

# MINERAÇÃO DE AREIA DE ENCOSTA NA REGIÃO NORTE DE MINAS GERAIS: CARACTERIZAÇÃO ECONÔMICO-AMBIENTAL E MAPEAMENTO LITOESTRATIGRÁFICO POR KRIGGAGEM

Vitor Vieira Vasconcelos<sup>1</sup>  
Frederich Antunes Steiner<sup>2</sup>

**Resumo:** A mineração de areia de barranco na Serra Velha, Município de Montes Claros – MG tem ocasionado conflitos socioambientais em virtude da erosão das encostas e do assoreamento dos cursos de água. Como forma de propor soluções, foi realizado estudo sobre as áreas potenciais de extração para mineração. Para tanto, foi realizado mapeamento de detalhe do arenito urucuia sobre a Serra Velha. O mapeamento foi realizado por inferência hidrogeológica das encostas, utilizando a técnica geoestatística de interpolação por kriggagem. Também foram analisadas as alternativas técnicas e jurídicas que direcionem a um modelo mais sustentável para a mineração de construção civil na Região Norte de Minas Gerais.

**Palavras-Chave:** Mineração; Kriggagem; Construção Civil; Meio Ambiente.

## HILLSIDE SAND MINING IN NORTHERN MINAS GERAIS: ECONOMIC-ENVIRONMENTAL CHARACTERIZATION AND LITHOSTRATIGRAPHIC MAPPING BY KRIGING

**Abstract:** The hillside sand mining in the Serra Velha, an area of the city of Montes Claros (in the state of Minas Gerais, Brazil), has led to socio-environmental conflicts due to the erosion of slopes and the aggradation of water courses. In the quest of a solution to those conflicts, a study has been made of the areas with mining potential. Within this purpose, the study mapped in detail the “urucuia” sandstone availability in Serra Velha. The map is based on hydrogeological inference of the hillsides, using the geostatistical technique of kriging interpolation. The study also considered technical and juridical alternatives that may lead to a more sustainable framework for civil-construction-related mining in northern Minas Gerais.

**Keywords:** mining; kriging; civil construction; environment.

---

<sup>1</sup> Doutorando em Geologia. Universidade Federal de Ouro Preto. Consultor Legislativo da Assembleia Legislativa de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais. vitor.vasconcelos@almg.gov.br, (31)3274-4446, (31)9331-1593, Rua Goitacazes, 201, ap. 1402, Centro, Belo Horizonte, Minas Gerais, CEP: 30.190-050. (Autor para correspondência)

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Ambiental nas Faculdades Santo Agostinho. Montes Claros. Minas Gerais. fredyantunes@yahoo.com.br

*Estudos Geográficos*, Rio Claro, 8(1): 45-65, jan./jun., 2010 (ISSN 1678—698X)  
<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo>

## INTRODUÇÃO

Os agregados de rochas e minerais industriais, naturais ou manufaturados, dão volume e resistência em concreto de cimento portland, em mistura de cimento betuminoso, em argamassa. Os agregados podem também prover características essenciais como: isolantes térmico e acústico, peso, textura, resistência a abrasão e impermeabilidade aos produtos de concreto (ROSSETE, 1996, p.14; LEFOND, 1983). A extração para indústria de agregados (areia, argila e pedras) para a construção civil apresenta características singulares em relação às demais matérias primas de mineração, tais como (TONSO, 1994, p. 25; NAZARETH, 1996, p. 19-20; GOMI, 2005, p. 20-21):

- Abundância relativa do minério, sendo potencialmente minerável em largas faixas espaciais.

- Baixo índice de rejeitos, chegando a menos de 5% do extraído.

- Simplicidade da tecnologia tradicional de lavra e beneficiamento, embora exista uma demanda por tecnológicas ambientalmente mais sustentáveis.

- Baixo valor unitário, devido à relação oferta/demanda, levando inclusive a uma consequente baixa margem de lucro por minério produzido.

- Volume específico alto a ser extraído, descaracterizando as paisagens locais e também encarecendo os custos de transporte. O significativo custo de transporte (até 2/3 preço final do produto) faz com que as extrações de agregados sejam locais obrigatoriamente nas proximidades dos centros urbanos, o que aumenta ainda mais os conflitos relacionados a uso do solo e impactos ambientais.

As minerações de areia para construção civil localizadas na Serra Velha (na divisa entre Montes Claros e Bocaiúva, BR-135) têm ocasionado conflitos socioambientais, em virtude da expressiva degradação das encostas e cursos d'água que minam a localidade. Os extratores de areia, por sua vez, argumentam que seus empreendimentos são de importância fundamental para o desenvolvimento da região e que, portanto, a atividade não pode ser simplesmente paralisada.

A Unidade Regional Colegiada – URC – do Norte de Minas Gerais, vinculada ao Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM – tem sido o palco para a mediação dos conflitos. Como uma das proposições para a resolução da questão, foi encaminhada ao Ibama a incumbência de realizar um zoneamento que trouxesse embasamento técnico para um planejamento regional mais adequado ao desenvolvimento sustentável da região, no que tange à extração de areia.

## LOCALIZAÇÃO

Apesar do foco dos conflitos analisados encontrar-se na região da Serra Velha, a extração de areia no Norte de Minas Gerais envolve uma cadeia regional mais vasta. Qualquer solução pontual somente para a região da Serra Velha corre o risco de apenas transferir os empreendimentos para outras áreas, criando novos pontos de conflito. A moratória aplicada à mineração de areia no município de Montes Claros, nos anos de 2003 e 2004, mostrou que os conflitos de mineração foram transferidos, em parte, para os municípios vizinhos, além de criar conflitos econômicos e políticos em virtude do impacto negativo sobre o setor de construção civil. Uma solução coerente para o problema da mineração de construção civil deve abarcar um planejamento regional em que se assegure a conservação do meio

ambiente com o desenvolvimento sustentável demandado pelos setores econômicos de construção civil.

Por esse motivo, decidiu-se por analisar a Serra Velha dentro do contexto espacial da ocorrência de cobertura geológica de arenito na microrregião de Montes Claros. O mapa de localização (Figura 1) mostra como a ocorrência do Arenito Urucuia estende-se desde o Município de Montes Claros até as margens do Rio São Francisco, passando por 23 municípios. Portanto, o presente estudo procura abarcar toda a região do arenito Urucuia da margem direita (leste) do Rio São Francisco, com detalhamento local para a mineração da Serra Velha.

