

Samira da Conceição Sabadini

Diagnóstico da vulnerabilidade natural à contaminação por drenagem ácida causada por mineração na Área de Proteção Ambiental (APA) Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte

XV Curso de Especialização em
Geoprocessamento



UFMG
Instituto de Geociências
Departamento de Cartografia
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha
Belo Horizonte
cartografia@igc.ufmg.br

SAMIRA DA CONCEIÇÃO SABADINI

Diagnóstico da vulnerabilidade natural à contaminação por drenagem ácida causada por mineração na Área de Proteção Ambiental (APA) Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte

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

Orientadora: Prof^a Dr^a Úrsula Ruchkys de Azevedo.

Belo Horizonte

2014

S113d Sabadini, Samira da Conceição.

2014 Diagnóstico da vulnerabilidade natural à contaminação por drenagem ácida causada por mineração na Área de Proteção Ambiental (APA) Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte [manuscrito] / Samira da Conceição Sabadini. – 2014.

60 f., enc. : il. color.

Orientador: Úrsula Ruchkys de Azevedo.

Monografia (especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2014.

Bibliografia: f. 46-50.

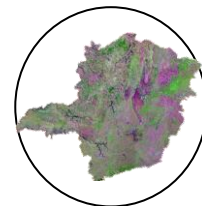
Inclui anexo

1. Aquífero-contaminação . 2.APA SUL -RMBH. I.Azevedo, Úrsula Ruchkys II. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. III. Título.

CDU:556.5 (815.1)



Curso de Especialização em Geoprocessamento



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS**

Av. Antonio Carlos 6627,
Belo Horizonte, MG, 31.270-901

Tel: 55 31 3409-5416

www.csr.ufmg.br/geoprocessamento

FOLHA DE APROVAÇÃO

**Diagnóstico da vulnerabilidade natural à contaminação por
drenagem ácida causada por mineração na Área de Proteção
Ambiental (APA) Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte**

Samira da Conceição Sabadini

Monografia defendida em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento.

Aprovada em 03 de dezembro de 2014, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes membros:

Prof(a). Úrsula Ruchkys de Azevedo – Orientadora

UFMG

Prof(a). Maria Márcia M. Machado

UFMG

A minha família

*“Diz-se que, mesmo antes de um rio cair no oceano ele treme de medo.
Olha pra trás, para toda a jornada, os cumes, as montanhas, o longo caminho
sinuoso através das
florestas, através dos povoados, e vê a sua frente um oceano tão vasto que entrar
nele nada mais é do que
desaparecer para sempre.
Mas não há outra maneira.
O rio não pode voltar.
Ninguém pode voltar.
Voltar é impossível na existência.
Você pode apenas ir em frente.
O rio precisa se arriscar e entrar no oceano.
E somente quando ele entra no oceano é que o medo desaparece.
Porque apenas então, o rio saberá que não se trata de desaparecer no oceano...
...mas tornar-se oceano.”*

Autor desconhecido

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me permitiu concluir mais uma etapa.

Aos meus pais, que sempre acreditaram em mim, até mesmo nos momentos que eu duvidei.

Aos meus irmãos, que me apoiaram nos momentos mais difíceis durante este ano.

Ao meu amigo Vinícius, que me ajudou com as primeiras ideias deste projeto.

As minhas amigas de Vitória, que mesmo de longe nunca deixaram de me apoiar.

A minha amiga Luisa, que sempre se mostrou feliz com minha realização neste curso.

Aos amigos do Geoprocessamento, principalmente à Nayara que se mostrou uma grande amiga quando mais precisei e, ao Carlos que muito me ajudou quando eu tinha dúvidas no início do curso.

A professora Úrsula, pela dedicação e paciência para me auxiliar neste projeto.

A professora Márcia por aceitar participar da banca examinadora com sugestões enriquecedoras ao trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para execução deste trabalho, muito obrigada!

RESUMO

Paralelo ao potencial econômico advindo da atividade mineradora, o passivo ambiental resultante das contaminações é alvo de preocupação na atualidade. Este trabalho teve como objetivo geral analisar a vulnerabilidade natural dos aquíferos à contaminação por drenagem ácida causada por mineração e, mais especificamente, gerar um mapa de vulnerabilidade natural da região a partir de dados geológicos, hidrogeológicos e de nível freático e realizar uma análise entre a vulnerabilidade e a localização das minas. O estudo foi desenvolvido para parte da APA SUL RMBH, localizada no Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais. A metodologia aplicada é designada GOD e foi desenvolvida por Foster e Hirata em 1988. Foi gerado o mapa de vulnerabilidade dos aquíferos à contaminação e realizada a análise entre a vulnerabilidade dos aquíferos e a localização das minas. Os maiores níveis de vulnerabilidade foram detectados nas serras do Quadrilátero Ferrífero onde se concentra a maior parte das minas de ferro. A metodologia foi adequada para cumprir os objetivos propostos, pois permitiu retratar a situação dos aquíferos da região

Palavras-chave: APA SUL RMBH, Vulnerabilidade, GOD, Aquíferos.

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 2. | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO..... | 14 |
| 2.1 | QUADRILÁTERO FERRÍFERO..... | 15 |
| 2.2 | USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL..... | 16 |
| 2.3 | GEOLOGIA..... | 17 |
| 2.4 | HIDROGEOLOGIA..... | 17 |
| 3. | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 20 |
| 3.1 | MINERAÇÃO E IMPACTOS AMBIENTAIS..... | 20 |
| 3.2 | VULNERABILIDADE DE AQUÍFEROS..... | 22 |
| 3.3 | ESTUDOS PREGRESSOS SOBRE VULNERABILIDADE NATURAL DE AQUÍFEROS..... | 24 |
| 4. | METODOLOGIA..... | 27 |
| 5. | RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 32 |
| 6. | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 45 |
| 7. | REFERÊNCIAS..... | 46 |
| | ANEXO..... | 51 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Mapa de localização da APA SUL RMBH..... | 14 |
| Figura 2 – Quadrilátero Ferrífero com suas principais estruturas limitantes..... | 15 |
| Figura 3 – Mapa de uso e cobertura vegetal da APA SUL RMBH..... | 16 |
| Figura 4 – Mapa de hidrogeologia da APA SUL RMBH..... | 28 |
| Figura 5 – Mapa de litologia da APA SUL RMBH..... | 28 |
| Figura 6 – Mapa de localização dos poços de água subterrânea..... | 29 |
| Figura 7 – Nível freático da APA SUL RMBH..... | 30 |
| Figura 8 – Esquema de aplicação das notas às camadas pelo método GOD..... | 31 |
| Figura 9 – Mapa de notas atribuídas à hidrogeologia da região de estudo..... | 32 |
| Figura 10 – Mapa de notas atribuídas à litologia da região de estudo..... | 33 |
| Figura 11 – Mapa de notas atribuídas aos níveis freáticos da região de estudo..... | 36 |
| Figura 12 – Mapa de ocorrências de ouro e vulnerabilidade natural dos aquíferos da região de estudo..... | 37 |
| Figura 13 – Mapa de vulnerabilidade natural dos aquíferos da região de estudo..... | 41 |
| Figura 14 – Percentual dos níveis de vulnerabilidade da região de estudo..... | 42 |
| Figura 15 – Percentual dos níveis de vulnerabilidade por município..... | 43 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Unidades hidrogeológicas da área de estudo e suas respectivas notas..... | 33 |
| Tabela 2 – Litologia da área de estudo e respectivas notas..... | 34 |
| Tabela 3 – Níveis freáticos e suas respectivas notas..... | 37 |
| Tabela 4 – Ocorrências de ouro localizadas na área de estudo..... | 38 |
| Tabela 5 – Minas de ouro da área de estudo..... | 41 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

XVIII – Século dezoito

23S – Fuso 23 Sul

APA SUL RMBH – Área de Proteção Ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

DAM – Drenagem ácida de mina

DNPM – Departamento Nacional de Produção mineral

DRASTIC – Método de avaliação da vulnerabilidade (Depth to groundwater, Recharge, Aquifer media, Soil media, Topography, Impact of the vadose zone, Conductivity hydraulic)

EKv – Método de avaliação da vulnerabilidade (Espessura da zona não saturada, Condutividade vertical)

$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ – Sulfato férrico

$\text{Fe}(\text{OH})_3$ – Hidróxido férrico

FeSO_4 – Sulfato ferroso

FeS_2 – Sulfeto

GOD – Método de avaliação da vulnerabilidade (Groundwater occurrence, Overall lithology of aquifer or aquitard, Depth to groundwater)

H_2O – Água

H_2SO_4 – Ácido sulfúrico

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração

IDW – Inverse Distance Weighted (Método de interpolação pelo Inverso da distância ponderada)

MG – Minas Gerais

MT – Mato Grosso

O – Átomo de oxigênio

O_2 – Oxigênio molecular

pH – Potencial Hidrogeniônico

QF – Quadrilátero Ferrífero

RS – Rio Grande do Sul

SAD – South American Data (Sistema geodésico regional para a América do Sul)

SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas

SIG – Sistema de Informações Geográficas

S⁰ – Átomo de enxofre

SO₂ – Óxido de enxofre

SC – Santa Catarina

UTM – Sistema de projeção Universal Transversa de Mercator

UTM E- Coordenada Leste do sistema de projeção Universal Transversa de Mercator

UTM N - Coordenada Norte do sistema de projeção Universal Transversa de Mercator

1. INTRODUÇÃO

Minas Gerais é um estado reconhecido, historicamente, por seu potencial minerador. Ainda como colônia de Portugal, após a decadência do comércio de açúcar no nordeste, a descoberta de ouro em fins do século XVII e, posteriormente de diamante voltaram a atenção da Coroa para Minas Gerais.

A descoberta do ouro levou a um significativo fluxo migratório para a região atraído pela possibilidade de ascensão econômica. De fato, a descoberta de bens minerais proporciona a oferta de emprego e renda e, de forma similar ao ocorrido no século XVIII, ainda hoje a instalação de empreendimentos minerários atraem trabalhadores oriundos de outras regiões do país a procura de emprego, renda e melhoria de vida.

Paralelo aos aspectos positivos advindos da atividade mineradora pode ocorrer também alterações na paisagem e nas condições dos recursos ambientais. Dentre os passivos ambientais causados por esta atividade um dos mais preocupantes é a contaminação de corpos d'água pelas drenagens ácidas. Há séculos, a extração de ouro realizada de forma rudimentar, já acarretava a contaminação dos corpos hídricos com mercúrio. Hoje, a contaminação das águas superficiais e subterrâneas por drenagem ácida também constitui um empecilho à ideia de sustentabilidade tão debatida nos dias atuais.

A drenagem ácida de mina (DAM) é definida por Borma e Soares (2002) como sendo a solução ácida gerada quando minerais sulfetados presentes em resíduos de mineração (rejeito e estéril) são oxidados em presença de água.

A drenagem ácida de mina é um dos maiores prejuízos ao ambiente proveniente desta atividade, responsável pela diminuição do pH (Potencial Hidrogeniônico) da água e degradação da qualidade de águas superficiais e subterrâneas, solos e sedimentos com metais pesados. Moraes (2010) salienta que as águas ácidas representam uma questão ambiental complexa em vários países. A autora destaca os EUA com o problema do carvão e países europeus como Noruega, Suécia, Polônia, França, dentre outros.

O reconhecimento dos danos ambientais causados pela DAM tem levado ao desenvolvimento de técnicas para minimização dos impactos e para a melhor caracterização do meio natural afetado. Neste último caso, o geoprocessamento pode se mostrar eficaz, por exemplo, no mapeamento de vulnerabilidade. O mapeamento da vulnerabilidade natural à contaminação de aquíferos por drenagem ácida pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias de contenção de contaminação nas regiões mais vulneráveis. Assim, pode ser feita a extração de minério de forma a minimizar o passivo ambiental e tomar as providências necessárias a fim de resguardar o equilíbrio químico futuro do ambiente.

O levantamento bibliográfico realizado não revelou disponibilidade de mapeamento da vulnerabilidade natural de aquíferos por drenagem ácida causada por mineração na APA SUL RMBH (Área de Proteção Ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte). Apesar da importância econômica e social da mineração para o estado, seria relevante a realização deste mapeamento, a fim de orientar e contribuir para a tomada de decisões pelas mineradoras instaladas na região.

No contexto apresentado, o trabalho tem como principal objetivo analisar a vulnerabilidade natural de aquíferos à contaminação por drenagem ácida causada pela atividade de mineração na região da APA SUL RMBH. Os objetivos específicos são: gerar um mapa de vulnerabilidade natural da região a partir de dados geológicos, hidrogeológicos e de nível freático; realizar uma análise entre a vulnerabilidade e a localização das minas de ouro existentes na região.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Área de Proteção Ambiental Sul da Região Metropolitana de Belo Horizonte (APA SUL RMBH) está inserida no território do Quadrilátero Ferrífero (QF), Minas Gerais, numa área de 1.625,32 km², envolvendo 13 municípios: Barão de Cocais, Belo Horizonte, Brumadinho, Caeté, Catas Altas, Ibituripe, Itabirito, Mário Campos, Nova Lima, Raposos, Rio Acima, Santa Bárbara e Sarzedo (Figura 1). A APA Sul da RMBH foi criada por meio do Decreto Estadual nº 35.624 em 08 de junho de 1994. A área de pesquisa envolve a porção Ocidental da APA Sul da RMBH.

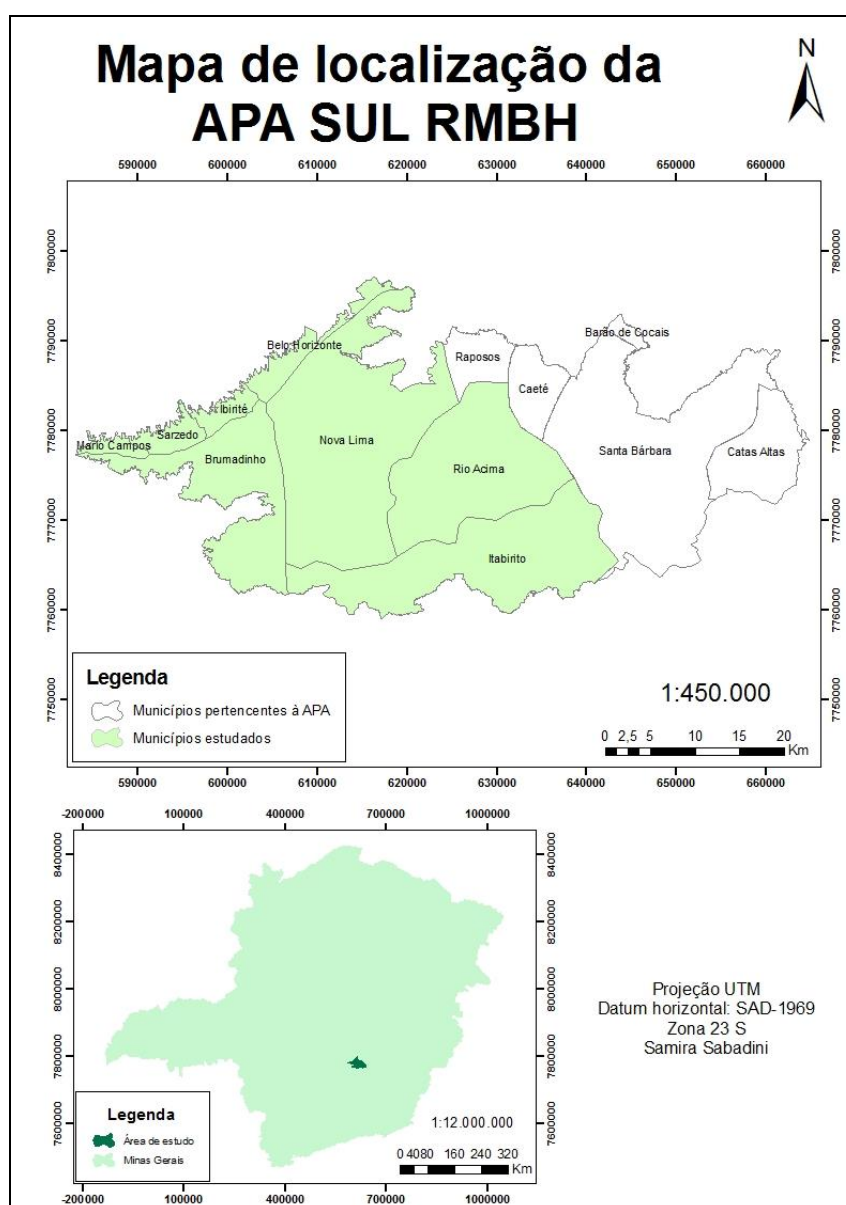


Figura 1 - Mapa de localização da APA SUL RMBH.

