

Antonio Nascente Marçal Filho

**UTILIZANDO GEOPROCESSAMENTO PARA  
MAPEAMENTO GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO  
EM ESCALA REGIONAL NO MUNICÍPIO DE  
CONGONHAS – MG**

XII Curso de Especialização em Geoprocessamento  
2010



UFMG  
Instituto de Geociências  
Departamento de Cartografia  
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha  
Belo Horizonte

**Antonio Nascente Marçal Filho**

**UTILIZANDO GEOPROCESSAMENTO PARA MAPEAMENTO  
GEOLÓGICO - GEOTÉCNICO EM ESCALA REGIONAL NO  
MUNICÍPIO DE CONGONHAS - MG**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Especialista em Geoprocessamento. Curso de Especialização em Geoprocessamento. Departamento de Cartografia. Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Prof. Marcos Antonio Timbó Elmiro

**BELO HORIZONTE**

**2010**

Marçal, Antonio Nascente Marçal Filho  
Utilizando Geoprocessamento Para Mapeamento Geológico -  
Geotécnico Escala Regional no Município de Congonhas - MG

vi, 41 f.: il.

Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas  
Gerais. Instituto de Geociências. Departamento Cartografia, 2010.

Orientador: Prof. Marcos Antonio Timbó

1. Modelo Digital de Terreno 2. Mapeamento 3.  
Geoprocessamento 4. Geológico-Geotécnico.

Aluno (a) Antonio Nascente Marçal Filho

Monografia defendida e aprovada em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento, em 22 de novembro de 2010, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

---

Prof. Dr. Marcos Antonio Timbó Elmiro

---

Prof. Dr. Plínio Temba

## RESUMO

O município de Congonhas está localizado ao sul da Serra do Espinhaço no quadrilátero ferrífero - MG. A cidade desenvolveu-se em uma região de relevo bastante complexo que determina a formação de suas bacias hidrográficas. As bacias localizadas na área urbana do município apresentam características bastante diferenciadas daquelas inseridas na área de mananciais, pois são permanentemente afetadas por problemas de poluição e assoreamento provocados pelos esgotos domésticos e industriais (extração de minérios), quando uma bacia é fortemente modificada, principalmente pela mudança do uso do solo, grande diversidade de problemas ambientais irão ocorrer com destino final nos seus recursos hídricos. A metodologia utilizada baseou-se em levantamento de campo, aquisição e construção de banco de dados, uso de técnicas de sensoriamento remoto e aplicação do *Soft ware SIG ArcGis 9.3*. Após o cruzamento dos temas geologia pedologia e geomorfologia, foi obtido o Mapa Geológico - Geotécnico com unidades de baixada e elevadas, as quais foram definidas de acordo com suas características de sítio. A finalidade deste mapa, assim como o objetivo do trabalho é dar subsídio para o planejamento territorial.

Palavras-chave: mapa geológico-geotécnico; SIG; sensoriamento remoto; mineração.

## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
RESUMO .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABELAS .....	x
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS .....	xi
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO .....	1
1.1 - Apresentação.....	1
1.2 – Objetivos .....	2
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	3
2.1 – Aspectos Gerais.....	3
2.2 – Mapeamento Geotécnico.....	4
2.2.1 – Cartas Geotécnicas .....	4
2.2.2 – Mapas Geotécnicos .....	4
2.2.3 – Atributos do Meio Físico .....	5
2.3 – Metodologias Internacionais de Mapeamento Geotécnico .....	5
2.3.1 – Metodologia IAEG.....	5
2.3.2 – Metodologia Francesa .....	7
2.3.3 – Metodologia Mathewson.....	7

2.4 – Metodologias Nacionais de Mapeamento Geotécnico .....	7
2.4.1 – Metodologia IPT .....	9
2.5 – Planejamento Urbano e Ambiental .....	9
2.6 – Mapeamento Geotécnico no Planejamento Urbano e Ambiental .....	9
2.7 – Geoprocessamento .....	10
2.7.1 – Sistema de Informação Geográfica (SIG) .....	10
2.8 – Análise Multi-Critério no Mapeamento Geotécnico .....	11
<b>CAPÍTULO 3 – CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA .....</b>	<b>12</b>
3.1 – Apresentação .....	12
3.2 – Características Gerais do Município .....	12
3.3 – Caracterização da Área de Estudo .....	12
3.3.1 – Hidrografia .....	13
3.3.2 – Área de Mananciais .....	14
3.3.3 – Aspectos Geológicos e Geomorfológicos .....	14
3.3.4 – Cobertura Vegetal e Uso da Terra .....	15
3.3.5 – Aspectos Gerais do Relevo, Solo, Geologia e Mineral .....	15
3.4 – Estudos Científicos Realizados na Área .....	17
<b>CAPÍTULO 4 – MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
4.1 – Método e Etapas de Pesquisa .....	18
<b>CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>26</b>
5.1 – Caracterização das Unidades Geológica-Geotécnica .....	25
5.2 – Mapa de Declividades .....	27

5.3 – Mapa de Uso e Cobertura do Solo “Zoneamento N. Á. de Expansão Urbana” .....	30
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	34

## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura1: Procedimento do Método de Multi-critério .....	11
Figura2: Localização da Área de Estudo.....	13
Figura3: Fluxograma das Atividades D. E. Mapa Geológico - Geotécnico.....	18
Figura4: Mapa de Unidades Geológico - Geotécnico .....	27
Figura5: Mapa de Declividade em 5 Classes .....	29
Figura6: Mapa de Uso e Cobertura do Solo “ <i>Zoneamento N. Á. de Expansão Urbana</i> ” .....	30
Figura7: Mapa de Uso e Cobertura do Solo e Mapa Geológico - Geotécnico.....	32

## LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabelas 1: Classificação de Mapas e Cartas Geotécnicas Metodologia IAEG.....	6
Tabelas 2: Classificação Metodologia Zuquette .....	8
Tabelas 3: Classes de Declividades.....	21
Tabelas 4: Tabela de Notas Para Conservação Para Imagem Raster .....	23
Tabelas 5: Matriz de Correlação Hipotética.....	24
Tabelas 6: Pesos das Cartas Básicas e Interpretativas.....	25

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas
ABGE	- Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental
APP	- Área de Preservação Permanente
BD	- Banco de Dados
CBERS	- China-Brazil Earth
CEMIG	- Companhia Energética de Minas Gerais
CATI	- Coordenadoria de Assistência Técnica Integral
CODEMIG	- Companhia Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais
COPASA	- Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CPRM	- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CSN	- Companhia Siderúrgica Nacional
CVRD	- Companhia Vale do Rio Doce
DNPM	- Departamento Nacional de Produção Mineral
ECO-92	- Conferência Mundial Sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente
EM	- Escola de Minas
HABITAT	- Conferência das Nações Unidas Sobre Assentamentos Humanos
IAEG	- International Association Engineering Geology and Environmental
IBAMA	- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGC	- Instituto de Geociências da UFMG
INPE	- Instituto de Pesquisa Tecnológica
IPT	- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
GEOMINAS	- Programa de Uso Integrado de Geoprocessamento Pelo Governo de Minas Gerais

GIS	- Geographical Information System
GPS	- Global Positioning System
LANDSAT	- Land Remote Sensing Satellite
MDT	- Modelo digital de Terreno
NA	- Nível d'água
RPPN	- Reserva de Patrimônio Particular Natural
SIG	- Sistema de Informação Geográfica
SPRING	- Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas
SPT	- Standart Penetration Test
SRTM	- Shuttle Radar Topography Mission
UFMG	- Universidade Federal de Minas Gerais
UFOP	- Universidade Federal de Ouro Preto
UTM	- Universal Transverso de Mercator
PMC	- Prefeitura Municipal de Congonhas
WGS84	- World Geodetic System 1984 (Sistema Geodésico Mundial de 1984)

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 – Apresentação

Nos dias atuais existe um consenso de que a informação é um dos recursos mais estratégicos e mais valiosos para a condução de qualquer tipo negócio ou projeto, seja de natureza pública ou privada, seja de abrangência global, nacional, regional, local e até mesmo pessoal. Nenhum País, Estado ou Município atingirá seu pleno desenvolvimento se não dispuser de informações atualizadas, precisas e sinópticas sobre a natureza a quantidade e a distribuição geográfica dos seus recursos naturais e riquezas produzidas pela sua população.

O Geoprocessamento surgiu, cresceu e se expande com base na filosofia de que a informação organizada, correta e disponível de forma ágil é indispensável para planejar e tomar decisões importantes de forma correta. Assim o provérbio popular de que *“informação é poder”* nunca foi tão verdadeiro e atual, ganhando vigor renovado em relação à informação geográfica com o advento da tecnologia de Geoprocessamento.

O ambiente de Geoprocessamento - SIG disponibiliza valiosas ferramentas para aplicações em diferentes áreas do conhecimento que lidam com recursos geograficamente distribuídos. Qualquer atividade em que a posição geográfica tenha alguma importância é tipicamente uma aplicação deste recurso e suas ferramentas. Áreas tão diversificadas como a Engenharia, Geografia, Geologia, Pedologia, Agricultura, Arquitetura, Navegação, Turismo, Meteorologia, Transportes, Urbanismo, além de muitas outras, podem tirar grande proveito das técnicas e ferramentas de Geoprocessamento.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo relatar um roteiro metodológico desenvolvido para a construção de mapeamento temático e específico, com o apoio de técnicas de captura, tratamento e representação de dados digitais sobre o ambiente. A questão norteadora foi a consideração de olhar do usuário, do ponto de vista de posicionamento no território e de elaboração de produtos de forte apelo de comunicação gráfica. Assim, serão incorporados recursos de cartografia digital, para

que o objeto final seja para usuário representado e como veículo de comunicação visual mais próxima de seus mapas mentais sobre o território.

