordeirópolis/SP em 2017 e 2018, visando analisar as modificações ocorridas na área, destacando-se, área urbana, o monocultivo de cana-de-açúcar, indústrias cerâmicas, áreas de mineração e, antiga mineração, através de observações sistemáticas e registros fotográficos

Também permitiu averiguar a qualidade do mapa de fragilidade ambiental da mineração e atualizar as classes temáticas do mapa de uso e ocupação das terras.

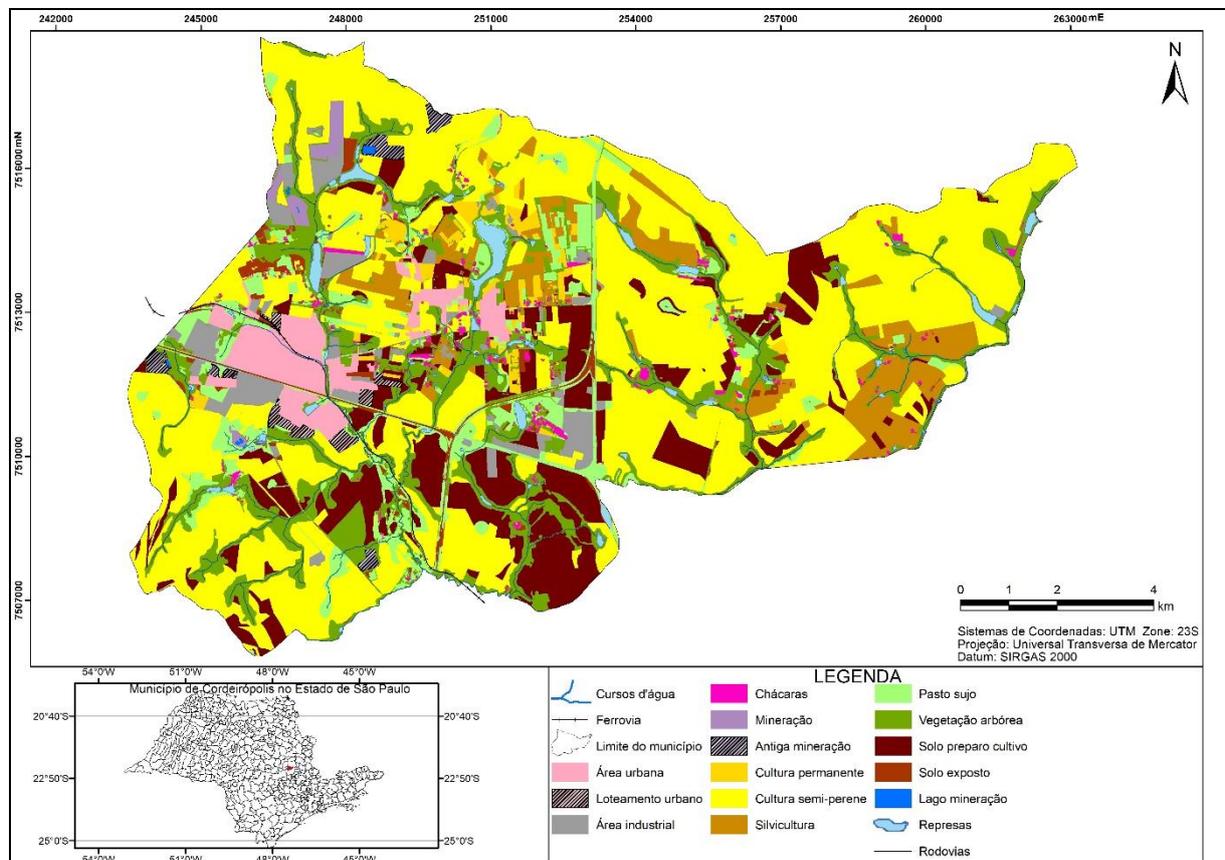
Resultados e Discussão

A partir dos procedimentos metodológicos obteve-se mapas temáticos representativos dos aspectos físicos e antrópicos do município de Cordeirópolis/SP, os quais foram integrados, visando identificar às áreas de fragilidade ambiental da mineração.

Análise do uso e ocupação das terras de Cordeirópolis/SP

O levantamento do uso da terra numa dada região tornou-se um aspecto de interesse fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço (ROSA, 2009). As atividades agrícolas, pecuárias, industriais e de expansão urbana geram muitos impactos no meio ambiente. Conseqüentemente, a busca pelo uso sustentável dos recursos naturais tem despertado crescente interesse dos pesquisadores pelo reconhecimento das características e realidades ambientais. (WRUBLACK; MERCANTE; VILAS BOAS, 2013). O mapa de uso das terras pode ser entendido como a forma que o espaço está sendo ocupado pelo homem. Para planejar as mudanças necessárias no solo é de grande importância o conhecimento do seu uso atual. Assim, através dos elementos presentes na ortofoto produziu o mapa de uso e ocupação das terras de Cordeirópolis/SP (Figura 01)

Figura 01: Mapa de uso e ocupação das terras do município de Cordeirópolis/SP



Fonte: EMLASA (2010/2011)

O quadro 03 apresenta as classes de uso da terra do município de Cordeirópolis/SP, além da extensão territorial dessas classes.