2.1. QUADRILÁTERO FERRÍFERO

A APA Sul RMBH está localizada na região do Quadrilátero Ferrífero (QF), borda inferior do Cráton do São Francisco. Seus recursos minerais, em especial o ouro e o ferro, a tornam geoeconomicamente importante sendo reconhecido como um dos principais distritos metalogenéticos do país.

A designação desta estrutura geológica advém da conformação das serras que hospedam as mais importantes jazidas de ferro da região central do Estado de Minas (BARBOSA, 1968). É delimitada ao norte pela homoclinal da Serra do Curral, ao Sul pela sinclinal Dom Bosco, a leste pela sinclinal Santa Rita e a oeste pela sinclinal Moeda (Figura 2).

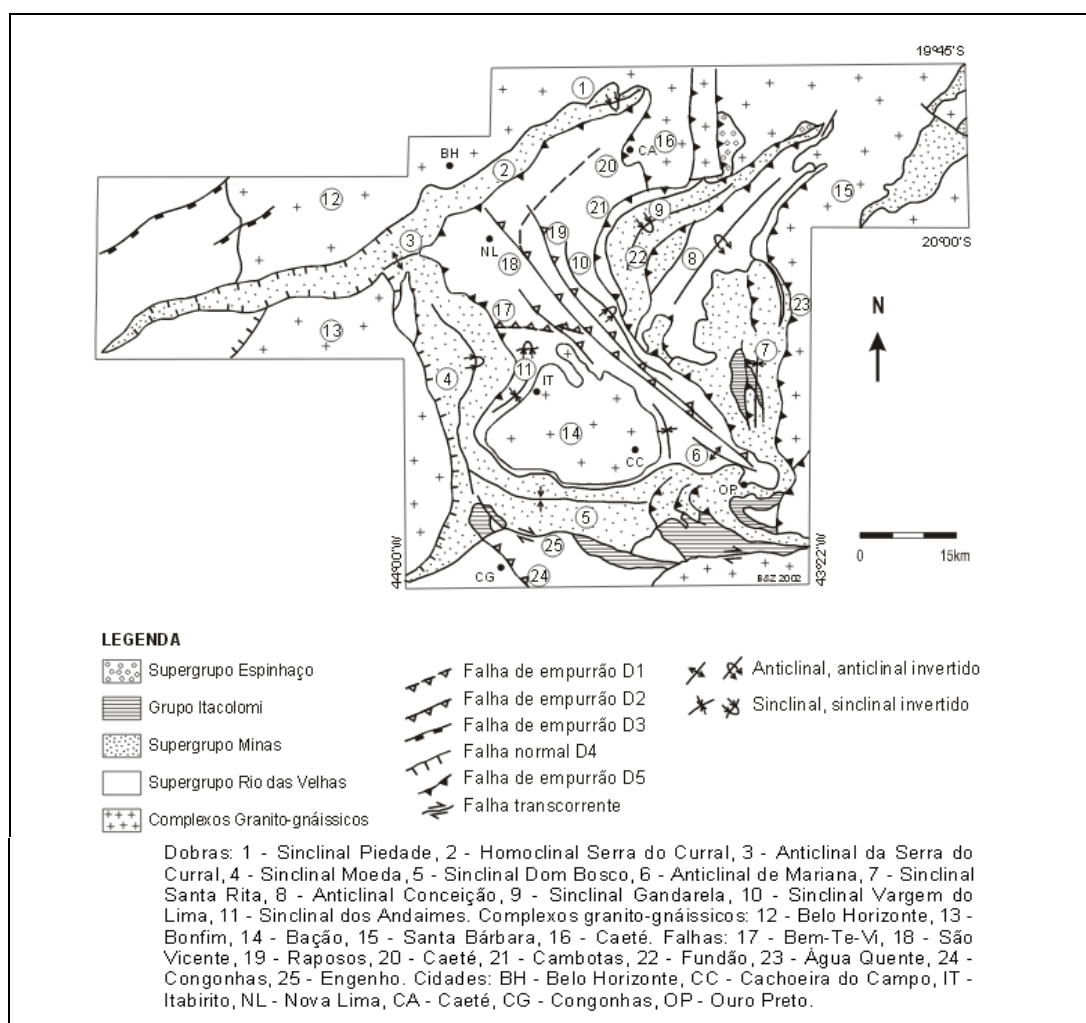


Figura 2 - Quadrilátero Ferrífero com suas principais estruturas limitantes: Homoclinal da Serra do Curral (3); Sinclinal Dom Bosco (5); Sinclinal Santa Rita (7) e Sinclinal Moeda (4). Fonte: CHEMALE JR et al (1994), modificado por CPRM (2005).

2.2. USO DO SOLO E COBERTURA VEGETAL

A área de estudo compreende 14 classes de uso do solo e cobertura vegetal (Figura 3). São elas: Afloramento Rochoso, agricultura, área alagada, campo cerrado/campo gramíneo, campo rupestre, capoeira, cerrado, corpos d'água, mata, pastagem, reflorestamento, solo exposto, área Urbana, e Atividade mineral (OLIVEIRA; JACQUES; SHINZATO, 2005).

A classe intitulada como Atividade mineral abrange toda a extensão compreendida pela atividade de mineração propriamente dita, e, a área por ela influenciada. Áreas de terra, pilhas de estéril e rejeito, cavas, instalações industriais e de beneficiamento, sedes e áreas administrativas também compõem a classe Atividade mineral (OLIVEIRA; JACQUES; SHINZATO, 2005).

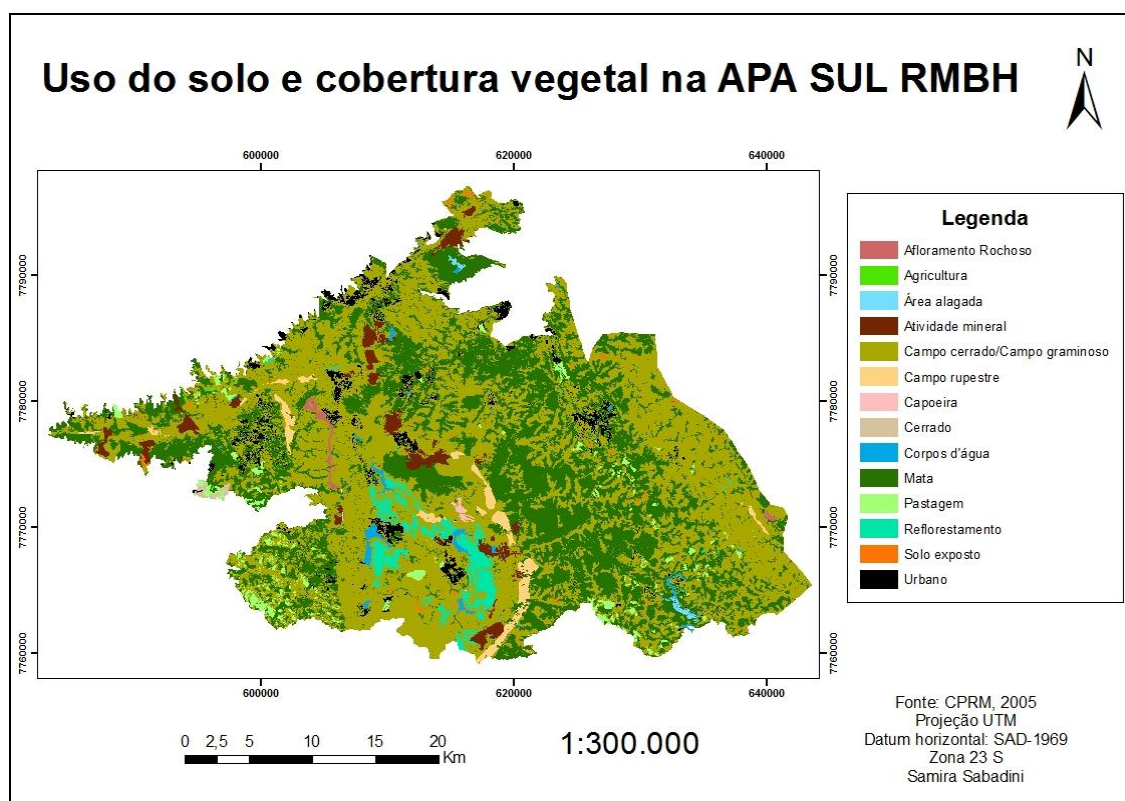


Figura 3 - Mapa de uso e cobertura vegetal da APA SUL RMBH.
 Fonte: CPRM (2005).

2.3. GEOLOGIA

Três grupos de rochas dominam a região. Os Complexos metamórficos de rochas cristalinas são representados pelos Complexos Bação, Belo Horizonte, Bonfim e Santa Bárbara. O Supergrupo Rio das Velhas (Complexo Córrego dos Boiadeiros, Grupos Quebra-Ossos, Maquiné e Nova Lima) é composto pelas sequências vulcanossedimentares Arqueanas do tipo *Greenstone Belt*. Já o Supergrupo Minas (Grupos Caraça, Itabira, Piracicaba e Sabará) é composto pelas sequências metassedimentares Proterozóicas (SILVA et. al, 2005).

As minas de ouro do Quadrilátero Ferrífero estão hospedadas nas rochas do Grupo Nova Lima vulcano-sedimentar máfico estratigraficamente médio do *greenstone belt* arqueano Rio das Velhas (Supergrupo Rio das Velhas). Embora as minas estejam em sua maior parte associadas às rochas do Grupo Nova Lima, segundo Ladeira (1988), na mina Gongo Soco são encontradas disseminações de ouro em itabiritos manganésíferos do tipo Lago Superior de idade paleoproterozóica. Pastori (2010, p.17) ainda cita os estudos:

“Pires et. al. (1986) e, posteriormente Minter et. al. (1990) descreveram disseminações do tipo "Witwatersrand", paleoproterozóicas, em conglomerados oligomíticos da Formação Moeda (Supergrupo Minas). Veiga (1985), Duarte e Pires (1996) e Figueiredo et. al. (1996) descreveram mineralizações turmalínicas, que ocorrem em metassedimentos de idade arqueana à paleoproterozóica (mina da Passagem de Mariana)”.

2.4. HIDROGEOLOGIA

Segundo Beato, Monsorens e Bertachinni (2005), a região da APA Sul RMBH detém elevado potencial hídrico distribuído de forma descontínua. Compõem o arcabouço hidrogeológico da região de estudo, sete aquíferos e um aquífero. São eles:

Sistema Aquífero Granito-Gnaissico: Constituído de granitos, gnaisses, migmatitos, granitóides e rochas básicas e metabásicas intrusivas. É um aquífero descontínuo, fraturado ou fissural, livre a semiconfinado, heterogêneo e anisotrópico.

Sistema Aquífero Xistoso: Sua litologia é marcada por filitos, filitos grafitosos, xistos e xistos vulcânicos, mica xistos carbonáticos talco xisto, esteatito, serpentinito, quartzitos e formações ferríferas. É um aquífero descontínuo, fissural, Livre, anisotrópico e heterogêneo.

Sistema Aquífero Formação Ferrífera: Constituídos por metassedimentos de formações ferríferas bandadas do tipo Algoma, com quartzo e bandas de magnetita e sulfetos. É descontínuo, fraturado ou fissural, anisotrópico, heterogêneo e livre a confinado. O contato da água com constituintes sulfetados pode disponibilizar metais tóxicos como o arsênio.

Sistema Aquífero Quartzítico: Encontrado em rochas metassedimentares onde os quartzitos prevalecem. É descontínuo, fraturado ou fissural, livre a confinado, anisotrópico e heterogêneo.

Sistema Aquífero Itabirítico: Predominam as Formações Ferríferas Bandadas do tipo Lago Superior. Estas são formadas por itabiritos dolomíticos e silicosos, além de hematita compacta e friável. Seu elevado potencial hídrico o torna responsável pelo abastecimento de parte da região metropolitana de Belo Horizonte. Sua litologia é marcada por material laterítico, cangas e colúvios de canga. É um aquífero fraturado e/ou granular, livre a confinado, anisotrópico e heterogêneo.

Sistema Aquífero Carbonático: É um aquífero descontínuo, fraturado, livre a confinado, em que prevalece o calcário dolomítico.

Sistema Aquífero Quartzito Cercadinho: Constitui uma subdivisão do sistema quartzítico, pois esse exhibe rochas com densas camadas de quartzito cinzento entremeadas por camadas de filito prateado característico da Formação Cercadinho. Sua litologia é composta de quartzitos, quartzitos ferruginosos, dolomitos e

conglomerado basal, entremeados por filitos prateados. Este aquífero possui como características ser descontínuo, fraturado ou fissural.

Sistema Aquífero Granular: É um aquífero descontínuo, livre, heterogêneo e anisotrópico. A porosidade e a permeabilidade em solo laterítico são boas devido à expressiva infiltração da água precipitada. Já em solos residuais com elevado teor de argila, a permeabilidade é reduzida.

Aquitardo: Sua litologia é de reduzida permeabilidade, podendo ser formações, camadas interestratificadas, depósitos sedimentares ou corpos intrusivos máficos. Estas estruturas são responsáveis por compartimentar e confinar os aquíferos da região.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. MINERAÇÃO E IMPACTOS AMBIENTAIS

Nas décadas posteriores ao descobrimento do Brasil, não houve por parte de Portugal, interesse de exploração da nova colônia. No século XVII, a descoberta de aluviões de ouro despertou a atenção de Portugal para a facilidade de obtenção de ouro em Minas Gerais. Segundo Silva (1995), o ciclo do ouro foi marcado por intensa exploração deste bem mineral acompanhada de acentuada degradação aos recursos naturais e a paisagem.

Segundo Farias (2002) a atividade mineradora pode ser considerada essencial para o desenvolvimento econômico e social do país, desde que praticada de forma sustentável. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM, 2012), o Brasil é o maior produtor mundial de Nióbio e segundo maior de minério de ferro, sendo que grande parte (cerca de 40%) das minas de exploração mineral encontra-se na região sudeste do país. No cenário econômico do estado de Minas Gerais, a atividade de mineração destaca-se sendo uma das mais relevantes, além de corresponder a 44% de toda a atividade mineral do país (SOUZA, 2010). A principal empresa mineradora no estado é a Vale S.A. com 41,47% de participação na produção mineral nacional comercializada (DNPM, 2010).

O minério é um recurso natural não renovável que ao ser extraído acarreta muitos impactos ambientais (BARRETO, 2001). Segundo Farias (2002), os principais problemas da mineração de ouro em Minas Gerais são o aumento da turbidez da água e a liberação de arsênio. Pesquisas realizadas por Borba e outros (2000) revelaram que o elevado teor de arsênio detectado em águas superficiais do Quadrilátero Ferrífero pode ser consequência da mineração de ouro que ocorreu há 300 anos.

Girodo (2005) cita os ruídos e vibrações do terreno devido às detonações; o impacto visual decorrente de escavações, pilhas de estéril e instalações de tratamento de

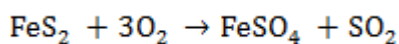
esgoto; a poluição do ar, principalmente por particulados sólidos e a poluição hídrica. Ainda salienta que a contaminação por metais pesados constitui a principal poluição dos corpos hídricos a partir da mineração. Já Borma e Soares (2002) mencionam a drenagem ácida gerada pela mineração como o mais significativo impacto nas águas superficiais e subterrâneas.

A drenagem ácida de mina (DAM) constitui um dos mais relevantes impactos oriundos da atividade de mineração devido a potencial deterioração química da água (SOUZA, 2010). Inicialmente, a DAM era relacionada a antigas minas de carvão desativadas; porém, atualmente já é vinculada a outras atividades mineradoras (GIRODO, 2005).

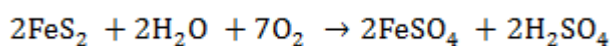
A drenagem ácida de mina é um efluente derivado da oxidação de sulfetos, de baixo pH e alta concentração de metais pesados (alumínio, chumbo, ferro, manganês, zinco) e sulfatos. Este efluente tem origem na extração do minério que o eleva à superfície, com consequente exposição do rejeito ao oxigênio e a água (BIFANO; SOUZA, 2007).