Por meio do estudo dos conceitos e da evolução do Geoprocessamento, devem-se entender os diversos métodos e as bases teóricas, metodológicas e práticas para melhor desenvolvimento da produção científica. A caracterização dos estudos integrados da paisagem pode ser exercitada, considerando-se a elaboração de mapeamento temático com a confecção de bases cartográficas, com análise de dados espaciais e as formas de representação, bem como a identificação das principais aplicações no estudo dos componentes da paisagem, com o intuito de compreender suas diferentes abordagens, como subsídios aos estudos de uma área Geográfica.

## **1.2 – Objetivos**

O presente trabalho tem como objetivo geral contribuir no planejamento urbano e ambiental das cidades, uma vez que os centros urbanos estão se tornando cada vez maiores e mais populosos.

O objetivo específico do trabalho é realizar o mapeamento geológico-geotécnico preliminar na escala regional de 1:100.000, utilizando técnicas de geoprocessamento, no município de Congonhas - MG, objetivando fornecer subsídios para a ordenamento deste território e apresentar também avaliação quanto à ocupação atual tendo o meio físico como principal parâmetro.

Assim criando um sistema de informações, para produzir um “Mapa Geológico-Geotécnico” preliminar usando técnicas e metodológicas para mapeamento temático.

## **CAPÍTULO 2**

### **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **2.1 – Aspectos gerais**

O mapeamento geotécnico em escala regional é um importante instrumento de obtenção e apresentação das informações do meio físico visando principalmente ao uso racional do terreno e ao planejamento ambiental. Desta forma, as questões metodológicas de elaboração desses mapas revestem-se de grande importância.

ZUQUETTE (1987) ressalta a necessidade de realizar mapeamento geológico-geotécnico em escala 1: 100.000, sendo documentos de grande importância com finalidades regionais, representando a transição entre as escalas pequena e grande.

O mapeamento geotécnico para ABGE (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia) é documento cartográfico representativo de características do meio físico de determinada área ou região geográfica, produzido em face de potenciais ou reais interferências humanas, contemplando especialmente o resultado da aquisição de dados e informações acerca da ocorrência e distribuição espacial de aspectos e parâmetros de geologia de engenharia, secundados pelos de mecânica dos solos e mecânica das rochas, podendo ainda incluir outros como de geomorfologia e de pedologia. Visa, sobretudo, subsidiar as ações de planejamento e gestão de uso do solo e a instalação de empreendimentos civis ou mineiros na área ou região objeto.

O planejamento urbano é a forma mais adequada para estabelecer um desenvolvimento sustentável, por meio de medidas e políticas de ordenamento do território, regulamentação e ocupação do solo urbano. Assim desenvolvendo a melhor qualidade ambiental e de vida da população.

Neste trabalho foi abordado análise e integração dos aspectos geológicos e geotécnicos, importantes e desejáveis para um planejamento urbano e territorial.

## **2.2 – Mapeamento Geotécnico**

ZUQUETTE (1987) definiu mapeamento geotécnico como sendo “*um processo que tem por finalidade básica levantar, caracterizar, classificar, avaliar e analisar os atributos que compõem o meio físico seja geológicos, hidrogeológicos, hidrogeológicos*”. Essas informações deverão ser determinadas de modo que possam ser empregado para fins de engenharia, planejamento, agronomia, saneamento, avaliações ambientais e diversas outras atividades empregadas pelo homem. As informações devem ser tratadas por meio de procedimentos de seleção, generalização, adição e transformação, para que possam ser relacionadas, correlacionadas, interpretadas e, ao final, representadas em mapas, cartas e anexos descritivos, sempre respeitando os princípios básicos que regem a execução do mapeamento geotécnico.

### **2.2.1 – Cartas Geotécnicas**

Carta geotécnica é documento cartográfico que representa informações da decorrência da interpretação dos atributos que estão num mapa.

As cartas geotécnicas informam e representam o comportamento dos processos geológicos, bem como as características do meio físico, delimitando unidades homogêneas quanto a problemas manifestos e potenciais.

Podemos cita como exemplo dessa interpretação carta clinométrica obtida a partir do mapa topográfico.

### **2.2.2 – Mapas Geotécnicos**

Para “ABGE” mapa geotécnico é um documento cartográfico representativo de características do meio físico de determinada área ou região geográfica, produzido em face de potenciais ou reais interferências humanas, contemplando o resultado da aquisição de dados e informações acerca da ocorrência e distribuição espacial de aspectos e parâmetros de geologia de engenharia, mecânica dos solos e mecânica das rochas, podendo ainda incluir outros como de geomorfologia e de pedologia. Visa, sobretudo, subsidiar as ações de planejamento e gestão de uso do solo e a instalação de empreendimentos civis ou mineiros na área ou região objeto.

IAEG/UNESCO (1976) *“Mapa geotécnico é um tipo de mapa que classifica e representa os componentes do ambiente geológico”*. Os quais são de grande significado para todas as atividades de engenharia, planejamento, construção, exploração e preservação do ambiente.

ZUQUETTE (1987) *“Mapa geotécnico corresponde a representação dos atributos geotécnicos levantados, sem realização de análise interpretativa e sempre em escalas inferiores a 1: 10.000”*.

As Cartas Geotécnicas, os Mapas Geotécnicos e as Plantas Geotécnicas são termos utilizados para definir documentos cartográficos, que contém informações sobre um ou mais aspectos do meio físico.

### **2.2.3 – Atributos do Meio Físico**

Para IAEG (International Association Engineering Geology and Environmental) atributo é definido como a qualidade ou propriedade inerente de algum componente do meio físico, ou a característica qualitativa ou quantitativa que identifica um elemento do meio físico.

ZUQUETTE (1987) afirmou que atributos *“são qualidades dos componentes do meio físico que são utilizadas para caracterizá-lo”*.

Com base nos conceitos e definições expostas, aceitamos que as cartas e mapas são constituídos de atributos. Tendo características, qualidades propriedades que caracterizam um componente de um meio físico.

## **2.3 – Metodologias Internacionais de Mapeamento Geotécnico**

### **2.3.1 – Metodologia IAEG**

Desenvolvido a partir de 1976 por uma Comissão (Grupo de Trabalho em Mapeamento), formalizou um método destinado a orientar o processo de mapeamento, que fosse adequada à maioria dos países. Na qual o meio para a sua realização também fossem adequados à realidade socioeconômica e técnicas dos países em desenvolvimento. A metodologia proposta classificou os mapas conforme a sua finalidade, conteúdo e escala segundo a Tabela 1.

Tabela 1: Classificação de mapas e cartas de acordo com a Metodologia IAEG.

<b>METODOLOGIA IAGE (1976)</b>	
<b>FINALIDADE</b>	<p><i>Mapas de finalidade especial:</i> informações de um aspecto específico da geologia de engenharia, com uma determinada finalidade.</p> <p><i>Mapas de múltiplas finalidades:</i> informações sobre vários aspectos da geologia de engenharia para vários tipos de planejamento urbano ou propósitos geotécnicos.</p>
<b>CONTEÚDO</b>	<p><i>Mapas analíticos:</i> dados individuais dos componentes do ambiente geológico, geralmente o conteúdo desses mapas vem expresso no título, como mapa de grau de alteração.</p> <p><i>Mapas abrangentes:</i> podem ser subdivididos em mapas de condições geotécnicas, indicando todos os principais componentes do ambiente relevante à geotecnia, sem contanto fazer uma análise profunda dessas informações ou mapas de zoneamento geotécnico, delineando unidades territoriais com base na uniformidade dos mais significantes atributos naturais de cunho geotécnico do terreno.</p> <p><i>Mapas auxiliares:</i> dados objetivos, tais como, mapas de documentação, contorno estrural, etc.</p> <p><i>Mapas complementares:</i> em alguns casos são incluídos como mapas geotécnicos, p. ex., mapas geológicos, mapas pedológicos, geomorfológicos, etc.</p>
<b>ESCALA</b>	<p><i>Escala grandes:</i> maiores ou igual a 1: 10.000 (mapa de finalidade específica).</p> <p><i>Escala médias:</i> de 1: 10.000 a 1: 100.000 (mapas destinados a planejamento urbano e regional).</p> <p><i>Escala pequenas:</i> menores que 1: 100.000 (destinados a planejamento regional e territorial).</p>

Fonte: baseada na metodologia do IAGE (1976).

### **2.3.2 – Metodologia Francesa**

SANEJOUAND (1972) descreve a metodologia da escola francesa, sintetizada por trabalhos na escala 1: 100.000 destinam-se ao planejamento de áreas metropolitanas. Publicou na França resultados do mapeamento geotécnico já realizado. Os fatores analisados nestes mapas foram geológicos, geomorfologia e geotécnico.

Assim estabelecendo uma classificação para as cartas geotécnicas na França, tendo como base cartas de substrato rochoso, material de cobertura, hidrogeologia e geomorfologia. Por meio desta se elaborou cartas de aptidão utilizadas em fundações, estradas, escavações, entre outros.

### **2.3.3 – Metodologia Mathewson**

Sistemática metodológica apresentada em 1973, pelos norte-americanos Mathewson e Font foi fundamentada na análise crítica dos métodos de elaboração de cartas geotécnicas nos EUA, tendo como princípio básico a ordenação da informação geológica para o uso do solo.

## **2.4 – Metodologias Nacionais de Mapeamento Geotécnico**

ZUQUETTE (1987) definiu a metodologia de mapeamento geotécnico conforme Tabela 2 e que os mapas em escala 1: 100.000 são documentos com finalidade regional, representando a transição para os mapas gerais.

Tabela 2: Classificação Metodologia Zuquette.

