



Gerenciamento de riscos em áreas dolomíticas

E.C. Araújo & E.E. Araújo

Votorantim Metais Zinco, Rodovia LMG-706, km 65, Vazante MG, eber@vmetais.com.br, edmar.araujo@vmetais.com.br

Abstract The Vazante region, northeast of Minas Gerais State, represents the biggest zinc district known in Brazil, which includes various important deposits as Vazante and Morro Agudo among others. These deposits are hosted by metapelitico-dolomitic sequences of Vazante Group, and have got many geological contrasting characteristics. In this context it is necessary to guarantee the feasibility and a long life zinc extraction activity. To carry on a sustainable development on this region the mining sector has to be able to foment the future land use of mined areas, with as lowest environmental impact as possible. To ensure that employees, environment and the company have sustainability along time, it was brought to Brazil from South Africa, in a pioneer way the Dolomite Risk Management. A methodology adapted to Brazilian conditions by Votorantim Metais, Vazante Unit. This methodology absorbs some basic steps: -Region Investigations; -Risk Determination for each region area; -Monitoring proposal; -Civil Engineering best practices to minimize and eliminate risks. This managing system was implanted successfully in Vazante, to build the new Votorantim Metais edifications. This risk management system engage all steps related to the production levels, new civil engineering buildings, water services, storm water, seepage, effluents, monitoring needs to each evaluated area, besides a data bank creation, to ensure the needed long term monitoring.

Palavras-chave: risco, avaliação, monitoramentos, Vazante.

INTRODUÇÃO A região Paracatu-Vazante situa-se na região noroeste do estado de Minas Gerais (Fig. 1), e está inserida na faixa de dobramentos Brasília, englobando uma seqüência de rochas carbonáticas e pelíticas de idade neoproterozóica.

Os depósitos de zinco operados pela Votorantim Metais são as únicas minas de zinco do Brasil: Vazante (minério silicatado - 18.5 Mt ~ 18,3 % Zn) (Araújo & Oliveira 2004).

Com relação às mineralizações silicatadas (willemita e calamina), distribuem-se ao longo de um conjunto de elevações que, iniciando-se a cerca de 1 km a leste de Vazante, estende-se por cerca de 9 km na direção NE. São balizadas por uma falha de direção geral N50°E, estando alojadas em uma brecha, com distribuição irregular. Apresentam formato lenticular e são seccionadas por inúmeras falhas transversais posteriores. Em superfície, essas lentes apresentam mergulho de 70° NW, passando para cerca de 80° NW em profundidade. As rochas encaixantes são dolomitos e metassiltitos. (Brandt 2001)

A mineralização de calamina ocorre principalmente sob a forma de brechas de colapso em folhelhos e dolomitos enriquecidos em zinco. O aspecto é terroso, e os minerais mais comuns são a hemimorfita e a hidrozincita. Localiza-se sempre a leste e junto ou próximo ao corpo de minério willemítico.

O minério willemítico ocorre com espessura variável entre 0,20 a 15 metros, sob a forma de blocos

deslocados por falhas transversais de pequeno rejeito. A willemita ocorre associada à hematita e é cortada por pequenas concentrações de esfalerita e galena. (Monteiro 1997)

A lavra em subsolo do minério willemítico conjuga a utilização de dois métodos de lavra, a saber:

- *cut and fill ou corte e aterro* (CA), e
- *vertical retreating mining* (VRM).

Devido às particularidades que envolvem as questões hidrogeológicas e geotécnicas da mineralização de willemita, torna-se essencial durante a etapa de desenvolvimento das minas, executar uma sondagem avante da frente a ser escavada, de tal sorte que seja possível averiguar com exatidão, a possível existência de fraturas e/ou fissuras preenchidas com água.

Para o bom andamento dos trabalhos de extração do minério willemítico, é fundamental que as operações ocorram em ambientes já drenados. Para tanto, durante a etapa de desenvolvimento da mina, torna-se necessário realizar o rebaixamento do aquífero por meio de um sistema de drenagem eficiente.

O rebaixamento do aquífero é efetuado por intermédio da interseção das rotas de fluxo pelas galerias, drenando-as. Essa operação é sempre realizada a partir dos níveis superiores da mina, de forma a proporcionar um rebaixamento gradual e lento, sem o advento de grandes cargas hidráulicas.

