

## 5

### Conclusões

Este estudo tem como principal objetivo o desenvolvimento do módulo termo-hidráulico do programa UNSATCHEM-2D modificado, com a validação das implementações realizadas no programa.

Considerando a pouca literatura existente no assunto, os resultados numéricos mostraram-se bastante satisfatórios em comparação com os resultados experimentais, visto que mesmo os resultados experimentais, segundo o autor, necessitam de um ajuste melhor. As diferenças existentes entre os modelos numérico e experimental devem-se ao fato do modelo escolhido para as propriedades hidráulicas da curva característica do solo. O modelo experimental utiliza uma solução empírica a partir do modelo de Brooks e Corey (1966), enquanto que o modelo numérico utilizado no programa baseia-se em uma modificação do modelo de van Genuchten (1980). É válido lembrar que foi feita uma conversão dos parâmetros, porém por se tratar de dados empíricos não houve uma convergência total entre os modelos.

Verificou-se a influência de gradientes de temperatura no fluxo de umidade, fenômeno que foi demonstrado através da inserção de fontes de calor interna e externa no solo. Para o caso da fonte de calor interna, notou-se a migração de umidade em direção a fonte, demonstrando que não se podem negligenciar os efeitos da temperatura em processos de transporte de umidade. Notaram-se também os efeitos da difusividade térmica na fase líquida e vapor, variando significativamente com parâmetros intrínsecos ao solo como massa específica do líquido e do vapor d'água, além da carga de pressão e temperatura. No caso da fonte de calor externa, pode-se verificar o fluxo em direção a superfície demonstrando o processo de desorção térmica.

O exemplo que engloba a verificação de fluxo em coberturas de resíduos demonstrou que o programa pode ser utilizado na área de resíduos industriais e de

mineração em conjunto com o módulo químico, pois pode simular longos períodos de condições atmosféricas, além de permitir a inserção de dados climáticos em pequenos períodos.

Finalizando, o módulo hidro-térmico mostrou-se adequado a suas expectativas de utilização podendo demonstrar de forma satisfatória a influência dos gradientes de carga de pressão e temperatura atuando juntamente.

Como complemento para o modelo hidro-térmico implementado no programa sugere-se:

- A implementação do modelo em três dimensões abrangendo de forma mais conclusiva a maioria dos problemas envolvendo calor.
- A maior utilização do programa em problemas de resíduos sólidos, com alterações no balanço de energia, direcionando o programa aos propósitos desta área.
- A avaliação através do programa de parâmetros térmicos de solos brasileiros, com o estudo do processo de umidecimento e secagem de encostas.
- O acoplamento das reações químicas envolvendo troca de calor, realizadas pelo módulo químico, com o módulo térmico.
- A verificação das implementações termo-hidráulicas com outros modelos numéricos.
- Desacoplamento da fase vapor e da fase líquida no fluxo.