<b>Classificação Zuquette</b>			
<b>Classificação quanto à escala</b>	Menores que 1: 100.000 (Escala Geraís)	1: 100.000 a 1: 25.000 (Escala Regionais)	1: 25.000 a 1: 10.000 (Escala Semidetalhadas)
<b>Classificação quanto à finalidade</b>	<p><b>I. Escalas Geraís:</b> Têm como finalidade orientar o planejamento de áreas extensas e selecionar áreas específicas para a realização de futuros mapeamentos geotécnicos em escalas mais detalhadas. Destacando-se para esse estudo os seguintes atributos: condições geomorfológicas (declividade e áreas instáveis), materiais (tipos rochosos predominantes com as devidas feições estruturais, textura dos materiais inconsolidados, possíveis aquíferos, áreas de potencial mineral), ocupação atual (vegetação natural e ocupação antrópica), dados climáticos para bacias hidrográficas (pluviosidade, área e outros).</p>	<p><b>II. Escalas Regionais e Semi-detalhadas:</b> Têm como objetivo auxiliar na ocupação das diversas áreas, obtendo uma melhor forma de ocupação. A diferença básica entre as duas escalas está na função do maior ou menor nível de detalhamento, mantendo os mesmos atributos nos dois níveis. Em escalas maiores que 1: 50.000 os grupos considerados são: materiais inconsolidados, geomorfologia, material rochoso, águas superficiais e subterrâneas, fatores climáticos e ação antrópica.</p>	
<b>Classificação quanto à forma de apresentação dos resultados</b>	<p><b>I. Mapas das condições geotécnicas:</b> Apresentam todos os atributos do meio físico sem separar áreas similares (Zoneamento) para possíveis usos. Sendo elaborados em escalas gerais.</p>	<p><b>II. Mapas de Zoneamento Geotécnico Geral:</b> A separação é feita por meio de áreas similares (Zoneamento), sem estabelecer suas possíveis formas de ocupações (usos) específicas.</p>	<p><b>III. Mapas de Zoneamento Geotécnico Específico ou Carta de aptidão:</b> São elaboradas em escalas maiores que 1: 50.000 com uma finalidade única (fundações, estradas).</p>

Fonte: ZUQUETTE (1987).

### **2.4.1 – Metodologia IPT**

A metodologia utilizada pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) visa construir cartas de atributos ou parâmetros baseada na distribuição características geotécnicas - geológicas do terreno.

O método do IPT foi desenvolvido na década de 1980, baseado em trabalhos realizados nas encostas dos morros de Santos e São Vicente, no litoral paulista, a partir de situações específicas de problemas do meio físico.

As cartas geotécnicas, elaboradas pela metodologia IPT, tem objetivo obter informações que aumente o desempenho da interação do meio físico e uso e ocupação, estabelecendo técnicas de prevenção e correção dos problemas, se encontrados nas áreas de estudo.

### **2.5 – Planejamento Urbano e Ambiental**

O planejamento urbano de uma cidade, e/ou plano diretor, busca a melhoria na qualidade de vida dos habitantes e na criação de áreas urbanas, com desenvolvimento de na sua estruturação e apropriação do espaço urbano de cada cidade.

O planejamento ambiental, portanto, é a organização do trabalho de grupo para preservar e conservar o meio ambiente, de forma que os impactos resultantes, que afetam negativamente o ambiente em que vivemos, sejam minimizados e que, os impactos positivos, sejam maximizados.

Um planejamento urbano bem desenvolvido dentro de uma cidade, é muito importante para uma gestão ambiental adequada, pois ele valoriza a conservação ambiental e aumenta a qualidade de vida das pessoas garantindo a sobrevivência das pessoas em meio as grandes cidades.

### **2.6 – Mapeamento Geotécnico no Planejamento Urbano e Ambiental**

Para MENDES (2001) o mapeamento geotécnico pode fornecer informações essenciais ao planejamento urbano, tais como a seleção de área adequada à expansão urbana e/ou contribuição na obtenção de um plano urbano e regional respeitando e protegendo o ambiente de forma econômica.

Uma das grandes utilidades da cartografia geotécnica é fornecer informações ao planejamento urbano e regional, determinando o melhor uso e ocupação possível à área estudada, e também promover à sustentabilidade ambiental, adequando as atividades antrópicas ao meio físico com o mínimo de danos.

## **2.7 – Geoprocessamento**

Geoprocessamento é o conjunto de todas as ciências, técnicas e tecnologias (geografia, cartografia, topografia, informática, geodésia, GPS, SIG, entre outras), utilizadas para efetuar vários processos com dados e informações geograficamente referenciadas.

A recente popularização das técnicas de geoprocessamento tem feito surgir algumas confusões na atribuição dos termos geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas, que vêm sendo utilizados como sinônimos quando, na verdade, dizem respeito a coisas diferentes.

### **2.7.1 – Sistema de Informação Geográficas (SIG)**

A década de 1990 foi marcada pela crescente capacidade de análise e tratamento de dados, e pela facilidade do acesso à informação, por meio de sistemas computacionais cada vez mais simples e baratos. Nos campos de saúde e ambiente, diversos dados encontram-se em meio magnético e estruturados de maneira a permitir seu uso e interpretação por órgãos responsáveis, entidades acadêmicas, e organizações não-governamentais.

Para SOUZA (1996) uma das maneiras de se conhecer mais detalhadamente as condições da população é por meio de mapas que permitam observar a distribuição espacial de situações de risco e dos problemas que se apresenta. A abordagem espacial permite a integração de dados demográficos, socioeconômicos e ambientais, promovendo o inter-relacionamento das informações de diversos bancos de dados. Nesse sentido é fundamental que as informações sejam localizáveis, fornecendo elementos para construir a cadeia explicativa dos problemas do território e aumentando o poder de orientar ações entre setores específicos.

## 2.8 – Análise Multi-Critério no Mapeamento Geotécnico

A análise de multi-critério é uma ferramenta de apoio à decisão que deve ser vista como uma atividade com dois componentes principais: a construção do modelo e a gestão do processo de tomada de decisões, a Figura 1 mostra um fluxograma do processo de tomada de decisão por análise de multi-critério.

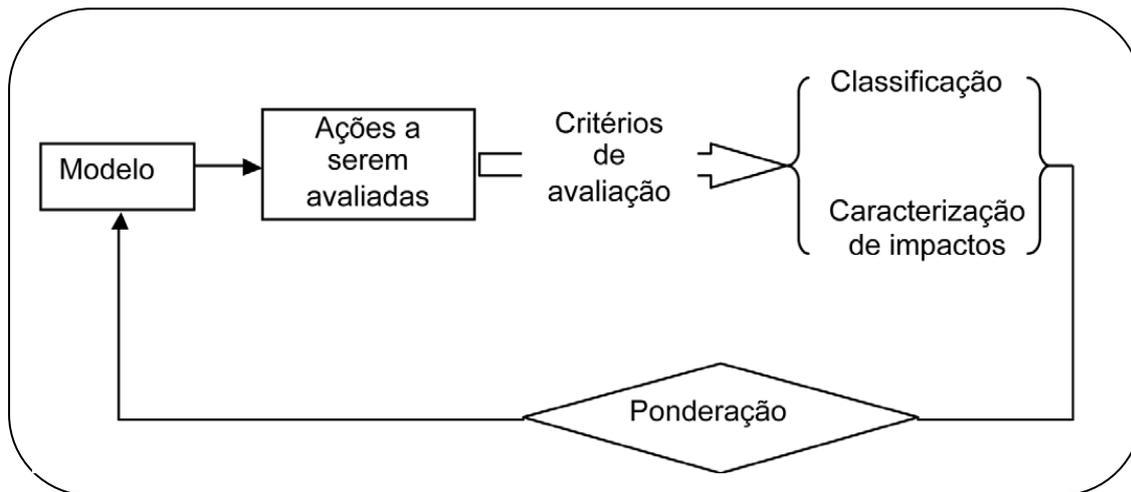


Figura 1. Procedimento do Método de Multi-critério de acordo com PARIZI (2003).  
Fonte: VALÉRIA (2008).

De acordo com PARIZI (2003), este modelo apresenta flexibilidade na combinação entre mapas, possibilitando a utilização de uma escala de valores em função do grau de significância relativo de cada critério (atributo) envolvido na análise.

## **CAPÍTULO 3**

### **CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA**

#### **3.1 – Apresentação**

O município de Congonhas é constituído de três distritos Congonhas, Alto Maranhão e Lobo Leite. está localizado ao sul da Serra do Espinhaço no quadrilátero ferrífero - MG. A cidade desenvolveu-se em uma região de relevo bastante complexo que determina a formação de suas bacias hidrográficas. As bacias localizadas na área urbana do município apresentam características bastante diferenciadas daquelas inseridas na área de mananciais, pois são permanentemente afetadas por problemas de poluição e assoreamento provocados pelos esgotos domésticos e industriais (extração de minérios).

#### **3.2 – Características Gerais do Município**

O município possui como maior fonte de renda a extração mineral e a indústria metalúrgica com destaque para a mina da Casa de Pedra (Companhia Siderúrgica Nacional - CSN) e a Mina da Fábrica (antiga Ferteco Mineração S/A, hoje incorporada à Companhia Vale do Rio Doce - CVRD).

Sendo a mineração uma atividade a qual tem um impacto direto sobre o relevo e o ambiente, o município deve estar atento ao processo de extração mineral e modificação do relevo.

#### **3.3 – Caracterização da Área de Estudo**

Localiza-se no quadrante de coordenadas: (20° 15' S e 44° 00' W) (20° 45' S e 44° 00' W) (20° 15' S e 43° 45' W) (20° 45' S e 43° 45' W). Conforme Figura 2, tendo como limites os municípios de “Ouro Preto ao Norte, Ouro Branco à leste, Belo Vale e Jeceaba à oeste, São Brás do Suaçuí e Conselheiro Lafaiete ao sul”, sendo sua altitude máxima 1.628 metros na Serra da Bandeira e mínima de 925 metros na Cachoeira do Salto. Tendo aproximadamente uma população estimada 50 mil habitantes. Possui uma área de 306,45 km<sup>2</sup>. Situada a 70 km de Belo Horizonte.

A cidade é formada por dois distritos: Alto Maranhão e Lobo Leite e mais o município sede “Congonhas”.

