



**III SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA
04 a 07 de maio 2009
Passo Fundo - RS**

Agricultura irrigada: otimização da eficiência de irrigação e do uso da água

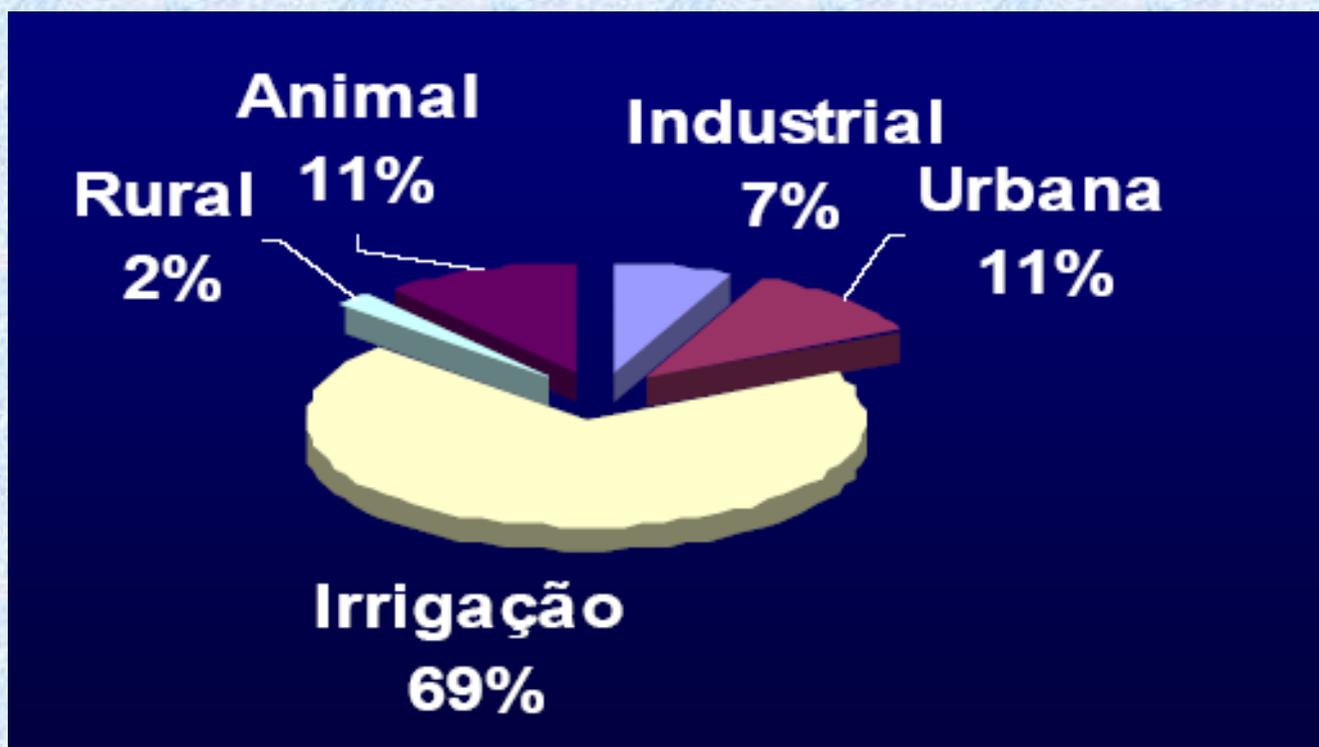
**Eugênio Ferreira Coelho – Embrapa CNPMF
Mauricio Antonio Coelho Filho – Embrapa CNPMF
Alisson Jadavi P da Silva – INGAC**

**Epamig, EAAJT, UFV, UFRB
CNPq / CT-Hidro - Processo 502989/2003-3
CNPq - Edital Universal - Processo 470689/2007-2**



III SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

- **Uso de água no Brasil**
– **Vazões de consumo**



(Cebds & ANA, 2006)