Segundo GIRODO (2005), o processo de formação da drenagem ácida de mina pode ser resumido pelas seguintes etapas:

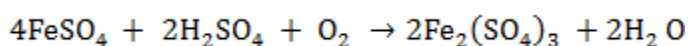
Inicia-se com a oxidação do sulfeto com consequente formação de sulfato ferroso solúvel e óxido de enxofre quando em ambiente seco:



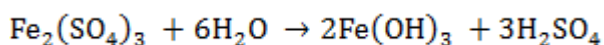
Ou formando sulfato ferroso e ácido sulfúrico em presença de água:



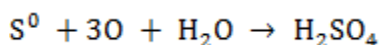
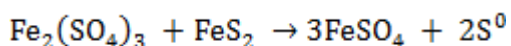
Então, o sulfato ferroso dá origem ao sulfato férrico. Nesta etapa, a bactéria *Tiobacillus ferro-oxidans* catalisa a reação:



O íon férrico reage com a água resultando em hidróxido de ferro que ao precipitar causa a liberação de ácido sulfúrico:



A reação entre o íon férrico com o sulfeto pode gerar mais ácido:



A preocupação com os efeitos da DAM sobre os recursos hídricos é crescente no Brasil e no mundo. Seus impactos para os recursos hídricos superficiais e subterrâneos podem ser prevenidos com estudos que promovam a análise da vulnerabilidade ambiental.

3.2. VULNERABILIDADE DE AQUÍFEROS

Aquíferos são camadas que possuem porosidade e permeabilidade suficientes para permitir a percolação e o armazenamento de água nos poros, fissuras e fraturas dos sedimentos e rochas cristalinas. Os aquíferos podem ser classificados como livres, confinados, semiconfinados e suspensos (REBOUÇAS; FEITOSA; DEMÉTRIO, 2006).

Nos aquíferos livres a água flui por camadas de permeabilidades semelhantes à superfície e o nível da água na região saturada é o mesmo da superfície freática (PRESS et al., 2006).

Nos aquíferos confinados há a presença de camadas de baixa permeabilidade que confinam a água subterrânea (PRESS et al., 2006). Neste tipo de aquífero a pressão na região saturada é maior que a pressão atmosférica (REBOUÇAS; FEITOSA; DEMÉTRIO, 2006).

Os aquíferos semiconfinados possuem camadas confinantes de reduzida espessura, descontínuas e/ou relativamente permeáveis que acarretam afloramento de água pouco significativo (REBOUÇAS; FEITOSA; DEMÉTRIO, 2006).

Os aquíferos suspensos ou rasos possuem nível freático mais elevado que o nível freático de um aquífero principal situado abaixo deste (PRESS et al., 2006).

Os aquiocludes são camadas de porosidade e permeabilidade praticamente nulas. As Argilas, os folhelhos e as rochas que sofreram muito poucas fraturas são exemplos de camadas que não permitem a percolação de água (REBOUÇAS; FEITOSA; DEMÉTRIO, 2006).

Os aquitardos são camadas de baixa porosidade e permeabilidade que permitem reduzida percolação de água. Os siltes, as areias argilosas, as argilas arenosas e rochas que sofreram poucas fraturas são exemplos de aquitardos (REBOUÇAS; FEITOSA; DEMÉTRIO, 2006).

A água é um recurso fundamental para todos os meios de vida e a preocupação com a contaminação dos recursos hídricos deve ser uma prioridade dos planejadores e gestores do território. Foster e Hirata (1993) lembram que as atividades humanas desenvolvidas em superfície determinam a preservação ou degradação da água subterrânea e listam como potenciais fontes de poluição: criação de aterros, lixões, falta de saneamento ambiental, disposição de efluentes industriais e atividades agrícolas. Frantz (2005) salienta também os cemitérios que podem contaminar as águas subterrâneas pela infiltração do necrochorume. Soma-se a estes a contaminação por atividades de mineração.

Neste contexto, estudar a vulnerabilidade das áreas com significativos recursos hídricos subterrâneos é fundamental e, como salienta Frantz (2005), estes estudos podem auxiliar na promoção da proteção destes recursos já que podem servir como orientadores no manejo e ocupação do uso dos solos.

Duijvenbooden e Waegeningh (1987) definem a vulnerabilidade à poluição de águas subterrâneas como a sensibilidade da qualidade das águas subterrâneas a uma carga poluente, função apenas das características intrínsecas do aquífero. Para

Krebs e Possa (2008) a vulnerabilidade natural de um aquífero diz respeito à capacidade do meio físico de amortecer a carga de contaminantes nas águas subterrâneas.

3.3. ESTUDOS PREGRESSOS SOBRE VULNERABILIDADE NATURAL DE AQUÍFEROS

Estudos sobre a vulnerabilidade natural por drenagem ácida em uma região de extração de carvão foram feitos em Siderópolis – SC por Gonçalves, Koppe e Costa (2012). Os autores aplicaram o método GOD e obtiveram como resultado a mais alta vulnerabilidade em regiões não degradadas, porém, 58,06% da área degradada apresentou moderada vulnerabilidade.

Alves, Ramos e Coridola (2009) analisaram a vulnerabilidade dos aquíferos livres de Campos dos Goytacazes através da aplicação do método DRASTIC proposta por Aller et. al em 1987. Os parâmetros envolvidos foram: profundidade do lençol freático, recarga do aquífero, tipo de aquífero, pedologia, topografia, impacto da zona não saturada e condutividade hidráulica. A vulnerabilidade variou de baixa a extrema, sendo essa encontrada na região caracterizada por sedimentos arenosos quaternários.

Dambrós, Silva e Descovi Filho (2011) estudaram a vulnerabilidade das águas subterrâneas em Rosário do Sul – RS. Este município apresenta aproximadamente 60% de seu território situado sobre o Sistema Aquífero Guarani. Este aquífero apresenta grande vulnerabilidade resultante de sua constituição geológica. Os resultados do estudo revelaram que a vulnerabilidade da região variou de baixa a alta, apresentando-se alta em mais de 57% da área estudada.

Pontes (2009) aplicou os métodos GOD e DRASTIC para avaliar a vulnerabilidade do aquífero basáltico no campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Campo Grande. A vulnerabilidade variou entre baixa, média e alta pelo método GOD

e de muito baixa, baixa, moderada e alta pelo método DRASTIC. A autora concluiu que o método GOD foi o mais indicado para o estudo devido aos dados disponíveis, características físicas da área e nível de urbanização.

Barboza, Rocha e Guimarães (2007) avaliaram a vulnerabilidade de um aquífero livre em Ponta da Fruta - Vila Velha (ES) através do método GOD. Os resultados revelaram vulnerabilidade extrema nas regiões próximas ao litoral devido ao substrato arenoso e baixa profundidade do nível freático. O autor revela preocupação a respeito desta área em decorrência do elevado número de habitantes com conseqüente despejo de esgoto que pode contaminar a água subterrânea.

Nicochelli e outros (2009) estudaram a vulnerabilidade das águas subterrâneas do Distrito Industrial de Cuiabá – MT através do método GOD. A vulnerabilidade dos aquíferos variou de baixa a moderada (70% dos poços), sendo o nível estático a característica que mais influenciou esta variabilidade.

No estado de Minas Gerais, Mello e outros (2006) realizaram recente estudo a respeito de drenagem ácida que comprovou potencial de contaminação de aquíferos em pelo menos 4 minas do estado. Estas 4 minas possuem potencial para gerar bilhões de m³ de água com pH que varia entre 2 e 3, o que acarretaria um custo avaliado em milhões de dólares para que fosse realizada a neutralização da acidez da água.

SOUZA (2009) estudou a vulnerabilidade do aquífero Bauru, localizado em Araguari-MG. A autora comparou os índices de vulnerabilidade a partir de 3 métodos distintos: GOD, híbrido e EKv. Os resultados obtidos a partir do método GOD variaram de baixa a média vulnerabilidade, enquanto o método híbrido variou de alta a muito alta vulnerabilidade.

Em Minas Gerais, a maior parte dos estudos a respeito da contaminação por drenagem ácida refere-se ao caso da mina de urânio Osamu Utsumi em Caldas - MG. Segundo Nóbrega; Lima; Leite (2008) o principal passivo ambiental que impede o fechamento da mina é a drenagem ácida presente na cava, estéril e rejeito da atividade.

Segundo Beato, Monsores e Bertachinni (1961) deve haver frequente monitoramento dos poços subterrâneos nos Sistemas Aquífero Xistoso e Aquífero Formação Ferrífera da APA SUL RMBH devido ao risco de contaminação por drenagem ácida, visto que já foram detectados valores anômalos de pH nestas regiões. Os autores ainda citam que as águas subterrâneas da Mina Esperança e da Mina do Faria já se encontram contaminadas por drenagem ácida.

Como a vulnerabilidade natural de um aquífero é estimada a partir de características próprias deste (tipo de ocorrência de água subterrânea, litologia e grau de consolidação e profundidade do lençol freático) e corresponde ao nível de sensibilidade à determinada contaminação imposta (FOSTER, 1987, apud FOSTER; HIRATA, 1988), muitos estudos envolvendo a vulnerabilidade ambiental fazem uso dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

O uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) permite a análise espacial de dados provenientes de várias fontes distintas, que resulta em um banco de dados georreferenciados. Esta ferramenta mostra-se de grande utilidade no mapeamento da vulnerabilidade natural à contaminação por drenagem ácida, a fim de auxiliar os gestores na tomada de decisões (GONÇALVES, 2012).

4. METODOLOGIA

A vulnerabilidade dos aquíferos foi avaliada utilizando-se a metodologia designada GOD que foi desenvolvida por Foster e Hirata (1988). O índice de vulnerabilidade que pode ser ausente, negligenciável, baixo, moderado, alto ou extremo foi obtido pela combinação de 3 variáveis: tipo de ocorrência de água subterrânea, características gerais e grau de consolidação do estrato subjacente à zona saturada e pela profundidade do lençol freático. Foi realizado um levantamento de dados hidrogeológicos, geológicos e de profundidade dos poços referentes à região de estudo e disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

Devido à ausência de dados de nível estático de poços em toda a extensão da APA SUL RMBH, este trabalho não contempla todos os 13 municípios que fazem parte da mesma. Pertencem a área de estudo os municípios de Belo Horizonte, Brumadinho, Ibirité, Itabirito, Mário Campos, Nova Lima, Rio Acima, e Sarzedo.

Os mapas de hidrogeologia (Figura 4) e litologia (Figura 5) fornecidos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) em escala 1: 50.000, Datum SAD-1969, sistema de projeção UTM e fuso 23S foram digitalizados e georreferenciados no software ArcGis 9.3.

Para este estudo foram utilizados 256 pontos referentes aos poços cadastrados nos municípios pertencentes a APA SUL RMBH e que possuem o dado de nível estático da água (Figura 6). Os dados de profundidade do nível estático (m) e as respectivas coordenadas UTM N e E foram obtidos a partir da plataforma SIAGAS do CPRM e organizados em planilhas no *software* Microsoft Excel (VER ANEXO).

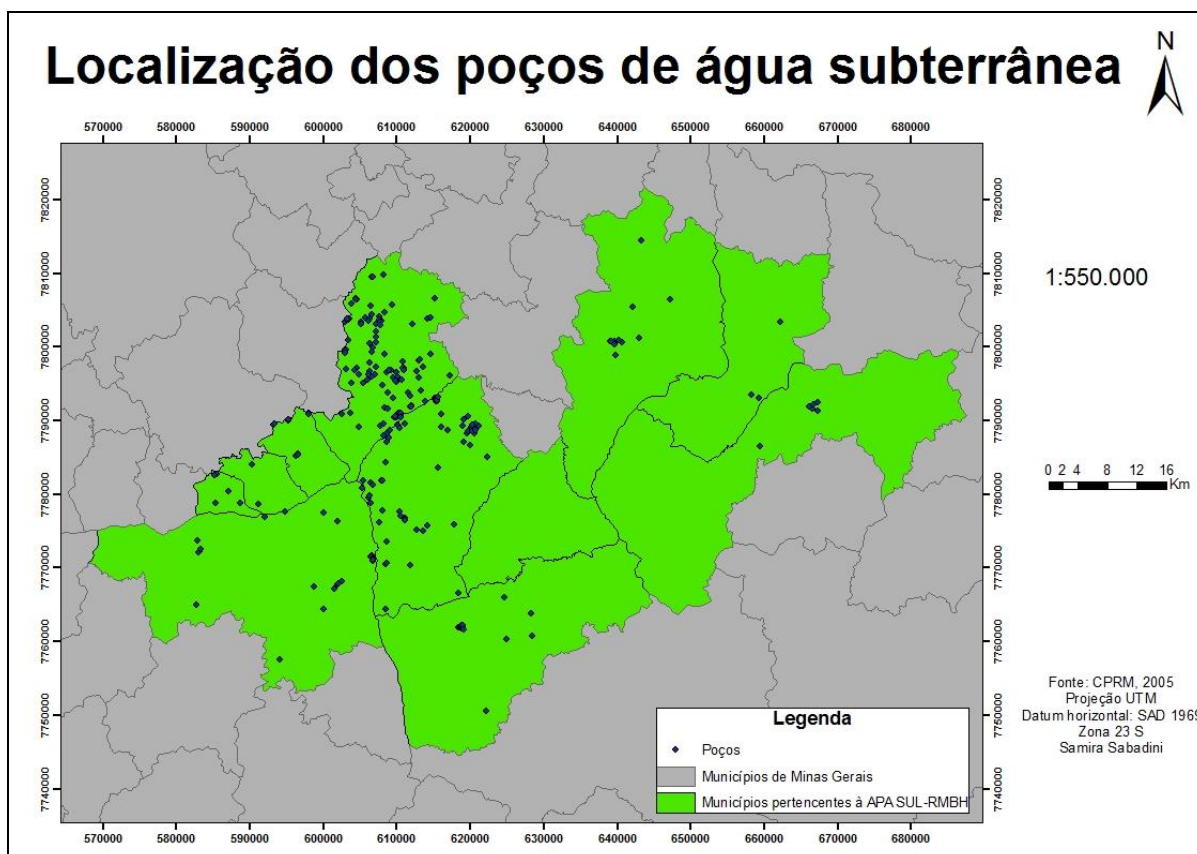


Figura 6 - Mapa de localização dos poços de água subterrânea.
Fonte: CPRM (2005).

Após a organização destes dados, foi feita a interpolação das profundidades de nível estático (Figura 7) no *software* ArcGis 9.3 pelo método *Inverse Distance Weighted* (IDW). Para a interpolação foi utilizada a potência 2 e 12 pontos como vizinhança. O método IDW foi escolhido por considerar mais relevante os pontos mais próximos, ou seja, a influência dos pontos vizinhos diminui com o aumento da distância entre eles.

