

Modelagem computacional aplicada à dinâmica da água e solutos no solo

Jarbas Honorio de Miranda
Professor Associado
Departamento de Ciências Exatas
ESALQ/USP
e-mail: jhmirand@esalq.usp.br





Tópicos a serem abordados

- 1: Modelagem**
- 2: Modelos aplicados à área de Irrigação e Drenagem**
- 3: Modelos aplicados à dinâmica da água no solo**
- 4: Modelos aplicados à dinâmica de solutos no solo**
- 5: Pesquisas em andamento e Grupo de Pesquisa**



1: Modelagem

**Diversas Aplicações: Cultivos,
Animais, etc...**

**Simulação de crescimento,
produtividade, análise de decisão,
programação linear, conforto
animal...**



1: Modelagem

Ganhos de peso (“campeões de produtividade”)



74ª Expozebu – Uberaba-MG (22/04 a 11/05)
Movimentação de R\$68.491.000,00
(US\$ 41,585,306.61)
Campeã: Poetisa ED Arrojo TE = R\$ 1.820.000,00
(80%) (US\$ 1,105,039.46)
Ano Passado (Athena 5 SR) = R\$ 2.128.000,00
(US\$ 1,292,046.14)



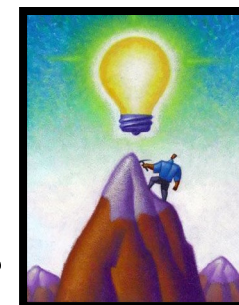
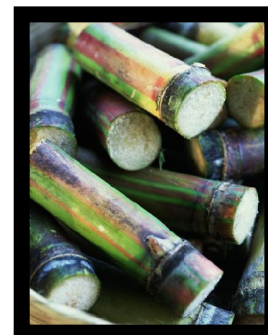
AMBIENTE = variáveis relacionadas

1: Modelagem

AMBIENTE = variáveis relacionadas



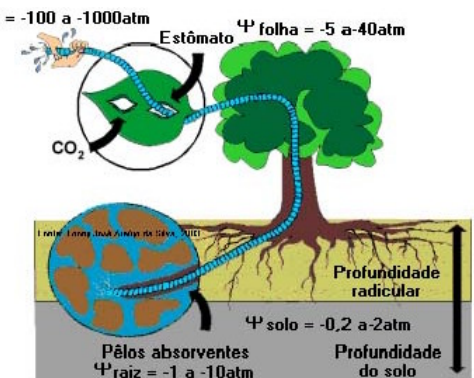
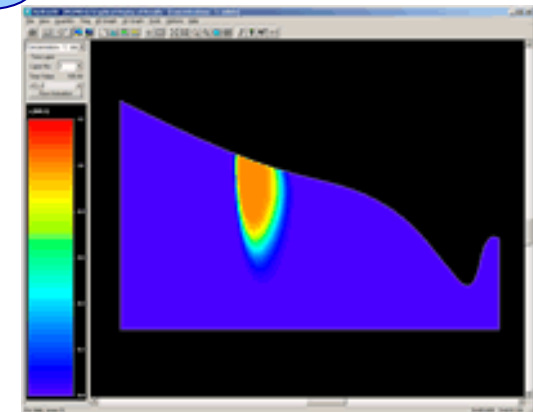
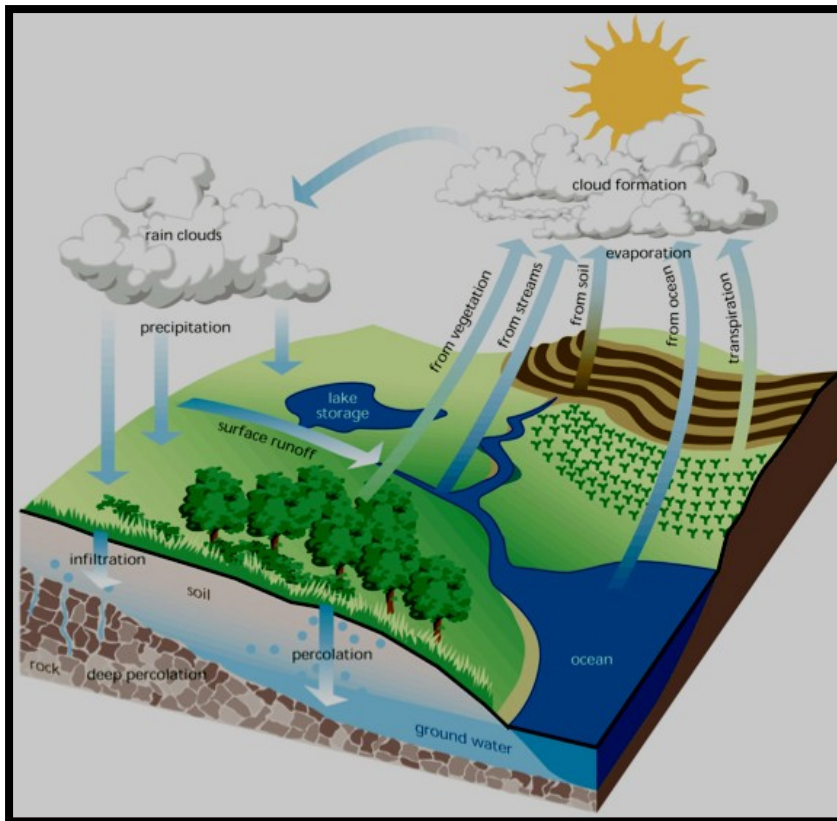
1: Modelagem



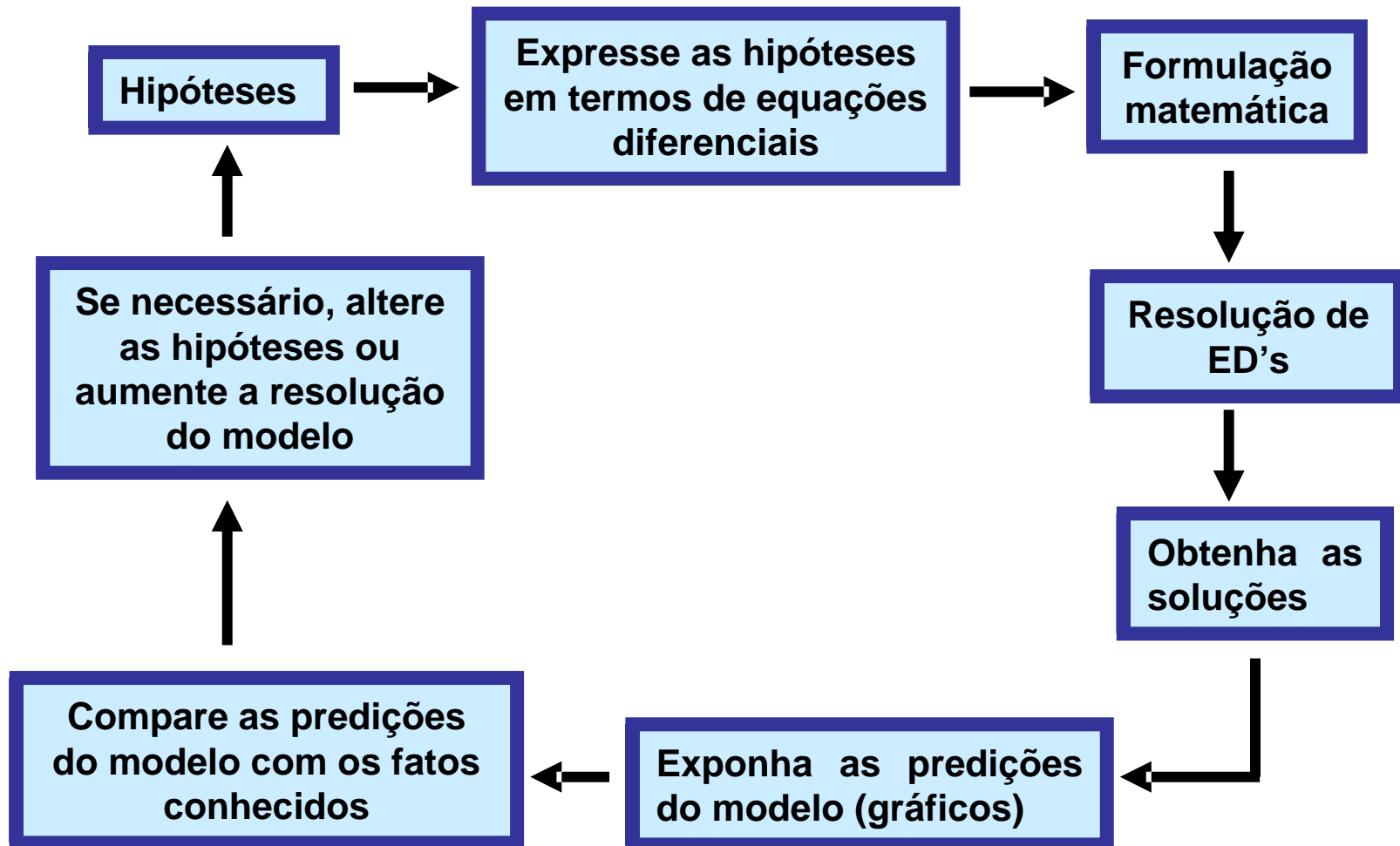
Aspectos Ambientais + Econômicos

1: Modelagem

Modelos Matemáticos



1: Modelagem



1: Modelagem

Aplicações Práticas:

A observação mostra que a taxa de variação da pressão atmosférica com a altura h é proporcional à pressão. Supondo que a pressão a 6000 metros é metade do seu valor P_0 ao nível do mar, encontrar a equação para pressão em qualquer altitude.



$$\frac{dP}{dh} = K \cdot P$$

$$h = 0 \text{ m } P(0) = 760 \text{ mmHg}$$

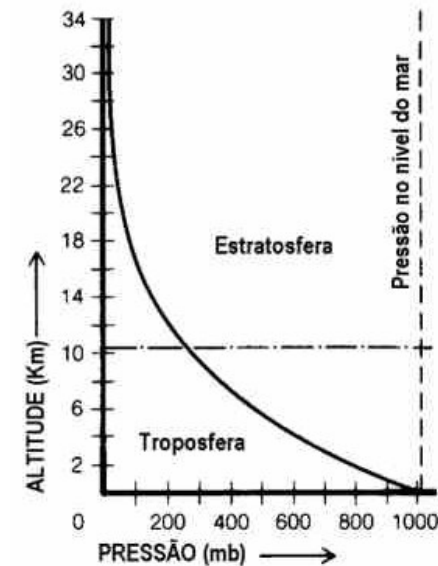
$$P = 760 \cdot e^{k \cdot h}$$

$$\int \frac{dP}{P} = K \cdot \int dh$$

$$h = 6.000 \text{ m } P(6000) = 380 \text{ mmHg}$$

$$P = c \cdot e^{k \cdot h}$$

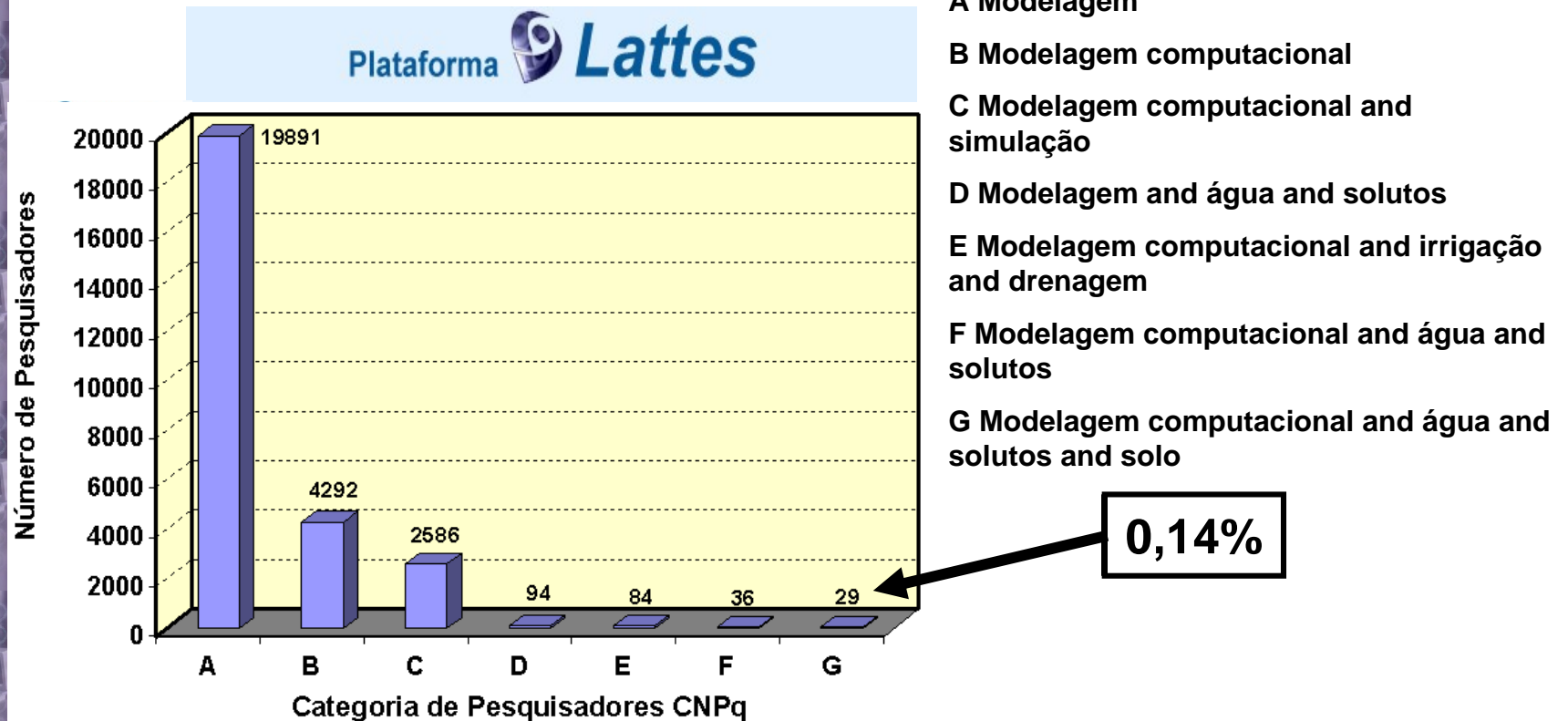
$$P = 760 \cdot e^{-1,1552 \cdot 10^{-4} \cdot h}$$



1: Modelagem

Pesquisadores - Modelagem

Categoria (Palavra-Chave)



Demetrius David da Silva (UFV), Durval Dourado Neto (ESALQ/USP), João Carlos Ferreira Borges Júnior (UFRPE)



Tópicos

1: Modelagem

2: Modelos aplicados à área de Irrigação e Drenagem

3: Modelos aplicados à dinâmica da água no solo

4: Modelos aplicados à dinâmica de solutos no solo

5: Pesquisas em andamento e Grupo de Pesquisa

2: Modelos aplicados à área de Irrigação e Drenagem

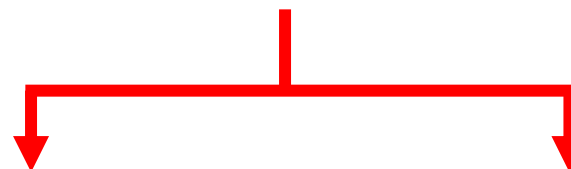


Objeto de Interesse

O transporte simultâneo de
água e de solutos (íons)
em condições de fluxo
saturado e não saturado