Quadro 03: Classes de uso e ocupação das terras com sua respectiva extensão territorial – 2010/2011

Classes	Extensão Territorial (km²)	% Territorial
Antiga mineração	0,87	1%
Área industrial	4,38	3%
Área urbana	5,12	4%
Chácaras	0,97	1%
Cultura permanente	2,42	2%
Cultura semi-perene	61,33	44%
Lago de mineração	0,07	0,05%
Loteamento urbano	0,72	1%
Mineração	0,85	1%
Pasto sujo	9,97	7%
Represas	2,48	2%
Silvicultura	7,69	5%
Solo exposto	2,66	2%
Solo para cultivo	16,85	12%
Vegetação arbórea	21,14	15%
Total	137,59	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Observa-se que a classe de cana-de-açúcar é predominante, abrange 44% da área do município, outra classe de destaque é o solo preparado para o cultivo (geralmente plantio de cana-de-açúcar), o qual ocupa 12% da área de Cordeirópolis/SP. As classes de vegetação arbórea e pasto sujo, localizam-se, principalmente, próximo a Áreas de Preservação Permanente (APP) e ocupam 22% do território.

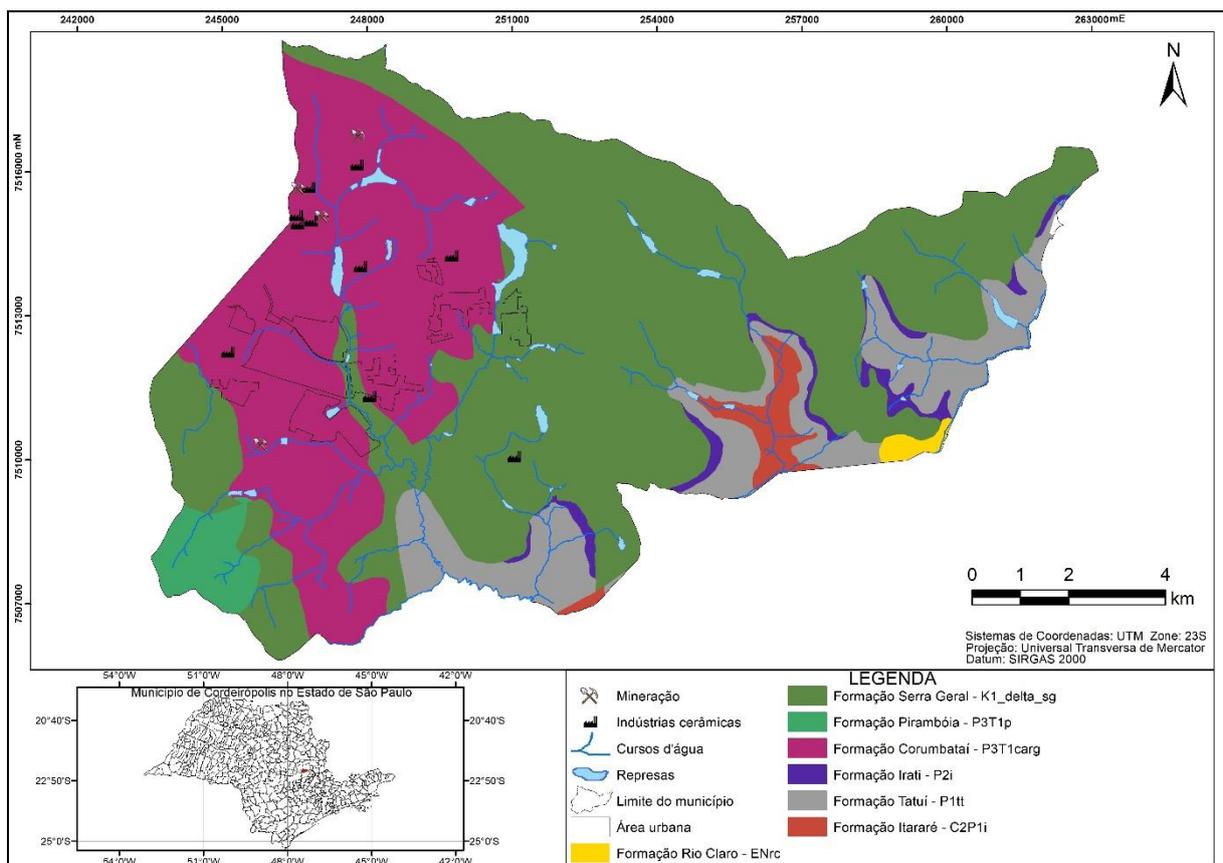
A área urbana de Cordeirópolis/SP ocupa 4% (5,12km²) e, a região ocupada por loteamento urbano representa 1% ou 0,72 km². A área industrial, cujo principais representantes são os dois distritos industriais, ocupa 3%. Os locais com represas, cultura permanente e as áreas de solo exposto ocupam 6% da área do município (2% cada); outra classe que tem expressiva ocupação é a silvicultura com 5% da área.