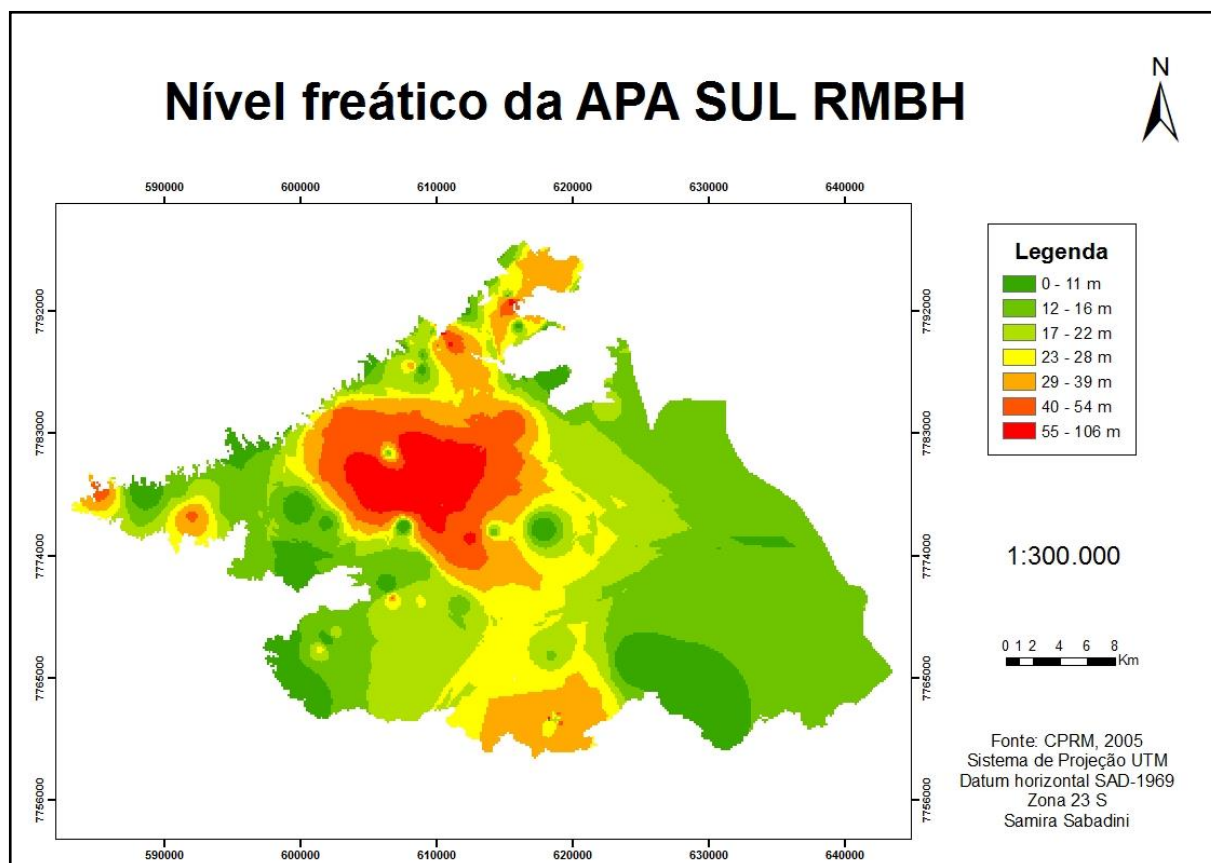


Figura 7 - Nível freático da APA SUL RMBH.
 Fonte: CPRM (2005).

Para a elaboração dos mapas a partir dos dados obtidos foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArcGis 9.3 e sua extensão *Spatial Analyst*. Foi realizada a conversão dos mapas de geologia e hidrogeologia em formato Vetorial para o formato Raster. A ferramenta de reclassificação foi utilizada para que fossem inseridas as notas referentes às classes de cada variável (geologia, hidrogeologia e nível freático) no arquivo em formato Raster.

As notas de cada camada foram multiplicadas a fim de se obter um novo mapa representado pelo índice de vulnerabilidade natural da região. As 3 variáveis receberam pesos iguais e foram classificadas em índices de acordo com o esquema apresentado na Figura 8.

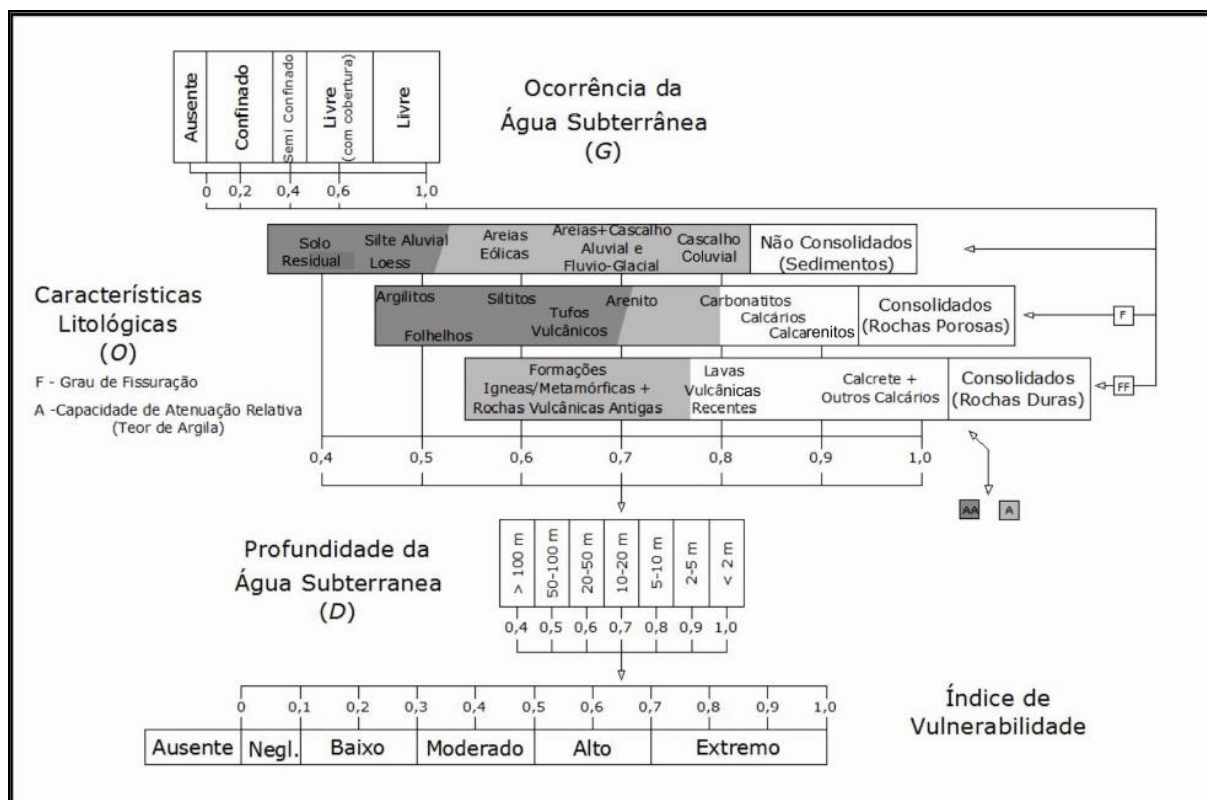


Figura 8 - Esquema de aplicação das notas às camadas pelo método GOD
 Fonte: Gonçalves (2012) adaptado de Foster e Hirata (1987).

Os dados referentes à ocorrência de ouro na região de estudo foram obtidos na plataforma *Geobank* do Serviço Geológico do Brasil, georreferenciados em coordenadas geográficas e datum SAD – 1969. Os dados foram reprojatados para coordenadas UTM no *software* ArcGis 9.3.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram identificados 8 sistemas aquíferos e um aquífero confinado na região de estudo (Tabela 1). As notas foram atribuídas de acordo com o tipo de aquífero. A nota mais alta (1,0) que indica maior vulnerabilidade foi relacionada ao aquífero livre (Sistema Aquífero granular). Os aquíferos confinados são menos vulneráveis à contaminação porque possuem camadas de baixa permeabilidade que confinam a água subterrânea dificultando que os contaminantes alcancem o nível freático. O aquífero recebeu a menor nota (0,0) devido a sua estrutura que praticamente não permite a passagem de água para maiores profundidades do solo.

A maior parte da área apresenta aquíferos confinados que contribuem para menores níveis de vulnerabilidade para a região (Figura 9). O tipo de aquífero mais susceptível à contaminação é o aquífero livre que não possui camada confinante e, por isso, está mais vulnerável à contaminação. Este tipo de aquífero está presente em áreas de menores extensões na região central e oeste da área de estudo.

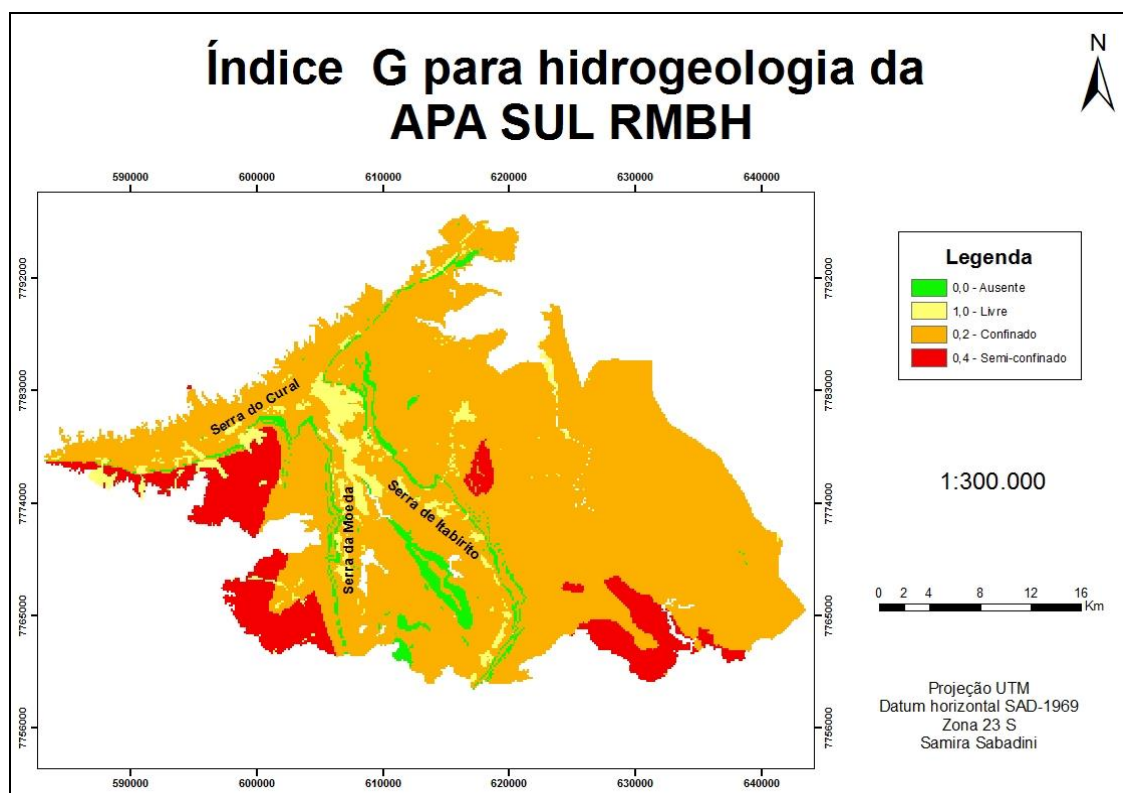


Figura 9 - Mapa de notas atribuídas à hidrogeologia da região de estudo.

TABELA 1 - UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS DA ÁREA DE ESTUDO E SUAS RESPECTIVAS NOTAS

| Unidade hidrogeológica | Nota |
|---------------------------------------|------|
| Aquitardo | 0,0 |
| Sistema Aquífero Quartzítico | 0,2 |
| Sistema Aquífero Itabirítico | 0,2 |
| Sistema Aquífero Xistoso | 0,2 |
| Sistema Aquífero Formação Ferrífera | 0,2 |
| Sistema Aquífero Quartzito Cercadinho | 0,2 |
| Sistema Aquífero Carbonático | 0,2 |
| Sistema Aquífero Granito-Gnáissico | 0,4 |
| Sistema Aquífero Granular | 1,0 |

A nota predominante para litologia da região foi 0,7 (Tabela 2). A maior nota (1,0) foi atribuída à rocha metamórfica mármore que ocorre em pequena extensão na área central da região de estudo. A segunda maior nota (0,9) que contribui para maior vulnerabilidade ocorre na Serra do Curral, Serra da Moeda e Serra de Itabirito (Figura 10).

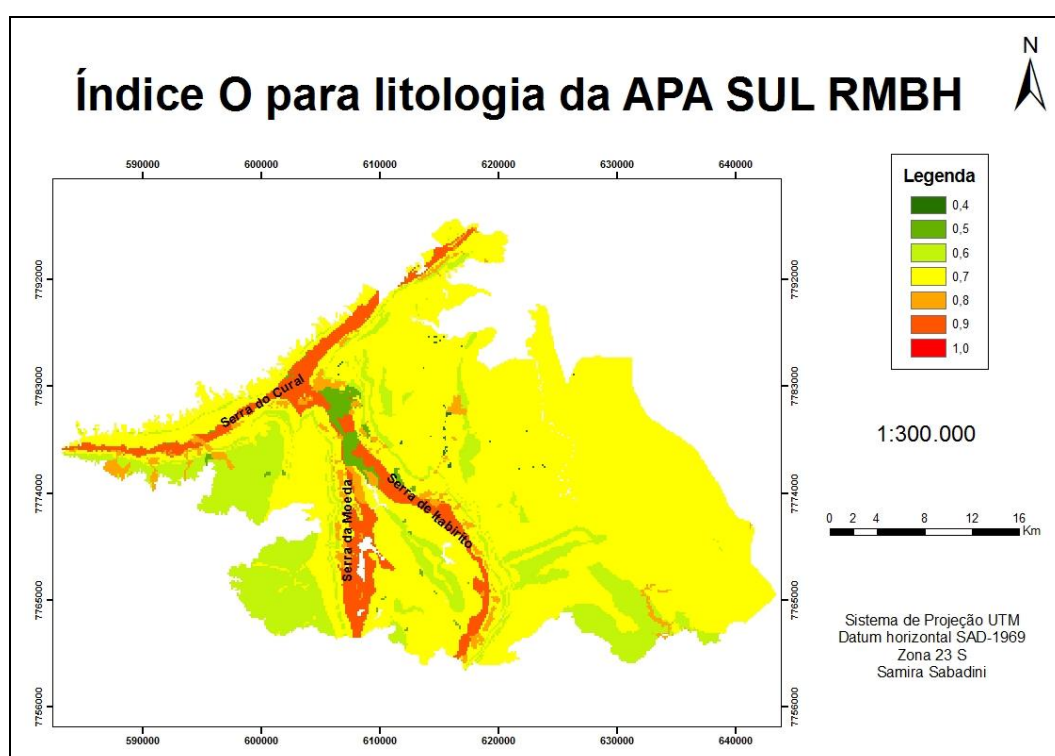


Figura 10 - Mapa de notas atribuídas à litologia da região de estudo.

TABELA 2 - LITOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO E RESPECTIVAS NOTAS

(continua)

| Litologia | Nota |
|--|-------------|
| Hematita compacta e pulverulenta | 0,7 |
| Formação ferrífera, metachert, metabasaltos, xisto grafitoso | 0,7 |
| Itabirito dolomítico | 0,7 |
| Quartzo-sericita/ moscovita xisto, quartzito e metaconglomerado | 0,7 |
| Solo laterítico com níveis enriquecidos em óxidos de ferro | 0,4 |
| Areia, silte e argila com matações de formação ferrífera | 0,7 |
| Filito e filito grafitoso | 0,6 |
| Argila com grãos de quartzo, hematita e limonita, cascalhos, bauxita | 0,5 |
| Filito | 0,6 |
| Filito com intercalações de metachert | 0,6 |
| Esteatitos | 0,6 |
| Gabro e diabásio | 0,6 |
| Filito dolomítico e argiloso e mármore | 0,7 |
| Filito e conglomerado | 0,7 |
| Quartzitos com intercalações de metaconglomerado | 0,7 |
| Quartzito e conglomerado | 0,7 |
| Xistos com intercalações de quartzito | 0,7 |
| Quartzito, conglomerado e filito | 0,7 |
| Xisto metassedimentar, xisto metavulcânico e esteatitos | 0,7 |
| Mica-quartzo xisto, xisto grafitoso | 0,7 |
| Metagrauvaca, rocha calcissilicática, metaparaconglomerado, tremolita xisto | 0,7 |
| Ausência de litologia | 0,0 |
| Dolomito, itabirito dolomítico, filito dolomítico e argiloso | 0,9 |
| Matações, calhaus e seixos de hematita em solo aluvial | 0,8 |
| Fragmentos de itabirito em solo ferruginoso | 0,8 |
| Mármore | 1,0 |
| Formação Ferrífera | 0,7 |

TABELA 2 - LITOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO E RESPECTIVAS NOTAS

(continuação)

| Litologia | Nota |
|---|-------------|
| Migmatitos e gnaisses | 0,6 |
| Migmatitos com paleossomas anfibolíticos e epidosíticos | 0,6 |
| Itabirito, itabirito dolomítico e corpos de hematita | 0,7 |
| Fragmentos de itabirito e hematita compacta, cimentados por limonita | 0,8 |
| Granito e gnaiss granítico | 0,7 |
| Quartzo-mica xisto, xisto carbonoso, formação ferrífera | 0,7 |
| Rochas graníticas gnaissificadas | 0,7 |
| Serpentinito, clorita-talco xisto, cloritito anfibolítico | 0,6 |
| Metagabro | 0,7 |
| Talco xisto ou clorita-talco xisto | 0,6 |
| Plagioclásio-carbonato-quartzo-mica xisto | 0,6 |
| Quartzo-carbonato-clorita xisto (Lapa Seca) | 0,7 |
| Conglomerado | 0,7 |
| Argilito, arenito e linhito | 0,5 |
| Serpentinitos, metagabros e esteatitos | 0,6 |
| Dolomito | 0,9 |
| Massas cuneiformes de dolomito | 0,9 |
| Serpentinitos | 0,6 |
| Metagabros | 0,7 |
| Quartzo-mica-clorita xisto, plagioclásio-quartzo-mica xisto e xisto grafitoso | 0,7 |

Quanto mais próximo da superfície, mais vulnerável o aquífero está à contaminação. Desta forma, as maiores notas para o nível freático foram atribuídas as menores profundidades (Tabela 3). De maneira geral, as menores profundidades (até 10 m) que contribuem para maior vulnerabilidade da área à contaminação, ocorrem distribuídas pontualmente na região de estudo (Figura 11). As menores notas (0,4; 0,5 e 0,6), que caracterizam locais de maiores profundidades, foram atribuídas à

região central da área de estudo. Já a nota 0,7, atribuída a profundidades entre 10 e 20 metros, distribui-se largamente nos extremos leste e oeste da região de estudo.