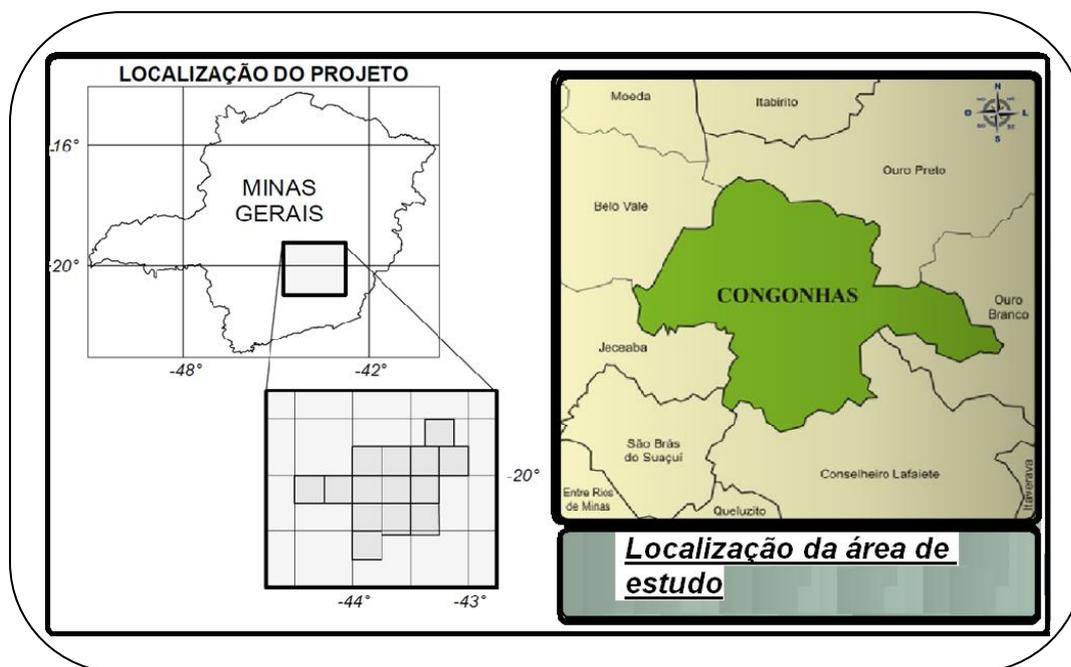


Figura 2, Localização da área de estudo.

### 3.3.1 – Hidrografia

Segundo o IBGE O município de Congonhas está inserido na bacia hidrográfica do rio São Francisco. Pertencentes a esta bacia estão as bacias do rio Paraopeba, que tem em sua área de abrangência a sub-bacia do rio Maranhão.

A maior parte do Município é banhada pelo rio Maranhão, que segue a direção sul-norte, passando pela sede municipal, onde toma a direção oeste, indo desaguar no rio Paraopeba. O município de Congonhas possui uma rede de rios, córregos e ribeirões que compõem ao todo 04 bacias hidrográficas. As bacias localizadas na área urbana do Município apresentam características bastante diferenciadas daquelas inseridas na área de mananciais, pois são permanentemente afetadas por problemas de poluição e assoreamento provocados pelos esgotos domésticos e industriais (extração de minérios).

### **3.3.2 – Área de Mananciais**

Bacia do Rio Paraopeba, constitui-se num dos principais afluentes do Rio São Francisco em Minas Gerais. Estabelece limites entre o município de Congonhas e os municípios de São Brás do Suaçuí e Jeceaba, passando pelo distrito de Santa Quitéria.

Bacia do Rio Soledade, nasce no município de Ouro Preto, passa pelo distrito de Lobo Leite e deságua no Rio Maranhão, no povoado de Joaquim Murtinho. São afluentes deste rio o Ribeirão Gurita, originário do Córrego do Almoço, com nascentes na região da Açominas, e o ribeirão Ouro Branco.

### **3.3.3 – Aspectos Geológicos e Geomorfológicos**

Segundo IBGE (2010) o município apresenta um conjunto de rochas altamente transformadas (tectônica e metamorficamente), de idade pré-cambriana. No norte aflora um conjunto de rochas cujo tipo litológico mais antigo pertence ao Super grupo Rio das Velhas, constituído pelo super grupo Nova Lima, composto por micaxisto e metavulcânicas. Ocorrem ainda rochas pertencentes ao Complexo Barbacena, gnaisses, granitóides e migmatitos, rochas intrusivas (granodioritos, granitos, piroxênito e serpentinito) e do Super grupo Minas, composto pelos Grupos Piracicaba (filitos, quartzito), Itabira (itabirito, dolomito e filito) e Caraça (quartzito, filito e conglomerado).

As principais ocorrências minerais são o ferro, gnaisse (brita), agalmatolito, amianto, cianita, grafita, pedra-sabão e quartzo.

Ao norte do Município, terrenos da Serra da Moeda, Esmeril e da Bandeira (Casa de Pedra). Como característica da ocorrência de rochas ferríferas e quartzíticas, os solos resultantes são arenosos, pouco férteis e com elevado teor de acidez. Registram-se, como consequência, as presenças de voçorocas e termiteiros.

A área do município apresenta 03 unidades de relevo que se distinguem pelas altitudes médias e formas de dissecação:

- a leste, o relevo é menos dissecado, com altitudes médias de 1.000m, de colinas suaves, compreendendo a área onde se instalou a Açominas até a BR-040;

- ao sul do rio Maranhão é a porção mais dissecada, a área, com altitudes médias de 900m, de colinas e morros; e a porção noroeste, ao norte do rio Maranhão e a oeste da BR-040, com altitudes médias de 800m a 1.000m;
- constitui a área mais elevada, representada por cristas de direção sudoeste-nordeste da Serra da Moeda. “*Aí se localiza o ponto culminante do Município, (1.630m - Casa de Pedra)*”.

### **3.3.4 – Cobertura Vegetal e Uso da Terra**

A vegetação é constituída de campos, nos trechos mais altos, cerrados, matas de encosta e matas-galeria, em grande parte devastada pelas atividades mineradoras. Como consequência da diminuição da vegetação de cobertura, os solos estão ficando expostos à erosão. Este fato tende a ser mais significativo em função da presença de solo arenoso, em predominância na região. Na porção oeste, imediações da Serra da Moeda, a vegetação das matas acha-se ainda preservada. Registram-se áreas reflorestadas com eucaliptos. No domínio dos solos mais desenvolvidos, do tipo cambissolo, há registros de capoeira, que representam uma formação secundária, produto da mata que foi cortada ou queimada. A área antes ocupada pela floresta encontra-se modificada por completo, sendo seu espaço hoje destinado à formação de pastos, que se prestam a uma pecuária pouco desenvolvida.

Segundo o IBGE (2010), o município de Congonhas possui uma área total de 305,5km<sup>2</sup>, dos quais 25,0km<sup>2</sup> são ocupados pela área urbana da sede representando 8,2% do total, 4,7km<sup>2</sup> pelas áreas urbanas dos distritos – representando 1,5% do total, totalizando uma área urbanizada de 29,7km<sup>2</sup>, ou 9,7% da área total. Dos restantes 275,8km<sup>2</sup>, representando 90,3% da área total, as atividades agropastoris, ainda que não praticadas de forma intensiva, segundo dados do censo agropecuário de 1996, ocupavam 49km<sup>2</sup>, ou seja, 16,0% da área total, restando 226,8km<sup>2</sup> ou 74,3% do total, ocupadas pelas atividades mineradoras e por área de preservação e mananciais.

### **3.3.5 – Aspectos Gerais do Relevo, Solo, Geologia e Minerais**

a) RELEVO: O município apresenta um conjunto de rochas altamente transformadas (tectônica e metamorficamente), de idade pré-cambriana. No norte aflora um conjunto de rochas cujo tipo litológico mais antigo pertence ao Super grupo Rio das Velhas,

constituindo pelo Grupo Nova Lima, composto por micaxisto e metavulcânicas. Ocorrem ainda rochas pertencentes ao Complexo Barbacena, gnaisses, granitóides e migmatitos, rochas intrusivas (granodioritos, granitos, piroxênio e serpentinito) e do Super grupo Minas, composto pelos Grupos Piracicaba (filitos e quartzito), Itabira (itabirito, dolomito e filito) e Caraça (quartzito, filito e conglomerado).

b) GEOLOGIA: O Quadrilátero ferrífero da porção central de Minas Gerais é uma das maiores províncias de minério de ferro do mundo, cobrindo uma área de 7.000 Km<sup>2</sup>. Existem aproximadamente 540 km de afloramentos de formação ferrífera da era proterozóica.

c) MINERAIS: Pedra-Sabão, Agalmatolito, Grafita, Quartzo, Gnaisse, Minério de Ferro.

d) PEDRA SABÃO: A denominação de pedra-sabão é devida ao fato deste tipo de pedra ser muito macio e escorregadio. Ela apresenta grande variedade de substâncias. Mineralogicamente é composta de talco, clórica e quantidade variável de dolomita, por isso, é também conhecida como talco. PMC-MG (2010).

e) AGALMATOLITO: O termo agalmatolito, assim como os termos pedra-sabão e profliga são usados para denominar materiais de propriedade e usos semelhantes ao do talco.

É usado na fabricação de painéis, cinzeiros, enfeites, esculturas, materiais refratários, mesas de laboratório, queimadores de gás, isoladores elétricos, entre outros.

f) GRAFITA: é carbono menos puro que do diamante; contém às vezes pequena quantidade de sílica, óxidos de ferro, argila. Encontra-se sob a forma de veios simples ou em rosário, isto é, formadas por uma série de bolsas dilatadas, nos granitos, nos gnaisses ou nos xistos cristalinos.

No município de Congonhas, este mineral não tem aplicação industrial, porém é encontrado associado com o minério de ferro.

g) QUARTZO: é mineral dos mais espalhados na superfície da terra e faz parte de grande número de rochas eruptivas, sedimentares e metamórficas. É também um dos

minerais mais bem estudados, chamando a atenção dos mineralogistas pela sua beleza e propriedades interessantes.

h) GNAISSE: Quando a palavra gnaiss é usada sozinha, ela refere-se a uma rocha metamórfica de granulação grossa, em faixas. O aspecto em faixas resulta da segregação do quartzo e do feldspato em camadas que se alternam com as dos minerais escuros. Como o metamorfismo de muitas rochas ígneas ou sedimentares pode resultar em um gnaiss, haverá muitas variedades, com associações minerais diversas. Os gnaisses são muito comuns no embasamento cristalino brasileiro.