No município as áreas de mineração ocupam 0,85km² ou 1% da área. No Estado de São Paulo, a legislação permite que as lavras atinjam e ocorram abaixo do nível do lençol freático (PASCHOAL, 2014); as áreas mineradoras, geralmente, atingem e ultrapassam este nível, ocasionando a formação de lagos, os quais ocupam 0,05% do total do território. Enquanto as áreas de antiga mineração representam 0,87km², ou seja, também ocupam 1% da área do município.

Análise da Geologia do município de Cordeirópolis/SP

Os estudos sobre a geologia fornecem subsídios para a análise da fragilidade, bem como para a análise do relevo e a compreensão dos tipos de solos que ocorrem em cada unidade (ROSS, 1995). O município de Cordeirópolis/SP é constituído pelas seguintes Formações Geológicas: Corumbataí, Irati, Itararé, Piramboia, Rio Claro, Serra Geral e Tatuí (Figura 02). Vale ressaltar, que a argila é explorada na formação Corumbataí e, praticamente toda sua coluna litológica pode ser utilizada na fabricação de produtos cerâmicos.

Figura 02: Mapa das formações geológicas do município de Cordeirópolis/SP



Fonte: CPRM (2014)

As formações geológicas e suas extensões territoriais no município de Cordeirópolis/SP encontra-se no quadro 04.

Quadro 04: Classes geológicas com suas respectivas extensões territoriais

Formações Geológicas	Área Territorial (km²)	% Territorial
Corumbataí	40,86	30%
Irati	2,53	2%
Itararé	2,62	2%
Piramboia	3,51	2%
Rio Claro	0,79	1%
Serra Geral	72,07	52%
Tatuí	15,12	11%
Total	137,59	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A formação Corumbataí possui uma fragilidade ambiental muito forte, pois nesta área encontra-se todas as áreas de mineração (4 no total) e o maior número de indústrias cerâmicas (9 no total). Neste local é aproveitado desde a camada mais superficial até níveis mais profundos de rocha parcialmente intemperizados (SCALCO; FERREIRA, 2013).

Na formação geológica Serra Geral há uma fragilidade média e, nessa região encontra-se as áreas de antiga mineração (4 locais) e uma indústria cerâmica. Ambas (Corumbataí e Serra Geral) são as formações geológicas de maior extensão territorial, 40,86km² e 72,07km² respectivamente.