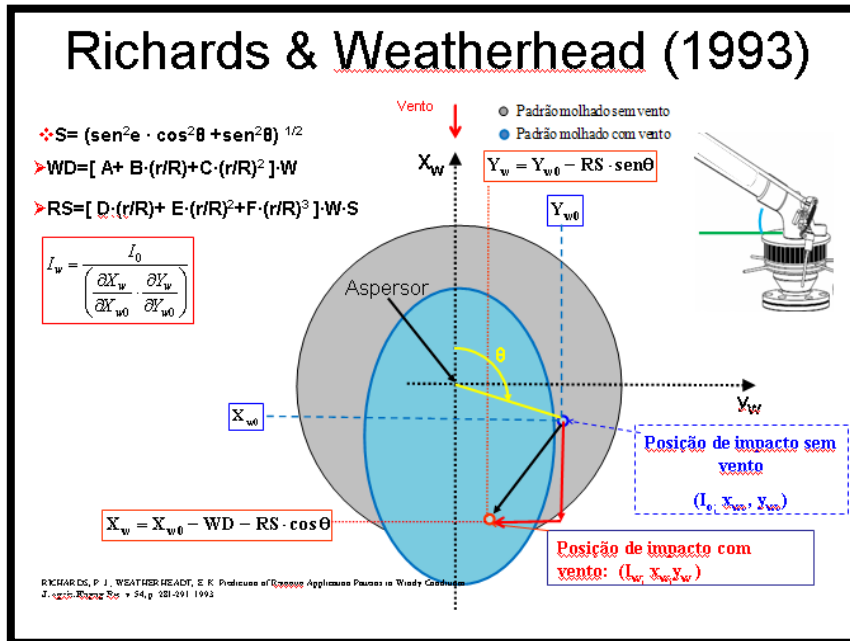
Soluto



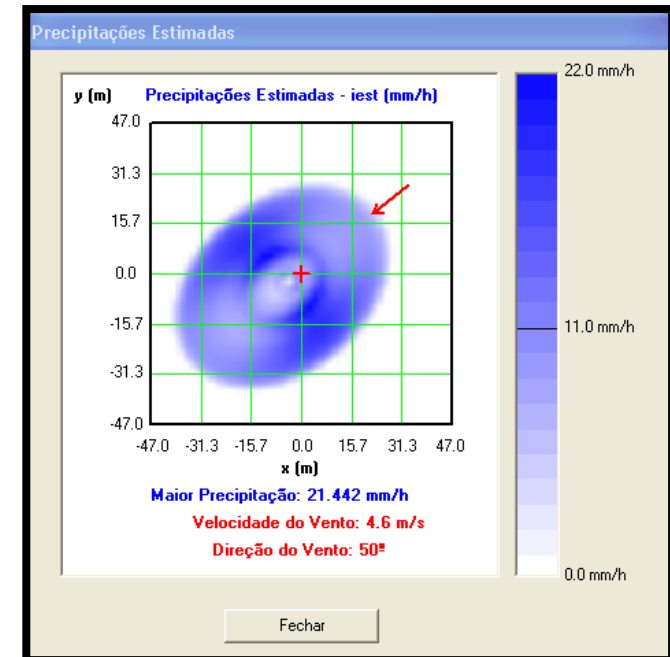
**Plantio
(econômicas)**

Ambientais

2: Modelos aplicados à área de Irrigação e Drenagem



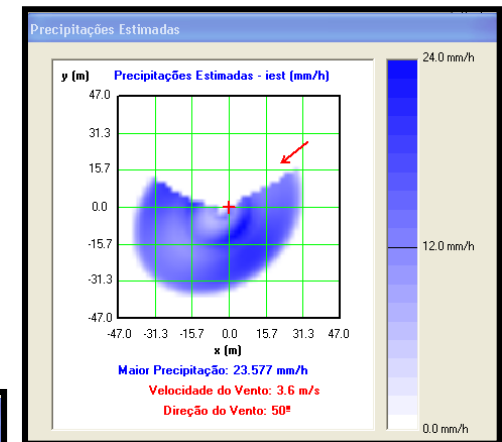
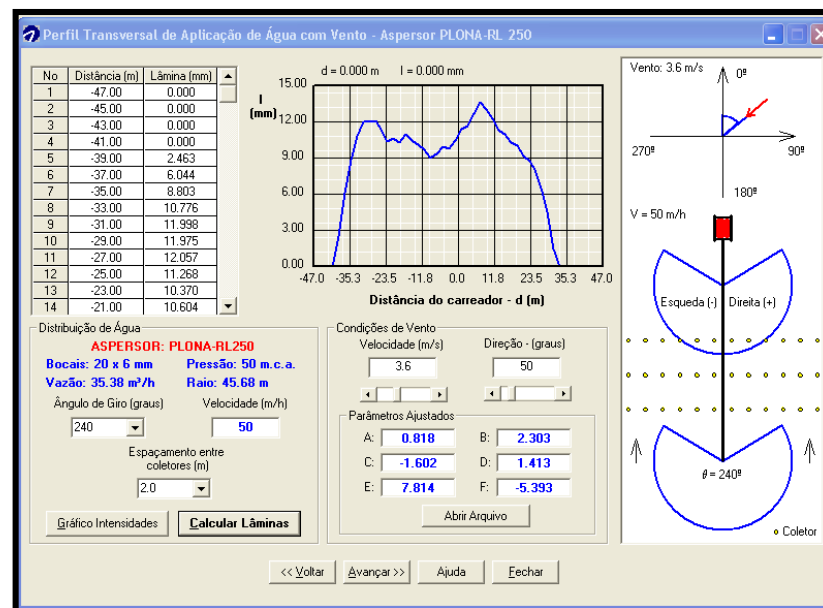
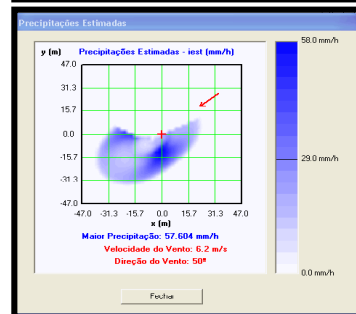
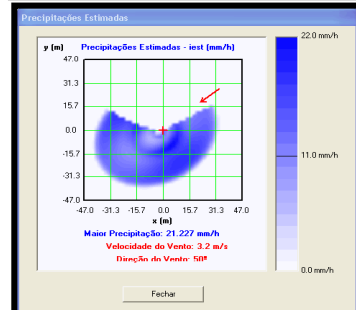
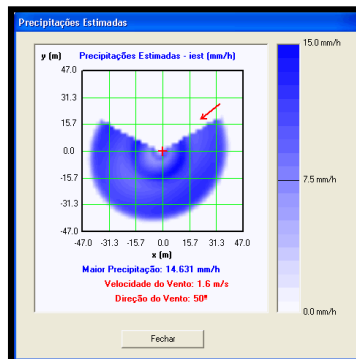
Modelo de Richards & Weatherhead, utilizado para simular a distribuição de água do aspersor com vento



Simulasoft. - Aplicativo para simulação da distribuição de água de sistemas autopropelidos de irrigação (Prof. Dr. Alberto Colombo – UFLA acolombo@ufla.br)

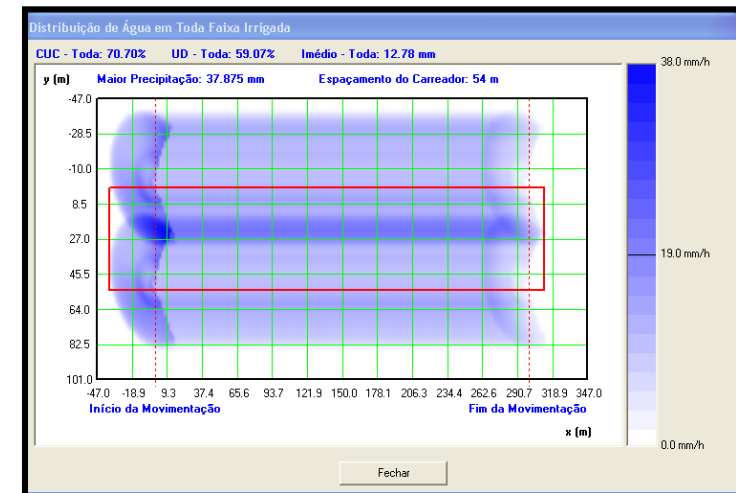
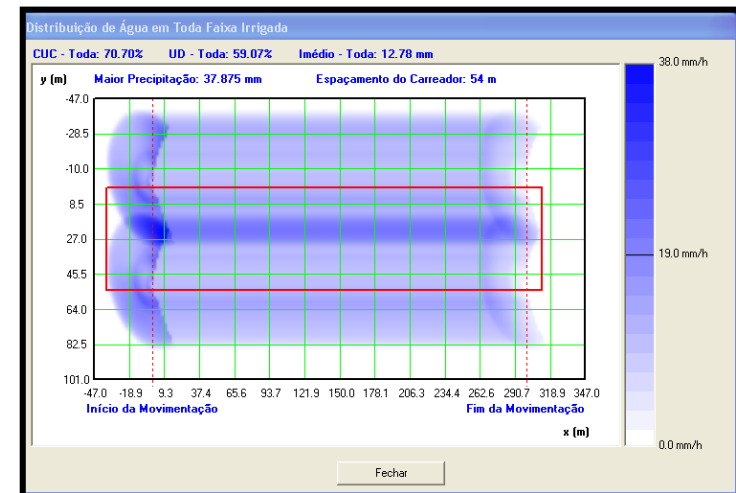
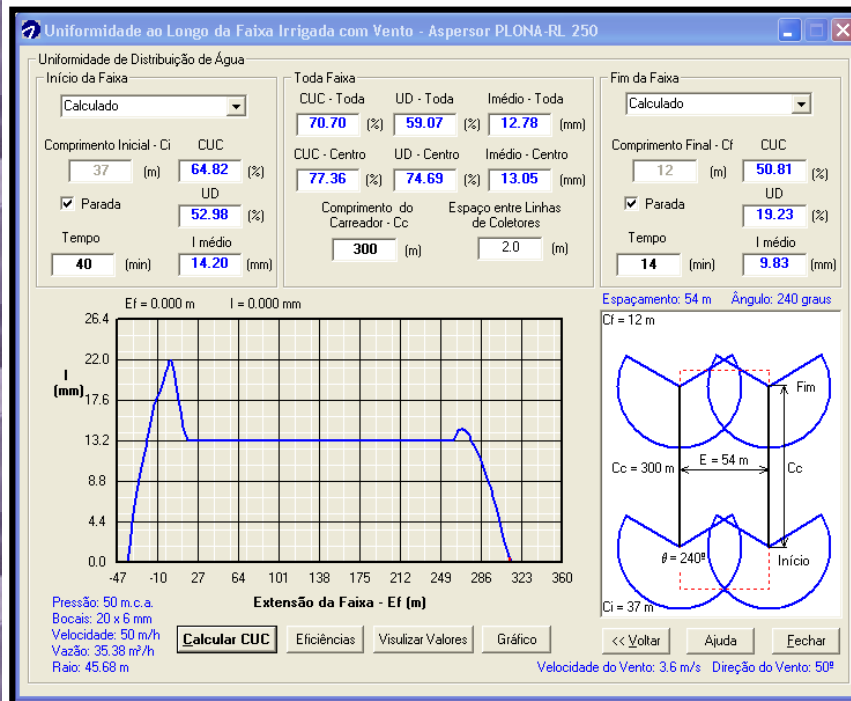
2: Modelos aplicados à área de Irrigação e Drenagem

O Simulasoft permite simular os efeitos da velocidade e direção do vento sobre a distribuição espacial da água aplicada por um canhão hidráulico
(Prof. Dr. Alberto Colombo – UFLA
acolombo@ufla.br)



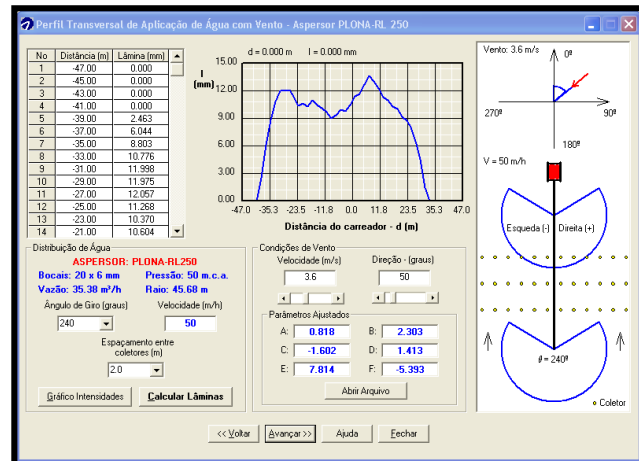
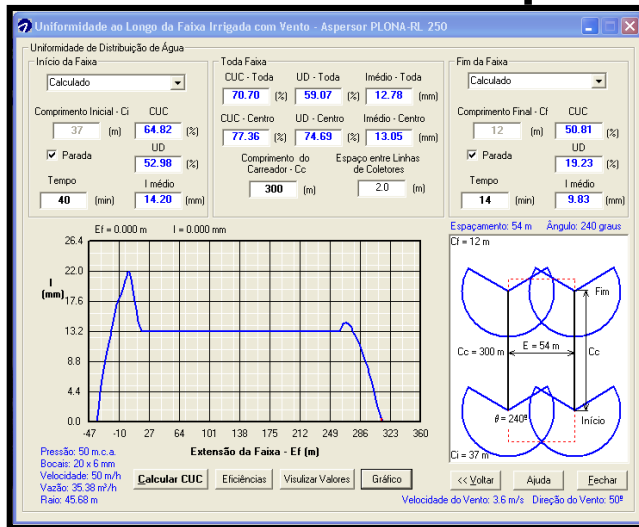
O Simulasoft simula o perfil transversal de aplicação de água de um autopropelido operando em condições de vento

2: Modelos aplicados à área de Irrigação e Drenagem



**O Simulasoft calcula a distribuição de
água entre dois carreadores em
qualquer condição de vento**

2: Modelos aplicados à área de Irrigação e Drenagem




SIMULASOFT 4.0

Simulações Sem Vento Simulações Com Vento Ensaios Autopropelido Ajustar Parâmetros - Vento Ajuda

Universidade Federal de Lavras - UFLA
Departamento de Engenharia - DEG
Laboratório de Hidráulica

PLONA Equipamentos
Indústria de Componentes
Mecânicos LTDA.

Campus da UFLA
CEP: 37.200 - 000
Fone: (35) 3829-1481
Lavras-MG

Rua Roberto Bernert
CEP: 81.280 - 370
Fone: (41) 3373-1919
Curitiba-PR

**"Aplicativo para Simulação da Distribuição de Água
em Sistemas Autopropelidos de Irrigação".**

Versão 4.0

Giuliani do Prado
giulianip@bol.com.br
Engenheiro Agrônomo

Alberto Colombo
acolombo@ufla.br
Engenheiro Agrônomo

Obs.: Configure em seu computador o ponto
como separador de casas decimais.

Simulasoft
(Prof. Dr. Alberto Colombo – UFLA)
acolombo@ufla.br

2: Modelos aplicados à área de Irrigação e Drenagem

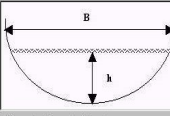
Modelo TERRADIM (MIRANDA et al., 2004)

Dimensionamento de Terraços

Arquivo CN Sair

Escolha do Município:
Araçatuba 1970

Consultar Tamanho Sêne



Características do Canal:

B (m) 3 L (m) 300
H (m) 0.5 Ac (ha) 1
VIB (mm/h) 50 CN2 75
Chuva (mm) 3.5109 e (mm) 0.0032

Resultados:
Contador 11 Calcular

Dia	Ano	Data	Chuva (mm)	CN
1	1970	1/Jen	0.6	75
2	1970	2/Jen	0	75
3	1970	3/Jen	36.1	75
4	1970	4/Jen	37.7	75
5	1970	5/Jen	3.3	75
6	1970	6/Jen	0	88
7	1970	7/Jen	0	88
8	1970	8/Jen	0	88
9	1970	9/Jen	0	75
10	1970	10/Jen	1	57
11	1970	11/Jen	0	57
12	1970	12/Jen	0	57
13	1970	13/Jen	0	57
14	1970	14/Jen	0	57
15	1970	15/Jen	5.2	57
16	1970	16/Jen	53.5	57
17	1970	17/Jen	5.9	88
18	1970	18/Jen	0	88
19	1970	19/Jen	1	88
20	1970	20/Jen	1.2	88
21	1970	21/Jen	4.5	88
22	1970	22/Jen	0	57
23	1970	23/Jen	0	57