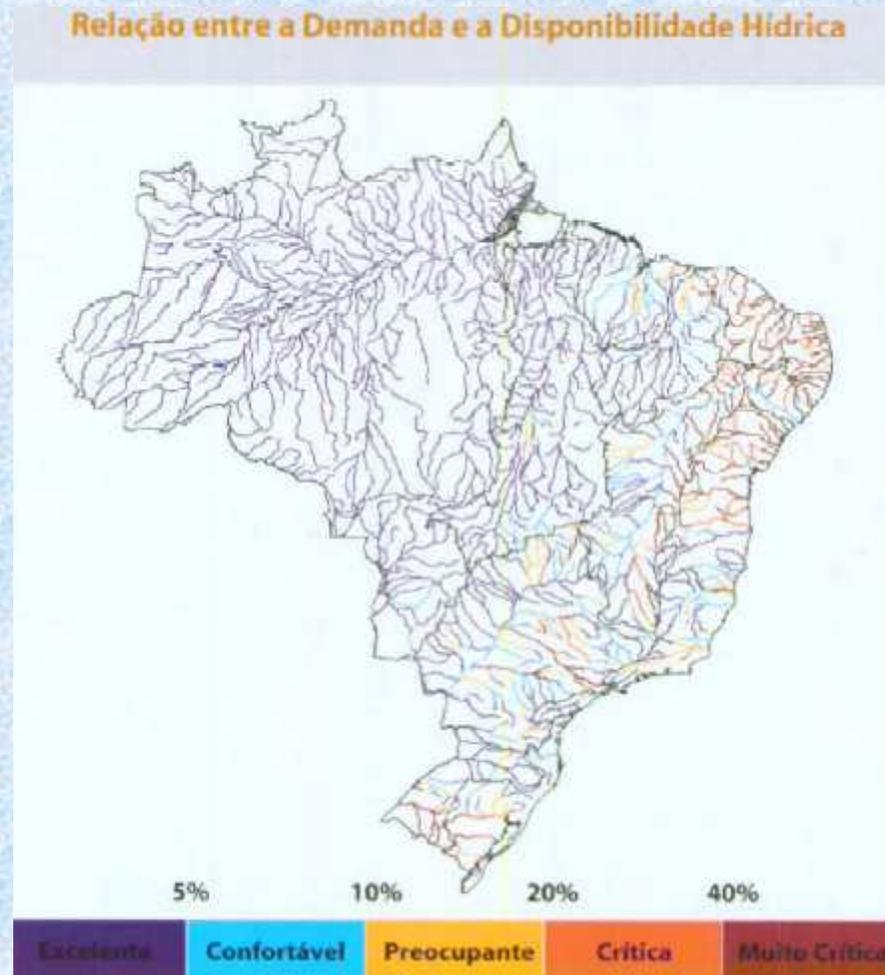
Introdução

- **Situação da irrigação**
 - **Últimos 30 anos no mundo: Área irrigada de 200 milhões para 270 milhões de ha (FAO, 2007)**
 - **No Brasil, de 1975 a 2004: aumento de 2,4 milhões de ha irrigados (Cristofidis, 2008)**
 - **No Brasil até 2006: área irrigada de 3,7 milhões de ha (6% área plantada) (CEbds & ANA, 2006)**
 - **No Brasil até 2006: Irrigação responde por**
 - 16% volume total de produção
 - 35% do valor econômico total da produção (CEbds & ANA, 2006)