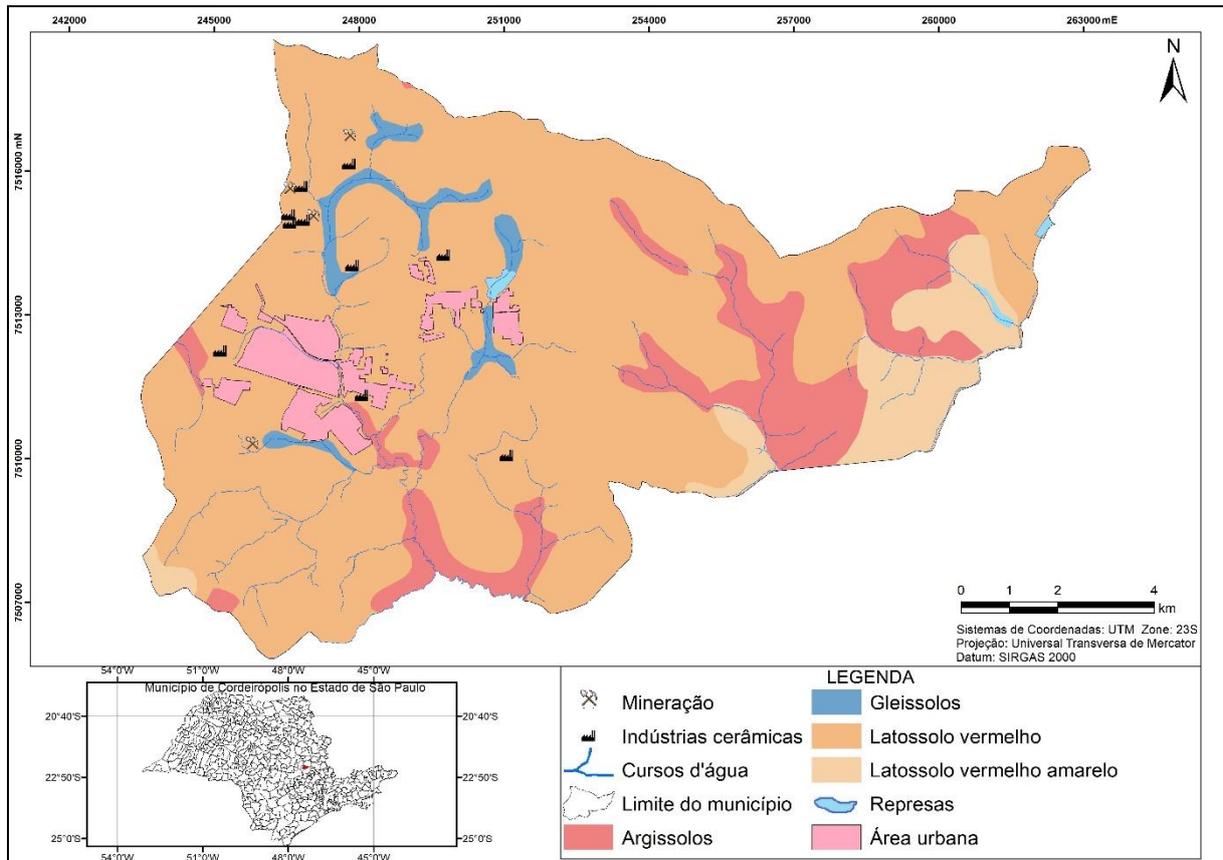
As outras formações geológicas Rio Claro, Irati, Itararé, Piramboia e Tatuí ocupam 18% da área de Cordeirópolis/SP e localizam-se na extremidade Sul do município e possuem fragilidade fraca, pois nesses locais não se encontram áreas de mineração.

Análise Pedológica do município de Cordeirópolis/SP

O estudo e análise da pedologia, na fragilidade ambiental, é de suma importância, pois todas ou quase todas as atividades antrópicas estão sob alguma forma de solo.

O município de Cordeirópolis/SP abrange 4 tipos de solos (Figura 03): Argissolos, Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho e Amarelo e os Gleissolos.

Figura 03: Mapa de solos do município de Cordeirópolis/SP



Fonte: IAC (1977).

A extensão territorial de cada uma das classes pedológicas do município de Cordeirópolis/SP encontra-se no quadro 05:

Quadro 05: Classes de solos com suas respectivas fragilidades e extensão territorial

Classes Pedológicas	Área territorial (km ²)	% Territorial
Argissolos	18,1	13%
Latossolo Vermelho	105,2	77%
Latossolo Vermelho e Amarelo	9,56	7%
Gleissolos	3,31	3%
Total	136,17*	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

*1,42km² corresponde a represas e área urbana.

O Latossolo Vermelho é o solo de maior extensão territorial (102km²), sobre ele encontra-se a área urbana, as áreas de mineração e todas as indústrias cerâmicas. O Latossolo Vermelho Amarelo ocupa 9,56 km² (7% da área do município), principalmente na região sudeste e leste de Cordeirópolis/SP. Estes dois grupos de solos receberam fragilidade fraca (2), o principal atributo da classe Latossolo é que esse se constitui em um agrupamento de solos com boa propriedade física e situada em relevo favorável ao uso intensivo de indústrias mineradoras. As áreas de mineração do município ocorrem sobre o Latossolo vermelho e, além disso, sobre estes solos localizam-se todas as indústrias cerâmicas.

O grupo Gleissolos encontra-se próximos aos fundos de vale, com horizontes pouco espessos e afloramento do lençol freático a poucos metros de profundidade, assim essa classe apresentou fragilidade muito forte (5).

O Argissolos é o segundo solo de maior extensão territorial (18,1km²), e também se encontra próximo aos cursos d'água nas regiões sul, sudeste e leste do município.