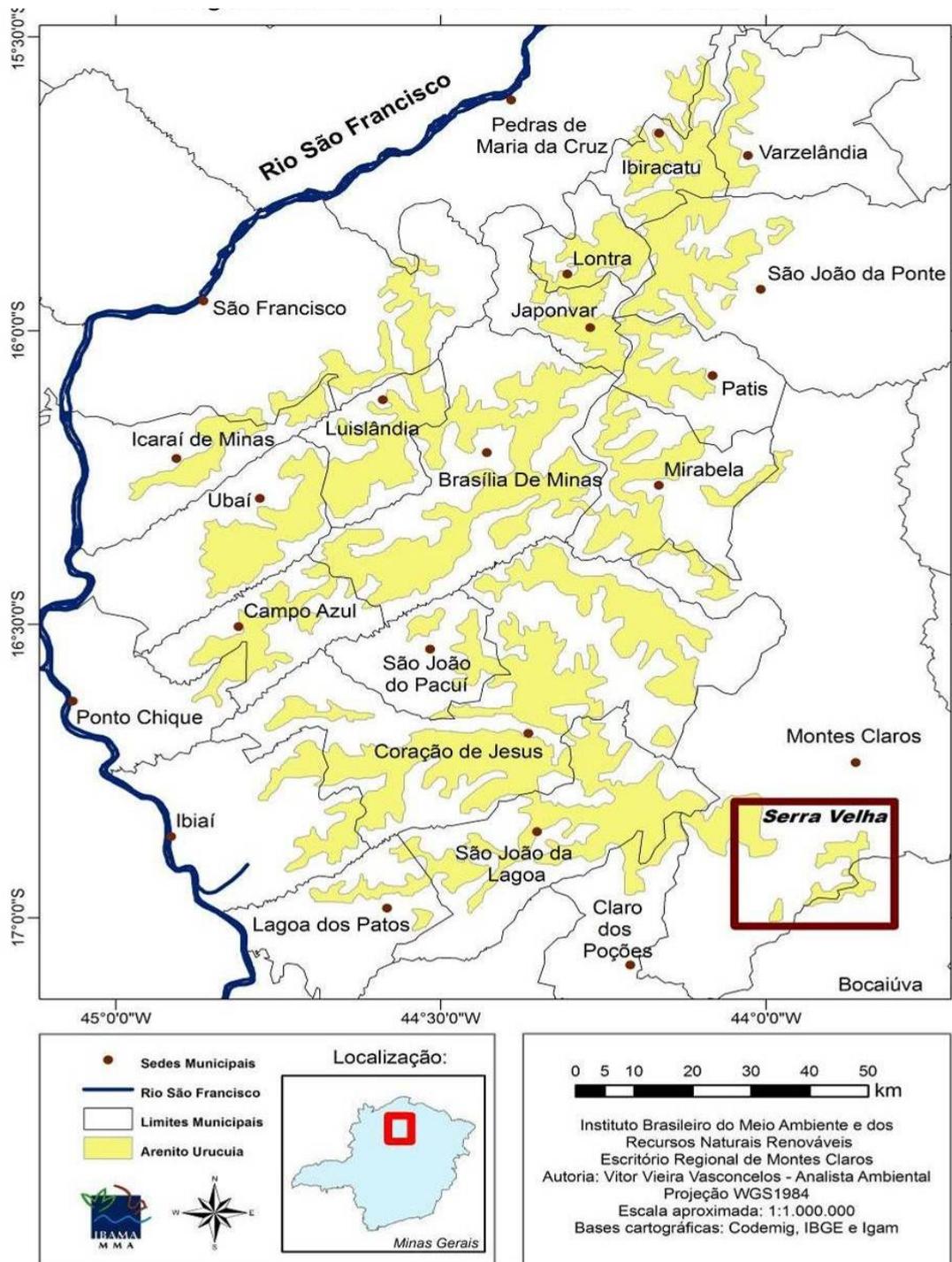


Figura 1 – Mapa de Localização do Planalto Sedimentar do Arenito Urucuia.

## CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA REGIONAL

Os mapas de Geologia em escala 1:1.000.000 (CODEMIG, 2003) e detalhe de 1:200.000 (SOARES *et. al.* 2002) são apresentados nas Figuras 3 e 4, respectivamente.

De acordo com os levantamentos geológicos da CPRM, a Serra Velha, entre Montes Claros e Bocaiúvas, é constituída de arenitos da Formação Urucuia (COSTA *et. al.*, 1975, p. 51), de formação grosseira, mas bem selecionada, provavelmente devido a antigas superfícies de deflação (FEBOLI, 1985, p. 19). Nos extratos superiores da formação, aparecem alguns arenitos de granulação mais fina, de origem fluvial (SOARES *et. al.*, 2002).

Sotopostos ao arenito, estão lutitos do Grupo Bambuí (HEINECK, 1971, p. 22 – identificados como metapelitos por Soares *et. al.* (2002, p. 17), formando uma camada de rochas metamórficas de matriz argilosa a siltosa, de baixa permeabilidade. Soares *et al.* (2002, p. 17-18) a partir de estudos de campo, propõem que esse mesmo esquema geológico seja aplicado à cobertura do arenito Urucuia como um modelo geral para a região de Montes Claros. A topografia mais plana do planalto residual de arenito, aliada a característica porosa da rocha matriz, contribuem para que a água da chuva infiltre-se no arenito e exerça a função de aquífero para as nascentes de encosta (SOARES *et. al.* 2002, p. 21-22), que normalmente surgem no contato superficial entre a litoestratigrafia de arenito e a dos metapelitos.

Acima do arenito Urucuia, em alguns pontos, encontram-se superfícies detrito-lateríticas com concreções ferruginosas originários de lama, areia e laterita (LEITE, 2008, p. 26). Sobre essas localidades, é comum encontrar extrações de cascalho, utilizadas para obras rodoviárias com ou sem pavimentação (PÉREIRA, 1984; GESCOM, 2008). Apesar de as cascalheiras fugirem ao escopo deste trabalho, frisa-se a análise de impacto ambiental de uma sub-bacia deve incluir as alterações de escoamento superficial de todas as minerações existentes nas vertentes. Todavia, destaca-se que as extrações de areia, em comparação às cascalheiras, ainda apresentam os impactos geralmente mais elevados, em virtude da maior instabilidade das encostas e da maior contribuição para o assoreamento dos cursos de água.