Determinação do Escoamento Superficial

Município:
☒ Araçatuba ☐ Piracicaba ☐ Natividade

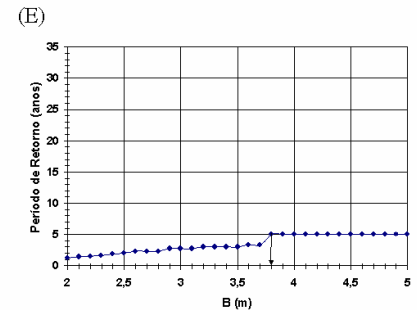
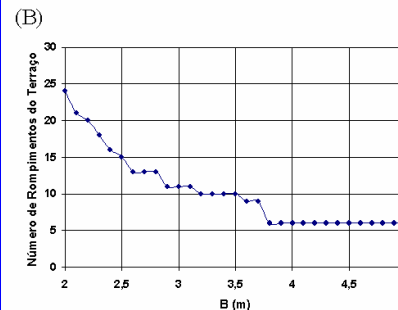
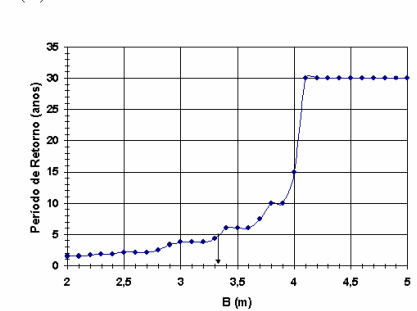
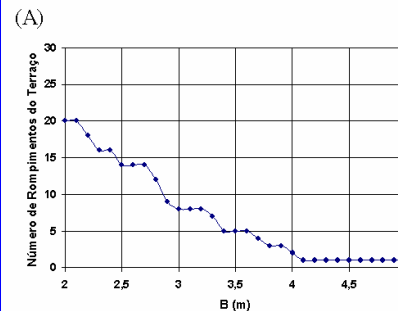
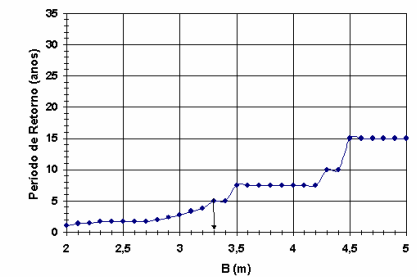
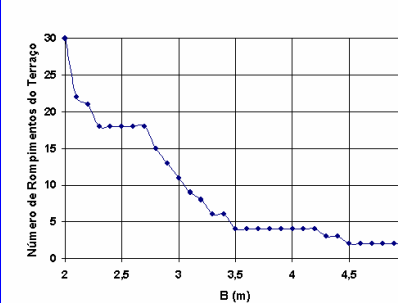
Meses-Preparo do solo:

☐ Janeiro ☐ Julho
☐ Fevereiro ☐ Agosto
☐ Março ☐ Setembro
☐ Abril ☒ Outubro
☐ Maio ☐ Novembro
☐ Junho ☐ Dezembro

Resultados do CN:
CN1 57
CN2 75
CN3 88

Calcular

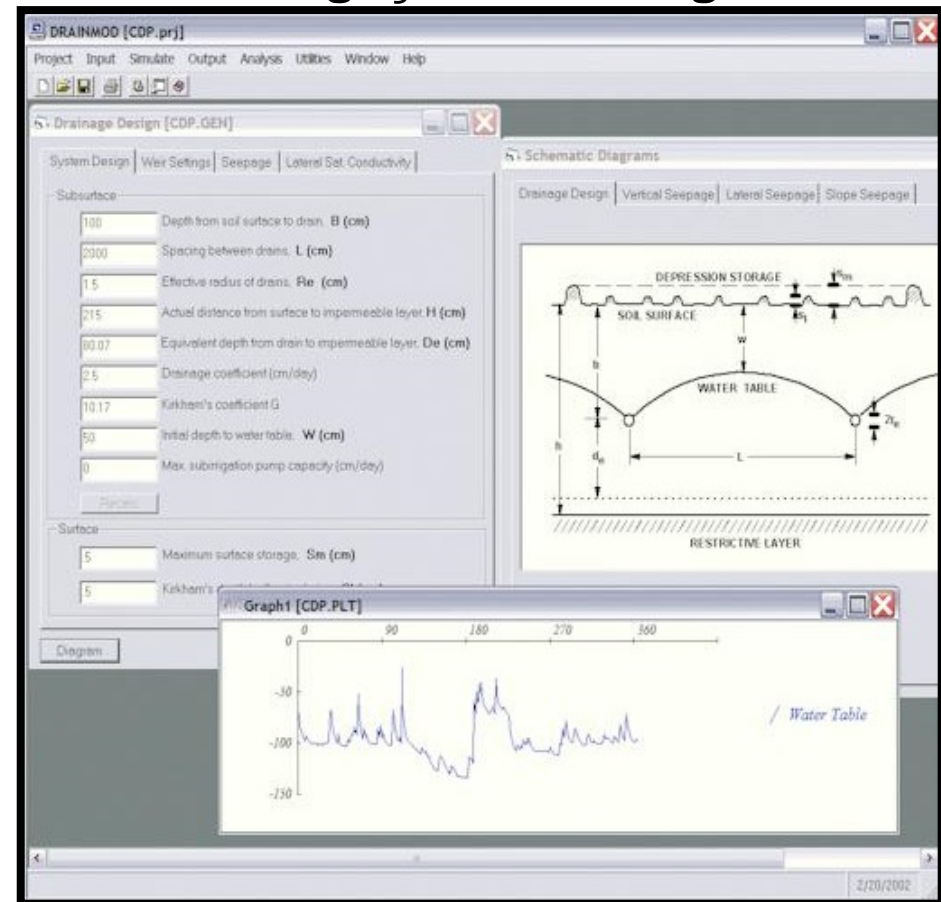
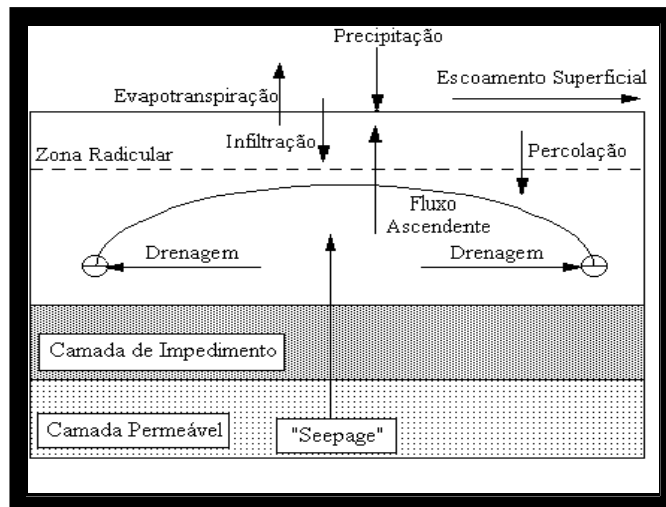
Aguarde, os dados estão sendo gravados...



2: Modelos aplicados à área de Irrigação e Drenagem

Modelos de Drenagem

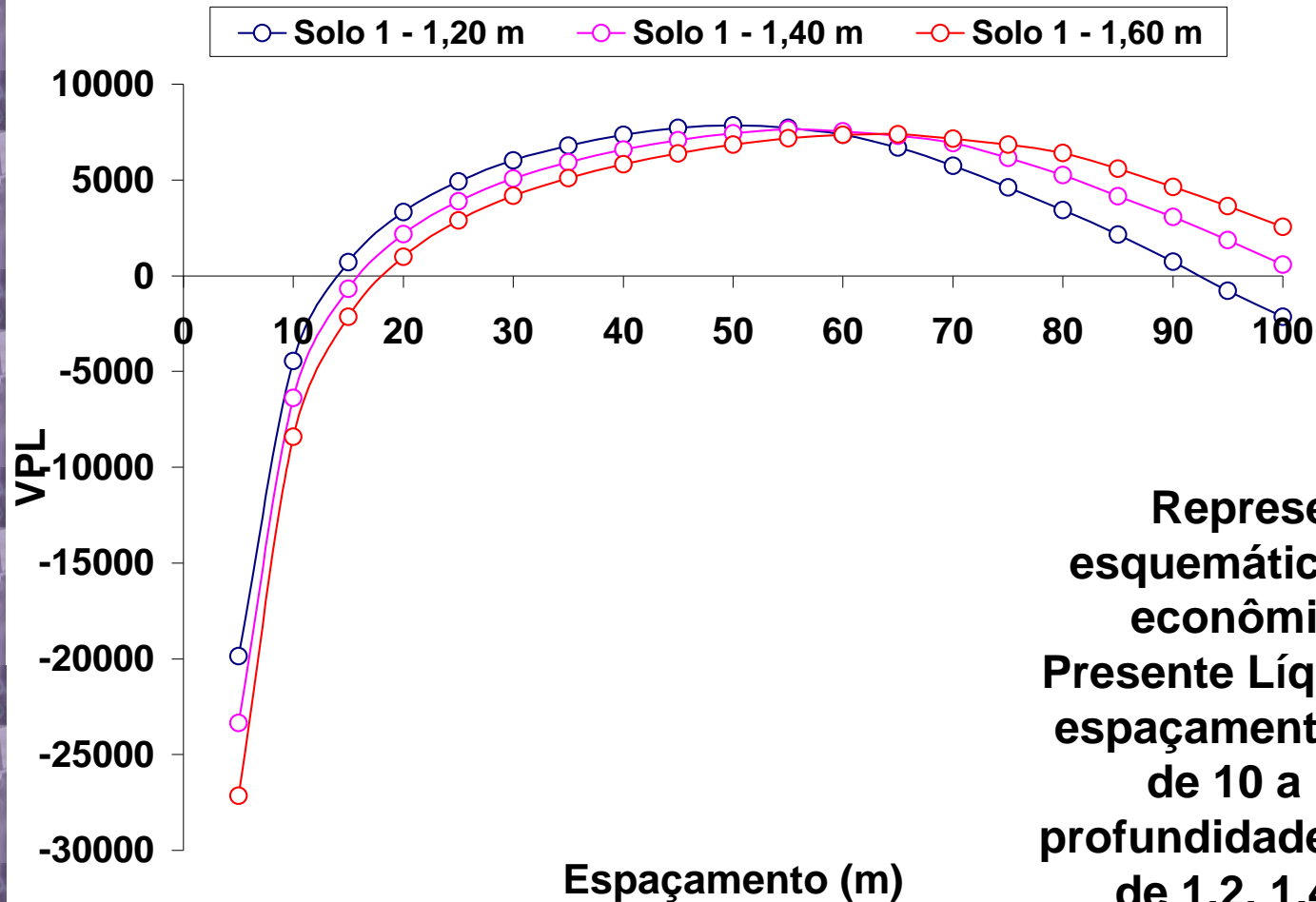
- DRAINMOD (Skaggs, 1981)
- SIMDRENO (Duarte, 1996)
- SISDRENA (Miranda, 1997)



http://www.bae.ncsu.edu/soil_water/drainmod/index.htm

http://www.bae.ncsu.edu/soil_water/drainmod/dmreport.htm

2: Modelos aplicados à área de Irrigação e Drenagem



Representação
esquemática do índice
econômico Valor
Presente Líquido para os
espaçamentos variando
de 10 a 100 m e
profundidade dos drenos
de 1,2, 1,4 e 1,6 m.

2: Modelos aplicados à área de Irrigação e Drenagem

Simulações

Dados de entrada		Resultados	
K (m/dia)	1	J (dias)	0,3073
D (m)	4.8	h1 (m)	-0,7392
L (m)	5	SEW30	722,02
<input type="checkbox"/> seepage mm/dia		ETR	911,90
Prof. do Dreno (m)	0.2	ETP	949,75
Raio Efetivo (cm)	22.9	Número de Dias Secos	36
Teta Saturado	.572	YRD (%)	91,40
Teta CC	.434	YRW (%)	79,99
Teta PMP	.189	YT (%)	73,11
Teta inicial	.189		
h inicial	-5799		
CN Classe II	64		

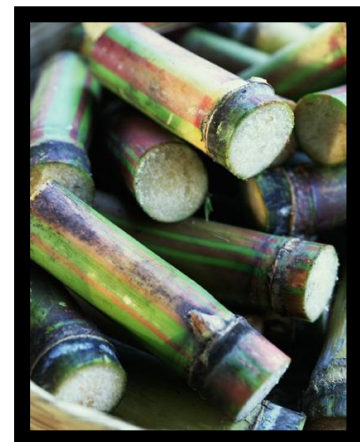
Calculadora

Calcule

Sair

Dias	h(m)	Armaz.(mm)	pptfut(mm)
1	-0,7392	5,6700	0,0000
2	-0,7430	5,6700	0,0000
3	-0,7467	5,6700	0,0000
4	-0,7505	5,6700	0,0000
5	-0,7542	10,1351	0,0000
6	-0,7379	12,0670	2,7615
7	-0,7417	10,5772	0,0000
8	-0,7455	8,5840	0,0000
9	-0,7185	12,0863	4,2431

1947



2: Modelos aplicados à área de Irrigação e Drenagem

Microsoft Excel - Bdados1

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda

Arial 9

A1 = Ano

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Ano	Dia	Precipitação	ETP	CSW1	CSD1	Profraízes	Altura	Escoamento
2	1917	1	0,000	4,527	0,2	0	3,00	0,1690	-1,8122
3	1917	2	0,000	4,414	0,2	0	3,00	0,0405	0,0000
4	1917	3	0,000	4,575	0,2	0	3,00	0,0086	0,0000
5	1917	4	0,000	5,050	0,2	0	3,00	0,0007	0,0000
6	1917	5	2,000	4,892	0,2	0	3,00	-0,0012	0,0000
7	1917	6	0,000	4,854	0,2	0	3,00	-0,0026	0,0000
8	1917	7	0,000	5,123	0,2	0	3,00	-0,0040	0,0000
9	1917	8	0,000	4,669	0,2	0	3,00	-0,0054	0,0000
10	1917	9	4,200	4,793	0,2	0	3,00	-0,0068	0,0000
11	1917	10	2,200	4,080	0,21	0	3,00	-0,0082	0,0000
12	1917	11	0,000	4,046	0,21	0	3,00	-0,0096	0,0000
13	1917	12	0,000	4,208	0,21	0	3,00	-0,0110	0,0000
14	1917	13	0,000	3,597	0,21	0	3,00	-0,0124	0,0000
15	1917	14	0,000	2,570	0,21	0	3,00	-0,0137	0,0000

Anos / Produtividade / Economia / DrenoAberto / Dren

Desenhar AutoFormas

Pronto NUM

2: Modelos aplicados à área de Irrigação e Drenagem

Microsoft Excel - Bdados1

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda

A1 = Solo

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Solo	Dreno	Espaçamento	Ano	SEW30	NDS	YRW	YRD	YT	Escoame
2	1	1,40	10,00	1917	0,00	56,00	100,00	69,67	69,67	-0,46
3	1	1,40	10,00	1918	0,00	12,00	100,00	85,25	85,25	1,02
4	1	1,40	10,00	1919	0,00	16,00	100,00	84,08	84,08	0,87
5	1	1,40	10,00	1920	0,00	4,00	100,00	100,00	100,00	0,59
6	1	1,40	10,00	1921	0,00	23,00	100,00	83,26	83,26	0,36
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										

Anos Produtividade Economia

Desenhar AutoFormas

Pronto NUM

2: Modelos aplicados à área de Irrigação e Drenagem

Análise Econômica
Arquivo Dreno Fechado Dreno Aberto Sair

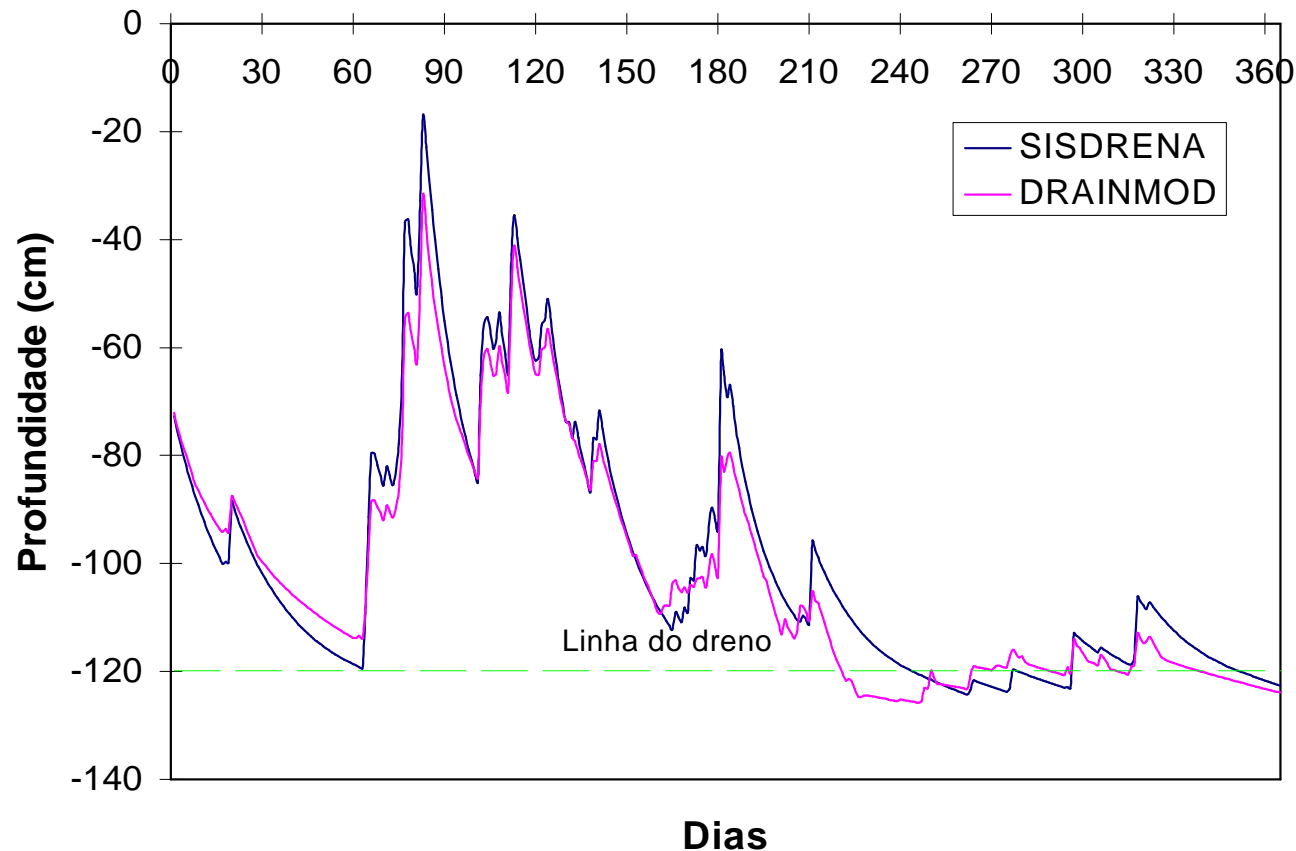
Dados Econômicos		Dados da Cultura	
Vida útil do Projeto (anos)	25	Produção Potencial Máxima (sacos/ha)	200
Taxa de Juros Anual (%)	12	Preço de Venda do Saco (R\$/saco)	20.06
P.Venda terra boa (R\$/ha)	5217.	Custo de Produção da Cultura (R\$/ha)	1300.3
P.Venda terra ruim (R\$/ha)	2296.		
Dados de Drenagem		Dreno Aberto	
Custo do metro de dreno instalado (R\$/m)	5	b (cm)	40
Custo do Saneamento (R\$/ha)	300	Custo da abertura de valeta (R\$/m³)	1.3
		h (m)	1.4
		λ	1.25
		Custo de arrendamento	322.9
		Área de Plantio (ha)	1