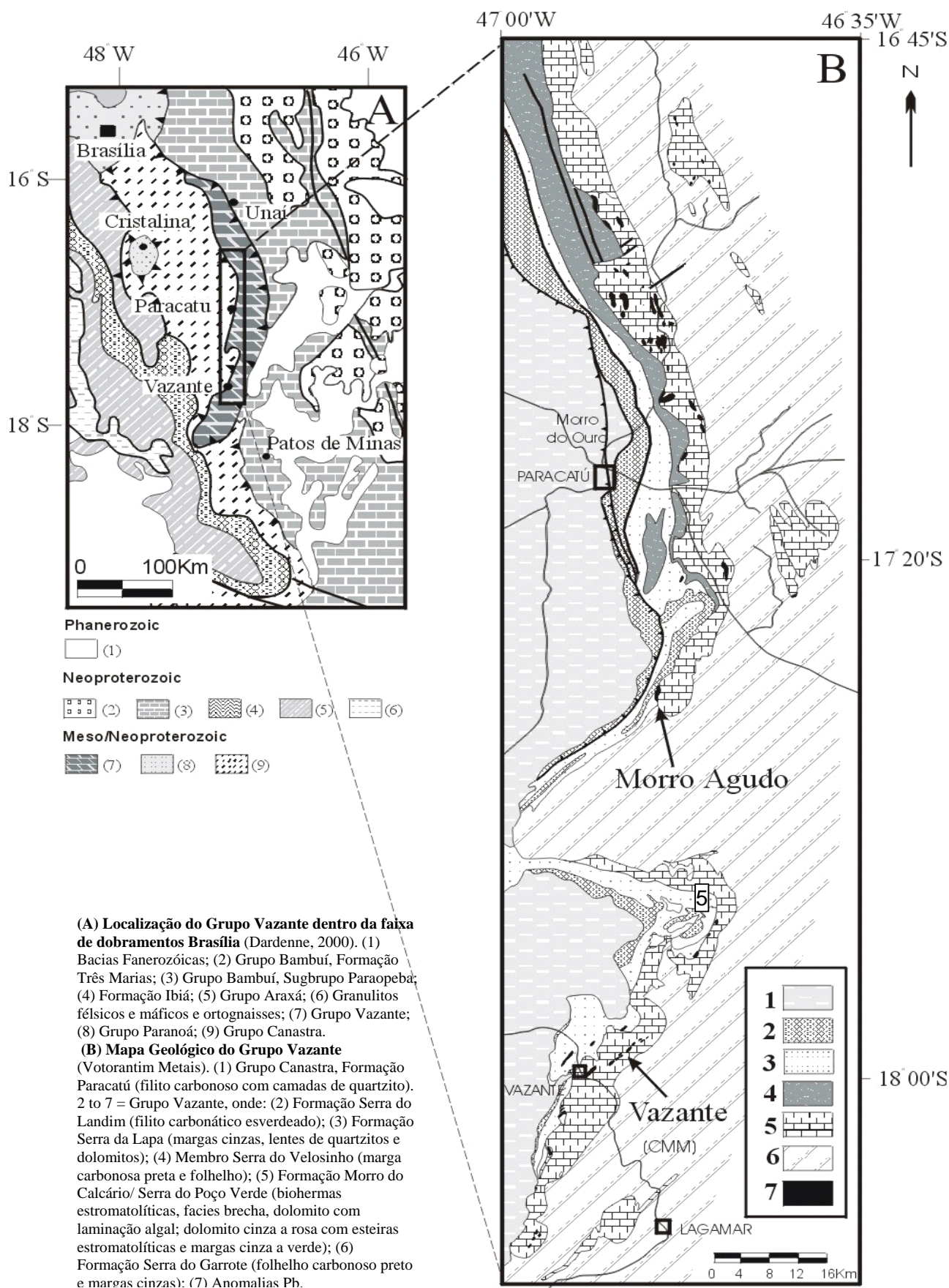




Figura 1. Contexto geológico da região

RISCOS NATURAIS Como Vazante está inserida em um contexto cárstico, com uma natureza solúvel da rocha dolomítica, é freqüente a ocorrência de cavidades naturais, zonas de baixa densidade e espaços vazios de pequeno diâmetro no interior do maciço rochoso. A existência de um vetor de transporte, geralmente água, para o solo sobreposto à rocha, pode causar colapso em superfície, pois esse solo será transportado para espaços vazios e pode haver manifestação de subsidência (movimento de massa) na superfície.