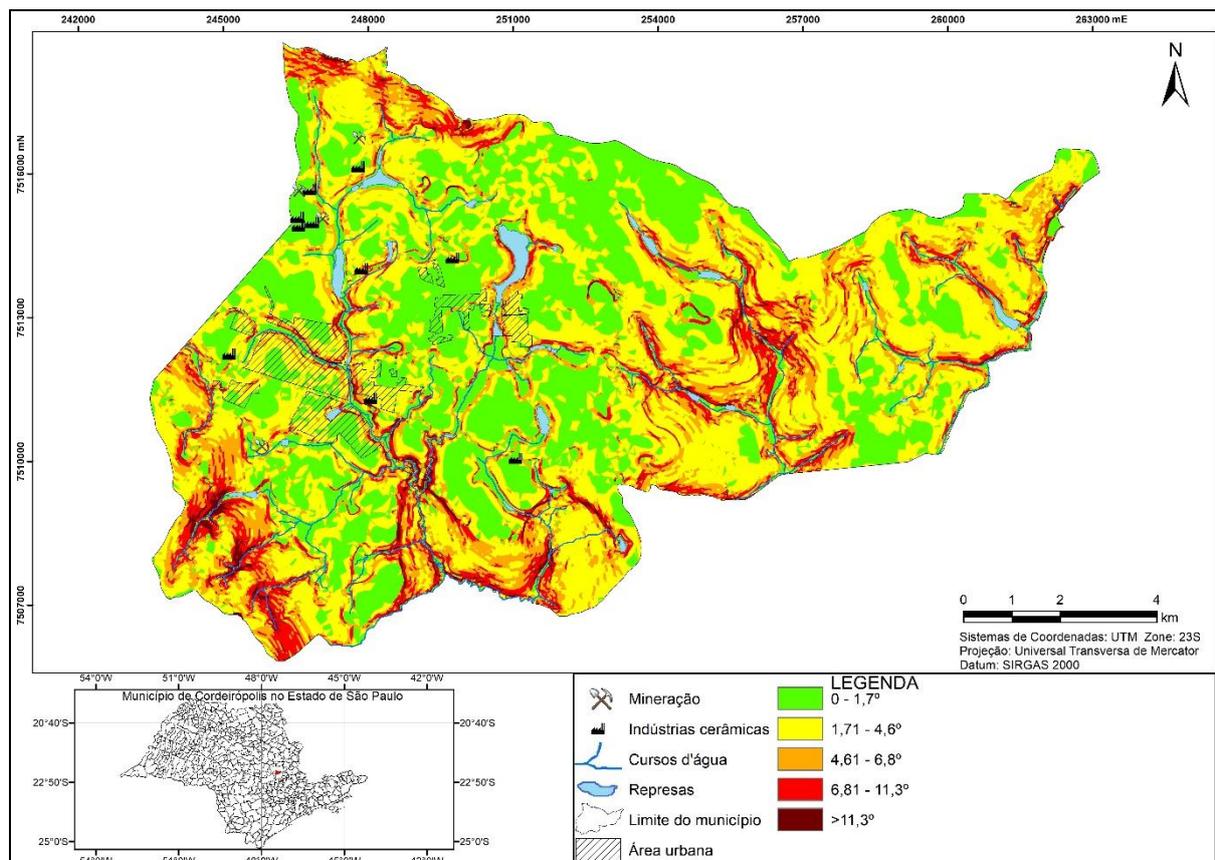
Análise da Declividade do município de Cordeirópolis/SP

A declividade é um dos elementos norteadores para a gestão territorial; declives muito íngremes, podem limitar o uso da terra a usos específicos, como pastagens, reflorestamentos ou impedir a construção de lotes.

A definição das classes de declividade poderá ter um caráter particular, sendo assim o autor escolhe as classes que ele necessita para seu trabalho, mas é recomendável que utilize o que está estabelecido por lei para o uso e ocupação das terras (DE BIASI, 1977).

Assim, as classes de declividade do município de Cordeirópolis/SP (Figura 04), foram adaptadas com base na Lei nº 2.780, de 29 de dezembro de 2011 – Parcelamento do Solo e Urbanizações Especiais de Cordeirópolis, e utilizou as seguintes classes 0 – 1,7°; 1,71 – 4,6°; 4,61 – 6,8°; 6,81 – 11,3°; >11, 3°.

Figura 04: Mapa de declividade do município de Cordeirópolis/SP



Fonte: IGC (1979)

O município de Cordeirópolis/SP apresenta pequena variabilidade quanto ao relevo, variando de plano a ondulado (Quadro 06).

Quadro 06: Classes de declividade com suas respectivas fragilidades e extensão territorial

Classes de declividade (Graus)	Relevo	Área Territorial (km ²)	% Territorial
0 – 1,7	Plano	45,77	33%
1,71 – 4,6	Suave-Ondulado	55,3	40%
4,61 – 6,8	Ondulado	21,41	16%
6,81 – 11,3	Ondulado	11,99	9%
> 11,3	Ondulado	3,12	2%
Total		137,59	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Observa-se que a área com declividade de 0 – 1,7° ocupa 33% (45,77km²) da área de Cordeirópolis/SP. O local com declive de 1,71 – 4,6° ocupa uma extensão territorial de 55,3km² ou 40% do território de Cordeirópolis/SP, sendo a classe de declividade de maior predominância territorial no município.

Nas duas primeiras classes de declividade encontra-se as 4 áreas de mineração do município, em decorrência do relevo ser plano/suave-ondulado, pois as áreas íngremes possuem APP, a qual deve ser preservada.