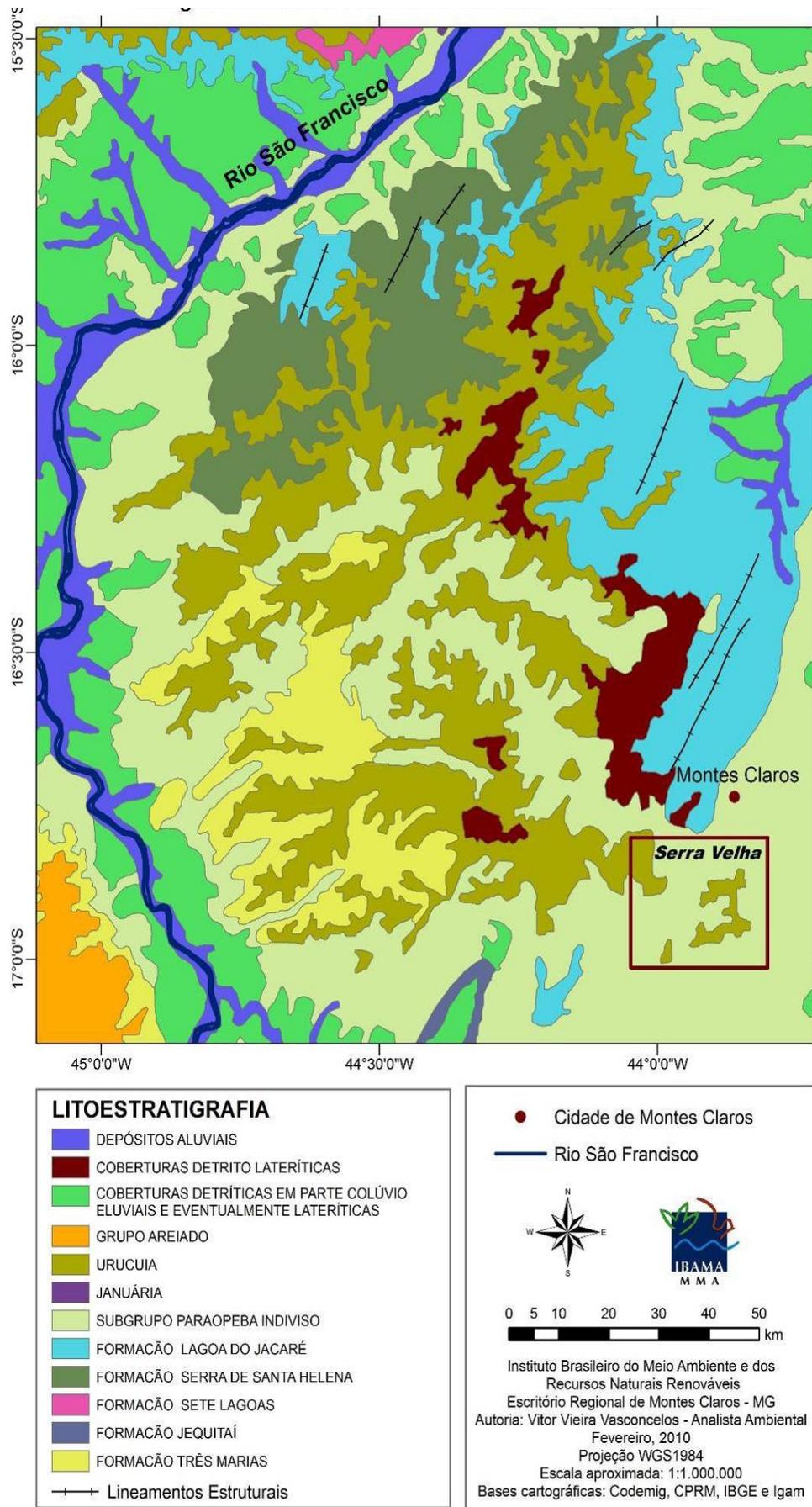


Figura 3 – Mapa Geológico da Região do Planalto Sedimentar Urucuia

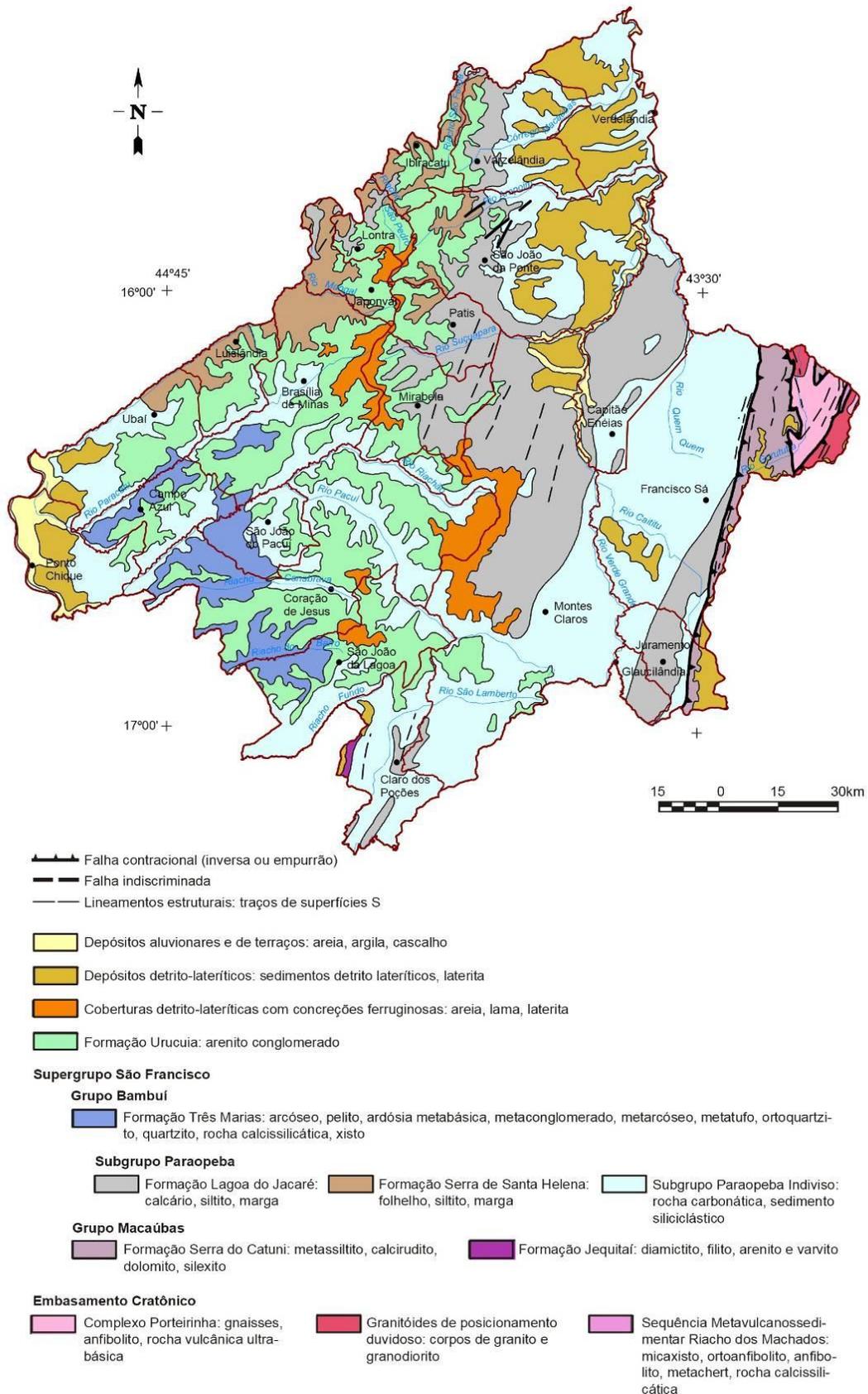


Figura 4 – Mapa Geológico da Mesorregião de Montes Claros. Fonte: Soares *et al.* (2002).

## METODOLOGIA

Primeiramente, apresenta-se a contextualização hidrogeológica da área de ocorrência de mineração de areia na região de Montes Claros. Em seguida, são apresentados os produtos deste estudo, com foco em técnicas de geoprocessamento e interpretação ambiental, expressas no Quadro 1. A hipótese de zoneamento do potencial de extração de areia de encosta sobre as formações de arenito tem por embasamento os zoneamentos já desenvolvidos por Ribas (1999) e Arioli, Ribas e Queiroz (2001). As questões técnicas e sociais envolvendo a extração de areia para reboco foram abordadas a partir de pesquisa direta com profissionais da construção civil de Belo Horizonte e Montes Claros, e levantamento em 10 estabelecimentos de material de construção de construção civil do município de Montes Claros.

Quadro 1 - Metodologia

Etapas	Bases de Dados
1. Localização das extrações de areia	Estudos de Gescom (2008), Oliveira Junior (2009) e Souza Júnior <i>et al.</i> (2009).
2. Delimitação das áreas de ocorrência de arenito	Mapa Geológico (CODEMIG, 2003)
3. Inferência hidrogeológica	Levantamentos geológicos de CPRM (HEINECK, 1971; COSTA <i>et al.</i> , 1975; e FEBOLI, 1985) Altimetria Aster GDEM (ERSDAC, 2009) Hidrografia (IBGE, 1978).
4. Validação e refinamento por sensoriamento remoto	Imagem Landsat 7 Geocover Zulu (2000) Imagens Spot (2009) e Digital Globe (22/10/2008).

Por meio de técnicas de inferência hidrogeológica, procurou-se delimitar com maior escala de detalhamento a extensão do arenito sobre a região de Serra Velha, de forma a propor um zoneamento com maior aproximação para essa área de conflito. O estudo hidrogeológico com base em inferências sobre piezometria, recarga e descarga dos lençóis freáticos por meio do controle altimétrico de nascentes foi proposta por Rennó e Soares (2003, p. 2587). A delimitação de áreas de recarga, transmissividade e descarga por critérios de declividade e topologia altimétrica parte da concepção de Souza e Fernandes (2000). Ambas as proposições ancoram-se no princípio de que de que, em bacias de rios perenes, a superfície do lençol freático obedece a um acentuado controle topográfico, com linhas de fluxo convergentes em direção aos drenos principais, indicando que os cursos d'água principais têm caráter efluente, ou seja, recebem contribuições das águas subterrâneas (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS, 1981, p. 105). Por esse motivo, as áreas de descarga (com as consequentes surgências) situar-se-iam preferencialmente no sopé das elevações, ao longo do flanco ou rebordo das chapadas e nos contatos de litologias sedimentares ou fraturadas com substratos impermeáveis.