II	Solo	h (m)	L (m)	Talude	YT (%)	YTc (%)	Renda	VPL (R\$/ha)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								



2: Modelos aplicados à área de Irrigação e Drenagem

Simulação do lençol freático pelo modelo SISDRENA



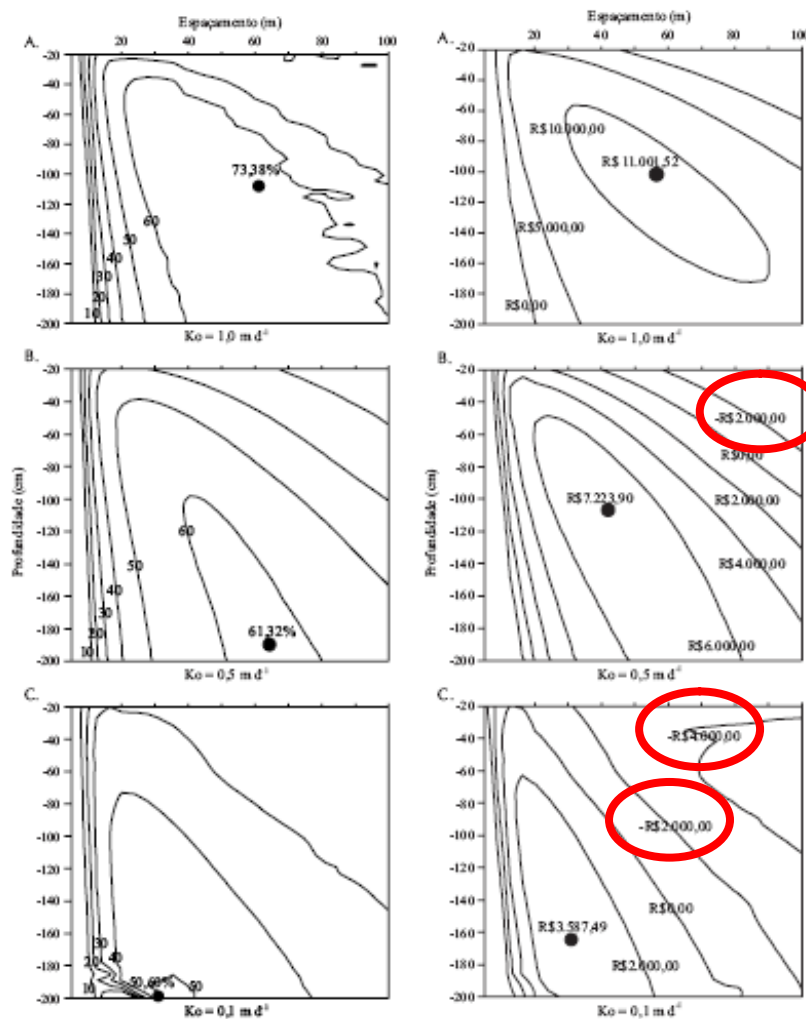
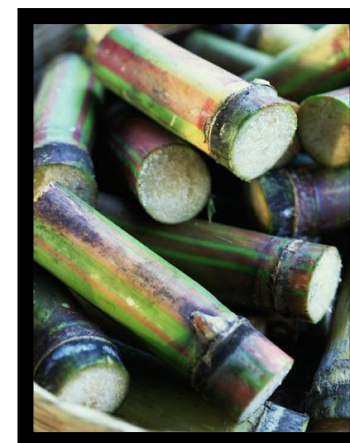


Figura 1. Isolinhas de mesma produtividade relativa corrigida (PTC, %), resultantes das diferentes combinações entre profundidade e espaçamento de drenar, para ar soler 1 (A), 2 (B) e 3 (C).

Figura 2. Isolinhas de igual valor presente líquido (VPL), resultantes das diferentes combinações entre profundidade e espaçamento de drenar, para ar soler 1 (A), 2 (B) e 3 (C).





Tópicos

1: Modelagem

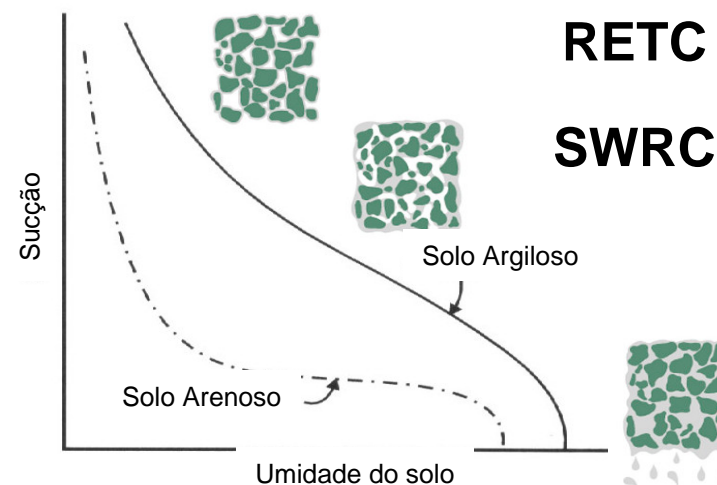
2: Modelos aplicados à área de Irrigação e Drenagem

3: Modelos aplicados à dinâmica da água no solo

4: Modelos aplicados à dinâmica de solutos no solo

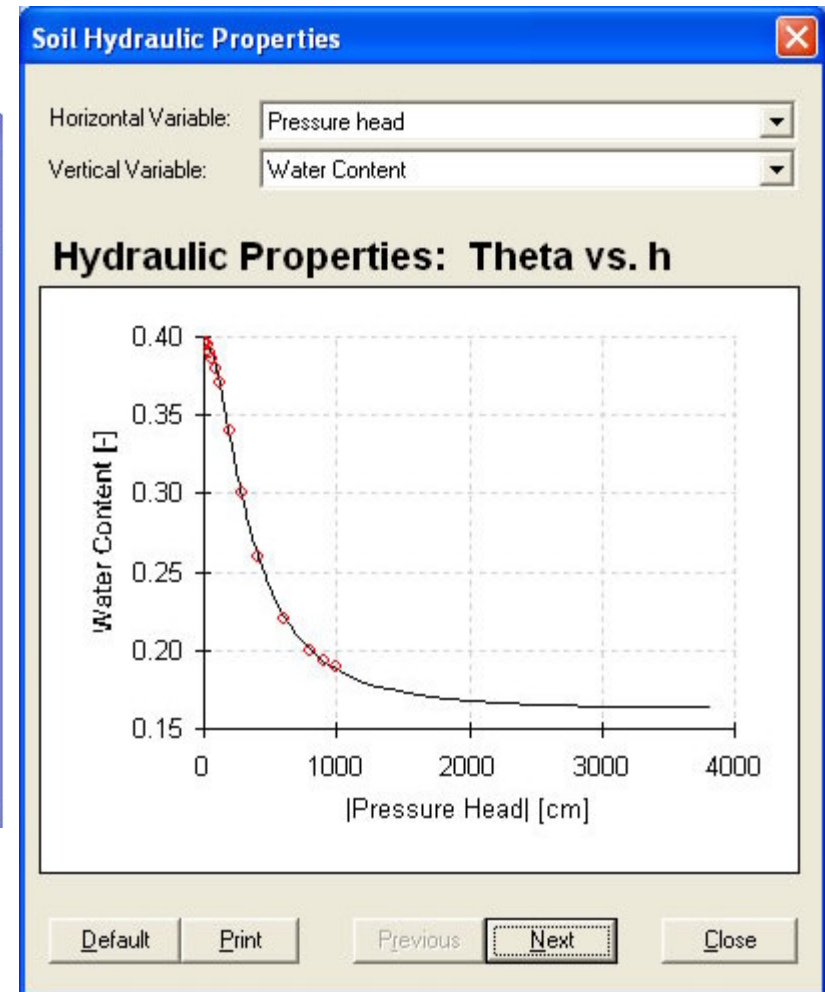
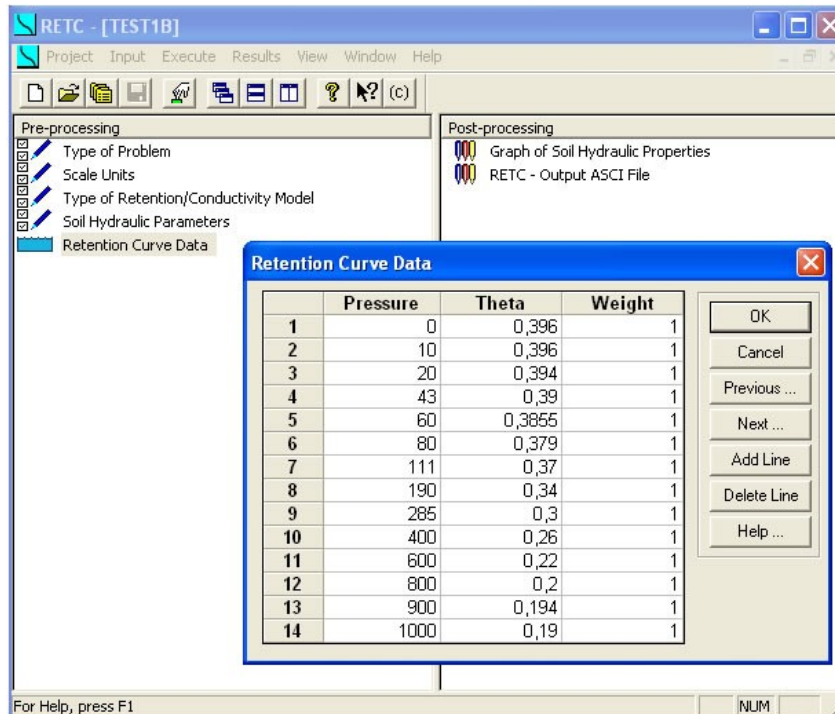
5: Pesquisas em andamento e Grupo de Pesquisa

3: Modelos aplicados à dinâmica da água no solo



3: Modelos aplicados à dinâmica da água no solo

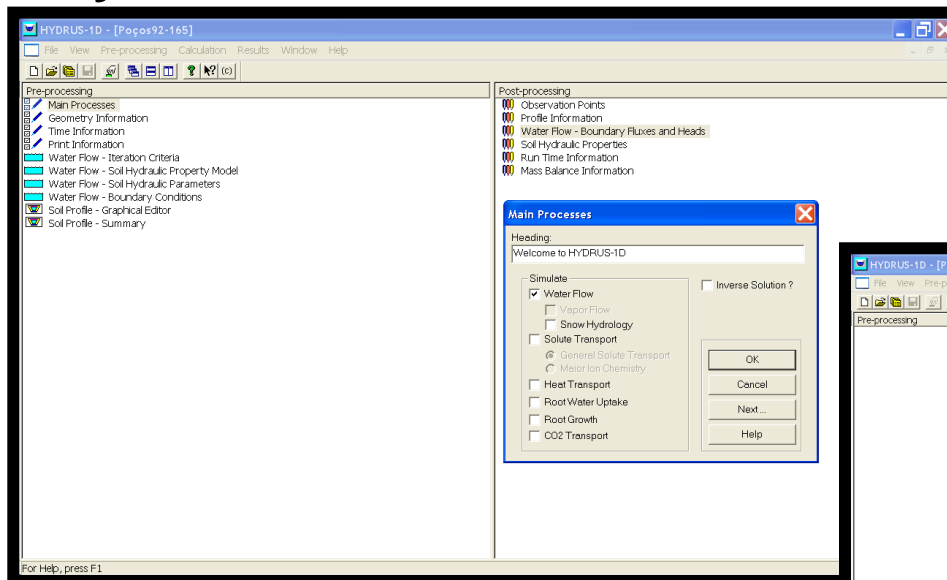
RETc (van Genuchten 1991)



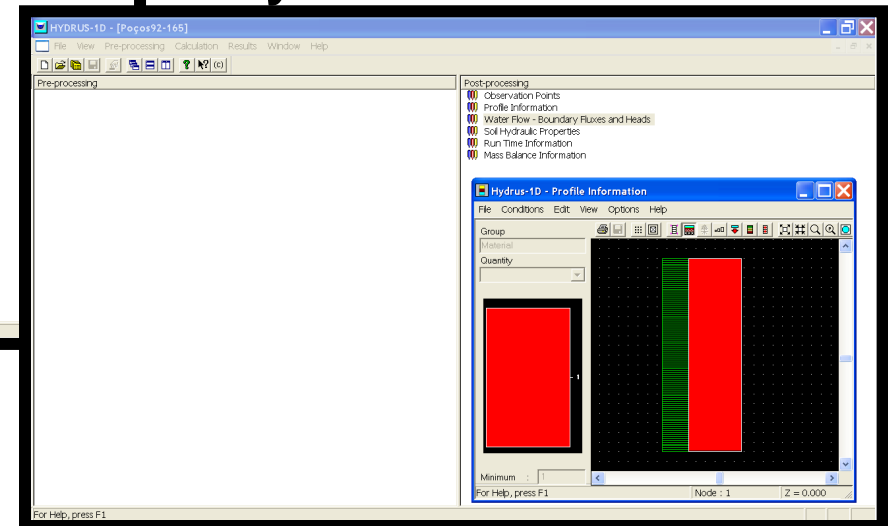
3: Modelos aplicados à dinâmica da água no solo

Hydrus 1D e 2D (U.S. Salinity Laboratory, International Groundwater Modeling Center and PC-Progress)