Em Congonhas o gnaiss é utilizado como brita, pedra-de-mão e pavimentação na construção civil.

i) MINÉRIO DE FERRO: em Congonhas são derivados, por meio de diferentes processos, supergênicos e hipogênicos. Com base em um teor de corte de 35% de ferro, o minério é classificado nos tipos hematita, itabirito e limonita, de acordo com seus constituintes químicos e suas características físicas e mineralógicas.

### **3.4 – Estudos Científicos Realizados na Área**

ANÁLISE DE ESTABILIDADE DO MACIÇO ROCHOSO DA MINERAÇÃO CASA DE PEDRA, CONGONHAS-MINAS GERAIS, *“Este trabalho apresenta um estudo de estabilidade por meio da análise cinemática, para o maciço rochoso da Mineração Casa de Pedra em Congonhas, Minas Gerais, utilizando mapeamento na escala 1:4000. Os parâmetros principais foram levantados a partir de um mapeamento geológico geotécnico detalhado. Foram coletados dados de todos os setores da mina a cada quatro metros. Os dados relativos aos pesos da classificação geomecânica de Bieniawski foram compilados em tabelas e posteriormente foram gerados mapas geotécnicos com o auxílio do software ArcView. A classificação geomecânica foi utilizada juntamente com a estimativa da compressão uniaxial de campo para a determinação da resistência do maciço rochoso com o auxílio do software RocLab da Rocscience. Na análise cinemática foram utilizados os ângulos de atrito das litologias predominantes em cada setor, definidas como campos homogêneos e foi realizada uma setorização das cavas em função das discontinuidades principais e da orientação da face do talude em relação a descontinuidade.”*. D’ALESSANDRO (2007).

## CAPÍTULO 4

### MATERIAIS E MÉTODOS

#### 4.1 – Método e Etapas de Pesquisa

A metodologia utilizada baseou-se em aquisição e construção de banco de dados, uso de técnicas de sensoriamento remoto, levantamento de campo e aplicação de bancos de dados, ArcGis 9.3.

Para se chegar ao objetivo proposto, neste trabalho, foram realizadas as seguintes fases. Conforme fluxograma da Figura 3.

Criou-se um banco de dados georreferenciado utilizando base de dados digitais cedidos por instituições pesquisadoras como: (CODEMIG), (CPRM), (IBGE). Todos estes dados foram analisados e editados para a área de interesse.

Assim a metodologia esta baseada nos passos determinados pelo fluxograma da Figura 3.

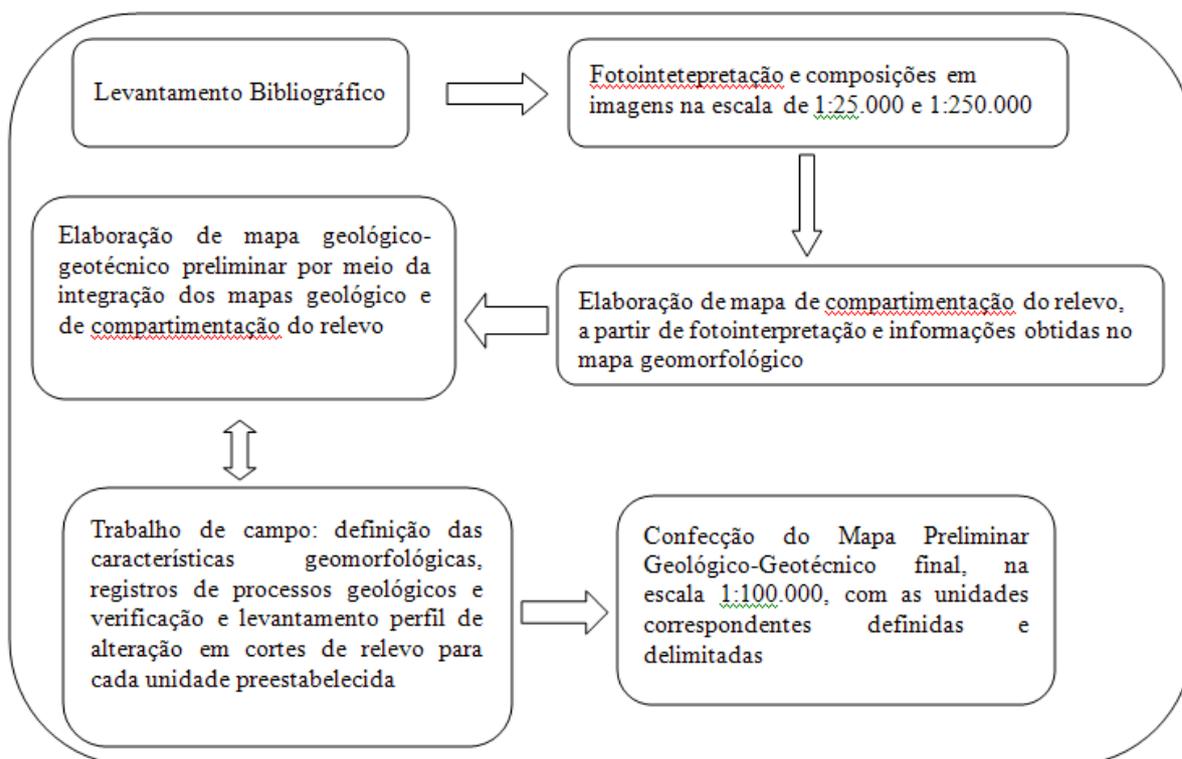


Figura 3. Fluxograma das atividades desenvolvidas para elaboração do mapa geológico-geotécnico

a) **METODOLOGIA:** A metodologia de trabalho compreendeu o mapeamento geológico-geotécnico do município de Congonhas-MG, tendo como recorte espacial os limites político-administrativos dos três distritos que compõem o município, em um retângulo envolvente da área com as coordenadas: (603000 E e 7746000 N) ; (639000 E e 7716000 N), obtidas de dados resultantes de trabalho de campo e dos levantamentos bibliográficos. O mapeamento geológico-geotécnico baseou-se em aquisição de banco de dados, uso de técnicas de sensoriamento remoto, levantamento de campo e aplicação do SIG ArcGis9.3, ArcExplorer 2.0.

b) **AQUISIÇÃO DO BANCO DE DADOS:** Os dados utilizados foram os seguintes:

1. Carta Topográficas do IBGE (SF-23-X-A-VI-1 e SF-23-X-A-III-3) na escala de 1:50.000;
2. Banco de dados Gemorfométricos do Brasil (INPE) na escala de 1:250.000;
3. Mapa Geológico do quadrilátero ferrífero (CODEMIG) na escala de 1:50.000 ,
4. SIG da CODEMIG “Geologia do Quadrilátero ferrífero” e “Integração e Correção Cartográfica”.

c) **ANÁLISES DE IMAGENS DE SATÉLITES:** Para obter mais informações da área de estudo utilizou a imagem (CBERS\_2B\_HRC\_20080906\_152\_E\_123\_1\_L2) foram georreferenciadas utilizando o sistema de coordenadas plana e a projeção UTM (Universal Transversa de Mercator– Datum: SAD 69) fazendo composições e delas tiradas informações para auxiliar na compreensão e análise da área de estudo.

Banco de dados Gemorfométricos do Brasil (INPE) os dados estão todos estruturados em quadrículas compatíveis com a articulação 1: 250.000, portanto, em folhas de 1° de latitude por 1,5° de longitude. Os arquivos foram nomeados seguindo-se uma única notação para cada conjunto de arquivos de uma mesma folha. As folhas estão identificadas seguindo o prefixo de 6 letras LA\_LON, em que LA é a latitude do canto superior esquerdo da quadrícula e LON sua longitude, na seguinte notação: nn5 quando longitude for nn graus e 30' e nn\_ quando a coordenada for nn graus inteiros. As Imagens utilizadas foram (20\_45, 20\_435; 19\_45; 19\_435) do planos de informação em GeoTIFF. Foram tiradas informações para a composição e definição das áreas geomorfológica de altitude e das formas de encosta.

Todos os processos de análise e georeferenciamento foram executados no software ArcGis 9.3.

d) TRABALHO DE CAMPO: O trabalho de campo constou do levantamento das unidades geológico-geotécnicas encontradas na área de estudo.

Durante o mapeamento foram realizados o reconhecimento e identificação das diferentes unidades geológica-geotécnicas, onde foi considerado, afloramento rochoso, solos residuais, depósitos de vertente, depósitos aluviais. Como componentes básicos do ambiente geológico, geomorfológico e pedológico.

e) MODELO DIGITAL DO TERRENO (MDT): Inicialmente foi realizado um mosaico com as cartas obtidas no IBGE que abrangem as áreas de estudo, são elas: (Conselheiro Lafaiete e Itabirito).

O bloco de curvas nível cotadas foram cruzados no ArcGis 9.3, modo *3D Analyst*, opção *Create TIN from Features* gerando assim o modelo digital de terreno.

f) MAPA DE DECLIVIDADES: A carta de declividades foi derivada do MDT. Dentro do programa ArcGis 9.3, no módulo *3D Analyst, Surface Analysis*, foi escolhida a opção *Slope*, gerando assim um mapa com a declividade em porcentagem.

Foram adotadas 5 classes de declividades, neste estudo sendo elas: 0 a 5%, 5 a 15%, 15 a 20%, 20 a 30% e maior de 30%, baseado na lei Federal 6.766/79.

Estes intervalos foram escolhidos tendo em vista os estudos de mapeamento geológico-geotécnico, e o risco geotécnico para a construção civil com a declividade acima de 30% e visando dar subsidio para o planejamento urbano e ambiental da área de estudo.

As classes de declividades utilizadas foram baseadas na metodologia usada por CORREA (2003) conforme Tabela 3.