Adaptando a metodologia de inferência hidrogeológica de Rennó e Soares (2003), partiu-se da informação altimétrica dos pontos de surgência de modo a demarcar a linha de contato estratigráfico superficial entre as formações de arenito Urucuia e metapelitos Bambuí. Utilizou-se as imagens de satélite para a análise das vertentes e identificação das surgências em relação às superfícies tabulares de arenito e as encostas de dissecação pluvial. A chave de classificação, visualizada no mapa da Figura 2 tomou como referência o sistema hidrogeomorfológico da Figura 5 e as interpretações de dados de campo e sensoriamento remoto para a Serra Velha elaborados por Gescom (2008). Seguindo essa metodologia, a transição entre as superfícies tabulares e a encosta de dissecação fluvial apresentou-se marcante pelas variações de vegetação (textura e cor) e padrões de drenagem (forma) típicos de cada um dos geossistemas na imagem de satélite. As nascentes foram identificadas a partir da existência da mata ciliar em ponto inferior da encosta de dissecação, indicando o afloramento superficial ou sub-superficial do lençol freático em virtude do contato com a estratigrafia impermeável inferior.

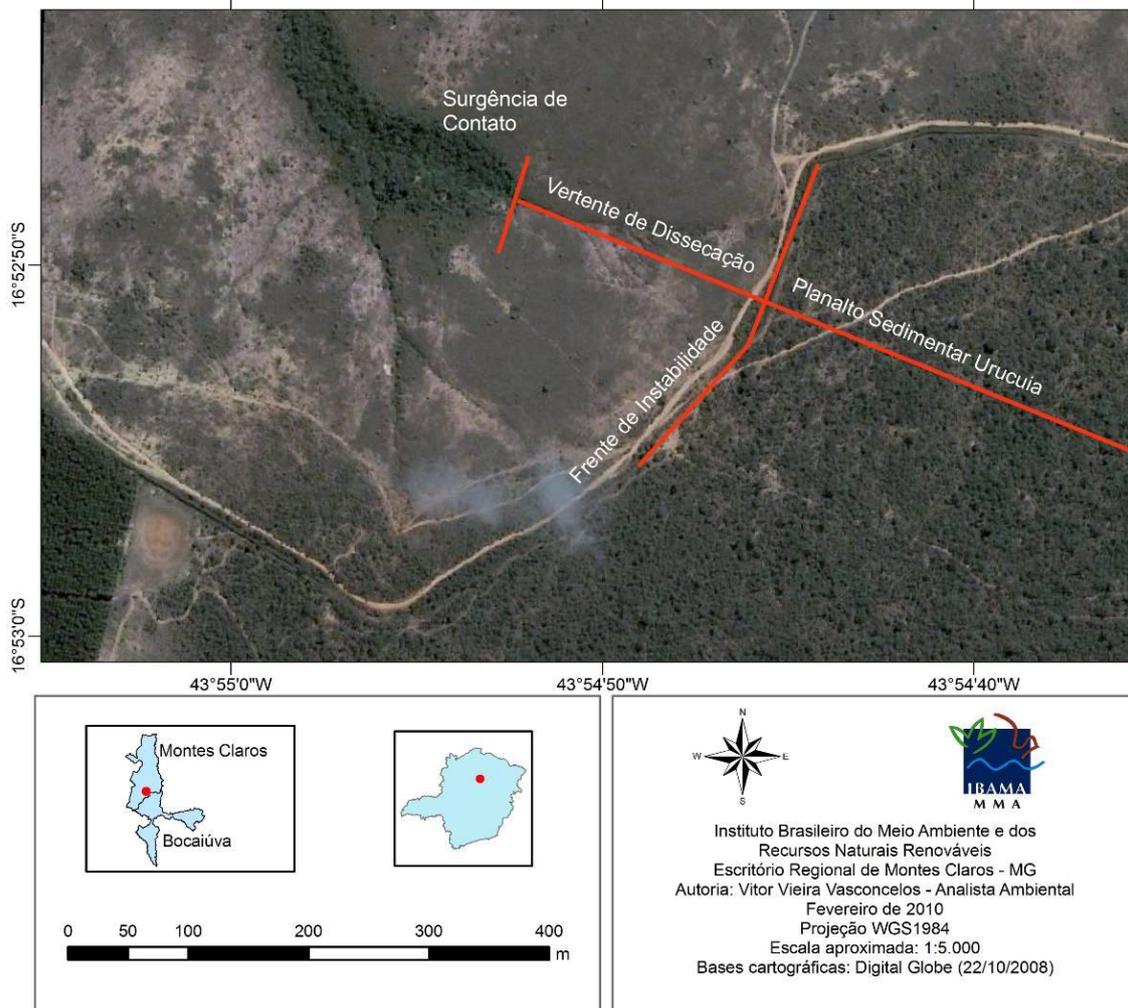
A altimetria de cada nascente serviu de base para a elaboração de um plano tridimensional de contato entre a litoestratigrafia do arenito com a dos lutitos. Para a elaboração do plano tridimensional, foi realizada a interpolação geoestatística por krigagem ordinária esférica de raio variável com 12 pontos de vizinhança.

Para a realização dos trabalhos, foram utilizados os softwares ArcGis 9.3.1 (com as extensões Image Analysis e ArcHydro), Envi 4.5, Erdas 9.1. A base Landsat 7 Geocover Zulu de 2000 foi empregada para interpretação visual, bem como para correção geométrica e registro de georreferenciamento. As imagens Spot e da Digital Globe, com 2,5 metros de resolução, foram adquiridas a partir dos softwares Google Satellite Maps Downloader 6.49 e Satellite Image Download Application 1.2.5.0.

Agradecemos aos pesquisadores da Unimontes, da CPRM, da Fundação CETEC e da SEMAD por ceder acesso aos seus estudos e bases de dados, sem os quais não seria possível realizar este trabalho. Também ressaltamos a colaboração de Vanessa Veloso Barbosa e Eduardo Gomes, do Instituto Grande Sertão Veredas – IGS –, por suas orientações fortuitas quanto à abordagem do problema em questão.

# Interpretação de Vertentes para Contato Lito-Estratigráfico Entre Arenito Urucuia e Meta-pelito

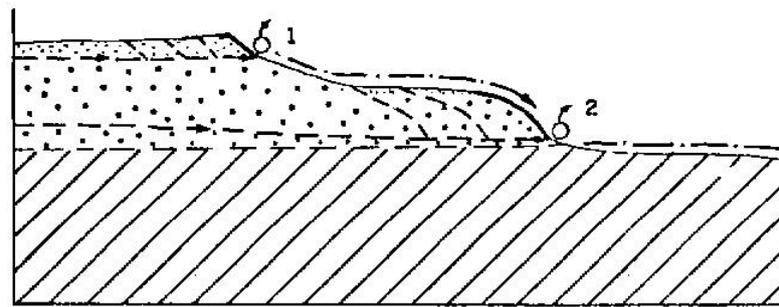
*Municípios de Montes Claros e Bocaiúva - MG*



## HIDROGEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Pereira (1984, p. 20), ao estudar a geomorfologia do Norte de Minas Gerais, ressalta que, nas frentes de instabilidade, deve-se ter uma preocupação especial nas áreas a montante das surgências. As surgências são resultantes de processos de escoamento superficial e sub-superficial que culminam por potencializar a erosão das encostas. Para ilustrar a inter-relação entre surgências, geologia, geomorfologia e erosão de vertentes na região Norte de Minas, adaptamos os esquemas geomorfológico de Pereira (1984, p. 21) na Figura 5. A localização típica das minerações de areia, no arenito Urucuia, situa-se justamente na vertente superior às

surgências de tipo 1 e 2, da referida figura. Desta forma, a mineração já se insere em uma situação geossistêmica de grande potencial erosivo.



### LEGENDA

- Arenitos e Coberturas detríticas
  - Siltitos ou Quartzitos
  - Direção do fluxo dos aquíferos
  - Direção do fluxo d'água na superfície
  - $\delta_1$  - Surgência originada de aquíferos suspensos (chapadas)
  - $\delta_2$  - Surgência originada de aquíferos profundos (patamar)
- FRENTES DE INSTABILIDADE**
- Escarpa erosiva e/ou vertente retilínea
  - Vertente convexa
  - Linhas de erosão remontante
  - Recuo e crescimento vertical das escarpas e vertentes

Figura 5 - Perfil esquemático da evolução das vertentes nas chapadas de arenito do Norte de Minas Gerais. Adaptado de Pereira (1984, p. 21).