A declividade de 4,61 – 6,8° ocupa uma área de 21,41km² (16%) do município, em locais próximos aos córregos e represas.

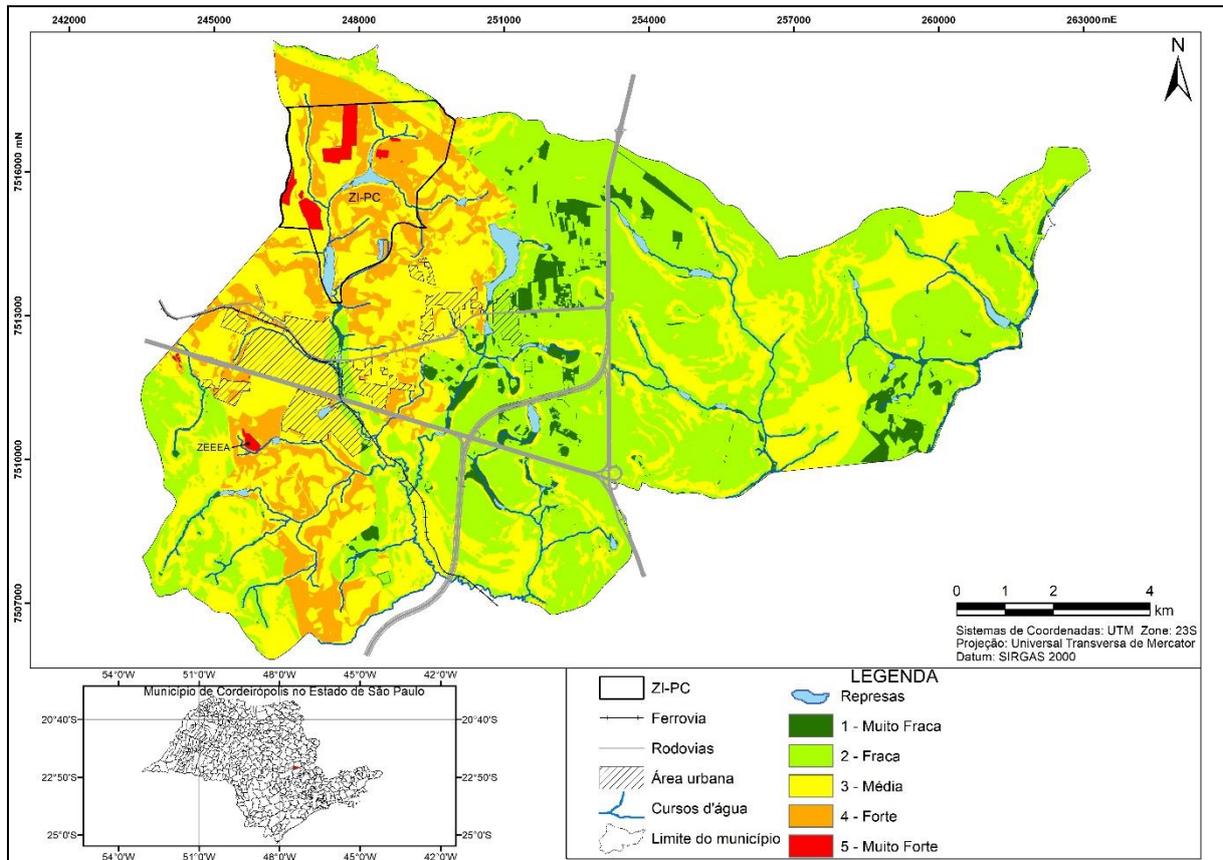
Os locais com declividade entre 6,81 – 11,3° a qual ocupa 9% do terreno do município (11,99km²), apresenta relevo ondulado e, encontra-se em regiões de fundo de vale. A área com declividade acima de 11,3° é a de menor extensão territorial, apenas 3,12km² ou 2% do total.

Fragilidade ambiental em relação as áreas de mineração no município de Cordeirópolis/SP

Quase todas as atividades humanas, na superfície terrestre, causam algum tipo de modificação sendo, que a mineração, talvez, seja uma das que mais alteram o relevo. Daí a necessidade crescente de estudos enfocarem, com mais atenção, diagnóstico em áreas onde haja algum tipo de atividade de mineração (GUERRA; MARÇAL, 2014).

A integração das informações (pedologia, geologia, declividade e uso e ocupação das terras) via SIG permite determinar de modo preciso a susceptibilidade do meio físico à erosão (GUERRA; CUNHA, 2014). A relação entre os elementos da paisagem é fundamental para a compreensão da área de estudo. E esse entendimento é imprescindível para a utilização sustentável dos recursos da mineração. O mapa de fragilidade ambiental da mineração (Figura 05) consiste na divisão do local estudado em diferentes classes (5 classes), que representam os diferentes graus de fragilidade. Isso possibilita a análise de quais áreas são mais frágeis ou susceptíveis as mudanças da dinâmica natural existente.