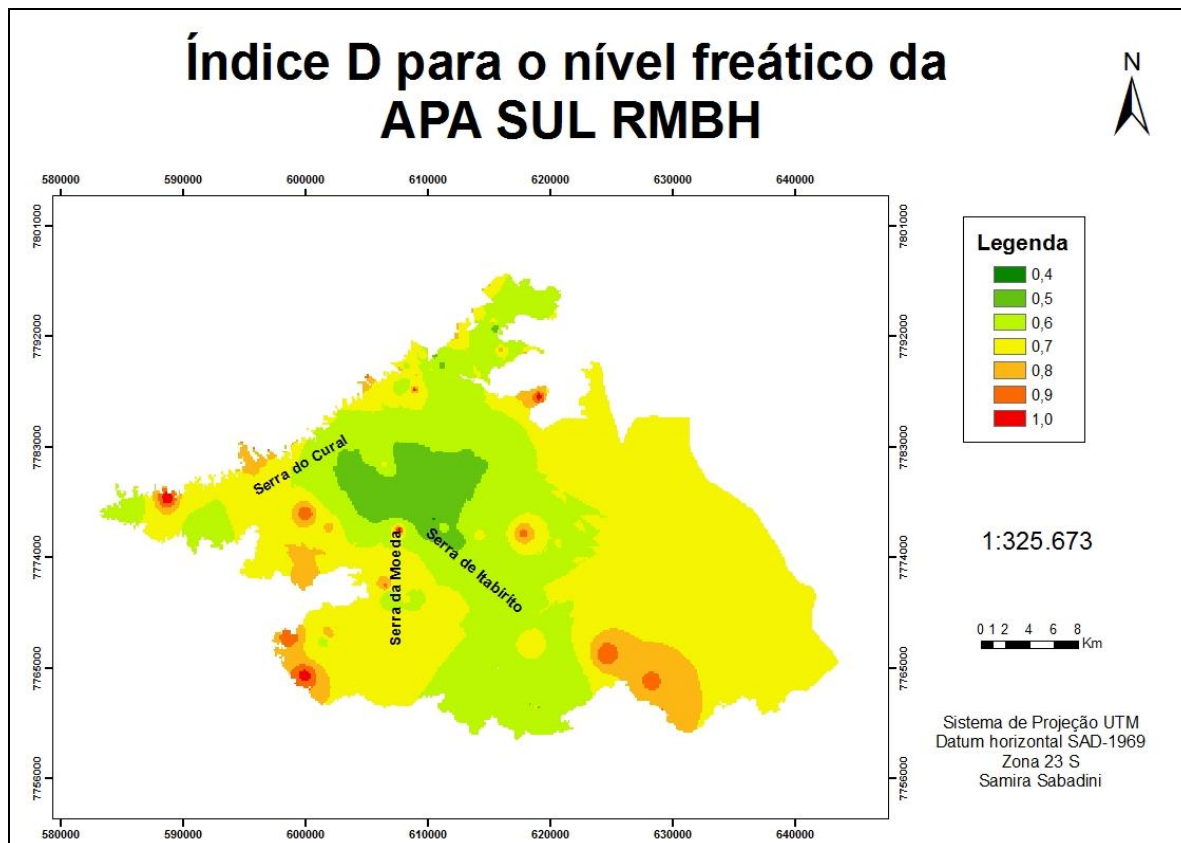


Figura 11 - Mapa de notas atribuídas aos níveis freáticos da região de estudo.

A interpolação feita para os níveis freáticos pode não estar bem apurada na parte oriental da região de estudo devido à escassez de poços com dados de nível estático. Provavelmente, a região ocidental da região de estudo está melhor representada pelo maior número de poços.

TABELA 3 - NÍVEIS FREÁTICOS E SUAS
RESPECTIVAS NOTAS

| Nível Freático | Nota |
|----------------|------|
| < 2 m | 1,0 |
| 2 – 5 m | 0,9 |
| 5 – 10 m | 0,8 |
| 10 – 20 m | 0,7 |
| 20 – 50 m | 0,6 |
| 50 – 100 m | 0,5 |
| > 100 m | 0,4 |

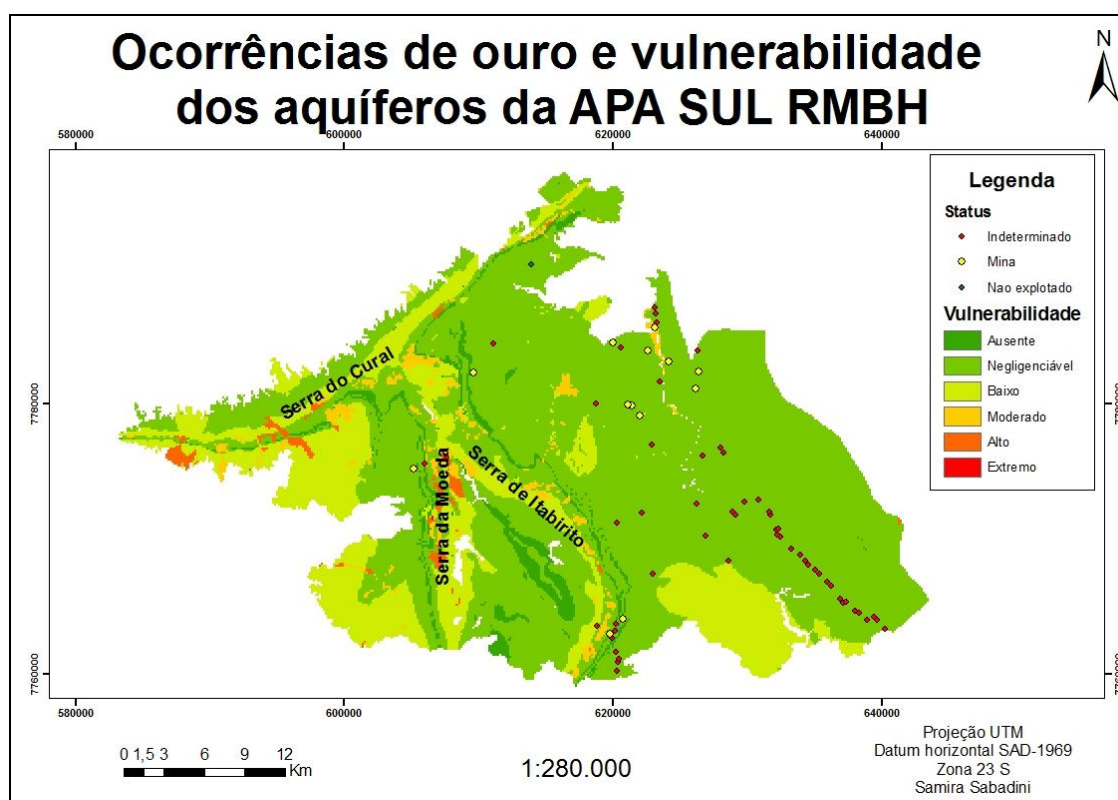


Figura 12 - Mapa de ocorrências de ouro e vulnerabilidade natural dos aquíferos da região de estudo.

A maior parte da região de estudo apresenta níveis de vulnerabilidade que variam de ausente a baixa (Figura 12). Os níveis moderados e altos de vulnerabilidade localizam-se nas regiões central e oeste da área de estudo, seguindo a Serra do

Curral, Serra da Moeda e Serra de Itabirito. Estas regiões também concentram a maior parte das minerações de ferro e dos poços de água subterrânea (Figura 6).

As ocorrências de ouro (Tabela 4), como minas que já estiveram ativas ou não, estão localizadas principalmente na parte oriental da região de estudo (Figura 12). Em sua maior parte, estas ocorrências de ouro estão em locais de nível de vulnerabilidade à drenagem ácida negligenciável, devido ao tipo de aquífero confinado (Figura 9).

TABELA 4 – OCORRÊNCIAS DE OURO LOCALIZADAS NA ÁREA DE ESTUDO

(continua)

| Município | Toponímia | Status |
|------------------|---|---------------|
| Itabirito | Córrego Carioca | Indeterminado |
| Itabirito | Serra das Serrinhas | Indeterminado |
| Itabirito | Serra das Serrinhas | Indeterminado |
| Itabirito | Serra das Serrinhas | Indeterminado |
| Itabirito | Córrego Carioca | Indeterminado |
| Itabirito | Mina Cata Branca | Mina |
| Itabirito | Córrego Carioca | Indeterminado |
| Itabirito | Ponte Ana de Sá/Fazenda Cedro | Indeterminado |
| Itabirito | Serra das Serrinhas | Indeterminado |
| Itabirito | Córrego Carioca | Indeterminado |
| Itabirito | Serra da Cata Branca | Mina |
| Itabirito | Córrego do Lobo/ Ponte Ana de Sá | Indeterminado |
| Itabirito | Córrego do Lobo/Ponte Ana de Sá | Indeterminado |
| Itabirito | Ponte Ana de Sá | Indeterminado |
| Itabirito | Ponte Ana de Sá | Indeterminado |
| Itabirito | Córrego do Lobo/ São Vicente /Ponte Ana de Sá | Indeterminado |
| Itabirito | São Vicente/Morro de São Vicente | Indeterminado |
| Itabirito | São Vicente /Morro de São Vicente | Indeterminado |
| Itabirito | Mina Morro de São Vicente | Indeterminado |
| Itabirito | Morro de São Vicente | Indeterminado |
| Itabirito | Morro de São Vicente | Indeterminado |
| Itabirito | Córrego Galinheiro | Indeterminado |

TABELA 4 – OCORRÊNCIAS DE OURO LOCALIZADAS NA ÁREA DE ESTUDO

(continua)

| Município | Toponímia | Status |
|------------------|---|---------------|
| Itabirito | Santana Rio de Pedras Campo Redondo São Vicente | Indeterminado |
| Itabirito | Campo Redondo/ São Vicente | Indeterminado |
| Itabirito | Santana | Indeterminado |
| Itabirito | Rio das Velhas /Retiro | Indeterminado |
| Itabirito | Santana | Indeterminado |
| Itabirito | Fazenda do Buraco Santana | Indeterminado |
| Itabirito | Fazenda do Buraco | Indeterminado |
| Itabirito | Sítio Baú /Córrego do Buraco | Indeterminado |
| Rio Acima | Rio das Velhas/ Ponte de Arame | Indeterminado |
| Itabirito | Sítio Baú /Córrego do Buraco | Indeterminado |
| Itabirito | Sítio Baú | Indeterminado |
| Itabirito | Baú São Vicente | Indeterminado |
| Rio Acima | Córrego Sacramento/ Abóboras | Indeterminado |
| Rio Acima | Sítio Fundão | Indeterminado |
| Rio Acima | Fazenda Gordura Peixotos | Indeterminado |
| Rio Acima | Serra do Cavalo de Pedra | Indeterminado |
| Rio Acima | Sítio Fundão | Indeterminado |
| Rio Acima | Fazendas Gordura E Peixotos Córrego Manso | Indeterminado |
| Rio Acima | Fazenda Almeida | Indeterminado |
| Rio Acima | Cocho D'água | Indeterminado |
| Rio Acima | Quati II | Indeterminado |
| Brumadinho | Casa de Pedra Antiga Senzala | Mina |
| Brumadinho | Casa de Pedra | Indeterminado |
| Rio Acima | Córrego Cortesia | Indeterminado |
| Rio Acima | Ribeiro Machado | Indeterminado |
| Rio Acima | Fazenda Viana | Indeterminado |
| Rio Acima | Fazenda Labareda | Indeterminado |
| Nova Lima | Fazenda Papa Milho | Mina |
| Nova Lima | Fazenda Papa Milho | Mina |
| Nova Lima | Fazenda Papa Milho | Mina |
| Nova Lima | Córrego dos Boiadeiros | Indeterminado |
| Rio Acima | Fazenda Vargem Limpa | Mina |
| Nova Lima | Córrego dos Enforcados | Indeterminado |
| Nova Lima | Fazenda Engenho | Mina |
| Rio Acima | Córrego Olhos D'água | Mina |
| Nova Lima | Mina do Urubu | Mina |
| Nova Lima | Mina Morro da Glória | Mina |
| Nova Lima | Córrego do Urubu | Indeterminado |
| Nova Lima | Morro da Glória | Indeterminado |

TABELA 4 – OCORRÊNCIAS DE OURO LOCALIZADAS NA ÁREA DE ESTUDO

(continuação)

| Município | Toponímia | Status |
|------------------|------------------------------|---------------|
| Nova Lima | Córrego das Taquaras Gordura | Indeterminado |
| Nova Lima | Morro da Glória | Mina |
| Nova Lima | Mina de Bicalho | Mina |
| Nova Lima | Honório Bicalho | Indeterminado |
| Nova Lima | Bicalho Norte | Indeterminado |
| Nova Lima | Escavação Rio das Velhas | Indeterminado |
| Nova Lima | Moinho | Não explotado |

Fonte: Serviço Geológico do Brasil

Considerando-se apenas as ocorrências de ouro classificadas como minas (Tabela 5), estas se localizam em sua grande maioria na parte oriental da área de estudo, com exceção das minas 1 e 2 (Figura 13). Na porção oriental, também estão localizados os 4 rios da região, o Rio das Velhas e seus tributários: Rio do Peixe, Rio de Pedras e Rio Itabirito.

Devido à proximidade com o Rio das Velhas, as minas 4 (Mina de Bicalho) e 6 (Mina do Urubu) são as mais susceptíveis a causarem drenagem ácida em corpos de água superficiais. A mina 4 encontra-se em local de vulnerabilidade moderada. Dessa forma, a contaminação do aquífero nesta mina, em uma suposta situação de descarga de drenagem ácida, é mais provável que em outras minerações de ouro.

