

6 Conclusões e Recomendações

Nesta dissertação conclui-se que o código FEFLOW é uma ferramenta robusta para representar sistemas hidrogeológicos não confinados com geometrias tridimensionais profundas e complexas, como normalmente abrangem projetos de mineração, além de permitir a inclusão de elementos discretos 1D e 2D para a representação de estruturas geológicas no modelo, tornando, desse modo, o modelo numérico mais representativo da realidade.

1. Como resultado da modificação da condição tipo 3 para tipo 1 no caso da mina subterrânea de Vazante, observou-se que a condição tipo 1 fornece uma representação mais realista do nível do lençol freático e dos fluxos gerados para o aquífero. Isto devido a que a imposição da carga hidráulica conhecida é fixada no contorno correspondente ao rio, que para o caso da condição de contorno tipo 3 só usa a carga hidráulica conhecida como carga hidráulica de referência, para que posteriormente o programa a compare com a carga hidráulica calculada, gerando assim apenas representações de fluxos.

2. Se bem o programa FEFLOW tem a capacidade de incorporar no modelo numérico elementos discretos 1D os quais podem atravessar os elementos finitos (*Arbitrary node*), foi observado nos resultados que estes funcionam como tubos fechados ao longo do comprimento destes elementos, desde que estes elementos apenas estão conectados nos nós extremos. Contudo, estes elementos discretos conseguiram representar feições cársticas explicitamente, como no caso da mina de Vazante, porém, seu uso poderia ser melhorado se estes elementos atravessassem a maior quantidade de nós entre a mina e o aquífero.

3. No caso dos cenários feitos na avaliação do sistema de impermeabilização superficial do rio Santa Catarina subjacente à mina de Vazante, conclui-se que tanto para os cenários que consideram ou não feições cársticas, a impermeabilização total do rio é mais efetiva, devido a que o efeito de impermeabilização gera uma nova faixa de infiltração do rio para o aquífero à jusante da faixa impermeabilizada; que para o caso da impermeabilização total

este seria menos desfavorável, conseguindo assim, uma redução de fluxo de entrada para a mina de 18% (sem feições cársticas) a 23% (considerando feições cársticas). Outro efeito observado neste sistema de controle das águas foi o aumento de recarga das águas subterrâneas para a mina, o qual viu-se refletida na discordância do fluxo reduzido rio em comparação com o fluxo reduzido na mina.

4. Além de fornecer ao modelador opções especiais para quantificar fluxos de saída (superfícies de afloramento em minas a céu aberto) em comparação a outros códigos mais básicos que trabalham apenas com condições de contorno tipo *Seepage*.

5. Para o segundo estudo de caso, correspondente à mina a céu aberto, a opção que dispõe o FEFLOW resultou melhor em comparação à condição típica de *Seepage* (condição de contorno com que trabalha a maioria dos programas de fluxo subterrâneo), a vantagem desta opção foi que, não é necessário especificar ao modelo os contornos onde fluxos de saída poderiam ocorrer (elevação da carga hidráulica maior à elevação do terreno), deixando assim ao programa calcular as superfícies *run-off* de forma automática. Porém, este provoca uma condição iterativa da solução e só 30 iterações são realizadas para verificar as mudanças da carga hidráulica, além de precisar um esforço computacional muito maior ao necessitado pela condição de contorno tipo *Seepage*.

6. No arranjo 1, para o caso da mina a céu aberto, correspondente à instalação do sistema de poços, conclui-se que, este método como controle das águas, se bem consegue tirar toda a água percolada na superfície inferior da cada e ademais gerar um cone de rebaixamento, o qual tem um avanço de aproximadamente de 4 metros por ano, não alcança gerar um rebaixamento esperado nos taludes, devido a que estes apresentam uma permeabilidade muito baixa, pelo que foi necessário a implementação de sistemas de controle adicionais aos poços de bombeamento.

7. No arranjo 2, para o caso de mina a céu aberto, correspondente à instalação de paredes *cut-off*, conclui-se que este método de controle das águas, mesmo que seja muito custoso, é um dos poucos que assegura as fontes de águas artificiais (e.g. rios), não deixando que a extensão do cone de rebaixamento as atingia, porém, o seu uso seria mais recomendado em solos que não apresentem permeabilidades muito baixas, devido a que os resultado são muito demorados

como os obtidos neste arranjo, aonde resultados satisfatórias foram observados a partir de 2 anos.

8. No arranjo 3, para o caso da mina a céu aberto, correspondente à instalação de drenos horizontais e verticais, conclui-se que a forma mais adequada em representar estes elementos como sistema de controle de águas no programa FEFLOW, é através de elementos discretos *edge slice*, devido a que estes geram respostas de fluxo no modelo numérico mais aproximados com as respostas esperadas no campo, devido a que estes se comportam como elementos de alta condutividade ao longo do seu comprimento, a diferencia dos elementos *arbitrary node*, já que, se bem estes podem atravessar os elementos finitos, só funcionam como tubos fechados ao longo do seu comprimento e apenas permitem fluxos de entrada e saída nos nós conectados (início e fim). Uma recomendação para remediar este defeito nos elementos *arbitrary node*, seria gerar uma malha mais refinada e conectar uma maior quantidade de nós para gerar mais nós de entrada de fluxo.

9. Em geral, conclui-se que, em projetos de mineração, a análise da seleção da técnica de rebaixamento, as vezes leva a uma escolha combinada de distintos métodos, e.g. usando paredes impermeáveis *cut-off*, sistema de poços de bombeamento e conjunto com a instalação de drenos horizontais e verticais.

10. A base para uma tomada de decisões deve ser o conhecimento das condições hidrogeológicas baseadas em investigações prévias, sempre levando em conta aspectos ambientais, e ao lado de uma análise técnica, os custos de instalação e operacionais devem ser avaliados.

Sugere-se:

1. Considerar a dinâmica do fluxo das águas superficial e como elas interagem com as águas subterrâneas, para uma representação mais realista dos fenômenos que acontecem em um sistema hidrogeológico.