Figura 05: Mapa de fragilidade ambiental em relação a mineração no município de Cordeirópolis/SP



Fonte: Adaptado de Ross (1994)

No quadro 07 observa-se as classes de fragilidade e suas respectivas extensões territoriais em Cordeirópolis/SP.

Quadro 07: Extensão territorial das classes de fragilidade de Cordeirópolis/SP

Classes	Área em Km ²	%
Muito Fraca	6,11	4%
Fraca	62,7	46%
Média	54,02	39%
Forte	13,74	10%
Muito Forte	1,02	1%
Total	137,59	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

No município de Cordeirópolis/SP as áreas de mineração e pátio de secagem devem ocorrer a 1km de distância da área urbana conforme o artigo 48 da Lei nº179 de 29 de dezembro de 2011 –

Zoneamento de uso e ocupação do solo, assim há no mapa uma região restrita a mineração. Entretanto no 5º parágrafo do artigo 48 da referida Lei determina que a Zona Especial de Exploração e Extração de Argila (ZEEEA) localizado no sítio Jequitibá é permitido a ocorrência de mineração, assim o único local autorizado a extrair argila a menos de 1km da área urbana é o ZEEEA. Assim, no município de Cordeirópolis/SP, há 2 áreas outorgadas para extração de argila: o ZEEEA, local ao sul do município e o Zoneamento Industrial do Polo Cerâmico (ZI-PL), ao norte do município, onde se concentra o maior número de áreas de mineração (3 no total) e indústrias cerâmicas (6 no total), além disso, o ZI-PL, encontra-se em uma posição privilegiada, pois está distante da área urbana e está sobre a formação geológica do Corumbataí.

No município de Cordeirópolis/SP, verifica-se 5 classes de fragilidade. A classe de fragilidade Muito Fraca (1), corresponde a 6,11km² (4% do município) e limita-se a locais no centro e leste de Cordeirópolis/SP. Caracteriza-se pela presença de silvicultura, relevo plano (até 1,7°), e das formações geológicas Tatuí e principalmente, do Grupo Serra Geral.

A classe de fragilidade Fraca (2), é a de maior extensão territorial abrangendo 62,7km² (46% da área municipal) e se estende por todo o município, principalmente, na área central, sudeste e leste. Nessa classe verifica-se a presença de vegetação arbórea e cultura semi-perene, a declividade predominante desta classe de fragilidade varia entre 0 a 4,6°, e com a presença de Latossolo Vermelho e das formações geológicas Irati e Grupo Serra Geral.

A classe de fragilidade Média (3) abrange 54,02km² (39%). Nos locais com essa fragilidade encontra-se a área urbana, declives de até 6,8°, apresenta solos do tipo Gleissolos e Argissolos além das formações geológicas Itararé, Pirambóia e Corumbataí.

As regiões ocupadas pela classe de fragilidade Forte (4) representam 13,74km² (10% do município) e, localizam-se em áreas onde se encontra as áreas de antiga mineração e solo exposto, a declividade varia entre 1,71° até acima de 11,3°, e tem predominância do solo Latossolo Vermelho e formação geológica Corumbataí.

As áreas de fragilidade muito forte (5) no município de Cordeirópolis/SP, correspondem as áreas de mineração e os lagos de mineração e, ocupam 1,02km², ou seja, 1% da área do município. O mapa de fragilidade ambiental (figura 5), demonstra que as áreas com fragilidade baixa (muito fraca e fraca), encontram-se distantes das indústrias cerâmicas e das áreas de mineração, porém caso seja instalado alguma mina nestes locais a fragilidade da região irá aumentar, em decorrência dos impactos ambientais ocasionados pelas minerações.

As atividades minerárias causam diversos impactos socioambientais: poluição do ar, em decorrência da dispersão de partículas; poluição sonora (ruídos associados a operação de máquinas e

transição de caminhões); alterações hidrológicas (aumento da turbidez da água); retirada de camadas de solos; corte de taludes; desmatamento; desfiguração da paisagem; entre outros. Por isso, acredita-se que as futuras áreas de mineração ocorram na ZI-PL, pois tal local encontra-se distante da área urbana e são as áreas mais próximas das minas que sentem os efeitos nocivos da mineração diretamente, principalmente, poluição do ar e sonora.

Entretanto devido aos inúmeros impactos que promovem, e considerando-se os aspectos físicos e antrópicos de Cordeirópolis/SP, considera-se que não há locais propícios para a implantação da atividade minerária no município.