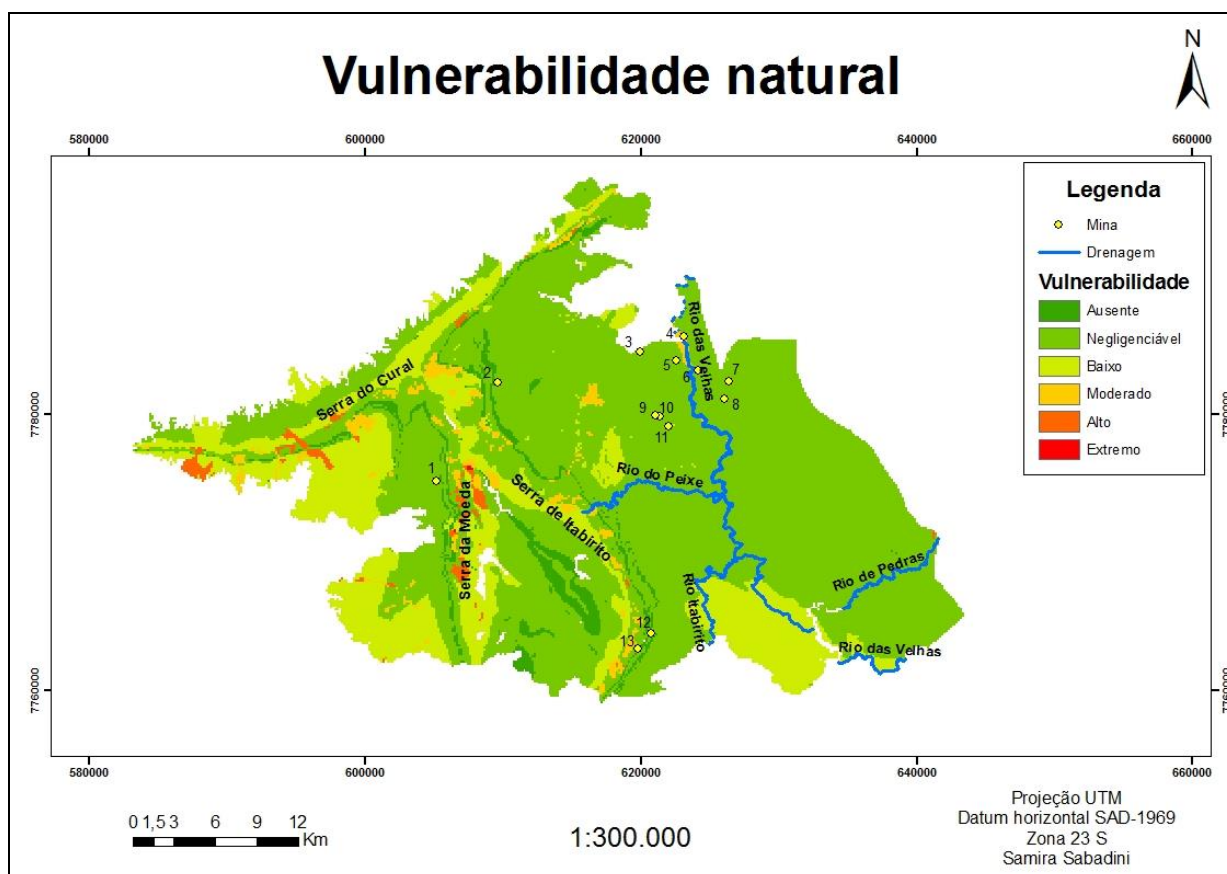


Figura 13 - Mapa de vulnerabilidade natural dos aquíferos da região de estudo.

TABELA 5: MINAS DE OURO DA ÁREA DE ESTUDO

| Código | Toponímia |
|--------|------------------------------|
| 1 | Casa de Pedra Antiga Senzala |
| 2 | Fazenda Engenho |
| 3 | Morro da Glória |
| 4 | Mina de Bicalho |
| 5 | Mina Morro da Glória |
| 6 | Mina do Urubu |
| 7 | Córrego Olhos D'água |
| 8 | Fazenda Vargem Limpa |
| 9 | Fazenda Papa Milho |
| 10 | Fazenda Papa Milho |
| 11 | Fazenda Papa Milho |
| 12 | Serra da Cata Branca |
| 13 | Mina Cata Branca |

De maneira geral, a vulnerabilidade natural da região de estudo é negligenciável em sua maior parte (71,12%) (Figura 14). Os níveis mais preocupantes de vulnerabilidade (moderada, alta e extrema) correspondem a apenas 3,5% da área. A extensão de área com vulnerabilidade negligenciável é resultante da dominância do tipo de aquífero confinado (Figura 9) que dificulta a percolação de água em direção à zona saturada.

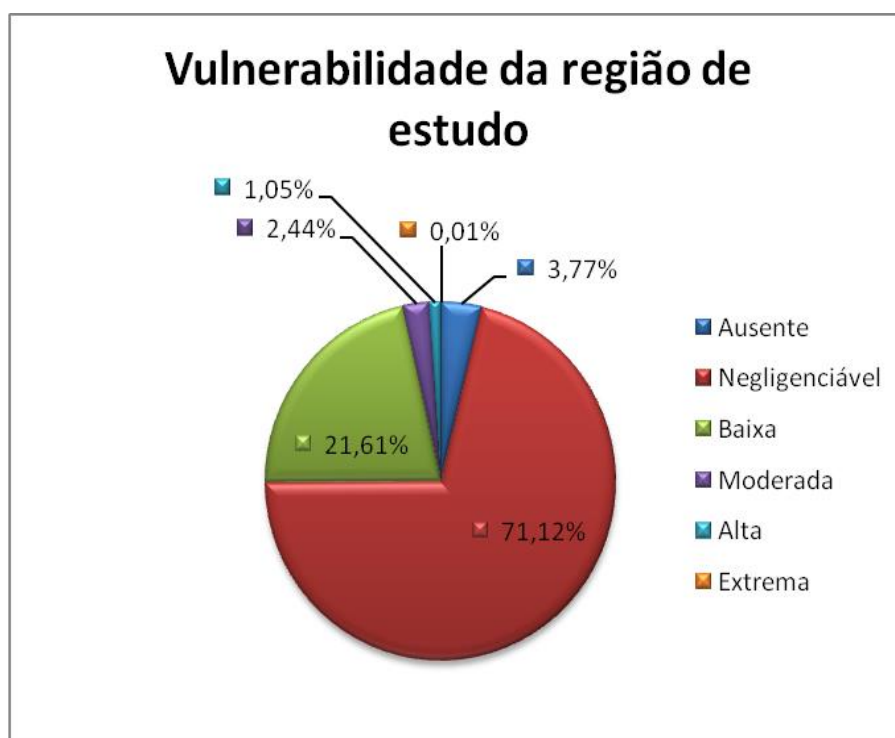


Figura - 14: Percentual dos níveis de vulnerabilidade da região de estudo.

Uma análise da vulnerabilidade natural por município é apresentada na Figura 15:

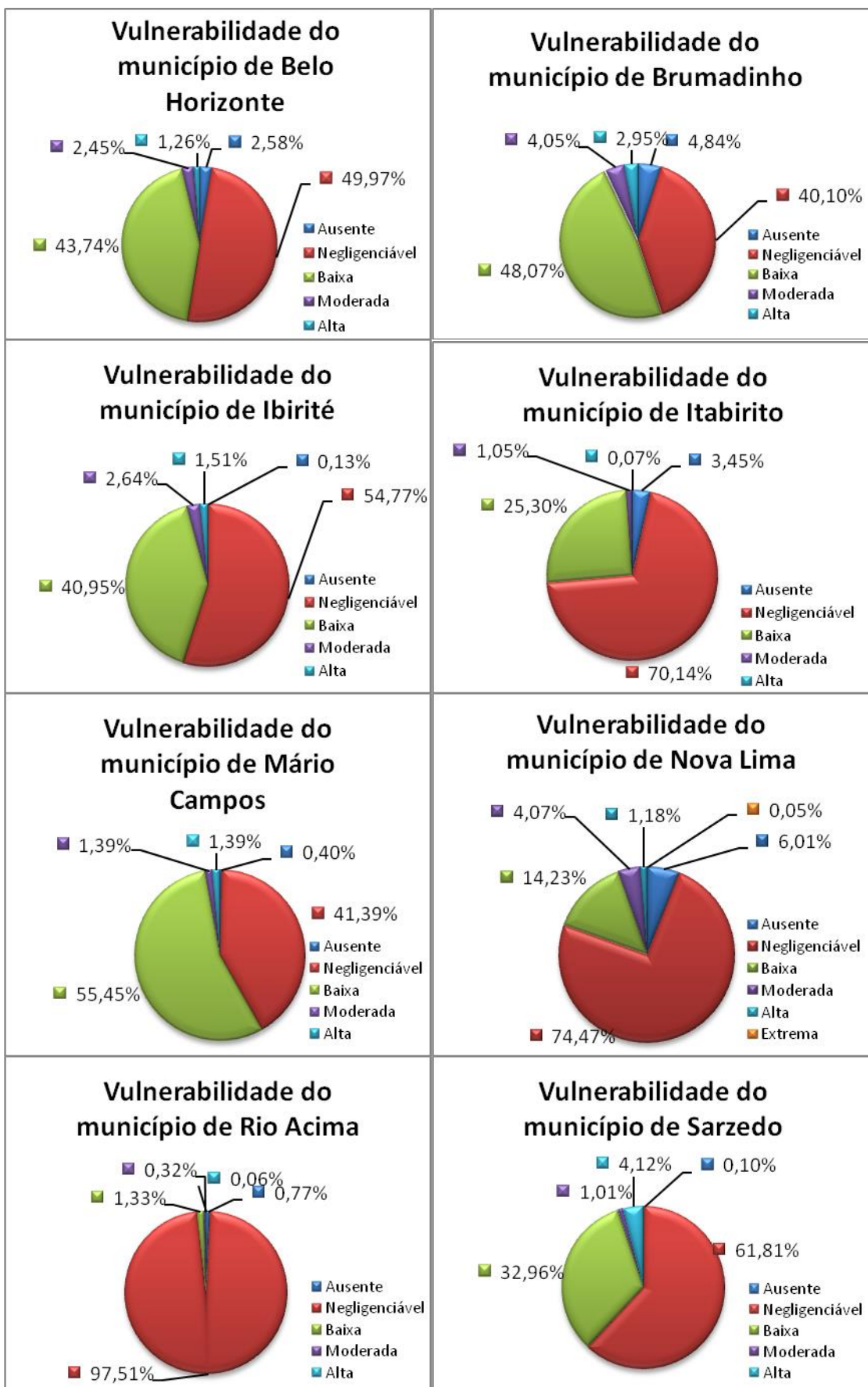


Figura 15: Percentual dos níveis de vulnerabilidade por município.

O município menos susceptível à contaminação por drenagem ácida é Rio Acima que apresenta vulnerabilidade negligenciável (97,51%) em quase todo seu território localizado dentro da APA SUL RMBH.

Nova Lima é o único município que apresentou vulnerabilidade extrema, ainda que em reduzida área (0,05%). A litologia local é constituída por matacões, o aquífero é livre (sistema aquífero granular) e o nível freático varia de 10 a 20 metros. Portanto, esta área tem uma combinação de parâmetros que favorecem a extrema vulnerabilidade da região.

A maioria das minas de ouro estão concentradas na porção nordeste da área de estudo, no município de Nova Lima. Com exceção da mina 4 (Mina de Bicalho), que está em local de vulnerabilidade moderada, as outras 6 minas estão em local de vulnerabilidade negligenciável que domina 74,47% da área. O Sistema Aquífero Xistoso, predominante na região, viabilizou níveis de vulnerabilidade mais baixos. Este aquífero confinado conferiu ao município 94,71% de área com níveis de vulnerabilidade ausente, negligenciável ou baixa. Entretanto, como já citado por Beato, Monsores e Bertachini (1961), a água subterrânea da Mina do Faria, localizada na região nordeste de Nova Lima, fora dos limites da APA Sul RMBH, já apresenta-se contaminada por drenagem ácida. Logo, por estar muito próxima da maioria das minas de ouro de Nova Lima, reforça a necessidade de investimento em estudos sobre vulnerabilidade do ambiente. Uma vez que, provavelmente em local de vulnerabilidade negligenciável ou baixa, já apresenta indícios de contaminação.

Com exceção dos municípios de Brumadinho e Mário Campos, a classe de vulnerabilidade negligenciável dominou a área de estudo. É possível que o nível freático na porção oriental da região analisada esteja subestimado devido ao reduzido número de poços subterrâneos. Estes encontram-se principalmente na porção ocidental da área de estudo, pois a maior parte das instalações mineradoras de ferro está localizada ao longo das serras do Curral e da Moeda. Neste local, as minas de ferro estão hospedadas nas rochas da Formação Cauê (Grupo Itabira).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os maiores níveis de vulnerabilidade dos aquíferos à contaminação foram detectados nas serras da Moeda e do Curral, onde não há empreendimentos minerários de ouro. Próximo aos rios concentram-se as minas de ouro, logo, é mais provável que contaminações por drenagem ácida ocorram nos corpos d'água superficiais do que em subterrâneos. De forma similar à contaminação de águas superficiais por arsênio proveniente de atividades desenvolvidas há 3 séculos, a contaminação por drenagem ácida também pode constituir uma herança indesejável de minerações já desativadas. Devido à crescente preocupação com a sustentabilidade aliada à economia, mais estudos de vulnerabilidade à contaminação são necessários para auxiliar na tomada de decisões referentes a novas autorizações de instalação de mineradoras. Visto que os dados utilizados neste trabalho datam de quase 10 anos atrás, é possível que, devido ao rebaixamento do lençol freático, a realidade atual dos níveis freáticos não seja a mesma. A maioria das minas de ouro é encontrada em locais com ausência de dados de nível estático de poços. Dessa forma, o investimento em sondagens na parte oriental da APA SUL RMBH e a constante atualização de dados podem prover melhores resultados a respeito de uma área de extrema importância para o Estado.

7. REFERÊNCIAS

ALVES, M. G.; RAMOS, I. S.; CORIDOLA, R. Metodologia DRASTIC na análise da vulnerabilidade dos aquíferos livres de Campos dos Goytacazes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.01.29.51/doc/3433-3438.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2014.

BARBOSA ALM. 1968. **Contribuições recentes à geologia do Quadrilátero Ferrífero**. IGC-UFMG (1985), 44p.

BARBOZA, A. E. C.; ROCHA, S. F.; GUIMARÃES W. D. Estudo preliminar da vulnerabilidade do aquífero livre localizado na região de Ponta da Fruta, Vila Velha – ES. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/rep/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.00.42?mirror=ltid.inpe.br/sbsr/2004/09.22.16.44&metadatarepository=dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.00.42.54>>. Acesso em: 14 maio 2014.

BARRETO, M. L. **Mineração e desenvolvimento sustentável: Desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001.

BEATO, D. A. C.; MONSORES, A. L. M.; BERTACHINI, A. C. Hidrogeologia. In: **Projeto APA Sul RMBH Estudos do Meio Físico**. Belo Horizonte: CPRM/SEMAD/CEMIG, v.8. 2005.

BEATO, D. A. C.; MONSORES, A. M.; BERTACHINI, A. C. Potencial aquífero nos metassedimentos do Quadrilátero Ferrífero – Região da APA SUL RMBH – MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 14., 1961, Belo Horizonte. Disponível em: <<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23106>>. Acesso em: 15 out. 2014.

BIFANO, M. A.; SOUZA, V. P. Predição do potencial de drenagem ácida de minas, utilizando o método estatístico. In: JORNADA DO PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO INTERNA, 1., 2007, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos da Jornada PCI**. Disponível em: <http://www.cetem.gov.br/publicacao/SERIES_PCIcompleta_para_HP.pdf#page=112>. Acesso em: 14 out. 2013.

BORBA, R. P.; FIGUEIREDO, B. R.; RAWLINS, B.; MATSCHULLAT, J. Arsenic in water and sediment in the Iron Quadrangle, State of Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**. v.30, n. 3, p. 558-561, 2000.

BORMA, L. S.; SOARES, P. S. M. Drenagem ácida e gestão de resíduos sólidos de mineração. In: TRINDADE, R. B. E.; BARBOSA FILHO, O. (Org.). **Extração de ouro: princípios, tecnologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro, 2002. p. 243-266.

BRASIL. CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Geobank**. Disponível em: <http://geobank.sa.cprm.gov.br/pls/publico/recmin.recursosminerais.cons_recursos?p_comando=recarrega&p_webmap=N&p_consulta=&p_uf=MG&p_municipio=&p_substancia=&p_toponimia=&p_latitudeN=&p_longitudeE=&p_latitudeS=&p_longitudeW=>>. Acesso em: 12 out. 2014.

BRASIL. DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Mineral Brasileiro - 2010**. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/AMB2010/MG_2010.pdf>. Acesso em: 23 out. 2013.

BRASIL. IBRAM - INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Informações e análises da economia mineral brasileira**. 2012. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002806.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2013.

DAMBRÓS, C., SILVA, J. L. S.; DESCOVI FILHO, L. L. V. Mapeamento da vulnerabilidade do aquífero à contaminação no Município de Rosário do Sul- RS, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 15., 2011, Curitiba. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1081.pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2014.

DUIJVENBOODEN, W. Van, WAEGENINGH, H.G. van. **Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants**, Proceedings and Information No. 38 of the International Conference held in the Netherlands, in 1987, TNO Committee on Hydrological Research, Delft, The Netherlands, 1987.

FARIAS, C. E. G. **Mineração e meio ambiente no Brasil**. Relatório preparado para o CGEE. 2002. Disponível em: <http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/miner_c3_a7_c3_a3o_20e_20meio_20ambiente.pdf>. Acesso em: 14 out. 2013.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A. **Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes**. (Tradução de Ricardo Hirata, Sueli Yoshinaga, Seiju Hassuda, Mara Akie Iritani). Boletim do Instituto Geológico, n. 10, 92 p. 1993

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A. **Groundwater pollution risk evaluation: The methodology using available data**. Lima: WHO/PAHOHPE/DEPIS, 87 p., 1988. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaca/i/fulltext/risk/risk.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2013.