## MAPEAMENTO POR INFERÊNCIA HIDROGEOLÓGICA DA SERRA VELHA

O mapa com a superfície de krigagem e o mapeamento estratigráfico obtido está apresentado na Figura 6. Esse plano krigado foi subtraído do modelo de elevação digital por álgebra de mapas, para em seguida se extrair toda a área superior altimetricamente superior ao contato estratigráfico. A altitude média das nascentes situou-se em 956,5m. A altimetria do plano tridimensional variou entre 907m a 997m.

Ressalta-se que a superfície de krigagem, neste caso, não pretende representar fielmente a estratigrafia pretérita do arenito na área de estudo. A superfície de krigagem propõe-se apenas a delimitar com uma fidelidade aceitável o

limite de contato que percorre as várias nascentes identificadas – servindo satisfatoriamente aos propósitos deste trabalho.

A partir da base Spot e Digital Globe, auxiliada da base Landsat 5 TM Geocover Zulu foi possível validar a localização das cavas de mineração. Pelas imagens também foi possível verificar que a altimetria proposta para o contato litológico entre as formações Bambuí e Urucuia coincide com a altimetria da surgência dos demais cursos de água que partem da Serra Velha. Os padrões de drenagem e de relevo evidenciados na imagem de satélite também corroboram para a coerência da delimitação proposta.

A mesma validação por sensoriamento remoto foi realizada regionalmente, com base no mapeamento geológico 1:1.000.000 (CODEMIG, 2003), na hidrografia de 1:100.000 (IBGE, 1978) e na topografia do satélite Aster GDEM. A altimetria das surgências, bem como os padrões de drenagem e relevo também coincidem com a delimitação proposta do mapeamento geológico da formação Urucuia. Essa validação corrobora a hipótese de Soares et. al. (2002, p. 17 e 18), estendendo a inferência do contato litológico regional entre as formações Bambuí e Urucuia como um modelo geral para a sua margem direita (leste) do rio São Francisco.

A região de arenito delimita a área potencial para extração de areia de encosta. Analisando o funcionamento hidrogeológico, é fácil perceber o importante papel que o arenito Urucuia exerce para a recarga das nascentes de encosta a partir da infiltração nas áreas planas. Nesse sentido, destaca-se como a Serra Velha constitui-se uma região de segurança que protege as áreas de recarga e de descarga pluvial temporária rumo às nascentes dos principais rios da região.

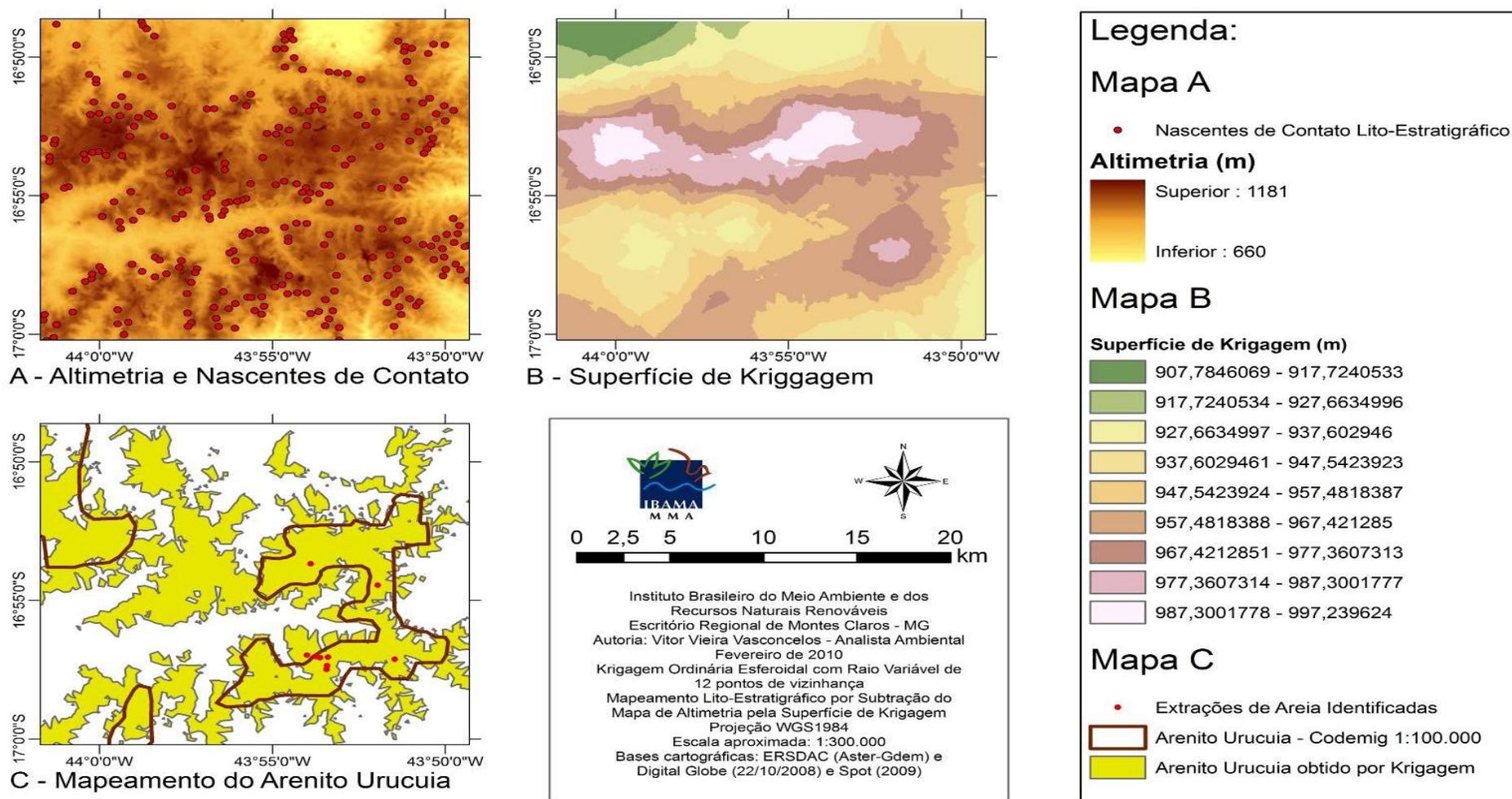


Figura 5 – Mapeamento por Krigagem de Nascentes de Contato do Arenito Urucuia – Serra Velha, municípios de Montes Claros e Bocaiúva – MG.

Nesse aspecto, também se deve destacar como a atividade mineraria nas encostas apresenta um forte passivo ambiental relativo ao assoreamento das nascentes logo abaixo topograficamente. Além disso, o corte no talude em que ocorre a surgência aumenta a superfície de exsudação, rebaixando o lençol freático e esgotando mais rapidamente o aquífero poroso. Dessa forma, a água que escoar a partir dos taludes na época de chuva seria aquela que alimentaria as nascentes em um momento seguinte de estiagem. No Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, os estudos geológicos e hidrogeológicos (ECOPLAN, 2009, p. 49-64, 304-360) permitiram inferir que as serras de formação de arenito são importantes aquíferos para alimentar as nascentes que partem dos interflúvios dessa bacia.

## **ANÁLISE TÉCNICA E SOCIOECONÔMICA DA EXTRAÇÃO DE AREIA**

A areia é um produto essencial na indústria da construção civil, sendo utilizada como agregado para fabricação de concreto, argamassas e também para pavimentação. É insubstituível na construção civil como material de enchimento.