Considerações Finais

Os resultados obtidos e as discussões realizadas possibilitaram concluir que as áreas de fragilidade muito forte estão vinculadas diretamente as atividades minerárias. Enquanto que as áreas de fragilidade forte estão relacionadas a presença da formação geológica Corumbataí, a qual constitui a principal fonte de matéria-prima para fabricação de revestimento cerâmico. Os locais com fragilidade média incluem a área urbana. Enquanto que a área com fragilidade fraca se estende por todo município, sendo a de maior extensão territorial. O local com fragilidade muito fraca localiza-se, principalmente, próximo aos cursos d'água, exceto aqueles tem seus córregos sobre a formação geológica Corumbataí, que nesta área possuem fragilidade média e forte.

A metodologia empregada de fragilidade ambiental em junção com a análise multicritério demonstrou-se satisfatória, pois possibilitou a integração dos mapas temáticos e, assim, atingiu-se os resultados esperados.

Entende-se que no município de Cordeirópolis/SP, as atividades antrópicas vinculadas a mineração têm gerado diversos impactos ambientais, principalmente nas áreas próximas a mina, assim um planejamento voltado para a recuperação dessas áreas pode e deve ser elaborado, no momento que a mina é abandonada.

A mineração como atividade potencialmente impactante necessita de instrumentos que colaborem para minimizar impactos socioambientais, principalmente, aqueles que possam afetar diretamente a sociedade.

Deste modo, o mapeamento da fragilidade ambiental em relação a mineração contribui como uma ferramenta importante no planejamento ambiental de um local. Pois identifica áreas que necessitam de intervenção de órgão públicos, com objetivo de melhorar a qualidade do meio ambiente, como também à melhoria da qualidade de vida de toda população inserida na área.

Referências

- ASPACER, Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento. Disponível em: (<http://www.aspecer.com.br>). Acesso em: 06 de agosto de 2017.
- BACANI, V. M.; SAKAMOTO, A. Y.; LUCHIARI, A.; QUÉNOL, H. *Sensoriamento remoto e SIG aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica*. Revista Mercator. Fortaleza, v. 14, nº2, 2015, p.119-135.
- CORDEIRÓPOLIS. Prefeitura Municipal. *Parcelamento do Solo e Urbanizações Especiais*. Cordeirópolis, 2011.
- _____. *Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo*. Cordeirópolis, 2011.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T. G.; BARBOSA, C. *Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial*. São José dos Campos: INPE, 2001.
- De BIASI, M. de. *A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção*. Revista do Departamento de Geografia da USP. São Paulo, nº 6, 1977, p. 45 – 61.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3.ed. Brasília, 2013.
- FALEIRO, F. F.; LOPES, L, M. *Aspectos da mineração e impactos da exploração de quartzito em Pirenópolis-GO*. Revista Ateliê Geográfico, v.4, nº11, 2010, p. 148-162.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. *Impactos Ambientais Urbanos no Brasil*. 11ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2014, p.275-301.
- GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. *Geomorfologia ambiental*. 6ªed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014, p.17-50.
- IBGE. *Manual Técnico do Uso da Terra*. ed.3, n.7. Rio de Janeiro, 2013.
- ROSA, R. *Introdução ao Sensoriamento Remoto*. 6 ed. Uberlândia: EDUFU, 2009.
- ROSA, M. R.; ROSS, J. L. *Aplicação de SIG na Geração de Cartas de Fragilidade*. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v.1, nº 13, 1999, p.77-106.
- ROSS, J. L. S. *Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados*. Revista do Departamento de Geografia. n. 8, 1994, p.63-74.
- _____. *Análises e Sínteses na Abordagem Geográfica da Pesquisa para o Planejamento Ambiental*. Revista do Departamento de Geografia da USP. São Paulo. nº9. p.65-75, 1995.
- _____. *Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental*. São Paulo: Oficina de textos, 2009, p.35-62.
- SANTOS, J. de O.; ROSS, J. L. S. *Fragilidade Ambiental Urbana*. Revista da ANPEGE. v.8, nº10, 2012, p.127-144.
- SCALCO, J. P.; FERREIRA, G. C. GB. *Impactos ambientais da mineração de argila para cerâmica vermelha na sub-bacia do ribeirão Jacutinga – Rio Claro e Corumbataí (SP)*. Revista Geociências. Rio Claro, v.32, nº4, 2013, p.760-769.
- SPÖRL, C. *Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais*. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas-USP, São Paulo, 2007, p. 23-36.
- TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.
- WRUBLACK, S. C.; MERCANTE, E.; VILAS BOAS, M. A. *Mapping of use and occupation of the soil and irrigation water quality in the city of Salto do Lontra-Paraná, Brazil*. Revista Eng. Agrícola. Jaboticabal, v.34, nº5, 2013, p.1024 – 1037.

(Recebido em 08-08-2018; Aceito em: 19-02-2019)