Hydrus 1D – Entrada de Dados



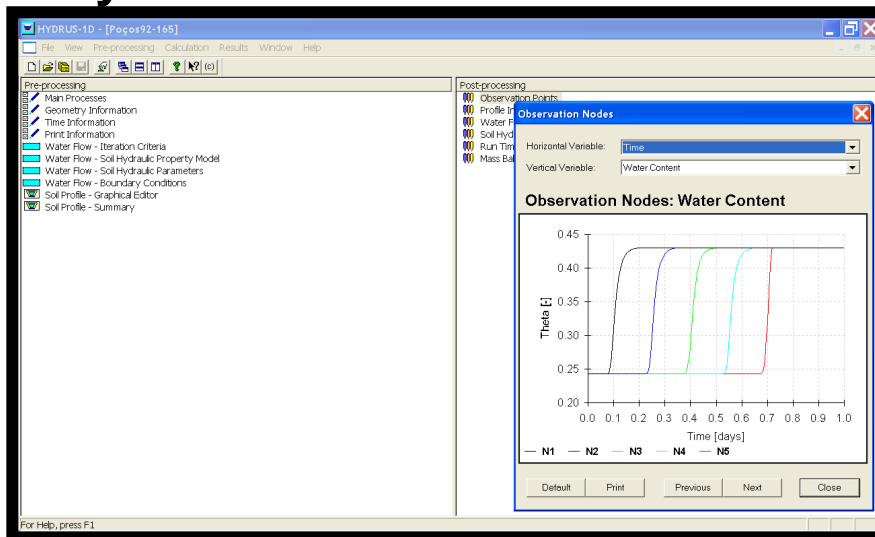
Hydrus 1D – Gráficos



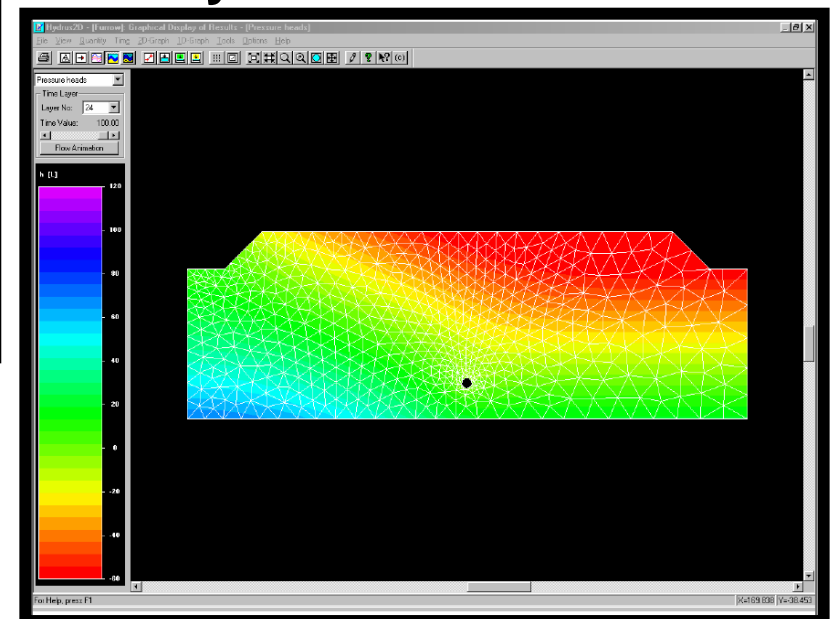
3: Modelos aplicados à dinâmica da água no solo

Hydrus 1D e 2D (U.S. Salinity Laboratory, International Groundwater Modeling Center, and PC-Progress)

Hydrus 1D – Perfis de Umidade



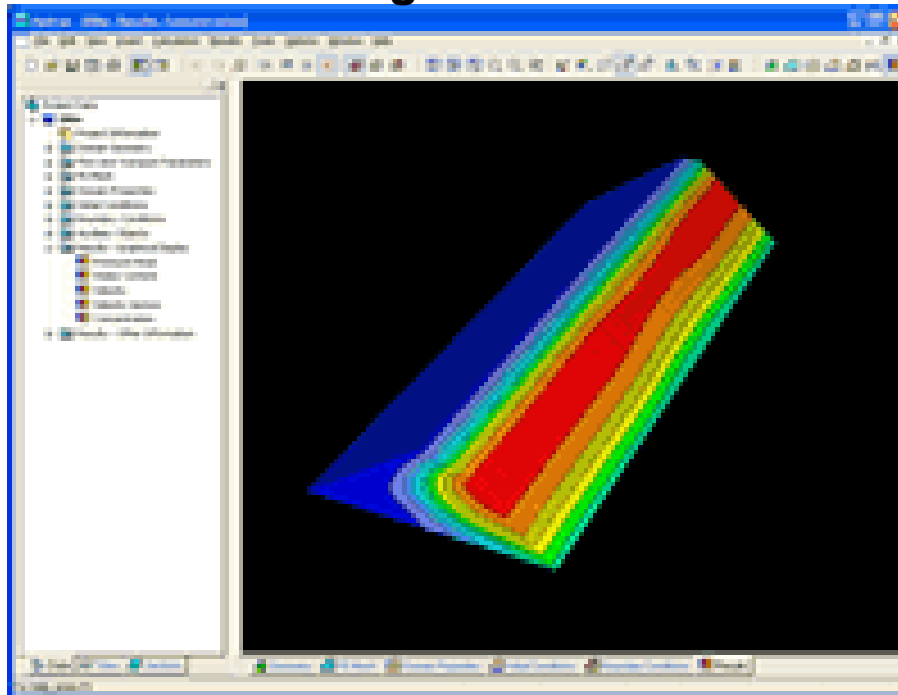
Hydrus 2D – Autocad



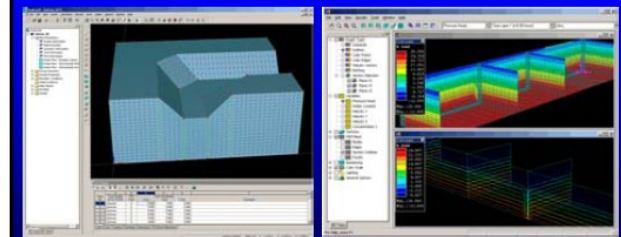
3: Modelos aplicados à dinâmica da água no solo

Hydrus 3D (U.S. Salinity Laboratory, International Groundwater Modeling Center, and PC-Progress)

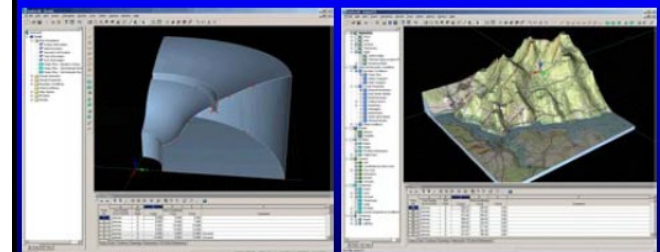
Rotating 3D model



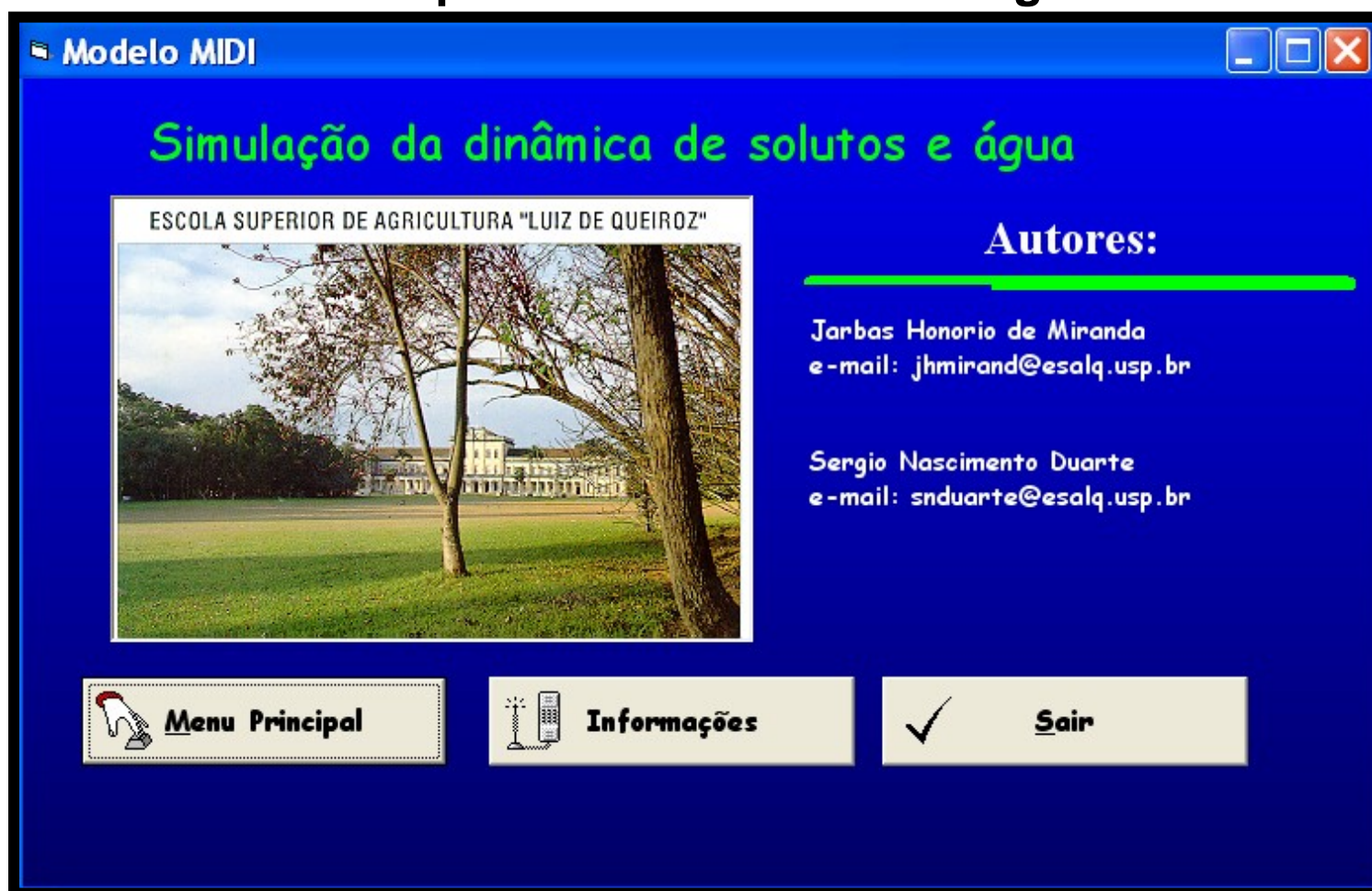
HYDRUS-3D - Preview



HYDRUS-3D - Preview



3: Modelos aplicados à dinâmica da água no solo



3: Modelos aplicados à dinâmica da água no solo

Modelo MIDI

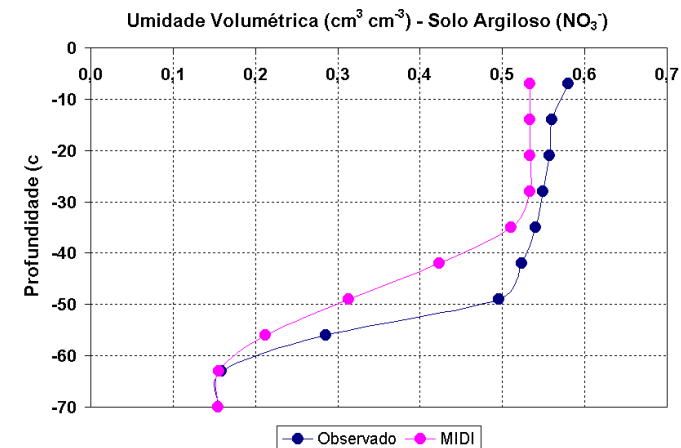
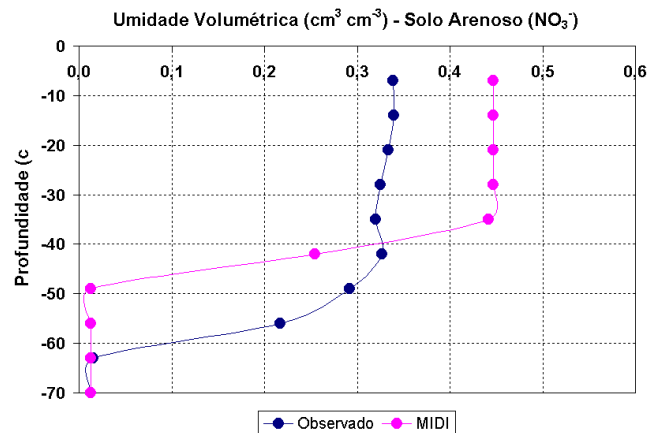
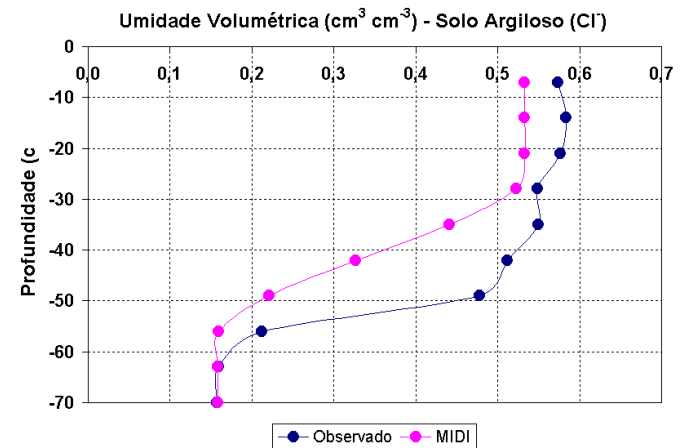
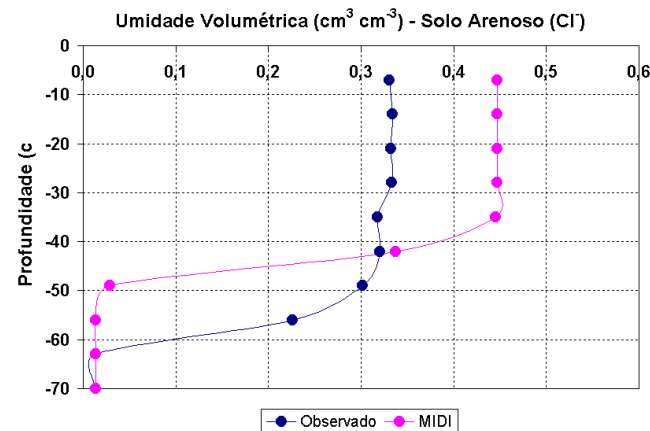
Dinâmica de Solutos

Dados de Unidade do solo		Dados da Simulação		Dados do soluto	
Tetainicial	0.158 (cm ³ /cm ³)	Intervalos	36000	Cloreto de Potássio	
Tetaresidual	0 (cm ³ /cm ³)	Vazão Gotejador	0.1178 (l/h)	Cs	50 (microg/ml)
Tetasaturado	0.533 (cm ³ /cm ³)	Diâmetro da coluna	5 (cm)	Co	0 (microg/ml)
Dados da Curva de retenção		Δz	7 (cm)	Do	0.0004668 (cm ² /min)
Alfa	0.0295 (1/cm)	Δt	0.3 (s)	λ	0.118503 (cm)
n	0.7164	Ko	5.29 (cm/h)	R	0.831
m	0.1356	Intervalos		Número de Pontos	10

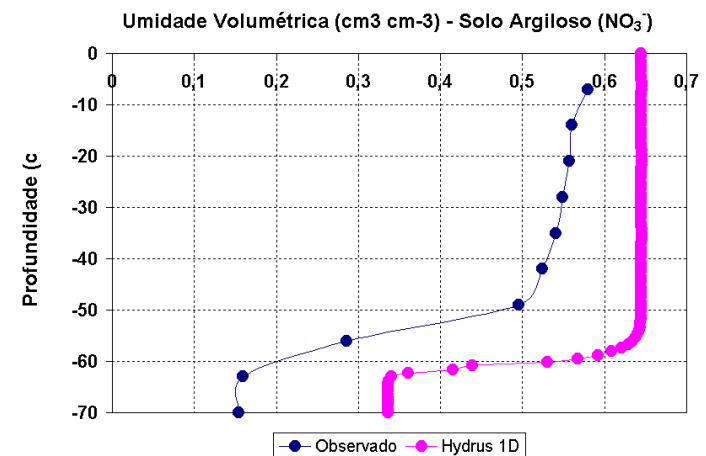
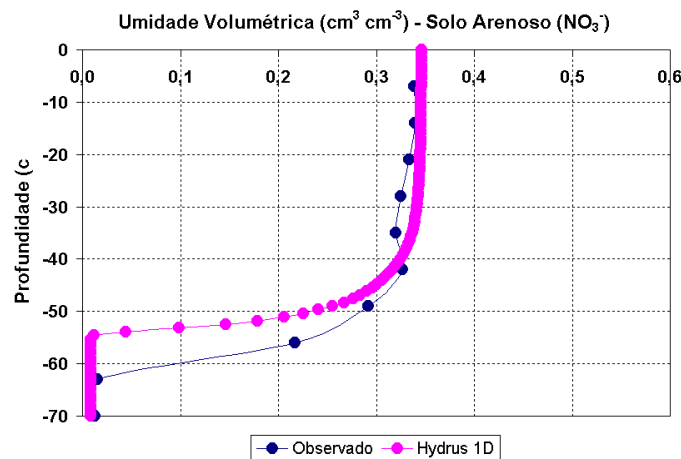
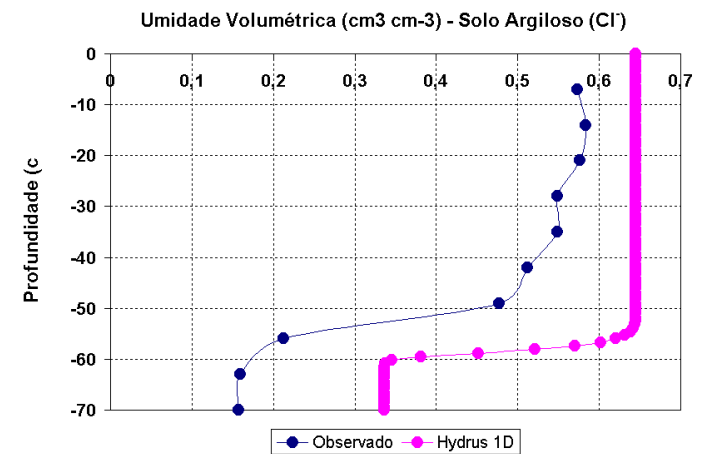
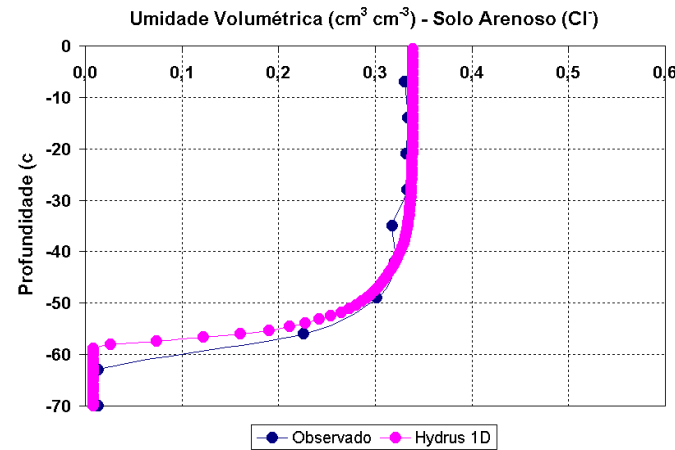
Índice	W	K (cm/min)	Potencial (cm)	Kmédio (cm/min)	Grad