Dolinas são feições caracterizadas por depressões afuniladas que drenam a água superficial para condutos subterrâneos. As dolinas, em geral, são formadas por processos naturais, ocorrendo devido tanto à lenta dissolução da rocha carbonática subjacente, como devido ao abatimento de tetos de cavernas. A ocorrência e a lenta evolução de dolinas naturais em geral, não representam problemas sob o ponto de vista geotécnico a curto prazo.

As dolinas são talvez as feições mais comuns em terrenos cársticos cobertos e trazem consigo os maiores desafios em termos do risco de ocupação, quer urbana, rural ou industrial nesse tipo de terreno.

RISCOS INDUZIDOS Dois tipos principais de subsidência podem ser encontrados em áreas cársticas: dolinas de colapso – ocorrem de forma súbita, possuem encostas abruptas e são freqüentemente de pequeno diâmetro; e dolinas de subsidência – depressões fechadas rasas que podem atingir vários quilômetros de diâmetro e são formadas pelo lento carreamento de solo para vazios na rocha. Apesar de freqüentes em relevos cársticos, as dolinas podem também ser induzidas, principalmente em áreas com significativa atividade humana. Os principais mecanismos envolvidos no dolinamento induzido são:

- desmatamento;
- infiltração de água superficial devido a vazamentos ou drenagem ineficaz de águas pluviais;
- rebaixamento do lençol freático no aquífero dolomítico devido a bombeamento, e
- vibrações ou qualquer outro processo que possa favorecer a mobilização gravitacional do material (solo, rocha alterada etc.) situado sobre a cavidade receptora. (VGI, 2004)

Devido à necessidade de criação um mecanismo que envolvesse na íntegra a questão ambiental e do carste na mina de Vazante, decidiu-se pela implementação de uma política de gerenciamento dos riscos associados à atividade mineira em rochas dolomíticas. Esse plano de gerenciamento, de modo a se tornar efetivo, precisa abranger todos os níveis

operacionais, técnicos e gerenciais da empresa, tanto conceitualmente, como na prática.

METODOLOGIA DO GERENCIAMENTO A metodologia adotada procura prever a ocorrência e as dimensões das dolinas a partir de estudos detalhados das características geológicas/hidrológicas, estudos envolvendo mecânica de solos, além da caracterização de agentes mobilizadores, esses últimos consistindo de fatores que podem causar ou acelerar o processo de dolinamento.

Inicialmente é efetuada foto-interpretação assim como mapeamento geológico das áreas-alvo. A geofísica, principalmente por meio da gravimetria, é uma ferramenta de grande aplicação. Sondagens são efetuadas, obtendo-se por intermédio, por exemplo, de isópacas, a visão espacial da distribuição dos horizontes litológicos. Essas informações habilitam o estabelecimento de um zoneamento de risco para o dolinamento na área em questão.

A possibilidade de que haja ocorrência de dolinas é estimada entre baixa, média e alta, dependendo do risco de mobilização da cobertura. Essa metodologia permite o zoneamento de áreas dolomíticas, obtendo-se classes de riscos. Esse zoneamento é particularmente útil em áreas onde haja adensamento populacional, permitindo um planejamento urbano organizado.

O projeto envolveu as seguintes etapas:

Investigação da região

- Mapeamento gravimétrico em área de 5.000 hectares;
- estudo e revisão de dados geológicos, relatórios de dolinamentos, dados hidrogeológicos e outras informações pertinentes;
- sondagens na área de estudo de 5.000 hectares, baseadas em dados gravimétricos *Bouguer*, com a perfuração de aproximadamente 12.000 metros;
- determinação da gravimetria residual da área de estudo, e
- sondagem final baseada na gravimetria residual.

Determinação dos níveis de risco para cada região

- Interpretação de fotografias aéreas nas escalas 1:25.000 (1956), 1:60.000 (1956) e 1:20.000 (2003);
- estudo de imagens Landsat da área;
- delimitação do aquífero dolomítico;
- delimitação da bacia hidrológica que drena para o aquífero dolomítico;
- identificação das feições morfológicas cársticas significativas na área;
- inferência sobre a localização de estruturas como falhas e contatos geológicos, e



-análise dos dados obtidos para realizar o zoneamento de risco na área de 5.000 hectares.

Identificação de áreas prioritárias para monitoramento Para que as informações fossem utilizadas de modo rápido e associativo, foi montada uma estrutura em SIG com inúmeras informações sobre todas as etapas e suas interpretações, criando um banco de dados de excelente qualidade. Esse banco proporciona agilidade na tomada de decisões quando se necessitam intervenções em superfície com obras de engenharia.