Na construção civil utiliza-se em geral, da areia lavada, ou seja, a areia de rios e aluviões que já foi destituída de traços de argila e silte. Todavia, para certas etapas da construção, como a aplicação de rebocos em tetos e paredes, é preciso agregar um material ligante à areia lavada, para que a massa não se desagregue facilmente e despenque do local de aplicação.

Nesses casos, tradicionalmente utilizava-se a areia de cava, também denominada areia de encosta ou de barranco. A *areia de encosta* corresponde ao material extraído do horizonte B e C (saprolito) proveniente da intemperização de arenitos, como elúvio ou colúvio (Minerpar, 1997; Ribas, 1999, p. 24-25; Arioli, Ribas e Queiroz, 2001, p. 12, 25, 37). Essa areia, por ser de granulometria mais fina, e por conter ainda elementos de argila e silte, propicia uma liga maior massa de reboco. O desenvolvimento das minerações de areia, foco do presente estudo, é devido justamente à demanda econômica deste tipo de recurso natural.

Contudo, após a secagem da massa, a argila presente na areia de encosta apresenta o inconveniente de modificar seu volume, de acordo com a variação de umidade. Em virtude disso, essa argila propicia o surgimento de falhas na massa. Essas falhas vão desde as de tamanho visível, como também microfissuras, sendo que ambas propiciam o surgimento de infiltrações. Particularmente, a partir de 6 anos depois da construção, aumenta em muito a frequência de rachaduras e infiltrações. Além disso, algumas das areias de barranco vendidas, embora sejam viáveis para construção do reboco, apresentam interações indesejáveis com a química das pinturas, causando a deterioração destas últimas<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> A areia de cava atualmente extraída em Mirabela - MG apresenta um constituinte mineral que não se conjuga bem com as tintas de parede. Por esse motivo, embora os rebocos não pintados apresentem alguma durabilidade, logo após a pintura reagem com o material da tinta e destroem a tinta. De acordo com os relatos colhidos, a areia de cava de Mirabela apresentaria algum tipo de sal, a ponto de o gado costumar apreciar lamber alguns veios nos barrancos.

Na região Norte de Minas, as extrações de areia ocorrem em sua maior proporção na região de Serra Velha (também denominada Lagoinha), no Município de Montes Claros, o qual é o maior mercado consumidor regional. Todavia, também há extrações de areia em Coração de Jesus e Mirabela, em menor proporção.

A qualidade da areia de barranco é muito variável, dependendo da localidade; e mesmo extrações próximas apresentam diferenças significativas de qualidade. Alguns vendedores e construtores costumam diferenciar a proveniência das extrações a partir da cor da areia (rosa, vermelha, branca, amarela, parda), todavia há extrações de areia de mesma cor, mas com granulometria e qualidade bastante distinta. As areias com maior proporção de argila são consideradas de pior durabilidade para a construção civil, embora propiciem uma apresentação mais lisa do reboco, à primeira vista (valorizada por alguns pedreiros do ponto de vista estético).

De maneira a contornar os problemas advindos do uso de areia de encosta, algumas alternativas técnicas são oferecidas. Uma delas é o pós-processamento industrial da areia de encosta, de modo a se obter um material com as características mais adequadas à construção. Outra alternativa é o uso de outros materiais agregantes em substituição à areia de encosta, tais como a cal hidratada, e alguns compostos de filito (agrofilito) e silicato. Outros materiais ligantes provenientes de fontes renováveis ou recicladas, apesar de ainda não serem viáveis em grande escala econômica, começam a apontar como alternativas futuras. O agrofilito e a cal, por darem origem a um reboco de textura mais grossa, necessitam que seja ainda repassada uma mão de argamassa lisa antes de se iniciar a pintura.

No mercado de construção civil de Belo Horizonte, São Paulo e das demais metrópoles brasileiras, o agrofilito e a cal hidratada têm substituído quase totalmente o uso tradicional de areia de encosta. Apesar de o uso do agrofilito ou cal aumentar o custo inicial da obra, seu emprego propicia uma grande economia a médio e longo prazo, em virtude da maior durabilidade da obra e do aumento da segurança e conforto das pessoas que vivem ou circulam nas casas e prédios.

Não obstante, em diversas regiões menos modernizadas, a areia de encosta ainda é um produto de grande demanda na construção civil. Na região Norte de Minas Gerais, incluindo a cidade de Montes Claros, a mineração de areia de encosta encontra-se em pleno crescimento. Tal demanda se mantém, em grande parte, pela menor qualificação técnica dos profissionais de construção civil e pela menor cobrança de qualidade por parte do mercado consumidor.

Gradualmente o uso de agrofilito e de cal de reboco vem ganhando espaço no mercado de construção civil de Montes Claros. Todavia, a partir da pesquisa preliminar nos estabelecimentos de material de construção, estima-se que a areia de reboco ainda é a opção de mais de 80% das vendas realizadas pelos depósitos.

Os poderes públicos municipais, sendo grandes empreendedores da construção civil, também são responsáveis em grande parte pelo atual cenário de consumo de agregados de areia de barranco. Seguindo os princípios da eficiência e da economicidade da administração pública, a análise das alternativas técnicas para construção de prédios e habitações levaria os

governos municipais à substituição do uso da areia de barranco em seus projetos. Todavia, a areia de reboco continua como uma opção recorrente, em virtude da pressão em apresentar o maior número de obras com o menor custo possível, e em decorrência da falta de planejamento em longo prazo, e mesmo da falta de consideração pelo da deterioração das obras após o mandato político de quatro anos. Por esses motivos, e tendo em vista o impacto sobre a cadeia de insumos, é interessante que os licenciamentos ambientais analisados pelos órgãos e conselhos ambientais estaduais e municipais tenham incluída a condicionante de não utilizar a areia de barranco. Desta forma, previne-se o impacto ambiental e evita-se o mau uso do dinheiro público.

Para entender a diferença de preços e o impacto sobre o mercado de agregados, simulamos o custo de construção da massa utilizada para assentar os tijolos e construir o reboco das paredes e do teto de um barracão de 30 metros quadrados, a partir da pesquisa preliminar de mercado em 10 estabelecimentos de construção civil. Note-se que esses custos não abarcaram a mão de obra, e nem as etapas anteriores de construção tais como alicerces e chão. A síntese do impacto financeiro é resumida na Tabela 1.

Tabela 1 – Custo estimado de massa para assentamento de tijolos e aplicação de reboco para um barracão hipotético de 30 metros quadrados. Pesquisa em Fevereiro de 2010.

Alternativa Técnica	Custo Final (em R\$)	Impacto Financeiro (em R\$)
Areia de Barranco + Cimento	356	-
Areia Lavada + Agrofilito + Cimento	540	190
Areia Lavada + Cal de Reboco + Cimento	632	276

O mapeamento proposto neste trabalho parte da constatação da demanda sobre a mineração de areia de encosta no Norte de Minas Gerais. Inobstante, ressalta-se que a existência de alternativas técnicas economicamente mais viáveis justifica, inclusive, um maior rigor quanto aos impactos ambientais originados da mineração de areia existente.

Contudo, um encarecimento da areia de barranco iria impactar de maneira mais marcante a população de baixa renda, visto que encareceria a construção de suas habitações populares – o que foi demonstrado na Tabela 1. Uma restrição brusca na extração de areia de barranco traria, portanto, um impacto social significativo. Todavia, a experiência de transição planejada de médio e longo prazo da areia de barranco para o uso de outros agregados, em diversas cidades do Brasil, tem mostrado que essa transformação é possível, e inclusive ambientalmente e socialmente desejável.

Não se deve deixar de ter em mente, porém, que o uso de outros agregados em substituição à areia de barranco também implica nos impactos ambientais advindos da extração, seja do filito (para o agrofilito), seja do calcário (para a cal de reboco), seja da areia lavada. Em Minas Gerais, o agrofilito é em geral proveniente de minerações do município de Igarapé. A cal

de reboco, por sua vez, vem principalmente de minerações em Sete Lagoas e Matozinhos. Contudo, pelas extrações de filito e calcário serem minerações de maior porte e maior valor agregado, torna-se mais fácil o ajuste das técnicas de extração para a mitigação e compensação de impactos ambientais.