Opções

3: Modelos aplicados à dinâmica da água no solo



3: Modelos aplicados à dinâmica da água no solo





Tópicos

1: Modelagem

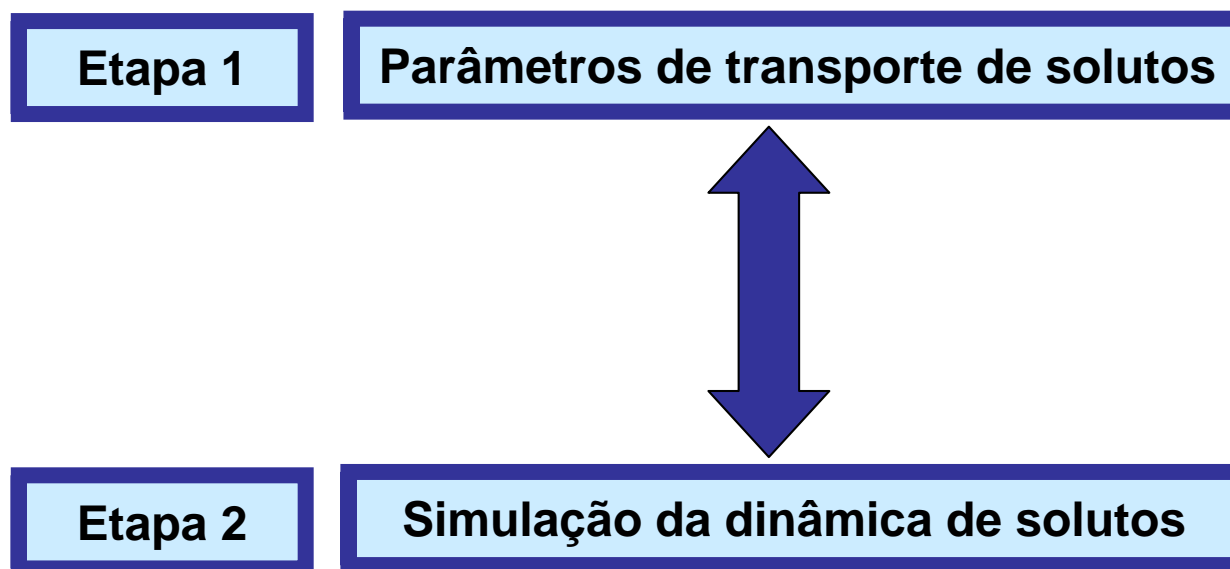
2: Modelos aplicados à área de Irrigação e Drenagem

3: Modelos aplicados à dinâmica da água no solo

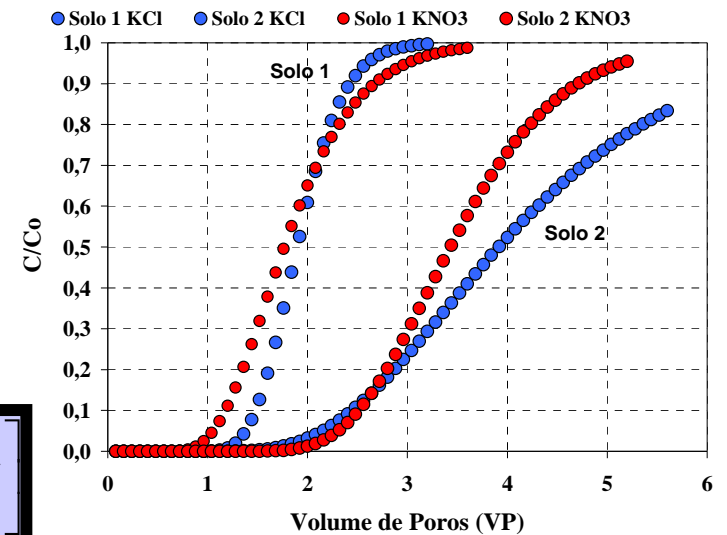
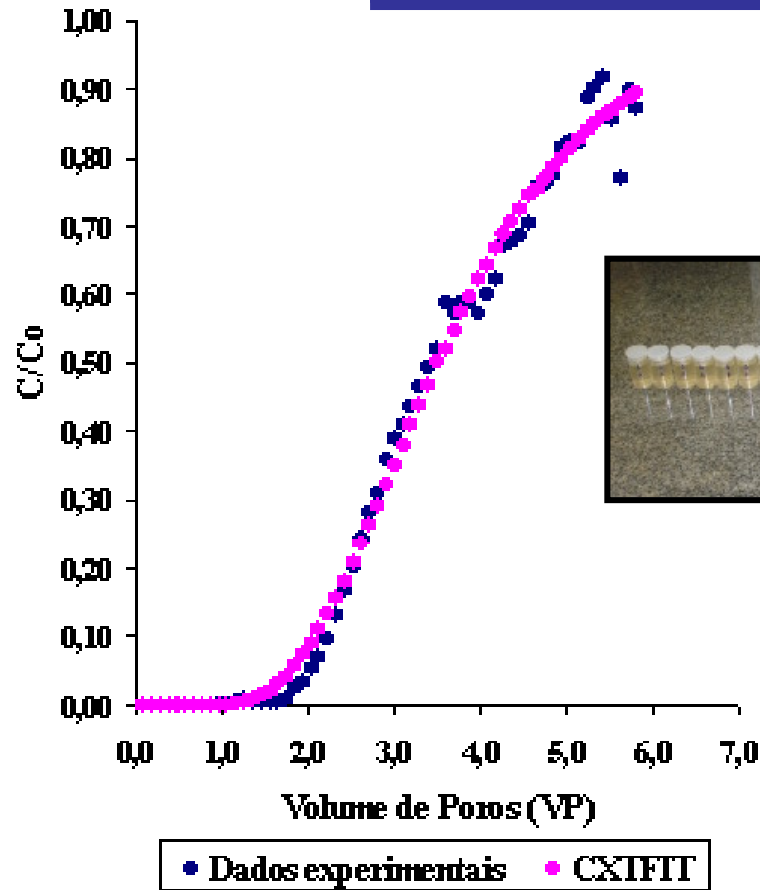
4: Modelos aplicados à dinâmica de solutos no solo

5: Pesquisas em andamento e Grupo de Pesquisa

4: Modelos aplicados à dinâmica de solutos no solo

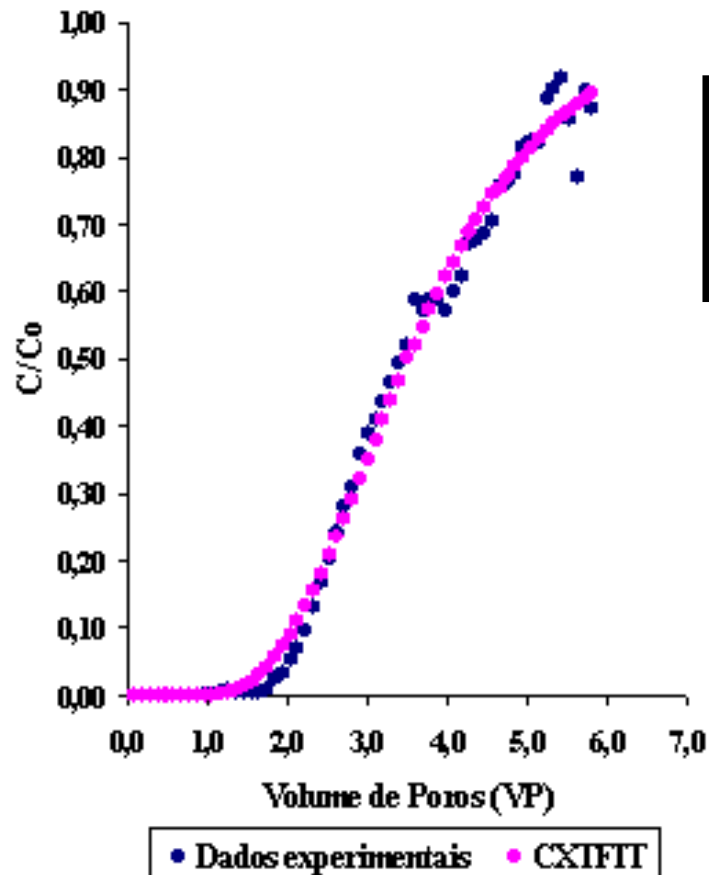


Parâmetros de transporte de solutos



$$C_e(T) := \frac{1}{2} \cdot \operatorname{erfc} \left[\frac{R \cdot L - v \cdot T}{2 \cdot (D \cdot R \cdot T)^{0.5}} \right] + \frac{1}{2} \cdot \exp \left(\frac{v \cdot L}{D} \right) \cdot \operatorname{erfc} \left[\frac{R \cdot L + v \cdot T}{2 \cdot (D \cdot R \cdot T)^{0.5}} \right]$$

$$C_e(T) := \frac{1}{2} \cdot \operatorname{erfc} \left[\frac{R \cdot L - v \cdot T}{2 \cdot (D \cdot R \cdot T)^{0.5}} \right] + \frac{1}{2} \cdot \exp \left(\frac{v \cdot L}{D} \right) \cdot \operatorname{erfc} \left[\frac{R \cdot L + v \cdot T}{2 \cdot (D \cdot R \cdot T)^{0.5}} \right]$$



$$\operatorname{erf} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{VP} e^{-v^2} dv$$



$$\operatorname{erfc} = 1 - \operatorname{erf}$$

$$\frac{d}{da_0} \sum_{i=1}^m \left[y_i - (a_1 \cdot x_i + a_0)^2 \right]$$



4: Modelos aplicados à dinâmica de solutos no solo



$$C_e(T) := \frac{1}{2} \cdot \operatorname{erfc} \left[\frac{R \cdot L - v \cdot T}{2 \cdot (D \cdot R \cdot T)^{0.5}} \right] + \frac{1}{2} \cdot \exp \left(\frac{v \cdot L}{D} \right) \cdot \operatorname{erfc} \left[\frac{R \cdot L + v \cdot T}{2 \cdot (D \cdot R \cdot T)^{0.5}} \right]$$

Tabela 1. Parâmetros de transporte do potássio para os solos 1 e 2 correspondentes ao cloreto de potássio (KCl) e nitrato de potássio (KNO₃)

Tipo de Solo	Parâmetros de transporte do potássio			
	V (cm min ⁻¹)	D (cm ² min ⁻¹)	R	λ (cm)
Solo 1 KCl	0,2207	0,08545	1,876	0,3872
Solo 1 KNO ₃	1,076	1,289	1,697	1,1980
Solo 2 KCl	0,6702	1,000	3,983	1,4921
Solo 2 KNO ₃	0,4366	0,2835	3,563	0,6493

4: Modelos aplicados à dinâmica de solutos no solo

Modelos computacionais disponíveis

Mathcad, Excel, **HP**, BTCFIT (Miranda, 2007)
DISP (BORGES JUNIOR, João C. F.; FERREIRA, Paulo A., 2006),
STANMOD (Jiri Simunek, M. Th. van Genuchten, M. Sejna, N. Toride, and
F. J. Leij, 1999)

1-Derivada parcial em
relação a R igual a zero:

$$\frac{F(1.001R, D) - F(0.999R, D)}{2 \cdot 0.001 \cdot R} = 0$$

2-Derivada parcial em
relação a D igual a zero:

$$\frac{F(R, 1.001D) - F(R, 0.999D)}{2 \cdot 0.001 \cdot D} = 0$$

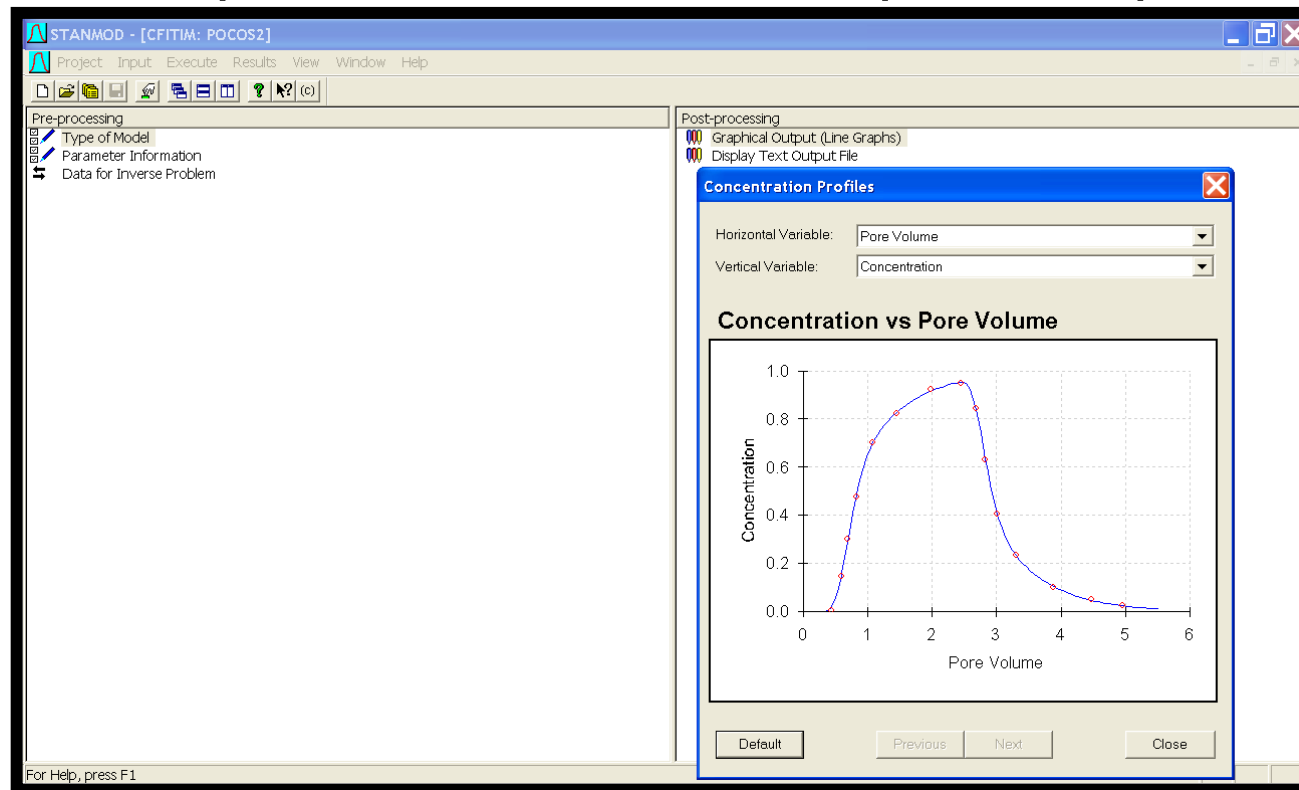
e

ou

$$f1(R, D) = 0 \quad \text{e} \quad f2(R, D) = 0$$

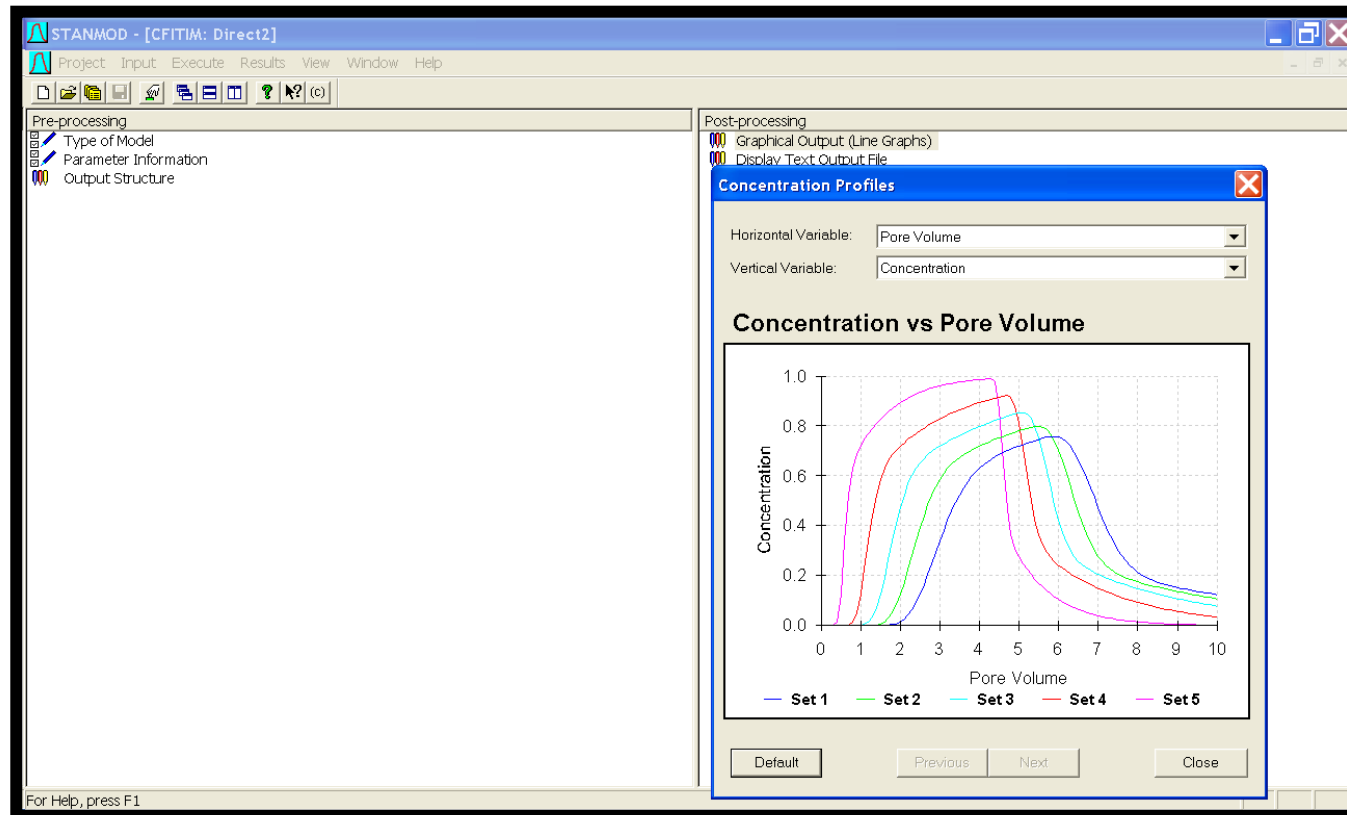
4: Modelos aplicados à dinâmica de solutos no solo

Stanmod (van Genuchten et al. 1986) – BTC's (CXTFIT)



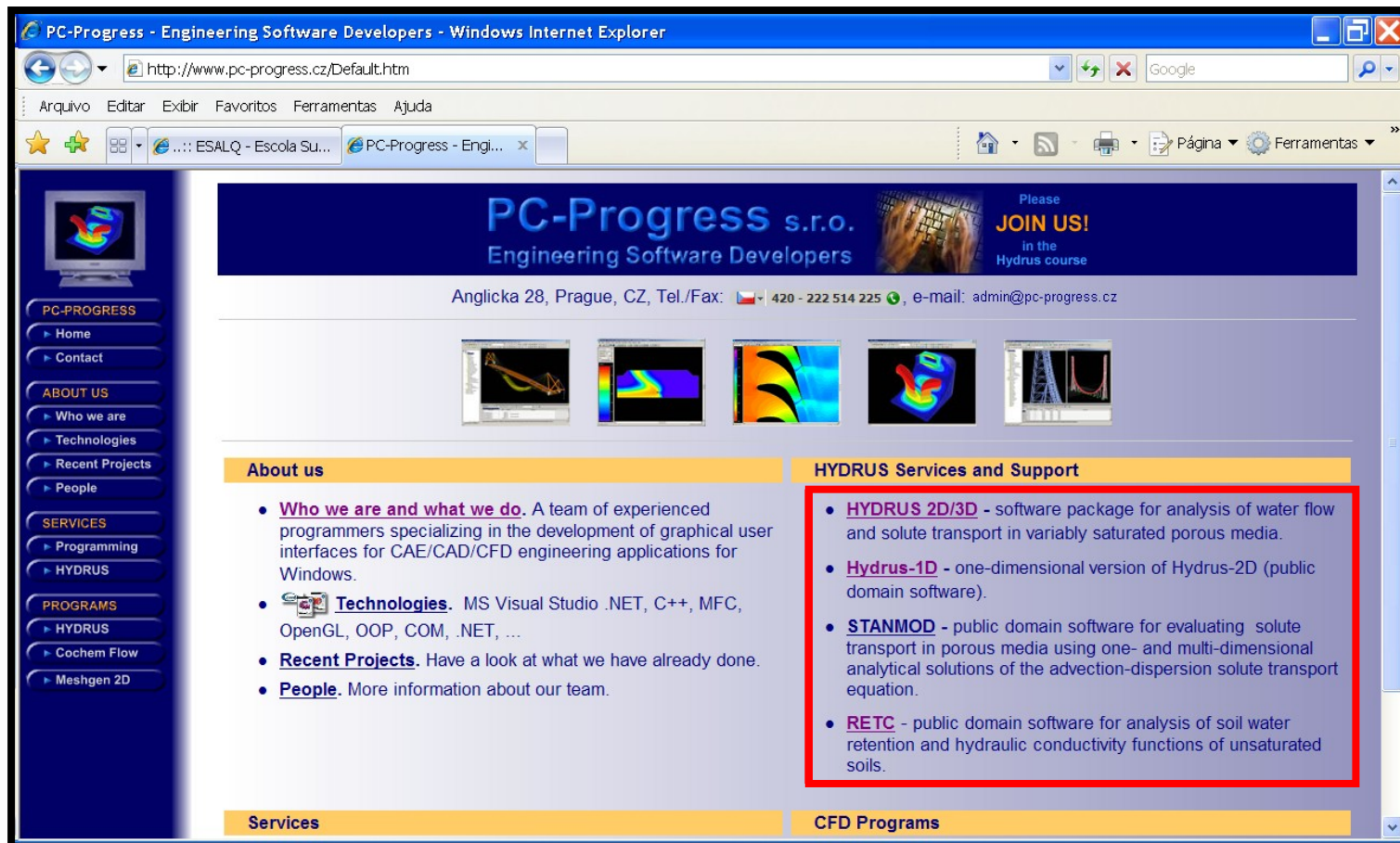
4: Modelos aplicados à dinâmica de solutos no solo

Stanmod (van Genuchten et al. 1986) – BTC's (CXTFIT)



4: Modelos aplicados à dinâmica de solutos no solo

Site: <http://www.pc-progress.cz/Default.htm>



PC-Progress s.r.o.
Engineering Software Developers

Please **JOIN US!**
in the Hydrus course

Anglicka 28, Prague, CZ, Tel./Fax: 420 - 222 514 225, e-mail: admin@pc-progress.cz

About us

- Who we are and what we do.** A team of experienced programmers specializing in the development of graphical user interfaces for CAE/CAD/CFD engineering applications for Windows.
- Technologies.** MS Visual Studio .NET, C++, MFC, OpenGL, OOP, COM, .NET, ...
- Recent Projects.** Have a look at what we have already done.
- People.** More information about our team.

HYDRUS Services and Support

- HYDRUS 2D/3D** - software package for analysis of water flow and solute transport in variably saturated porous media.
- Hydrus-1D** - one-dimensional version of Hydrus-2D (public domain software).
- STANMOD** - public domain software for evaluating solute transport in porous media using one- and multi-dimensional analytical solutions of the advection-dispersion solute transport equation.
- RETIC** - public domain software for analysis of soil water retention and hydraulic conductivity functions of unsaturated soils.

Services **CFD Programs**

4: Modelos aplicados à dinâmica de solutos no solo

Série de Taylor

$$f1(R + \Delta R, D + \Delta D) = f1(R, D) + \left[\Delta R \cdot \left(\frac{\partial f1(R, D)}{\partial R} \right)_{R,D} + \Delta D \cdot \left(\frac{\partial f1(R, D)}{\partial D} \right)_{R,D} \right]$$

$$f2(R + \Delta R, D + \Delta D) = f2(R, D) + \left[\Delta R \cdot \left(\frac{\partial f2(R, D)}{\partial R} \right)_{R,D} + \Delta D \cdot \left(\frac{\partial f2(R, D)}{\partial D} \right)_{R,D} \right]$$

Ajuste de BTC

Dados Gráfico

Dados da Coluna

Diâmetro da Coluna (cm) 5

Comprimento da Coluna (cm) 19.5

Vazão (cm³/s) 19.6349

Umidade Saturação 0.454

Densidade de fluxo (cm/s) 0.02

Velocidade (v) (cm/min) 2.88

☐ Completa ☒ Incompleta

Parâmetros de Ajuste - Valores Iniciais

Fator de Retardamento (R) 1

Coefficiente de Dispersão (D) 1

SQD

Visualizar Ajustar

Índice	Tempo	VP	C/Co	BTC
1	1.00	0.15	0.00000	0.0000
2	2.00	0.30	0.00200	0.0000
3	3.00	0.44	0.00300	0.0000
4	4.00	0.59	0.00300	0.0024
5	5.00	0.74	0.00700	0.0534
6	6.00	0.89	0.05500	0.2608
7	7.00	1.03	0.17600	0.5700
8	8.00	1.18	0.34300	0.8119
9	9.00	1.33	0.52200	0.9349
10	10.00	1.48	0.67800	0.9812
11	11.00	1.62	0.82100	0.9953
12	12.00	1.77	0.90100	0.9989
13	13.00	1.92	0.92200	0.9998
14	14.00	2.07	0.96400	1.0000
15	15.00	2.22	0.95300	1.0000

Resultados com Valores Ajustados

4: Modelos aplicados à dinâmica de solutos no solo

Ajuste de BTC

Dados

Gráfico

Dados da Coluna

Diâmetro da Coluna (cm)

5

Comprimento da Coluna (cm)

19.5

Vazão (cm³/s)

19.6349

Umidade Saturação

0.454

Densidade de fluxo (cm/s)

0.02

Velocidade (v) (cm/min)

2.88

☐ Completa

☒ Incompleta

Parâmetros de Ajuste - Valores Iniciais

Fator de Retardamento (R)

1.3085

Coeficiente de Dispersão (D)

1.7746

SQD

0.0017

Visualizar

Ajustar

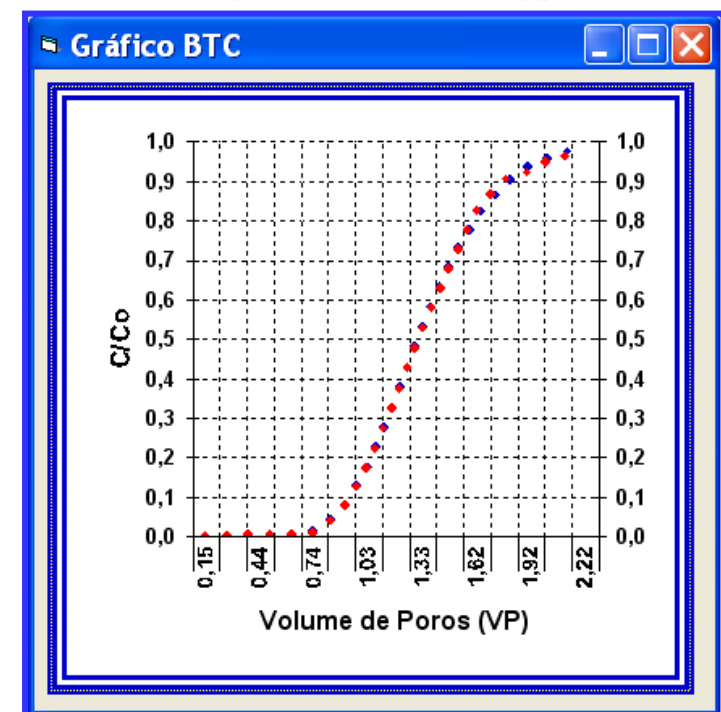
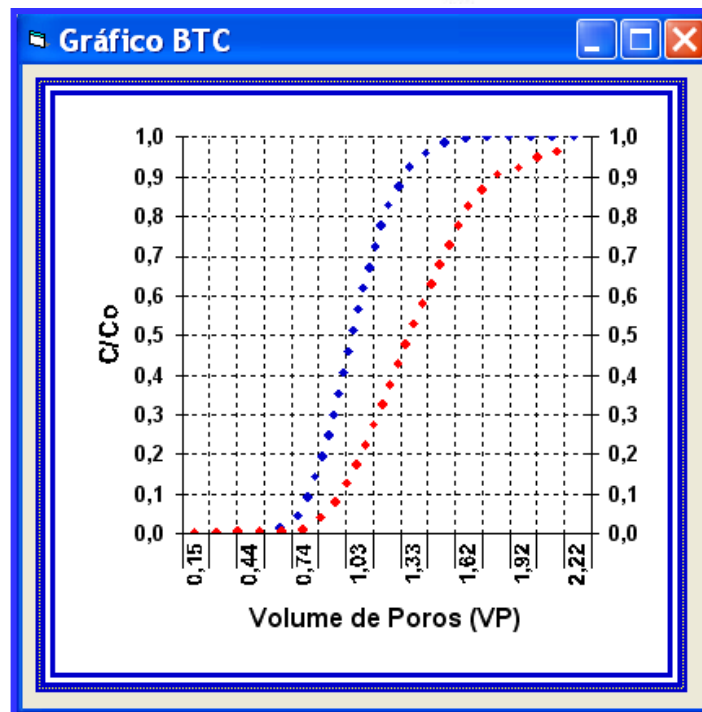
Índice	Tempo	VP	C/Co	BTC
1	1,00	0,15	0,00000	0,0000
2	2,00	0,30	0,00200	0,0000
3	3,00	0,44	0,00300	0,0000
4	4,00	0,59	0,00300	0,0006
5	5,00	0,74	0,00700	0,0105
6	6,00	0,89	0,05500	0,0594
7	7,00	1,03	0,17600	0,1738
8	8,00	1,18	0,34300	0,3423
9	9,00	1,33	0,52200	0,5249
10	10,00	1,48	0,67800	0,6851
11	11,00	1,62	0,82100	0,8058
12	12,00	1,77	0,90100	0,8872
13	13,00	1,92	0,92200	0,9376
14	14,00	2,07	0,96400	0,9668
15	15,00	2,22	0,95300	0,9829

Resultados com Valores Ajustados

4: Modelos aplicados à dinâmica de solutos no solo

Antes do Ajuste

Depois do Ajuste



Miranda (2006)

$R = 1,3085$

$D = 1,7746 \text{ cm}^2 \text{ min}^{-1}$

4: Modelos aplicados à dinâmica de solutos no solo

Wraith & Or (1998)