FRANTZ, L. C. **Avaliação do índice de vulnerabilidade do aquífero Guarani no perímetro urbano da cidade de Sant'Ana do Livramento – RS.** 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

GIRODO, A. C. Mineração. In: **Projeto APA Sul RMBH Estudos do Meio Físico.** Belo Horizonte: CPRM/SEMAD/CEMIG, v.2. 2005.

GONÇALVES, L. R.; KOPPE J. C.; COSTA, J. F. C. L. **Vulnerabilidade natural e avaliação de risco de contaminação dos sistemas de aquíferos nas áreas degradadas pela extração de carvão no município de Siderópolis.** 2012. Disponível em:<http://www.ufrgs.br/rede_carvao/Sess%C3%B5es_A1_A2_A3/A3_ARTIGO_04.pdf>. Acesso em: 08 out. 2013.

GONÇALVES, L. R. **Vulnerabilidade natural e avaliação de risco de contaminação dos sistemas de aquíferos nas áreas degradadas pela extração de carvão na bacia hidrográfica do rio Mãe Luzia.** 2012. 80 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Mineral/ Ambiental e Metalurgia Extrativa) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

KREBS, A. S. J.; POSSA, M.V. O papel da hidrogeologia como instrumento de gestão ambiental na mineração de carvão. In: SOARES, P. S. M.; SANTOS, M. D. C.; POSSA, M. V. (Ed.). **Carvão Brasileiro: tecnologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro, 2008. p. 109-127.

LADEIRA, E. A. Metalogenia dos depósitos de ouro do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: Schobenhau, C.; COELHO, C. E. S. (Edit.). **Principais depósitos minerais do Brasil:** metais básicos não ferrosos, ouro e alumínio. v.3. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, Companhia Vale do Rio Doce.1988. p. 301-375.

MELLO, J. W. V.; DIAS, L. E.; DANIEL, A. M.; ABRAHÃO, W. A. P.; DESCHAMPS, E.; SCHAEFER, C. E. G. R. Preliminary evaluation of acid mine drainage in Minas Gerais State, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 365-375. 2006.

MONTEIRO, E. A.; BALTAZAR, O. F. Geologia. In: SILVA, S. L. da. (Org.). **Projeto APA Sul RMBH Estudos do Meio Físico.** Belo Horizonte: CPRM/SEMAD/CEMIG, v.1. 2005.

MORAES, N. C. de. **Abatimento de drenagem ácida de mina com cobertura de entulho de construção civil:** Uma proposta de reabilitação de uma antiga mina de pirita. 2010. 205 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2010.

NICOCELLI, L. M.; SIQUEIRA, A. J. B.; MIGLIORINI, R. B.; ALBRECHT, K. J.; DELGUINGARO, A. R. Análise de vulnerabilidade à contaminação de aquífero no Distrito Industrial de Cuiabá – MT, através do método GOD. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009. Natal. **Anais eletrônicos...** Disponível em:<
<http://martel.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2008/11.18.01.47.55/doc/4109-4116.pdf?languagebutton=en> >. Acesso em: 07 jul. 2014.

NÓBREGA, F. A.; LIMA, H. M.; LEITE, A. L. Análise de múltiplas variáveis no fechamento de mina – Estudo de caso da pilha de estéril BF-4, Mina Osamu Utsumi, INB Caldas, Minas Gerais. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 61, n. 2, p.197-202. 2008.

OLIVEIRA, G. S. R. da; JACQUES, P. D. SHINZATO, E. Cobertura e uso da terra. In: **Projeto APA Sul RMBH Estudos do Meio Físico**. Belo Horizonte: CPRM/SEMAD/CEMIG, v.3. 2005.

PASTORI, M. P. A. **Mapeamento Geológico em escala de 1: 5.000 da localidade de Fazenda Trindade , Município de Caeté, Quadrilátero Ferrífero – Minas Gerais**. 2010. 46 f. Monografia (Graduação em Geologia) – Departamento de Geociências, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

PONTES, C. H. C. **Determinação da Vulnerabilidade do Aquífero Basáltico no campus da UFMS, em Campo Grande – MS**. 2009. 96 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande. 2009.

PRESS, F.; GROTZINGER, J.; SIEVER, R.; JORDAN, T.; MENEGAT, R.; FERNANDES, P. C. D.; FERNANDES, L. A. D.; PORCHER, C. C. **Para entender a Terra**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 656 p. 2006.

REBOUÇAS, A. C. da; FEITOSA, F. A. C.; DEMÉTRIO, J. G. A. Elementos de hidrologia subterrânea. In: GONÇALES, V. G.; GIAMPÁ, C. E. Q. (Edit.). **Águas subterrâneas e poços tubulares profundos**. 1. Ed. São Paulo: Signus, 2006. p. 45-97.

SILVA, O. P. da. A mineração em Minas Gerais: Passado, presente e futuro. **Revista Geonomos**, Belo Horizonte, v. 3, n.1, p. 77-86. 1995.

SOUZA, N. A. **Vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas – Um estudo do aquífero Bauru na zona urbana de Araguari, MG**. 2009. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2009.

SOUZA, C. M. B. **Modelagem e simulação da drenagem ácida de mina em colunas**. 2010. 66 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Mineral) - Programa de

Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2010.

ANEXO

| Município | Poço | Bacia hidrográfica | UTMN | UTME | Nível estático (m) | Formação |
|-----------------|------------|----------------------|---------|--------|--------------------|-------------------------|
| Barão de Cocais | 3100003619 | Atlântico Sul- Leste | 7793600 | 658200 | 3 | Grupo Nova Lima |
| Barão de Cocais | 3100003620 | Atlântico Sul- Leste | 7793100 | 659300 | 9 | Grupo Nova Lima |
| Barão de Cocais | 3100003621 | Atlântico Sul- Leste | 7803450 | 662200 | 9 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001583 | Rio São Francisco | 7794788 | 607992 | 17 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001584 | Rio São Francisco | 7789318 | 607668 | 8 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001585 | Rio São Francisco | 7790978 | 602447 | 8 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001586 | Rio São Francisco | 7793089 | 609464 | 1 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001587 | Rio São Francisco | 7796900 | 609200 | 5 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001588 | Rio São Francisco | 7797169 | 610857 | 6 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001589 | Rio São Francisco | 7797138 | 610827 | 28 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001590 | Rio São Francisco | 7799000 | 608300 | 8 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001591 | Rio São Francisco | 7797238 | 604518 | 11 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001592 | Rio São Francisco | 7796314 | 604774 | 11 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001594 | Rio São Francisco | 7796870 | 604284 | 1,5 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001595 | Rio São Francisco | 7791711 | 608322 | 3 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001596 | Rio São Francisco | 7796362 | 607043 | 25 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001597 | Rio São Francisco | 7795600 | 606000 | 4 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001598 | Rio São Francisco | 7789120 | 604761 | 2 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001599 | Rio São Francisco | 7805558 | 606400 | 1,5 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001600 | Rio São Francisco | 7796704 | 606317 | 15 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001601 | Rio São Francisco | 7796629 | 608585 | 3 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001602 | Rio São Francisco | 7795081 | 605377 | 6 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001603 | Rio São Francisco | 7795966 | 606545 | 3 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001604 | Rio São Francisco | 7797315 | 607078 | 4 | Complexo Belo Horizonte |

| | | | | | | |
|----------------|------------|-------------------|---------|--------|------|-------------------------|
| Belo Horizonte | 3100001605 | Rio São Francisco | 7796344 | 604862 | 13 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001606 | Rio São Francisco | 7796276 | 606112 | 10 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001607 | Rio São Francisco | 7805900 | 603800 | 8 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001608 | Rio São Francisco | 7795183 | 603721 | 14 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001609 | Rio São Francisco | 7793861 | 608771 | 10,5 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001610 | Rio São Francisco | 7791064 | 603610 | 2 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001611 | Rio São Francisco | 7791126 | 603610 | 2,3 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100001612 | Rio São Francisco | 7801000 | 603300 | 12 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100002031 | Rio São Francisco | 7798231 | 612899 | 3 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100002039 | Rio São Francisco | 7788267 | 608563 | 18 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100002040 | Rio São Francisco | 7788298 | 608534 | 21 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100002041 | Rio São Francisco | 7803819 | 614127 | 5 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100002044 | Rio São Francisco | 7788786 | 609000 | 9 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100002045 | Rio São Francisco | 7796652 | 609952 | 18 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100002046 | Rio São Francisco | 7803551 | 607813 | 15 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100002047 | Rio São Francisco | 7793782 | 611446 | 2,1 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100002048 | Rio São Francisco | 7796842 | 608877 | 4 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100002049 | Rio São Francisco | 7796726 | 612686 | 14 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100002050 | Rio São Francisco | 7792027 | 611928 | 4 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100002051 | Rio São Francisco | 7791874 | 611841 | 20 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100002052 | Rio São Francisco | 7791874 | 611898 | 6 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100002053 | Rio São Francisco | 7791905 | 611870 | 7 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100002054 | Rio São Francisco | 7797366 | 613504 | 12 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100002055 | Rio São Francisco | 7795794 | 609424 | 14 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100002056 | Rio São Francisco | 7795541 | 610614 | 2,5 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100002058 | Rio São Francisco | 7796892 | 610883 | 3 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100002059 | Rio São Francisco | 7795974 | 610035 | 7 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100002060 | Rio São Francisco | 7795925 | 612971 | 3 | Complexo Belo Horizonte |

| | | | | | | |
|----------------|------------|-------------------|---------|--------|-------|-------------------------|
| Belo Horizonte | 3100002061 | Rio São Francisco | 7793443 | 611821 | 2 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100003580 | Rio São Francisco | 7798100 | 610800 | 7,4 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100003581 | Rio São Francisco | 7809790 | 608200 | 43,9 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100003582 | Rio São Francisco | 7791650 | 608700 | 11,17 | Super Grupo Minas |
| Belo Horizonte | 3100003583 | Rio São Francisco | 7800460 | 606250 | 8,58 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100003584 | Rio São Francisco | 7806690 | 615190 | 5,8 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100003585 | Rio São Francisco | 7804010 | 614490 | 33,2 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100003586 | Rio São Francisco | 7803190 | 612100 | 21,85 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100004371 | Rio São Francisco | 7797904 | 606296 | 21,2 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100004372 | Rio São Francisco | 7797873 | 606267 | 35,84 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100004373 | Rio São Francisco | 7797843 | 606237 | 22,63 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100004375 | Rio São Francisco | 7795422 | 609886 | 30 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100004376 | Rio São Francisco | 7795392 | 609857 | 8,85 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100004377 | Rio São Francisco | 7795330 | 609827 | 0 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100004378 | Rio São Francisco | 7795361 | 609769 | 0,34 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100004379 | Rio São Francisco | 7809523 | 606570 | 19,83 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100004381 | Rio São Francisco | 7809553 | 606628 | 15,6 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100004382 | Rio São Francisco | 7809492 | 606686 | 24 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100004383 | Rio São Francisco | 7798384 | 613045 | 1,15 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100008582 | Rio São Francisco | 7806583 | 604394 | 17,05 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100008584 | Rio São Francisco | 7806526 | 604498 | 17,8 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100008586 | Rio São Francisco | 7806478 | 604344 | 28,13 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100008631 | Rio São Francisco | 7804781 | 608352 | 8 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100008639 | Rio São Francisco | 7804417 | 606603 | 6,4 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100008644 | Rio São Francisco | 7804208 | 607502 | 13 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100008648 | Rio São Francisco | 7804034 | 605709 | 23,82 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100008650 | Rio São Francisco | 7803914 | 603439 | 0 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100008652 | Rio São Francisco | 7803876 | 606270 | 27 | Complexo Belo Horizonte |

| | | | | | | |
|----------------|------------|-------------------|---------|--------|-------|-------------------------|
| Belo Horizonte | 3100008655 | Rio São Francisco | 7803786 | 603346 | 0 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100008656 | Rio São Francisco | 7803749 | 607571 | 19 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100008659 | Rio São Francisco | 7803611 | 603059 | 0,8 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100008664 | Rio São Francisco | 7803501 | 606095 | 30,26 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100008665 | Rio São Francisco | 7803488 | 607766 | 27 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100008667 | Rio São Francisco | 7803476 | 602854 | 0,34 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100008670 | Rio São Francisco | 7803395 | 605036 | 1,3 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100008682 | Rio São Francisco | 7803148 | 607077 | 15,92 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100008685 | Rio São Francisco | 7803101 | 605037 | 5,5 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100008687 | Rio São Francisco | 7803029 | 607642 | 33 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100009254 | Rio São Francisco | 7802146 | 607092 | 15 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100009271 | Rio São Francisco | 7801361 | 607057 | 12 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100009293 | Rio São Francisco | 7800667 | 607088 | 10,3 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100009310 | Rio São Francisco | 7799592 | 603083 | 3,63 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100009313 | Rio São Francisco | 7799459 | 602931 | 2,85 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100009316 | Rio São Francisco | 7799242 | 602883 | 7,46 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100009336 | Rio São Francisco | 7797019 | 603084 | 10 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100009529 | Rio São Francisco | 7799897 | 606712 | 11 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100009533 | Rio São Francisco | 7799393 | 606535 | 8 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100016032 | Rio São Francisco | 7789592 | 608147 | 23 | Formação Gandarela |
| Belo Horizonte | 3100016033 | Rio São Francisco | 7787966 | 608168 | 36,47 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100016036 | Rio São Francisco | 7790519 | 609737 | 11,17 | Formação Gandarela |
| Belo Horizonte | 3100016037 | Rio São Francisco | 7790459 | 609766 | 15,6 | Formação Gandarela |
| Belo Horizonte | 3100016038 | Rio São Francisco | 7790526 | 609866 | 15,36 | Formação Gandarela |
| Belo Horizonte | 3100016039 | Rio São Francisco | 7790637 | 610014 | 30,9 | Formação Gandarela |
| Belo Horizonte | 3100016040 | Rio São Francisco | 7791048 | 610152 | 55 | Formação Gandarela |
| Belo Horizonte | 3100016041 | Rio São Francisco | 7791100 | 610400 | 12,5 | Formação Gandarela |
| Belo Horizonte | 3100016042 | Rio São Francisco | 7791109 | 610451 | 21 | Formação Gandarela |

| | | | | | | |
|----------------|------------|-------------------|---------|--------|-------|-------------------------|
| Belo Horizonte | 3100016043 | Rio São Francisco | 7794047 | 613298 | 7 | Grupo Sabará |
| Belo Horizonte | 3100016044 | Rio São Francisco | 7792649 | 613835 | 12 | Formação Gandarela |
| Belo Horizonte | 3100016045 | Rio São Francisco | 7792601 | 613835 | 20 | Formação Gandarela |
| Belo Horizonte | 3100016046 | Rio São Francisco | 7792620 | 613845 | 33,5 | Formação Gandarela |
| Belo Horizonte | 3100016053 | Rio São Francisco | 7796153 | 617185 | 30 | Complexo Bonfim |
| Belo Horizonte | 3100018057 | Rio São Francisco | 7790400 | 609657 | 14,92 | Formação Gandarela |
| Belo Horizonte | 3100018058 | Rio São Francisco | 7803725 | 603256 | 0 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100018059 | Rio São Francisco | 7790635 | 609872 | 25,6 | Formação Gandarela |
| Belo Horizonte | 3100018060 | Rio São Francisco | 7799119 | 614502 | 7,47 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100018061 | Rio São Francisco | 7803825 | 603206 | 14,1 | Complexo Belo Horizonte |
| Belo Horizonte | 3100018062 | Rio São Francisco | 7790432 | 609872 | 20,4 | Formação Gandarela |
| Belo Horizonte | 3100018063 | Rio São Francisco | 7790631 | 609797 | 12,15 | Formação Gandarela |
| Belo Horizonte | 3100020159 | Rio São Francisco | 7805693 | 609280 | 2,70 | Complexo Belo Horizonte |
| Sarzedo | 3100005494 | Rio São Francisco | 7784128 | 590291 | 3,9 | Complexo Belo Horizonte |
| Sarzedo | 3100016273 | Rio São Francisco | 7778715 | 591124 | 15 | Grupo Piracicaba |
| Itabirito | 3100005579 | Rio São Francisco | 7750606 | 622073 | 2,94 | Complexo Bação |
| Itabirito | 3100005580 | Rio São Francisco | 7760271 | 624898 | 7,5 | Complexo Bação |
| Itabirito | 3100016454 | Rio São Francisco | 7761890 | 618287 | 5,2 | Formação Cauê |
| Itabirito | 3100016455 | Rio São Francisco | 7762004 | 618309 | 63,7 | Formação Cauê |
| Itabirito | 3100016457 | Rio São Francisco | 7761926 | 618516 | 49,4 | Formação Cauê |
| Itabirito | 3100016458 | Rio São Francisco | 7761914 | 618665 | 3,7 | Formação Cauê |
| Itabirito | 3100016459 | Rio São Francisco | 7762089 | 618714 | 22,7 | Formação Cauê |
| Itabirito | 3100016460 | Rio São Francisco | 7761814 | 618766 | 12,85 | Formação Cauê |
| Itabirito | 3100016461 | Rio São Francisco | 7761926 | 618781 | 26,1 | Formação Cauê |
| Itabirito | 3100016462 | Rio São Francisco | 7762297 | 618801 | 16,4 | Formação Cauê |
| Itabirito | 3100016463 | Rio São Francisco | 7761955 | 618818 | 6,7 | Formação Cauê |
| Itabirito | 3100016464 | Rio São Francisco | 7762076 | 618917 | 23,45 | Formação Cauê |
| Itabirito | 3100016465 | Rio São Francisco | 7762281 | 618952 | 65,51 | Formação Cauê |