Tabela 3: Classes de declividades

Classes de declividades	
• 0 – 5%	Domínio plano ou suave ondulado, ou seja, superfície de topografia horizontal ou pouco movimentada, onde os desnivelamentos são muito pequenos ou apresentando declives suaves.
• 5 – 15%	Domínio ondulado, ou seja, superfície de topografia pouco movimentada constituída por conjunto de colinas apresentando declives moderados, ou formada por morros.
• 15 – 20%	Domínio moderado a montanhoso, ou seja, superfície de topografia pouco movimentada constituída por conjunto de colinas apresentando declives moderados a superfície de topografia vigorosa com predomínio de formas acidentadas.
• 20 – 30%	Domínio montanhoso, ou seja, superfície de topografia vigorosa com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituída por morros, montanhas e maciços montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes.
• >30%	Domínio escarpado, ou seja, superfície de topografia muito íngreme com vertentes de declives muito fortes.

g) MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO: Foi obtido do programa de Expansão do Município de Congonhas, denominado “*Zoneamento Nova Área de Expansão Urbana*” conforme (Figura 6) para análise, foi georeferenciado e vetorizado também dentro do programa ArcGis 9.3, mas devido ao erro final no processo de georeferenciamento foi desprezado esta etapa. Ficando a Figura 6 conforme esta no plano diretor do município de Congonhas, sendo apenas objeto de análise visual.

Portanto dentro da metodologia proposta ainda foram utilizadas ferramentas do programa ArcGis 9.3 para proceder o cruzamentos dos dados, denominado de “álgebra de Mapas”:

A Tabela 4 estão relacionadas as notas da seguinte forma: nota mais alta pior situação, quanto maior a nota pior o fator de risco em relação ao atributo.

Tabela 4: Tabela de notas para conversão para imagens raster

<b>Declividade</b>	<b>Geomorfologia Forma da Encosta</b>	<b>Geomorfologia Altitude</b>	<b>Geologia</b>	<b>Notas</b>
0 a 5%	Côncavas ou convexas com extensões menores do que 200,0 m	baixa	quartzitos dolomitos hematita_competa	1
5 a 15%	Côncavas ou convexas com extensões menores do que 400,0 m	média baixa	canga	2
15 a 20%	Côncavas ou convexas com extensões menores do que 600,0 m	média	xistos	3
20 a 30%	Convexas a retilíneas com extensões menores do que 1.000,0 m	média alta	terremos granito- gnasissicos arquenos	4
> 30%	Convexas com mais de 1.000,0 m de extensão	alta	filitos	5

A Tabela 5 ilustra uma matriz de correlação imaginaria envolvendo 3 cartas básicas e interpretativas ( geológica, geomorfológica e cartográfica).

Tabela 5: Matriz de correlação hipotética

	Geologia	Geogormologia	Cartográfica
Geologia	1		
Geogormologia	4	1	
Declividade	7	8	1

Fonte: SAATY (1991).

A Tabela 6 onde se observa que a declividade (0,56) é a variável mais importante na avaliação que se pretende realizar, seguindo-se geomorfologia (0,38), a geologia (0,06).

Foi também determinada a taxa de consistência da ponderação (0,03). Segundo SAATY (1991), esta taxa indica a probabilidade dos escores da matriz terem sido gerados aleatoriamente, devendo obrigatoriamente ser inferior a 0,10, caso contrário a matriz será rejeitada. Se a taxa de consistência for superior ao limite permitido, deve-se proceder a uma reavaliação da matriz de correlação, modificando-se desta maneira os escores atribuídos em todas as cartas utilizadas.

Tabela 6: Pesos das cartas básicas e interpretativas

<b>Produtos graficos</b>	<b>Pesos</b>
geologia	0,06
geoformologia	0,38
declividade	0,56

Taxa de consistência = 0,03

Fonte: SAATY (1991).

h) MAPA DE UNIDADES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS: Para a elaboração deste foram cruzados os mapas, geomorfológico “Banco de dados gemorfométricos” e geológico, carta cartográfica obtendo-se diversas unidades para a área. Numa fase posterior foi realizada uma reclassificação, com base em informações obtidas por meio de visitas técnicas de campo, gerando um mapa final de unidades geológico-geotécnicas.

## CAPÍTULO 5

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 5.1 – Caracterização das Unidades Geológica – Geotécnica

A análise Geológico-geotécnica da área apresenta-se como uma fase inicial e indispensável para o planejamento da ocupação territorial, pois é a partir da mesma que se determinam as condições viáveis para implantação de estradas, cortes e aterros, condições de fundações, áreas passíveis de inundação, áreas com susceptibilidade à erosão e escorregamento, entre outros fatores que estão ligados diretamente à ocupação territorial.

O mapa de unidades geológico-geotécnicas foi produzido com abordagem de componentes básicos do ambiente geológico, geomorfológico e geológicos das áreas elevadas e de baixadas. Foram inseridas ainda informações extraídas a partir do tratamento digital de imagem de satélite CBERS-2B bandas HRC (0,5 – 0,8  $\mu\text{m}$ ) e imagem 20\_45, 20\_435; 19\_45; 19\_435 planos de informação em GeoTIFF do (INPE) e levantamento de campo.

A partir dos mapas geológicos, geomorfológicos e produziu-se um mapa preliminar contendo as unidades geológico-geotécnicas da área de estudo (o mapa no qual se observam classes variando do menor ao maior risco possível no meio).

Com os resultados de informações adicionais obtidas com visitas técnicas de campo, foi possível agrupar os itens gerando um mapa de unidades geológico-geotécnicas, com unidades de baixadas e elevadas Figura 4. Descritas como: Unidades de Baixa, Média Baixa, Média, Média alta e Alta.

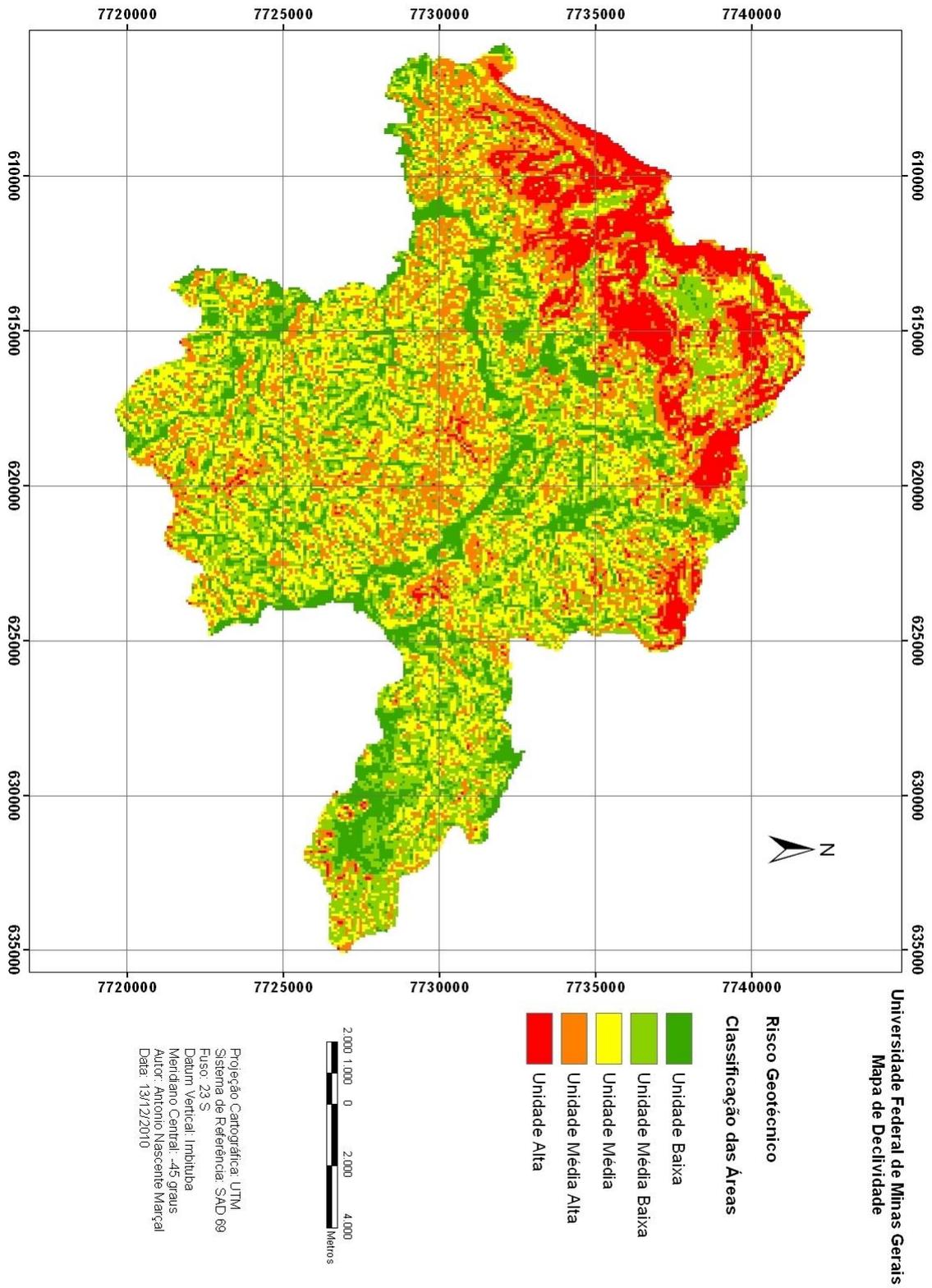


Figura 4: Mapa de Unidades Geológico-Geotécnicas

O território do Município de Congonhas apresenta unidades: baixa, média baixa e média envolvidas pela a unidade média alta, sendo esta unidade não recomendada para urbanização, devido à proximidade com unidades de potencial urbano é prudente uma análise pontual de risco para cada área urbana aprovada.

A unidade de alta esta concentrada na área norte do município ou área destinada a mineração e zona de expansão urbana de suporte de atividades de mineração e as atividades industriais – ZEU Suporte, aprovada no Zoneamento Nova Área de Expansão Urbana do Município de Congonhas, são áreas com possibilidades de problemas de risco geotécnicos e devem ser monitoradas. Esta unidade está representada de forma menos acentuada por todo território do município isto se deve a topografia da região que é muito irregular.