A extração de areia lavada, no norte de Minas Gerais, provém principalmente da região de Janaúba (Rio Gorutuba) e do Rio São Francisco. Por instalar-se em sítios bastante sensíveis do ponto de vista ambiental (calhas de rios), é importante que essas atividades também sejam planejadas de forma ambientalmente correta e recebam uma atenção especial em seu licenciamento ambiental. Embora a extração de areia lavada não seja o foco deste estudo, salienta-se que do ponto de vista dos processos sedimentares, a mineração de encosta é mais danosa, pois causa o assoreamento – enquanto a extração de areia na calha dos rios, em última análise, bem projetadas, traz o benefício de remover esse assoreamento.

As minerações de areia de encosta ou cava, por apresentarem pouco valor agregado, impelem o empreendedor gastar o menor possível com gerenciamento técnico da lavra e com a mitigação de impactos ambientais. Com efeito, conforme Oliveira *et al.* (2004), os empreendimentos de mineração de areia na Serra Velha não apresentavam planejamento e utilização de técnicas adequadas de engenharia como, por exemplo, a exploração em bancadas. Como resultado, Oliveira *et al.* (2004) e Almeida e Pereira, (2009, p. 05) indicam nas lavras vistoriadas a formação de paredões de 45° a 90°, de 15 a 30 metros de altura, favorecendo a ocorrência de desmoronamentos e carreamentos de materiais sólidos, além de acidentes ocupacionais. Ademais, os mesmos autores ressaltam a inexistência ou precariedade dos sistemas de drenagem e de contenção pluvial das minerações analisadas.

A extração de areia de barranco não necessita prioritariamente ser realizada em encostas. A mineração de areia em cavas circunscritas, quando bem planejada, apresenta impacto ambiental notadamente menor, visto não drenar o material assoreado para cursos de água a jusante.

Um dos motivos para que grande parte das extrações de areia, atualmente, situe-se em encostas com potencial erosivo, ao invés da mineração em cavas circunscritas, dá-se devido à facilidade em testar a qualidade do material de cada barranco ou mesmo de voçorocas já existentes. Para a extração em cavas fechadas, pelo contrário, é mais trabalhoso realizar o levantamento sobre a qualidade do material que ainda está coberto pelo horizonte superficial do solo. Como um modo de estimular a mineração em cavas, dentro do contexto de um planejamento ambiental espacializado, pode ser útil que as instituições acadêmicas e de planejamento público para realizar um levantamento espacializado da qualidade do arenito para construção civil, nas áreas com menor sensibilidade à erosão. Esse levantamento consistiria em colher amostras com sonda simples ou trado profundo, e em seguida realizar os testes de granulometria e de teste aplicado na elaboração de argamassa para reboco. A descoberta e o estímulo à mineração em cava de novos sítios com bom potencial de qualidade de areias, em regiões planas e de menor fragilidade ambiental, pode ser uma solução em curto e médio prazo para os conflitos socioambientais enfrentados.

## CONCLUSÕES

A mineração de areia na Serra Velha tem causado impactos ambientais, que se referem à erosão e ao assoreamento dos cursos de água. Todavia, os órgãos ambientais têm encontrados dificuldades em administrar o licenciamento ambiental e a fiscalização referente a esses empreendimentos.

O trabalho de mapeamento proposto neste trabalho auxilia na avaliação espacial deste impacto ambiental. A região de arenito da Serra Velha, principal área de extração, foi mapeada para escala de detalhe.

Constatou-se a existência de alternativas técnicas ao uso de areia de encosta na construção civil, como melhor viabilidade econômica de médio e longo prazo, além de melhor gestão dos impactos ambientais na cadeia de insumos. Todavia, demonstrou-se que a restrição total na disponibilidade de areia de encosta traria um impacto social sobre a população de baixa renda, na construção privada de habitações populares. Portanto, em busca do desenvolvimento sustentável, propõe-se uma solução de planejamento para conciliar a mitigação dos impactos ambientais com a transição de médio prazo para uma matriz de agregados menos impactantes.

Na análise caso a caso de cada empreendimento, o órgão licenciador (Copam ou Supram) possui prerrogativa de exigir licenciamento ambiental aos empreendimentos que, embora classificados preliminarmente como no âmbito de Autorizações Ambientais de Funcionamento – AAF –, possuam potencial significativo de degradação ambiental. Tal prerrogativa encontra respaldo no §4º do Art. 2º da Deliberação Normativa Copam nº 74, de 2004, abaixo citada:

Art. 2º - (...)

§4º - O órgão ambiental fará a convocação do empreendedor nos casos em que considerar necessário o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades enquadrados nas classes 1 e 2.

De posse das considerações técnicas apresentadas, a Unidade Regional Colegiada do Norte de Minas Gerais, do Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais, decidiu, em 17 de março de 2010, pela necessidade de que todas as atividades de extração mineraria inseridas na Serra Velha sejam convocadas ao licenciamento Classe 3, nos termos da Deliberação Normativa Copam nº 74, de 2004. Assim, deverão ser convocados para o licenciamento ambiental Classe 3 pela URC do Norte de Minas Gerais os empreendimentos que não possuam AAF; os empreendimentos que possuam AAF dentro do prazo de validade em sua renovação deverão se submeter ao licenciamento ambiental Classe 3. A área proposta como poligonal, para definir as minerações a serem convocadas, é a apresentada na figura 2, delimitada a partir do mapeamento das áreas potenciais de extração de areia por meio do mapeamento apresentado neste artigo.