| | | | | | | |
|-----------|------------|-------------------|---------|--------|------|-------------------------|
| Itabirito | 3100016467 | Rio São Francisco | 7761698 | 619087 | 54,7 | Grupo Caraça |
| Itabirito | 3100016469 | Rio São Francisco | 7766055 | 624553 | 2,12 | Grupo Nova Lima |
| Itabirito | 3100016472 | Rio São Francisco | 7763899 | 628198 | 4 | Complexo Bação |
| Itabirito | 3100016473 | Rio São Francisco | 7760841 | 628314 | 3 | Complexo Bação |
| Caeté | 3100002077 | Rio São Francisco | 7800869 | 639586 | 1,5 | Arqueano |
| Caeté | 3100002078 | Rio São Francisco | 7800562 | 639584 | 1,4 | Arqueano |
| Caeté | 3100002079 | Rio São Francisco | 7800874 | 639005 | 1,4 | Arqueano |
| Caeté | 3100002080 | Rio São Francisco | 7800408 | 639582 | 1,66 | Arqueano |
| Caeté | 3100002081 | Rio São Francisco | 7800873 | 639150 | 1,5 | Arqueano |
| Caeté | 3100002082 | Rio São Francisco | 7800707 | 640604 | 6 | Arqueano |
| Caeté | 3100003588 | Rio São Francisco | 7801310 | 642900 | 1 | Arqueano |
| Caeté | 3100003589 | Rio São Francisco | 7806510 | 647100 | 16 | Arqueano |
| Caeté | 3100003591 | Rio São Francisco | 7798910 | 639710 | 6,3 | Arqueano |
| Caeté | 3100003593 | Rio São Francisco | 7800900 | 640150 | 2,2 | Arqueano |
| Caeté | 3100004521 | Rio São Francisco | 7814522 | 643275 | 4,65 | Arqueano |
| Caeté | 3100017606 | Rio São Francisco | 7805462 | 642109 | 0,6 | Arqueano |
| Ibirité | 3100005491 | Rio São Francisco | 7790973 | 597941 | 1,9 | Complexo Belo Horizonte |
| Ibirité | 3100005492 | Rio São Francisco | 7791004 | 597912 | 2,63 | Complexo Belo Horizonte |
| Ibirité | 3100005493 | Rio São Francisco | 7790974 | 597912 | 2,6 | Complexo Belo Horizonte |
| Ibirité | 3100005497 | Rio São Francisco | 7785479 | 596458 | 2,42 | Complexo Belo Horizonte |
| Ibirité | 3100005498 | Rio São Francisco | 7790066 | 595233 | 0 | Complexo Belo Horizonte |
| Ibirité | 3100005499 | Rio São Francisco | 7789524 | 593195 | 0 | Complexo Belo Horizonte |
| Ibirité | 3100018208 | Rio São Francisco | 7789594 | 593295 | 2,9 | Complexo Belo Horizonte |
| Ibirité | 3100018209 | Rio São Francisco | 7790913 | 597981 | 2,6 | Complexo Belo Horizonte |
| Ibirité | 3100018210 | Rio São Francisco | 7790166 | 595133 | 3,9 | Complexo Belo Horizonte |
| Ibirité | 3100018211 | Rio São Francisco | 7785179 | 596258 | 4,23 | Complexo Belo Horizonte |
| Ibirité | 3100018213 | Rio São Francisco | 7785379 | 596458 | 1,8 | Complexo Belo Horizonte |
| Ibirité | 3100018214 | Rio São Francisco | 7790166 | 595233 | 0 | Complexo Belo Horizonte |

| | | | | | | |
|---------------|------------|----------------------|---------|--------|-------|------------------------|
| Mário Campos | 3100005489 | Rio São Francisco | 7782769 | 585403 | 5,9 | Grupo Sabará |
| Mário Campos | 3100005490 | Rio São Francisco | 7780456 | 586989 | 2,9 | Grupo Sabará |
| Mário Campos | 3100005495 | Rio São Francisco | 7782617 | 585199 | 4,23 | Grupo Sabará |
| Mário Campos | 3100005500 | Rio São Francisco | 7778818 | 588695 | 0 | Grupo Piracicaba |
| Mário Campos | 3100015695 | Rio São Francisco | 7778857 | 585284 | 50 | Grupo Sabará |
| Santa Bárbara | 3100003644 | Atlântico Sul- Leste | 7791600 | 666450 | 5 | Complexo Santa Bárbara |
| Santa Bárbara | 3100003645 | Atlântico Sul- Leste | 7792550 | 667200 | 0 | Complexo Santa Bárbara |
| Santa Bárbara | 3100003646 | Atlântico Sul- Leste | 7791300 | 667300 | 4 | Complexo Santa Bárbara |
| Santa Bárbara | 3100003647 | Atlântico Sul- Leste | 7792200 | 666700 | 8 | Complexo Santa Bárbara |
| Santa Bárbara | 3100003648 | Atlântico Sul- Leste | 7791950 | 666060 | 11 | |
| Santa Bárbara | 3100016256 | Atlântico Sul- Leste | 7786515 | 659310 | 1 | Grupo Nova Lima |
| Brumadinho | 3100004471 | Rio São Francisco | 7765044 | 582646 | 3,9 | Complexo Bonfim |
| Brumadinho | 3100016368 | Rio São Francisco | 7777608 | 594816 | 13,9 | Formação Cauê |
| Brumadinho | 3100016372 | Rio São Francisco | 7767446 | 598749 | 2,8 | Complexo Bonfim |
| Brumadinho | 3100016375 | Rio São Francisco | 7764366 | 599933 | 1 | Complexo Bonfim |
| Brumadinho | 3100016376 | Rio São Francisco | 7777541 | 599995 | 2 | Complexo Bonfim |
| Brumadinho | 3100016391 | Rio São Francisco | 7767110 | 601463 | 25 | Grupo Nova Lima |
| Brumadinho | 3100016395 | Rio São Francisco | 7767826 | 601930 | 4,6 | Grupo Nova Lima |
| Brumadinho | 3100016396 | Rio São Francisco | 7767904 | 601966 | 7 | Grupo Nova Lima |
| Brumadinho | 3100016398 | Rio São Francisco | 7768230 | 602443 | 21 | Grupo Nova Lima |
| Brumadinho | 3100016403 | Rio São Francisco | 7771555 | 606426 | 5 | Grupo Caraça |
| Brumadinho | 3100016404 | Rio São Francisco | 7771408 | 606476 | 7,24 | Grupo Caraça |
| Brumadinho | 3100016405 | Rio São Francisco | 7771678 | 606485 | 0,6 | Formação Cauê |
| Brumadinho | 3100016406 | Rio São Francisco | 7771493 | 606571 | 2,22 | Formação Cauê |
| Brumadinho | 3100016407 | Rio São Francisco | 7771210 | 606628 | 20 | Grupo Caraça |
| Brumadinho | 3100016408 | Rio São Francisco | 7770910 | 606711 | 42 | Grupo Caraça |
| Brumadinho | 3100016409 | Rio São Francisco | 7771060 | 606715 | 29,3 | Grupo Caraça |
| Brumadinho | 3100018101 | Rio São Francisco | 7772328 | 583174 | 12,85 | Complexo Bonfim |

| | | | | | | |
|------------|------------|-------------------|---------|--------|-------|----------------------------|
| Brumadinho | 3100018102 | Rio São Francisco | 7772175 | 583029 | 7,3 | Complexo Bonfim |
| Brumadinho | 3100018103 | Rio São Francisco | 7773713 | 582891 | 6,73 | Complexo Bonfim |
| Brumadinho | 3100018104 | Rio São Francisco | 7772634 | 583321 | 21,4 | Complexo Bonfim |
| Brumadinho | 3100019806 | Rio São Francisco | 7776894 | 592025 | 41,5 | Formação Cauê |
| Brumadinho | 3100020526 | Rio São Francisco | 7776417 | 601908 | 8,68 | Super Grupo Rio das Velhas |
| Brumadinho | 3100020992 | Rio São Francisco | 7757549 | 593993 | 5,66 | Complexo Barbacena |
| Nova Lima | 3100002361 | Rio São Francisco | 7788311 | 620507 | 56 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100002362 | Rio São Francisco | 7788706 | 616818 | 6 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100002363 | Rio São Francisco | 7789111 | 616038 | 20 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100002364 | Rio São Francisco | 7790894 | 615961 | 7 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100002365 | Rio São Francisco | 7788226 | 619548 | 5 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100002366 | Rio São Francisco | 7788594 | 619579 | 0 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100002368 | Rio São Francisco | 7789176 | 620019 | 6 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100002369 | Rio São Francisco | 7790136 | 619009 | 2 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100002370 | Rio São Francisco | 7789261 | 621095 | 2 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100002371 | Rio São Francisco | 7790685 | 619652 | 43 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100002372 | Rio São Francisco | 7789020 | 620250 | 4,5 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100002373 | Rio São Francisco | 7789369 | 618858 | 7 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100002374 | Rio São Francisco | 7788590 | 620247 | 30 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100002375 | Rio São Francisco | 7788711 | 620598 | 33 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100002376 | Rio São Francisco | 7789633 | 620604 | 0 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100006369 | Rio São Francisco | 7789420 | 620253 | 4 | |
| Nova Lima | 3100015911 | Rio São Francisco | 7781820 | 605347 | 45 | Formação Gandarela |
| Nova Lima | 3100015913 | Rio São Francisco | 7779581 | 606068 | 69 | Formação Gandarela |
| Nova Lima | 3100015914 | Rio São Francisco | 7779902 | 606313 | 57,72 | Formação Gandarela |
| Nova Lima | 3100015915 | Rio São Francisco | 7778853 | 606344 | 100 | Formação Cauê |
| Nova Lima | 3100015916 | Rio São Francisco | 7781538 | 606464 | 11 | Formação Gandarela |

| | | | | | | |
|-----------|------------|-------------------|---------|--------|-------|-----------------------|
| Nova Lima | 3100015917 | Rio São Francisco | 7781358 | 606761 | 24 | Formação Gandarela |
| Nova Lima | 3100015921 | Rio São Francisco | 7781822 | 607909 | 72,3 | Formação Cauê |
| Nova Lima | 3100015923 | Rio São Francisco | 7777790 | 607988 | 69,86 | Formação Gandarela |
| Nova Lima | 3100015924 | Rio São Francisco | 7781884 | 608042 | 76 | Grupo Caraça |
| Nova Lima | 3100015928 | Rio São Francisco | 7784428 | 608432 | 39,76 | Formação Cauê |
| Nova Lima | 3100015930 | Rio São Francisco | 7764381 | 608451 | 18,7 | Formação Gandarela |
| Nova Lima | 3100015932 | Rio São Francisco | 7770590 | 608483 | 12,8 | Formação Gandarela |
| Nova Lima | 3100015934 | Rio São Francisco | 7787163 | 608548 | 15 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100015936 | Rio São Francisco | 7770607 | 608577 | 31 | Formação Gandarela |
| Nova Lima | 3100015937 | Rio São Francisco | 7773567 | 608638 | 11,5 | Formação Gandarela |
| Nova Lima | 3100015940 | Rio São Francisco | 7787662 | 608851 | 0 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100015947 | Rio São Francisco | 7789426 | 610098 | 41 | Grupo Caraça |
| Nova Lima | 3100015950 | Rio São Francisco | 7789263 | 610197 | 17,5 | Formação Cauê |
| Nova Lima | 3100015954 | Rio São Francisco | 7777660 | 610371 | 51,8 | Formação Cauê |
| Nova Lima | 3100015955 | Rio São Francisco | 7789063 | 610393 | 36 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100015957 | Rio São Francisco | 7790418 | 610443 | 81,46 | Formação Cauê |
| Nova Lima | 3100015959 | Rio São Francisco | 7777120 | 610468 | 108,7 | Formação Cauê |
| Nova Lima | 3100015965 | Rio São Francisco | 7776798 | 611001 | 50,34 | Formação Cauê |
| Nova Lima | 3100015966 | Rio São Francisco | 7776698 | 611065 | 49,65 | Formação Cauê |
| Nova Lima | 3100015967 | Rio São Francisco | 7789559 | 611066 | 58 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100015970 | Rio São Francisco | 7776515 | 611127 | 42,55 | Formação Cauê |
| Nova Lima | 3100015976 | Rio São Francisco | 7770364 | 611738 | 14 | Proterozóico inferior |
| Nova Lima | 3100015980 | Rio São Francisco | 7775258 | 612605 | 61,6 | Formação Cauê |
| Nova Lima | 3100015986 | Rio São Francisco | 7775031 | 613477 | 38,4 | Formação Cauê |
| Nova Lima | 3100015988 | Rio São Francisco | 7775737 | 614133 | 12 | Grupo Caraça |
| Nova Lima | 3100016009 | Rio São Francisco | 7792889 | 615094 | 46,5 | Grupo Caraça |
| Nova Lima | 3100016010 | Rio São Francisco | 7792997 | 615140 | 24 | Grupo Caraça |
| Nova Lima | 3100016110 | Rio São Francisco | 7793003 | 615150 | 13,91 | Grupo Caraça |

| | | | | | | |
|-----------|------------|-------------------|---------|--------|-------|--------------------|
| Nova Lima | 3100016112 | Rio São Francisco | 7793073 | 615173 | 0 | Formação Cauê |
| Nova Lima | 3100016114 | Rio São Francisco | 7792999 | 615225 | 19,6 | Grupo Caraça |
| Nova Lima | 3100016115 | Rio São Francisco | 7793048 | 615249 | 0 | Grupo Caraça |
| Nova Lima | 3100016119 | Rio São Francisco | 7792670 | 615301 | 63,8 | Grupo Caraça |
| Nova Lima | 3100016120 | Rio São Francisco | 7792679 | 615308 | 35 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100016124 | Rio São Francisco | 7793058 | 615372 | 28,28 | Grupo Caraça |
| Nova Lima | 3100016125 | Rio São Francisco | 7792721 | 615406 | 92,5 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100016127 | Rio São Francisco | 7793154 | 615455 | 0 | Grupo Caraça |
| Nova Lima | 3100016128 | Rio São Francisco | 7792762 | 615477 | 89,8 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100016130 | Rio São Francisco | 7783656 | 615506 | 49,95 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100016131 | Rio São Francisco | 7793186 | 615527 | 22,52 | Grupo Caraça |
| Nova Lima | 3100016149 | Rio São Francisco | 7775908 | 617766 | 4 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100016153 | Rio São Francisco | 7766591 | 618397 | 15,3 | Formação Gandarela |
| Nova Lima | 3100016158 | Rio São Francisco | 7787095 | 619066 | 0 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100016161 | Rio São Francisco | 7786643 | 619904 | 3,8 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100016164 | Rio São Francisco | 7785052 | 622250 | 18 | Grupo Nova Lima |
| Nova Lima | 3100020713 | Rio São Francisco | 7780838 | 605186 | 73,45 | Formação Cauê |
| Nova Lima | 3100020714 | Rio São Francisco | 7776191 | 607610 | 0 | Formação Cauê |

Fonte: Serviço Geológico do Brasil