Monitoramentos Posteriormente à determinação das áreas sujeitas a riscos específicos, um monitoramento realizado por meio de vários métodos de acompanhamento deve ser realizado, dentro de uma periodicidade pré-estabelecida.

Os monitoramentos propostos buscam garantir a segurança de: vias de trânsito, áreas de infraestrutura, áreas de tráfego pesado. São eles:

- inspeções visuais;
- nivelamentos;
- nível de água, e
- meteorologia.

Dentre os aspectos observados, procura-se avaliar em cada tipo de monitoramento efeitos que possam demonstrar a ocorrência de algum dos riscos mapeados. Notadamente nas inspeções visuais procura-se observar quaisquer sinais visíveis de abatimento de solo ou estruturas. Observa-se, além disto, sinais de vazamentos de serviços de distribuição e coleta (água e esgoto), além de serviços de distribuição de quaisquer tubulações contendo líquidos.

Em locais com predominância de edificações, o método de complementação é o nivelamento, que é realizado com marcos topográficos e um nível a *laser* que permite observar variações da ordem de décimos de milímetro.

Os serviços de monitoramento de nível de água subterrâneo permitem verificar as possíveis modificações ao longo do ano hidrogeológico, fato que pode alterar a classificação da área de risco.

A meteorologia garante que os fatores de quantidade de infiltração de água, e potencial de infiltração possam ser comparados com a ocorrência de novos possíveis abatimentos na região.

Proposição de obras de engenharia Depois de finalizadas as fases de investigação, determinação de risco e determinação dos monitoramentos mais adequados, foi possível a aplicação dos resultados obtidos como subsídio e plano diretor para a construção de novas edificações e instalações industriais. Cada edifício leva em conta alguns fatores em sua construção:

-avaliações preliminares apontam quais as dimensões máximas de ocorrência de algum tipo de abatimento sob os edifícios e sua mitigação necessária;

-técnicas de construção civil e materiais atendendo padrões exigidos pela NHRBC (*National Home Builders Registration Council*) uma entidade Sul Africana que estabelece as melhores práticas para a construção em áreas dolomíticas, e

-desenhos de todos os serviços de distribuição de água, águas pluviais, esgoto ou outros, de modo que possam conter quaisquer tipos de vazamentos e permitam monitoramentos constantes.

CONCLUSÕES Foi pioneiramente trazido da África do Sul para o Brasil o gerenciamento de riscos em dolomitos e implementado com sucesso em Vazante na construção de novas instalações da Votorantim Metais. Apesar do tempo de implementação ter sido de três anos desde a etapa inicial e os custos relativamente elevados, esse tipo de investimento é totalmente viável e necessário, para que se possa garantir um gerenciamento efetivo dos riscos envolvidos numa atividade de mineração subterrânea em rochas carbonáticas. O gerenciamento de risco em rochas carbonáticas engloba desde todas as etapas de novos projetos de construção civil, além de ser uma excepcional ferramenta para compreender as conseqüências em superfície de intervenções em subsolo e as suas prevenções.

A mineração deve ser capaz de fomentar o uso futuro das áreas anteriormente ocupadas pela sua atividade para que haja um desenvolvimento sustentável da região, com o mínimo impacto ambiental possível.

Agradecimentos Os autores gostariam de agradecer à Votorantim Metais pela oportunidade de divulgar essa metodologia, aos colegas que participaram de todas as etapas do projeto, interna e externamente, nacional e internacionalmente.



Referências

- ARAÚJO E.C. & OLIVEIRA T.F. 2004. Aspectos estruturais e geológicos da faixa mineralizada Paracatu-Vazante, *Roteiro de excursão 42CBG*, 21p.
- BRANDT M.A. 2001. *Relatório técnico – EIA mina Subterrânea Willemita*, 152 p.
- DARDENNE M. 2000. The Brasília Fold Belt. IN: 31st INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS, Rio de Janeiro, 2000. *Tectonic Evolution of South America*, pp. 231 -263.
- MONTEIRO L.V.S. 1997. *Contribuição a gênese das mineralizações de Zn da mina de Vazante, MG*. Dissertação de Mestrado São Paulo. Universidade de São Paulo, 159 p. (não publicado).
- VGI I. 2004 *FR521* vol1, *Relatórios Internos Votorantim Metais*, 385p.