

## MODELOS MATEMÁTICOS PARA O PLANEJAMENTO DOS PROCESSOS DE MOVIMENTO DE ÁGUA NO SOLO

Mariangela Amendola<sup>1</sup>

### 1 – INTRODUÇÃO

#### 1.1 - Uso e necessidade de modelos matemáticos

Para que o homem possa usar os recursos naturais da terra de forma eficiente, isto é, tendo em mente a necessidade da conservação e controle dos mesmos, é necessário que haja o planejamento deste uso.

Este planejamento só é possível após exaustiva observação e coleta dos dados numéricos das variáveis relevantes dos processos em questão.

Os processos dependentes do movimento de água no solo- úteis no planejamento de irrigação e drenagem dos mesmos para fins agrícolas, parecem ter qualidades semelhantes a sistemas caóticos, principalmente devido a relação dos parâmetros umidade do solo e condutividade hidráulica. No entanto, sob uma análise mais aprofundada, estes processos podem revelar alguma regularidade a medida que obtém-se sua descrição numa linguagem universal: os denominados “modelos matemáticos”.

#### 1.2 - Simulação numérica e planejamento

Tendo em mãos estes modelos, é possível realizar a simulação numérica dos processos e/ou desenvolver sistemas de suporte a decisão àqueles processos que os incluem.

Um sistema de suporte a decisão que possa ser usado à simulação e ao planejamento de processos de uso de recursos naturais, pode, por exemplo, ser composto por um programa computacional elaborado de forma a ser capaz de monitorar as várias etapas do processo, fornecendo subsídios para as etapas subsequentes que o constituem, enquanto justifica aquele uso.

Uma avaliação posterior dos resultados deste programa deve traduzir quanto do conhecimento daquele processo fomos capazes de incorporar à sua definição e, em alguns casos indicar modificações no mesmo.

Monitoramento e avaliação podem ser aplicados em vários estágios das pesquisas em recursos naturais (Farrington, Thirtle & Handenson (1997).

### 2 - OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa é questionar a importância do investimento em pesquisas na área de matemática aplicada para considerar a formulação matemática do processo de movimento de água no solo como um Problema de Fronteira Livre, para então construir um algoritmo numérico adequado, elaborar o programa de computação científica associado para posterior implementação de um sistema de suporte a decisão para a simulação, o planejamento e o monitoramento de processos de irrigação ou drenagem.

### 3 - O MODELO MATEMÁTICO

O avanço de conhecimentos do processo de movimento de água no solo vem sendo realizado sob várias óticas, mas, de acordo com a vasta bibliografia consultada em anais de congressos nacionais e internacionais, somente “recentemente” segundo a estabelecida Lei de Darcy (1856): “a velocidade de descarga de água em um meio poroso é diretamente proporcional ao gradiente hidráulico”.

A partir da descrição desta lei, e com algumas simplificações físicas e manipulações matemáticas, chega-se a um modelo matemático sob a forma de Equação Diferencial Parcial não linear, conhecida como “Equação de Richards” (Carrilho e Amendola, (1992).

### 4 - CONSIDERAÇÕES PARA A RESOLUÇÃO NUMÉRICA

---

<sup>1</sup> DPLPAG/FEAGRI/UNICAMP

Caixa Postal 60II, 13083-970 Campinas/SP/Brasil  
E-mail: amendola@agr.unicamp.br

Esta equação não tem solução analítica conhecida, donde se conclui a necessidade do uso de técnicas numéricas para obter sua solução, que será tão mais próxima da solução real quanto mais criteriosas forem a modelagem matemática elaborada e a técnica numérica desenvolvida.

Uma relação, com seus respectivos resumos, das principais pesquisas publicadas, de 1971 a 1996, relativas a modelos matemáticos simplificados e métodos numéricos associados para simular a infiltração e percolação de água pode ser encontrada em Darezzi Filho (1996).

O que tem sido feito até então, em geral, objetivando "simplificar" o modelo é o uso de modelos unidimensionais ou a não consideração de termos da equação e/ ou condições iniciais e de contorno adequadas, etc... (revisão, realizada também informalmente, mas que pode ser recuperada pelo uso CD ROM).

Assim, não se encontra a pesquisa do processo de Irrigação segundo a Equação de Richards com as condições iniciais e de contorno adequadas do ponto de vista físico, posto que na realidade, do ponto de vista matemático, este é um processo que se classifica como aquele tipo de problema denominado "Problema de Fronteira Livre (P.F.L.)" (Veja Amendola & Zago, (1994)).

Neste caso de simulação do processo de movimento de água no solo, parte das condições na fronteira não são conhecidas: não se conhece até onde ocorre o processo de infiltração; esta é a fronteira livre.

Problemas de Fronteira Livre são aqueles cuja simulação numérica requerem a solução de uma equação diferencial com condições de fronteira e a localização da fronteira, diferente portanto daqueles processo que matematicamente se classificam como "Problemas de Equações Diferenciais (P.E.D.)", pois neste caso, condições na fronteira devem ser impostas.

Problemas deste tipo, (P.F.L.) podem ser reescritos segundo outro tipo de modelagem matemática, conhecido como "Inequações Variacionais (I.V.)".

## 5 - CONCLUSÕES

A obtenção desta modelagem matemática equivalente é bastante complexa, pois envolve conhecimentos matemáticos de alto nível, mas, por outro lado, mostra seus atrativos pois, uma vez obtida a sua solução, a fronteira livre "aparece" naturalmente, não há necessidade de impor condições adicionais. Além disso, o tratamento numérico para Inequações Variacionais envolve a construção de algoritmos específicos, que devem ser cuidadosamente elaborados; como por exemplo o que foi realizado no trabalho de tese de Amendola (1996)), principalmente tendo-se em vista que o programa computacional associado constitui somente a parte interna do programa computacional de suporte a decisão do processo em estudo, no caso, de movimento de água no solo.

Sendo assim, é válido questionar o investimento nesta pesquisa antes de iniciá-la.

## 6 - REFERÊNCIAS

- AMENDOLA, M. & ZAGO, J.V. (1994). "Tratamento numérico de alguns problemas da Engenharia Agrícola". In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, XXIII, Anais do SBEA. pp348.
- AMENDOLA, M. (1996). "Resolução numérica de um problema de fronteira livre: cavitação na lubrificação hidrodinâmica de mancais". Tese de Doutorado. IMECC/UNICAMP, 129p.
- CARRILHO, J.I. & AMENDOLA, M. (1992). "Simulação do movimento de água no solo". In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Santa Maria, RS. Anais do SBEA, pág. 62.
- DAREZZO FILHO, A. (1996). "Desenvolvimento do modelo bi-dimensional usando grade avançada de pontos para simular a infiltração e percolação de água em solo parcialmente saturado". Tese de doutorado. E.E.SC./USP., 308p.
- FARRINGTON, J., THIRTLE, C. & HENDERSON, S. (1997). "Methodologies for monitoring and evaluating agricultural and natural resources research". *Agricultural Systems*. V55, n2. pp 273-300.