## **5.2 – Mapa de Declividades**

A carta de declividade foi gerada a partir do MDT. As classes de declividade normalmente são subdivididas segundo critérios que se pretende representar, a forma de terreno, altura relativa das elevações, com o objetivo principal de fornecer subsídios necessários ao desenvolvimento do trabalho.

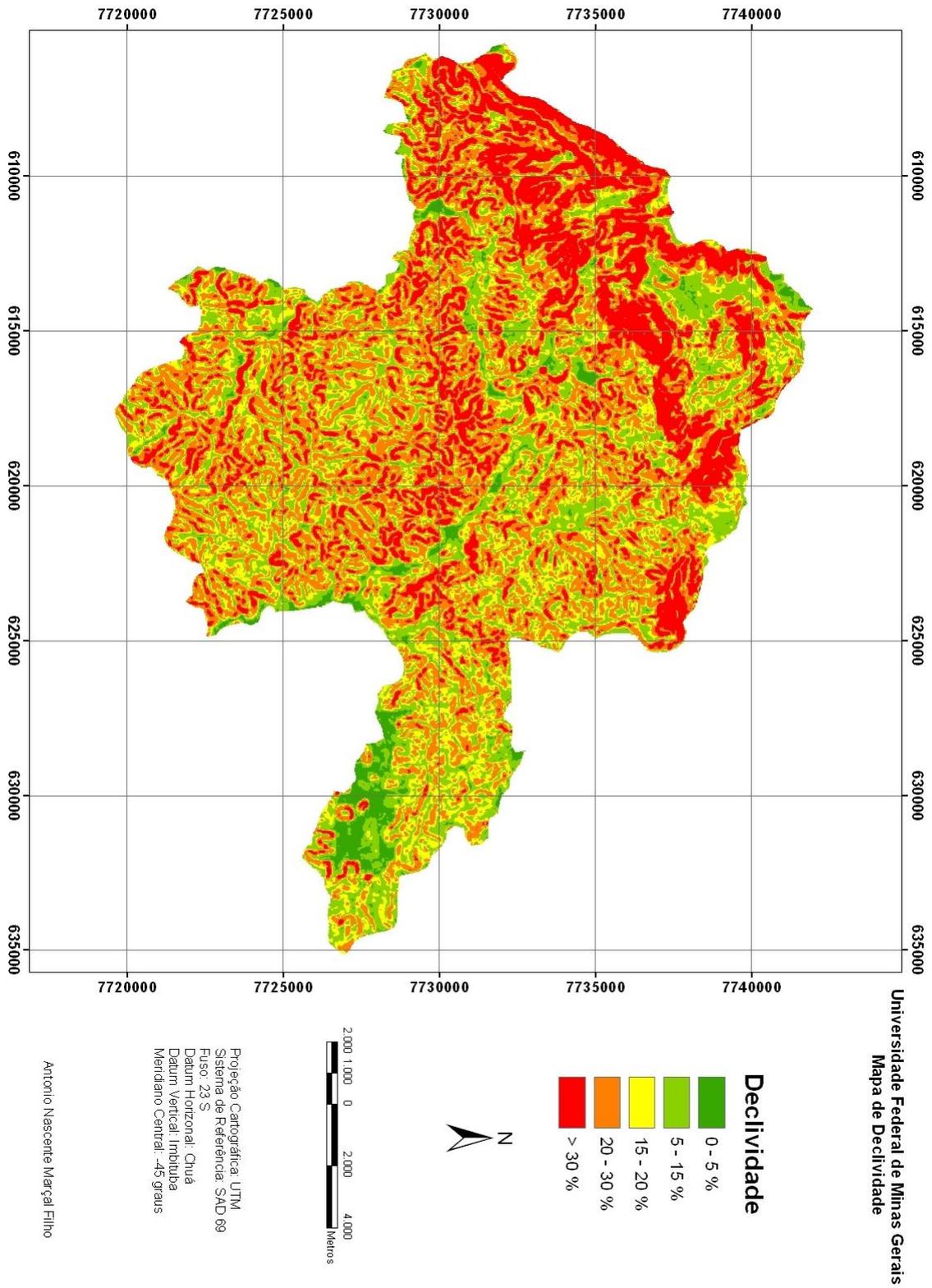


Figura 5: Mapa de Declividade em 5 classes

### 5.3 – Mapa de Uso e Cobertura do Solo

O mapa de potencial de uso e ocupação do solo “Zoneamento Nova Área de Expansão Urbana” (Figura 6), é uma importante informação no que se refere ao uso adequado do meio físico, com análise de suas restrições e potencialidades.

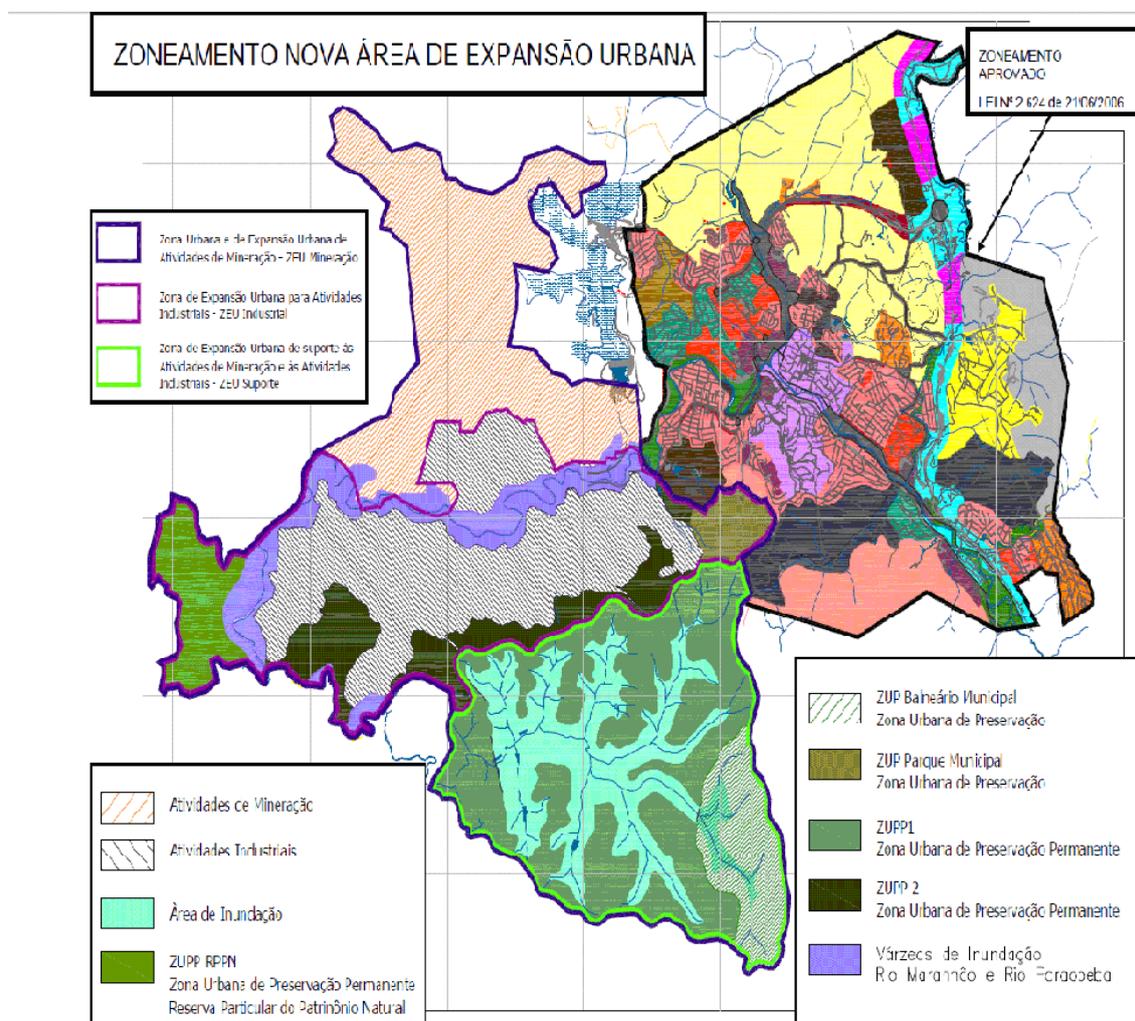


Figura 6: Mapa Uso e Ocupação do solo “Zoneamento Nova Área de Expansão Urbana” do Município de Congonhas - MG.

Fonte: Plano diretor da Prefeitura Municipal de Congonhas.

O mapa de potencial de uso e ocupação do solo apresenta as várias possibilidades de uso do solo segundo suas características, sendo divididas em várias classes.

Um dos principais problemas existentes nestas áreas é decorrente da própria ação do homem, devido à má utilização do meio físico por cortes e aterros mal executado e ocupações irregulares.

Áreas de expansão urbana nas unidades média alta e alta com restrições - nestas áreas estão as maiores declividades. Estas áreas apresentam um potencial de risco elevado.

Áreas de preservação ou não recomendável para urbanização - são as áreas que se concentram em torno dos cursos d'água a altos de morro com declividade superior a 30% de acordo com a lei de parcelamento do solo.

O mapa de potencial de uso e ocupação do solo do Município (Figura 6) mostra o que já havia sido observado em visitas de campo, ou seja, áreas que estão dentro do perímetro urbano ou de expansão urbana são em alguns casos de potencial risco.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no mapa gerado neste trabalho, Mapa Preliminar de Unidades Geológico-Geotécnicas do Município de Congonhas-MG, associado com o Mapa Zoneamento e Expansão do Município de Congonhas-MG (Figura 7), observa-se que a zona expansão urbana “área urbana” ocorre sobre as unidades geotécnicas “Unidades alta e média alta”.

Essas áreas podem ser urbanizadas, porém devem ser respeitadas suas características naturais.

Observa-se também que a expansão urbana ainda não atingiu a unidade “alta”, porém verifica-se que a cidade vem crescendo em direção à esta área, considerada imprópria à urbanização devido à sua formação, indicando que essas unidades possuem risco geotécnico, imprópria para construção.