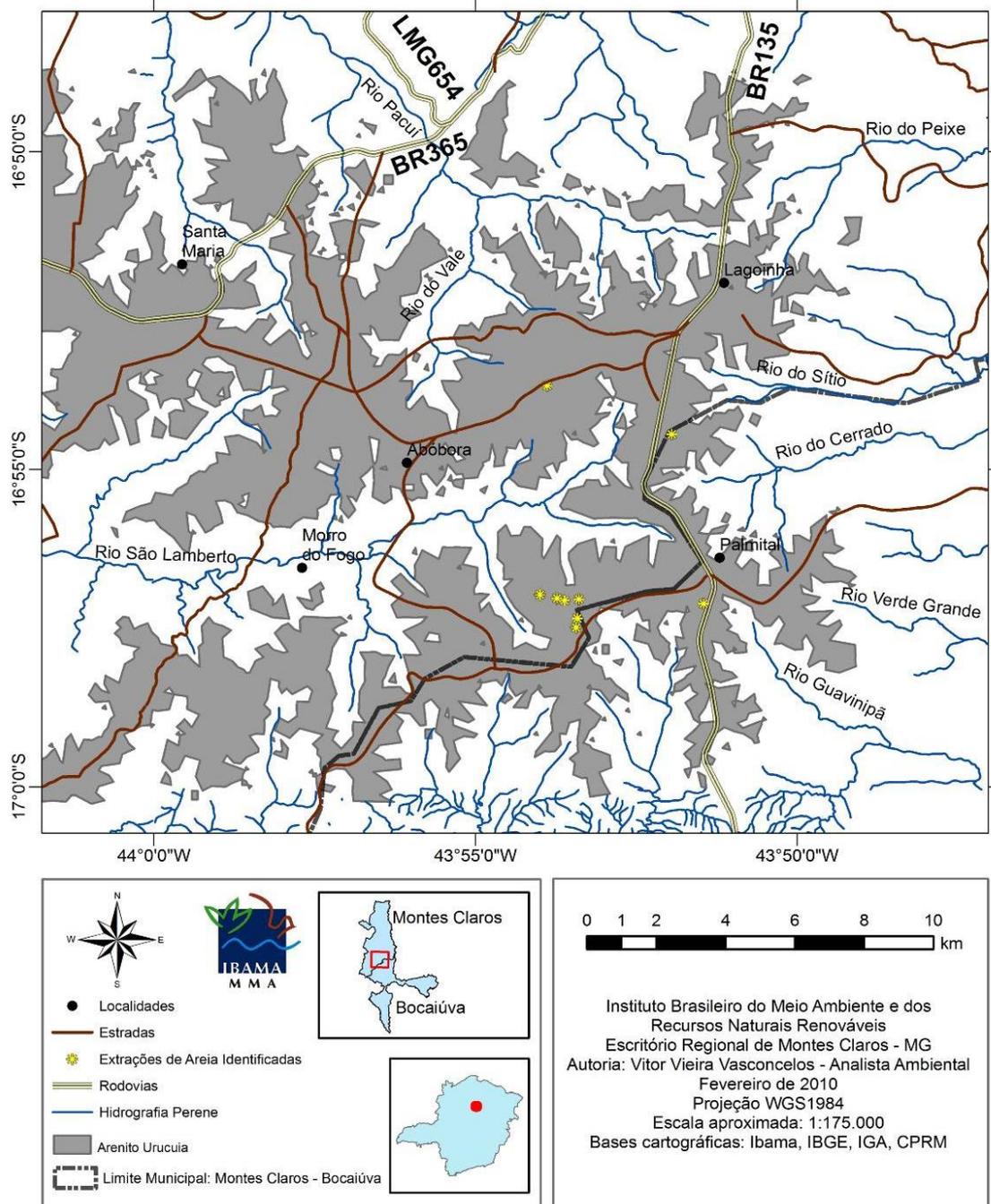


Figura 6 – Mapa delimitando a região de Serra Velha, convocada para o licenciamento ambiental convencional pelo Copam – URC Norte de Minas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Maria Ivete Soares de; PEREIRA, Anete Marília. Necessidade de Planejamento na Região da Serra Velha. XIII SGBFA – Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. *Anais...* Universidade Federal de Viçosa. 2009. 13p.

ARIOLI, Edir Edemir, RIBAS, Sérgio Maurus, QUEIROZ, Genésio Pinto. Avaliação do Potencial Mineral e Consultoria Técnica no Município de Manoel Ribas. Projeto Riquezas Minerais. Curitiba, julho de 2001. p.79 .

COSTA, Floriano Garcia; BARBOSA, Eneida de Souza; CARVALHO, Sebastião Nunes de; ACHÃO, Sérgio Murilo. Projeto Hidrogeologia do Norte de Minas e Sul da Bahia. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. Diretoria de Pesquisa. SUREG-BH. 1975.

CPRM/CODEMIG, Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais. Escala 1:1.000.000. Belo Horizonte, 2003.

EARTH REMOTE SENSING DATA ANALYSIS CENTER. METI/ERSDAC. Altimetria Aster-GDEM. Disponível em <<http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/>>. Convênio Nasa/Governo do Japão. Junho, 2009

ECOPLAN. Relatório do Diagnóstico da Bacia do Rio Verde Grande. Versão Revisada. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande. Outubro, 2009. p.531.

FEBOLI, Wilson Luis. *Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais*. Folha SE.23-X-A, Montes Claros. Escala 1:250.000. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Departamento Nacional de Produção Mineral. Ministério das Minas e Energia. Convênio DNPM-CPRM. 1985. p. 30.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC-MG. // Plano de Desenvolvimento Integrado do Noroeste Mineiro: Recursos Naturais. Belo Horizonte: 1981.

GESCOM. *Diagnóstico Ambiental das Bacias dos Rios São Lamberto e Guavinipã*. Programa de Gestão de Conflitos Relacionados à Mineração - Pólo Montes Claros. 2008. p. 101.

HEINECK, Carlos Alberto. *Bacias Terciárias do Nordeste de Minas Gerais*. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. Agência Belo Horizonte. Ministério das Minas e Energia. Comissão Nacional de Energia Nuclear. 1971.

LEITE, Manoel Reinaldo. Geotecnologias Aplicadas no Mapeamento do Uso da Terra no Município de Montes Claros. 2008. p 86. (Monografia); Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES, 2008.

GOMI, Cássia Yoko. Subsídios para o zoneamento da mineração de areia na porção leste da Região Metropolitana de São Paulo. 2009. p. 90. (Dissertação de Mestrado). Unicamp, Instituto de Geociências. Campinas, SP. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Carta topográfica de Montes Claros. SE-23-X-A. 1978.

LEFOND, S.J. (Ed.) *Industrial Minerals and Rocks*. American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers. 5ª Ed, New York, 1983. 2 vol.

MINEROPAR. *Avaliação do Potencial Mineral na Região de Pitanga*. PR Curitiba, 1997, 11 p., anexos.

OLIVEIRA JUNIOR, Sargento Davi Pereira de. *Relatório de Denúncia Atendida: Extração de Areia Sóbrito*. Décima Primeira Companhia de Polícia Militar de Minas Gerais. Comando de Meio Ambiente e Trânsito Rodoviário. Montes Claros, 2009. p. 8.

OLIVEIRA, Guilherme Augusto Guimarães Oliveira (coord.); SILVA, Mario Lúcio R. da; ROCHA, Fabiano de Souza; FILHO, Milton Fagundes O.; MORAIS FILHO, Hélio. *Laudo Técnico nº 01/2004: Mineração de Areia nos Municípios de Montes Claros/MG e Bocaiúva/MG*. Unidade Regional Colegiada do Copam do Norte de Minas Gerais. Agosto, 2004. p. 9.

PEREIRA, N. L. *Estudos da erosão acelerada e de praticas conservacionistas: relatório técnico final*. Programa de Desenvolvimento Rural Integrado da Região do Jequitáí/Verde Grande. Belo Horizonte: CETEC, 1984.

RENNÓ, Camilo Daleles; SOARES, João Viane. *Uso do Índice Topográfico como Estimador da Profundidade do Lençol Freático*. XI SBSR. *Anais...*, Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 abril 2003, INPE, p. 2579 - 2588.

RIBAS, Sérgio Maurus. *Perfil da Indústria de Agregados*. Paraná Mineral - Programa de Desenvolvimento da Indústria Mineral Paranaense. Secretaria de Estado da Indústria, Comércio e do Desenvolvimento Econômico. Governo do Paraná. Curitiba, 1999. p. 76.

ROSSETE, Amintas Nazareth. *Mineração e planejamento ambiental: estudo de caso da mineração de areia no município de Itaguaí-RJ*. 1996.p. 141.(Dissertação de Mestrado). Unicamp. Instituto de Geociências. Campinas, SP, 1996.

SOARES, Angélica G.; SIMÕES, Eduardo J.M.; OLIVEIRA, Ely S. de; VIANA, Haroldo S. *Caracterização Hidrogeológica da Microrregião de Montes Claros*. Projeto São Francisco. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, CPRM/COMIG/SEME. 2002. p. 97.

SOUZA, E.R.; FERNANDES, M.R. *Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais*. In: *Informe Agropecuário. Manejo de Microbacias*. v. 21, n.207, nov/dez, 2000.

SOUZA JUNIOR, Sargento David de, GONÇALVES, Edmilson; MARTINS, Renata; TERRA, Shirley A. Souza; COSTA, Wander Alex; VELOSO, Vitor. *Relatório Fotográfico das Areeiras Localizadas na Fazenda Serra Velha, Municípios de Montes Claros e Bocaiúva*. Décima Primeira Companhia de

Polícia Militar de Minas Gerais. Comando de Meio Ambiente e Trânsito Rodoviário. Montes Claros, 2009. p. 23.

TONSO, S. As pedreiras no espaço urbano: perspectivas construtivas. 1994. p.131 (Dissertação de Mestrado em Geociências). Instituto de Geociências, Unicamp. Campinas: SP, 1994.

Artigo submetido em: 28/01/2011

Aceito para publicação em: 22/08/2012

Publicado em: 22/08/2012