Miscible Displacement - Kidman Sand Using Step Solute Application							
Area of column	21.2	cm^2	Fitting Parameters				
Flow rate	0.02	cm/s	P	30.90007			
Volume water content	0.42		R	1.308675			
Flow velocity (v)	2.88	cm/min	D	1.812263	cm^2/min		
Column length	19.5	cm	SSE	0.0017			
			r^2	0.999483			
Time (min)	EC (dS/m)	Measured C/Co (rel. EC)	Cumulative outflow (cm^3)	T=vt/L	u	Predicted	Error^2
1	0.19	0.000	21.4	0.148	7.3503	0.0000	2.08E-43
2	0.285	0.002	44.6	0.295	4.5362	0.0000	6.09E-06
3	0.294	0.003	67.2	0.443	3.1640	0.0000	7.27E-06
4	0.294	0.003	90.3	0.591	2.2726	0.0007	4.19E-06
5	0.461	0.007	114.4	0.738	1.6145	0.0112	1.74E-05
6	2.32	0.055	135.9	0.886	1.0921	0.0612	3.52E-05
7	6.98	0.176	158.7	1.034	0.6576	0.1762	2.11E-08
8	13.4	0.343	181.5	1.182	0.2846	0.3437	4.18E-07
9	20.3	0.522	204.9	1.329	-0.0434	0.5245	5.09E-06
10	26.3	0.678	228.3	1.477	-0.3368	0.6831	2.59E-05
11	31.8	0.821	251.4	1.625	-0.6031	0.8031	0.000313
12	34.9	0.901	274.5	1.772	-0.8473	0.8846	0.00028
13	35.7	0.922	299.8	1.920	-1.0734	0.9355	0.00018
14	37.3	0.964	321.2	2.068	-1.2843	0.9653	2.86E-06
15	36.9	0.953	345.8	2.215	-1.4822	0.9820	0.000824

Miranda (2006)

R = 1,3085

D = 1,7746 cm² min⁻¹

4: Modelos aplicados à dinâmica de solutos no solo




Dinâmica de Solutos

Dados de entrada:

Dados de Umidade do solo		Dados da Simulação		Dados do soluto	
Tetainicial	0.0699 [cm ³ /cm ³]	Intervalos	28600	Cloreto de Potássio	
Tetaresidual	0 [cm ³ /cm ³]	Vazão Gotejador	0.15 [l/h]	Cs	50 [microg/ml]
Tetasaturado	0.562 [cm ³ /cm ³]	Diâmetro da coluna	5 [cm]	Co	531.67 [microg/ml]
Dados da Curva de retenção		Az	7 [cm]	Do	0.00114 [cm ² /min]
Alfa	0.3079 [1/cm]	At	0.3 [s]	λ	2.15014 [cm]
n	4.5258	Número de Pontos	10	R	4.75
m	0.0396				
Ko	16.18 [cm/h]				
Intervalos					

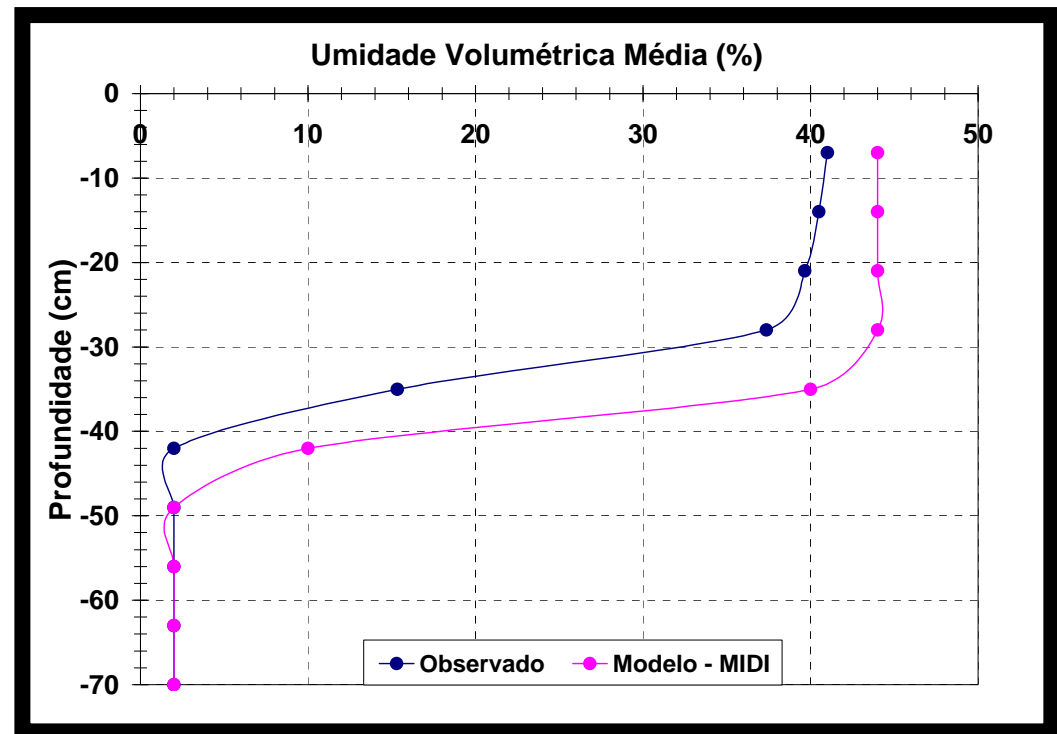
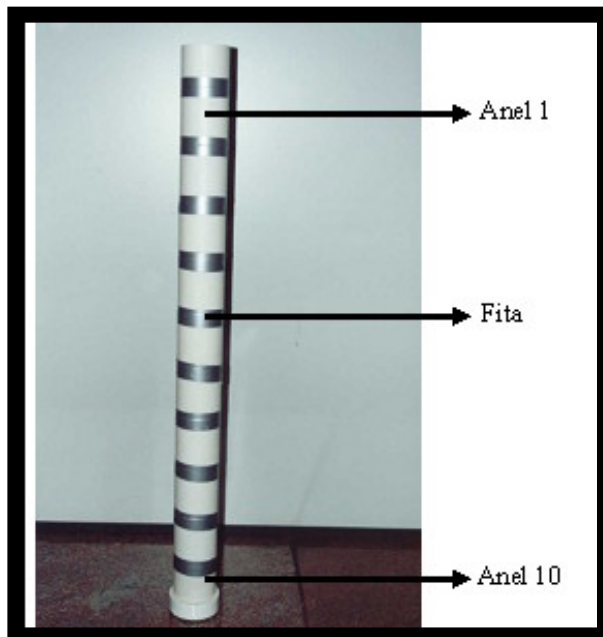
Índice	W	K (cm/min)	Potencial (cm)	Kmédio (cm/min)	Gradie

Oções:

☒ **Calcule**  **Salvar**  **Exibir**  **Voltar**

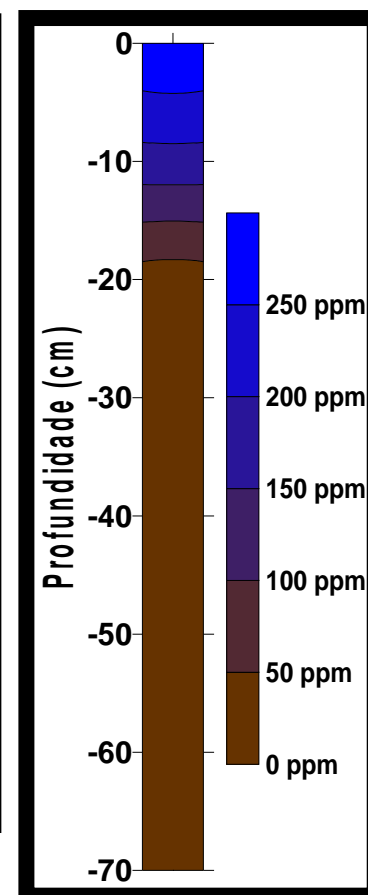
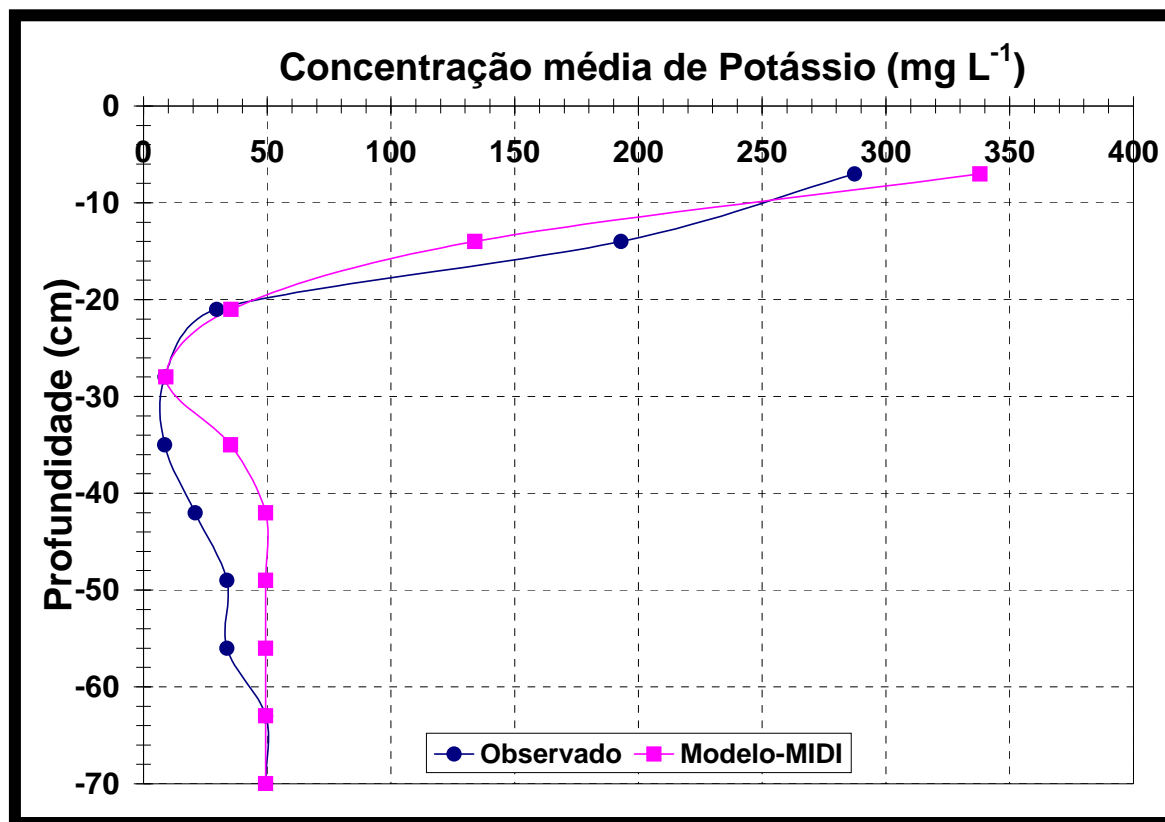
4: Modelos aplicados à dinâmica de solutos no solo

Perfil de umidade na coluna vertical



4: Modelos aplicados à dinâmica de solutos no solo

Concentração de potássio na coluna vertical





Tópicos

1: Modelagem

2: Modelos aplicados à área de Irrigação e Drenagem

3: Modelos aplicados à dinâmica da água no solo

4: Modelos aplicados à dinâmica de solutos no solo

5: Pesquisas em andamento e Grupo de Pesquisa

5: Pesquisas em andamento e Grupo de Pesquisa

1. Roque Emmanuel da Costa de Pinho. Análise de sensibilidade e avaliação da aplicação do modelo Hydrus-1D para simulação do perfil de umidade e solutos (nitrato e potássio) no solo.
2. Alisson Jadavi Pereira da Silva. Concentrações de nitrato e potássio na solução do solo estimado com uso da técnica de TDR em solo sob fertirrigação.
3. João Alberto Lelis Neto. Monitoramento do perfil das concentrações de componentes químicos da vinhaça aplicada em diferentes tipos de solo.
4. Elenilson Moreira Franco. Monitoramento do perfil de umidade e de solutos em cultura de lima ácida Tahiti sob irrigação por gotejamento.
5. Anderson Marcelli Palmieri. Desenvolvimento de sistema automatizado de baixo custo para monitoramento de elementos climáticos do ambiente agrícola.

1. João Batista Ribeiro da Silva Reis. Monitoramento da dinâmica de solutos na cultura do amendoim sob diferentes atenuações da radiação solar.
2. Marco Antônio Rosa de Carvalho. Análise de escoamento superficial em terrenos cultivados.
3. Claudio Augusto Uyeda. Influência da aplicação da vinhaça nas propriedades físicas do solo.

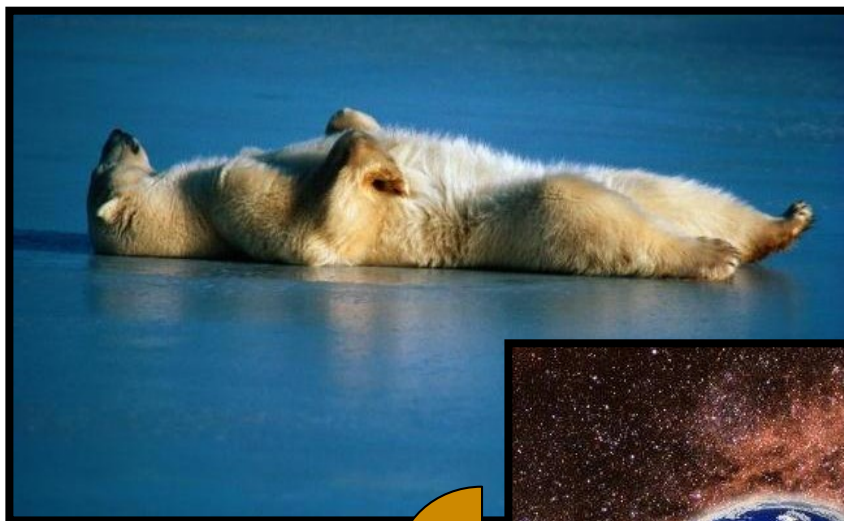


5: Pesquisas em andamento e Grupo de Pesquisa

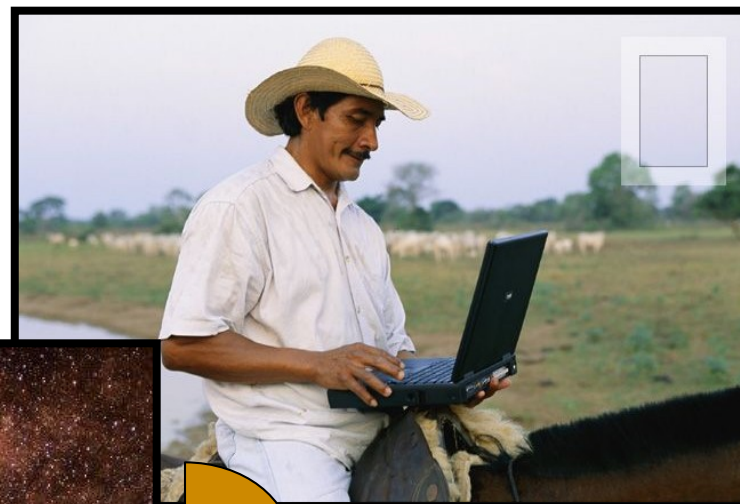
<http://www.lce.esalq.usp.br/gpeas/>



5: Pesquisas em andamento e Grupo de Pesquisa



**Mudanças
Climáticas**



Automação

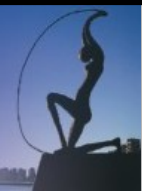


**Modelagem computacional
aplicada à dinâmica da água
e solutos no solo**

Prof. Jarbas Honório de Miranda
ESALQ/USP
e-mail: jhmirand@esalq.usp.br



**II Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Simpósio Brasileiro sobre o
Uso Múltiplo da Água**



Sbeanews

Obrigado pela atenção...

Jarbas Honório de Miranda

Prof. Associado

Departamento de Ciências Exatas

ESALQ/USP

Av. Pádua Dias n.11 cx.09 LCE/ESALQ/USP

CEP: 13.418-900 Piracicaba-SP

Fone: (19) 3429-4283 Ramal: 210

e-mail: jhmirand@esalq.usp.br

Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem

<http://www.esalq.usp.br/pg/11143.htm>

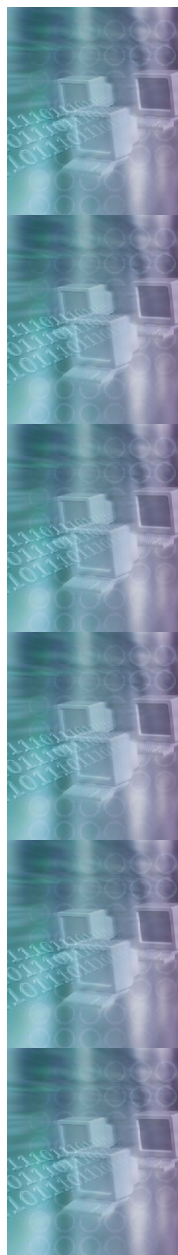
Programa de Pós-Graduação em Física do Ambiente Agrícola

<http://www.esalq.usp.br/pg/11131.htm>



**Modelagem computacional
aplicada à dinâmica da água
e solutos no solo**

Prof. Jarbas Honorio de Miranda
ESALQ/USP
e-mail: jhmirand@esalq.usp.br



**II Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação &
I Simpósio Brasileiro sobre o Uso Múltiplo da Água**