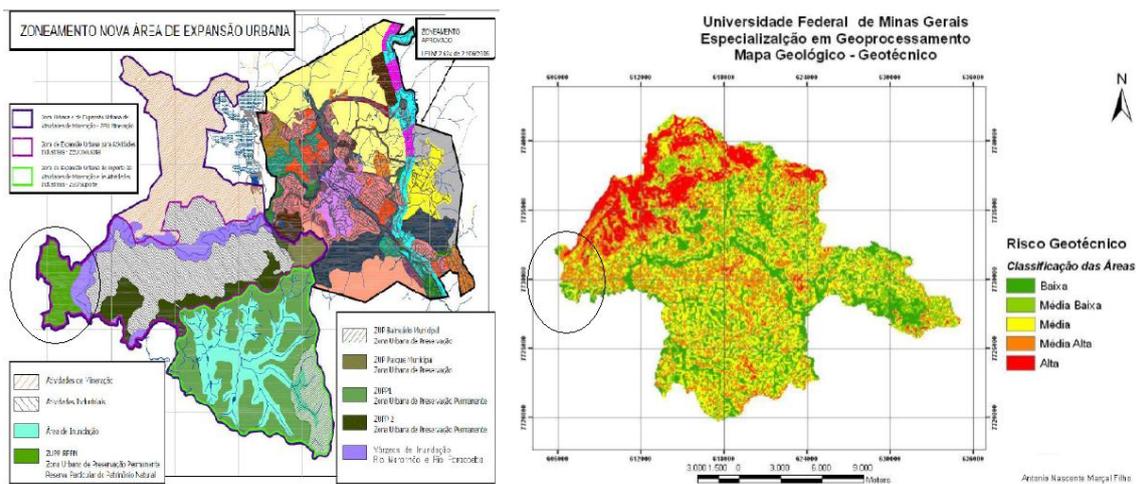


Figura 7: Mapa de Expansão e Mapa Geológico – Geotécnico

Fonte: composição baseada na Figura 6 e Figura 4, (figura da esquerda “Zoneamento Nova Área de Expansão Urbana” do plano diretor do município de Congonhas – MG e figura da direita Mapa Geológico – Geotécnico desenvolvido no trabalho).

De acordo com os resultados analisados neste trabalho, essas ocupações seriam mais apropriadas se ocorressem nas áreas das unidades média, média baixa e baixa (com

menor risco potencial), por apresentarem características favoráveis à construção. São áreas favoráveis à urbanização e recomendadas para a expansão urbana do Município.

O resultado obtido permitiu ter uma visão das necessidades e potencialidades do Município com relação ao meio físico, mostrando assim as atitudes que poderão ser tomadas para a preservação do meio e uso adequado do solo.

O mapa de unidades geológico-geotécnicas, assim como os mapas de potencial de uso e ocupação do solo, gera informações importantes para o planejamento territorial, pois dão condições para as frentes de expansão urbana do município indicando o uso apropriado do meio físico.

Dos problemas observados em visitas ao campo, podem-se citar construções em locais impróprios, onde o presente trabalho definiu como área de risco. Foram observadas construções não só em áreas risco, na unidade de média alta sem o devido respeito a característica e limitações do meio físico e também às áreas de preservação ambiental. Esses problemas poderiam ter sido evitados caso houvesse um planejamento territorial adequado como o conhecimento geotécnico.

A metodologia adotada neste trabalho utilizou o mapeamento geológico-geotécnico preliminar e técnicas de geoprocessamento como instrumentos básicos de orientação no planejamento urbano mostrou-se adequada aos objetivos propostos.

Considera-se que os objetivos propostos foram alcançados, uma vez que estes permitiram, em nível regional, a identificação das potenciais áreas de risco Geológico – Geotécnico, além de possibilitar o alerta sobre futuros problemas ambientais, que podem ocorrer em consequência do uso inadequado do meio físico frente às suas características.

A metodologia de mapeamento Geológico-Geotécnico adotada representou a base para a realização deste trabalho, o mapa no qual se observam classes variando do menor ao maior risco possível no meio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABGE, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA E AMBIENTAL, <http://www.abge.com.br> Acesso agosto de 2010.
2. AGUIAR, R.L. *Análise do mapeamento geotécnico nos processos de gestão ambiental: bases conceituais para aplicação no Distrito Federal (DF)*. São Carlos, SP, 1994. 88p. Monografia - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo/USP.
3. BARROSO, J.A.; CABRAL, S. & MALTA, C.S. Subsídios geológico-geotécnicos como apoio ao Plano Diretor do município do Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 7, 1993, Poços de Caldas. *Anais...* São Paulo, ABGE, v.2, p.167-176.
4. Biblioteca do IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (<http://biblioteca.ibge.gov.br>) Acesso em 4 de março de 2010.
5. BITAR, O.Y.; CERRI, L.E.S. & NAKAZAWA, V.A. Carta de risco geológico e carta geotécnica: uma diferenciação a partir de casos em áreas urbanas no Brasil. In: SIMPOSIO LATINO AMERICANO SOBRE RIESGO GEOLOGICO URBANO, 2, 1992, Pereira, Colômbia, *Anais...* Pereira, p.35-41.
6. CERRI, L.E.S.; AKIOSSI, A.; AUGUSTO FILHO, O. & ZAINÉ, J.E. Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração com o emprego do método de detalhamento progressivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 8, 1996, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro, ABGE, v.2, p.537-548.
7. CORRÊA, F. P. (2003). O uso do geoprocessamento na elaboração de documentos cartográficos como subsídio ao processo de zoneamento ambiental na bacia hidrográfica da lagoa feia no município de Campos dos

Goytacazes/RJ. Dissertação de Mestrado. Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense, 180 p

8. Divisão Territorial do Brasil. Divisão Territorial do Brasil e Limites Territoriais. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (1 de julho de 2008). Página visitada em 11 de outubro de 2008.
9. 23 - DI VILAROSA, F.N.; TASCAR, R.; FERNADES, R.V., 1990. Análise da situação sócio-sanitária, microlocalização e participação no distrito sanitário de Pau da Lima, Salvador. *Revista Bahiana de Saúde Pública*, 17(1/4): 7-14.
10. D’ALESSANDRO, J. R. P. ANÁLISE DE ESTABILIDADE DO MACIÇO ROCHOSO DA MINERAÇÃO CASA DE PEDRA, CONGONHAS-MINAS GERAIS. Dissertação de Mestrado. UNICAMP. 2007.
11. IAEG (INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY). *Engineering geological maps: a guide to their preparation*. Paris: Unesco Press, 1976. 79p.
12. GOMES, A. J. P. CRUZ, P. R. BORGES, L. P. Recursos Minerais Energéticos: Carvão e Urânio. In: *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil* L. A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R. M. Vidotti e J. H. Gonçalves (eds.) CPRM, Brasília, 2003. 25 - FARIAS, C. E. G. Mineração e meio ambiente no Brasil. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 2002.
13. MATULA, M. Principles and types of engineering geological zoning. *Mem. Soc. Geol. Int.*, Itália, nº 14, p.327-336, 1976.
14. NAKAZAWA, V.A.; PRANDINI, F.L.; SANTOS, A.R. & FREITAS, C.G.L. Cartografia geotécnica: a aplicação como pressuposto. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, 1991, São Paulo. *Anais...* São Paulo, SBG/SP-RJ, p.329-336.
15. PRANDINI, F.L.; NAKAZAWA, V.A.; FREITAS, C.G.L. & DINIZ, N.C. Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais. In: BITAR, O.Y. (Coord.). *Curso de geologia aplicada ao meio ambiente*. São

- Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1995. cap. 4.4, p.187-202.
16. PARIZI, C. C. Metodologia para avaliação de áreas para implantação de empreendimentos habitacionais de interesse social baseada em análise multicritério e cartografia geotécnica. Dissertação de Mestrado. IPT, São Paulo/SP. 2003.
  17. VALÉRIA, L. R. Mapeamento geotécnico como base para o planejamento urbano e ambiental: Município de Jaú/SP. Dissertação de Mestrado. EESC/USP. 2008.
  18. VARGAS, M. *Origem e desenvolvimento da Geotecnologia no Brasil*. Quipo, São Paulo, v.2, nº 2, 1985. p.263-279.
  19. VARNES, D.J. *The logic of engineering geological and related maps: a discussion of the definition and classification of map units, with special references to problems presented by maps intended for use in civil engineering*. *Professional Paper 837*, U.S. Geological Survey, 1974. 48p.
  20. UBALDO, M. de O. BORMA, L. de S. BARBOSA, M. C. Gestão de resíduos sólidos geradores de drenagem ácida de minas com o uso de coberturas secas. *Série Gestão e Planejamento Ambiental*, v 4. Rio de Janeiro. CETEM/MCT. 2006.
  21. WORLD COAL INSTITUTE. *The Coal Resource: a Comprehensive Overview of Coal*. London, 2005. Disponível em (<http://www.worldcoal.org>). Acesso em 04 de outubro de 2010.
  22. SAATY, T. L., *Método de Análise Hierárquica*, Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1991.
  23. SANEJOUAND, R. 1972. *La Cartographie Géotechnique en France*. Paris, Ministère de l'Équipement et Du Logement. D.A.F.U., A.R.M.I.N.E.S., L.C.P.C., 95P.

24. SOUZA, M. L. Mapeamento geotécnico da cidade de Ouro Preto/MG. Dissertação de Mestrado. EESC/USP, São Carlos/SP. 1996.
25. ZAINÉ, J.E. *Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP)*. Rio Claro, SP, 2000. 149p. Tese de Doutorado - Curso de Pós-Graduação em Geociências, Área de Concentração: Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista/Unesp.
26. ZUQUETTE, L.V. *Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras*. São Carlos, SP, 1987. Tese de Doutorado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo/USP.
27. ZUQUETTE, L.V. *Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração*. São Carlos, SP, 1993. 2v. Tese de Livre Docência - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo/USP.
28. ZUQUETTE, L.V. & NAKAZAWA, V.A. Cartas de Geologia de Engenharia. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). *Geologia de Engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. cap. 17, p.283-300.