Introdução

- Situação dos recursos hídricos

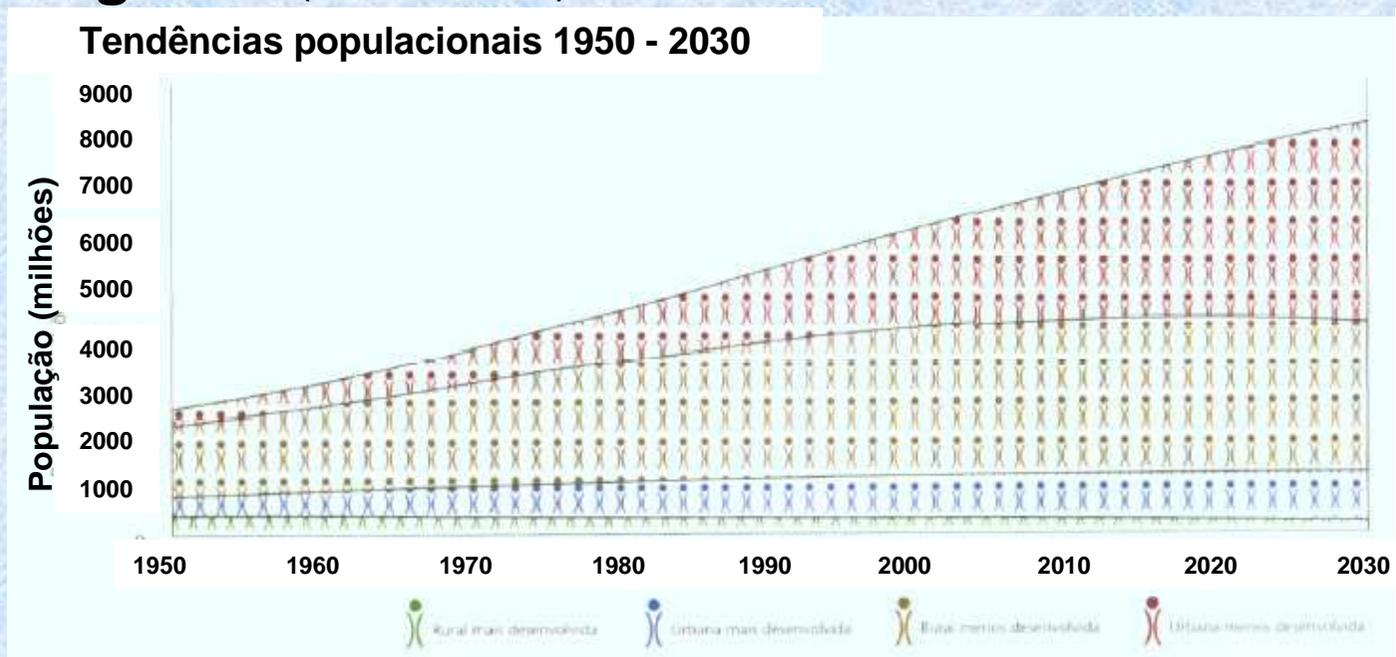


(CEbds & ANA, 2006)



Introdução

- **Crescimento da irrigação**
 - **No mundo até 2025: área irrigada de 330 milhões de ha, aumento de 22%** (Shiklomanov, 2000)
 - **No mundo até 2025: Aumento de 29% das áreas irrigadas** (IWMI, 2000)



(CEbds & ANA, 2006)



III SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

- **Eficiência de irrigação**
- **Eficiência de uso de água**

Tabela 1. Eficiência de irrigação média para diferentes regiões do Brasil.

Região	Água derivada dos mananciais (m³/ha/ano)	Água consumida pelos cultivos (m³/ha/ano)	Eficiência de Irrigação (%)
Norte	9.657	5.323	55,1
Nordeste	16.380	10.780	65,8
Sudeste	10.659	6.985	65,5
Sul	11.457	7.128	62,2
Centro-Oeste	7.941	2.442	30,8
Brasil	56.094	32.658	58,22

Fonte: Christofidis (1999)



**III SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O
USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA**

Eficiência de irrigação

Método de Irrigação	Eficiência de Irrigação (%)	Uso de Energia (kWh/m³)
Superfície	40 a 75	0,03 a 0,3
Aspersão	60 a 85	0,2 a 0,6
Localizada	80 a 95	0,1 a 0,4



III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

Eficiência de uso de água

$$EUA = \frac{P}{U} \quad \therefore \quad EUA = \frac{P}{R + D + Ep + Es + Tw + Tc}$$

P – produção comercial, matéria seca

R – Volume de água perdida por escoamento superficial;

D – Perda por percolação;

Ep – Perda por evaporação da fonte a parcela (condução);

Es – Perda por evaporação na parcela;

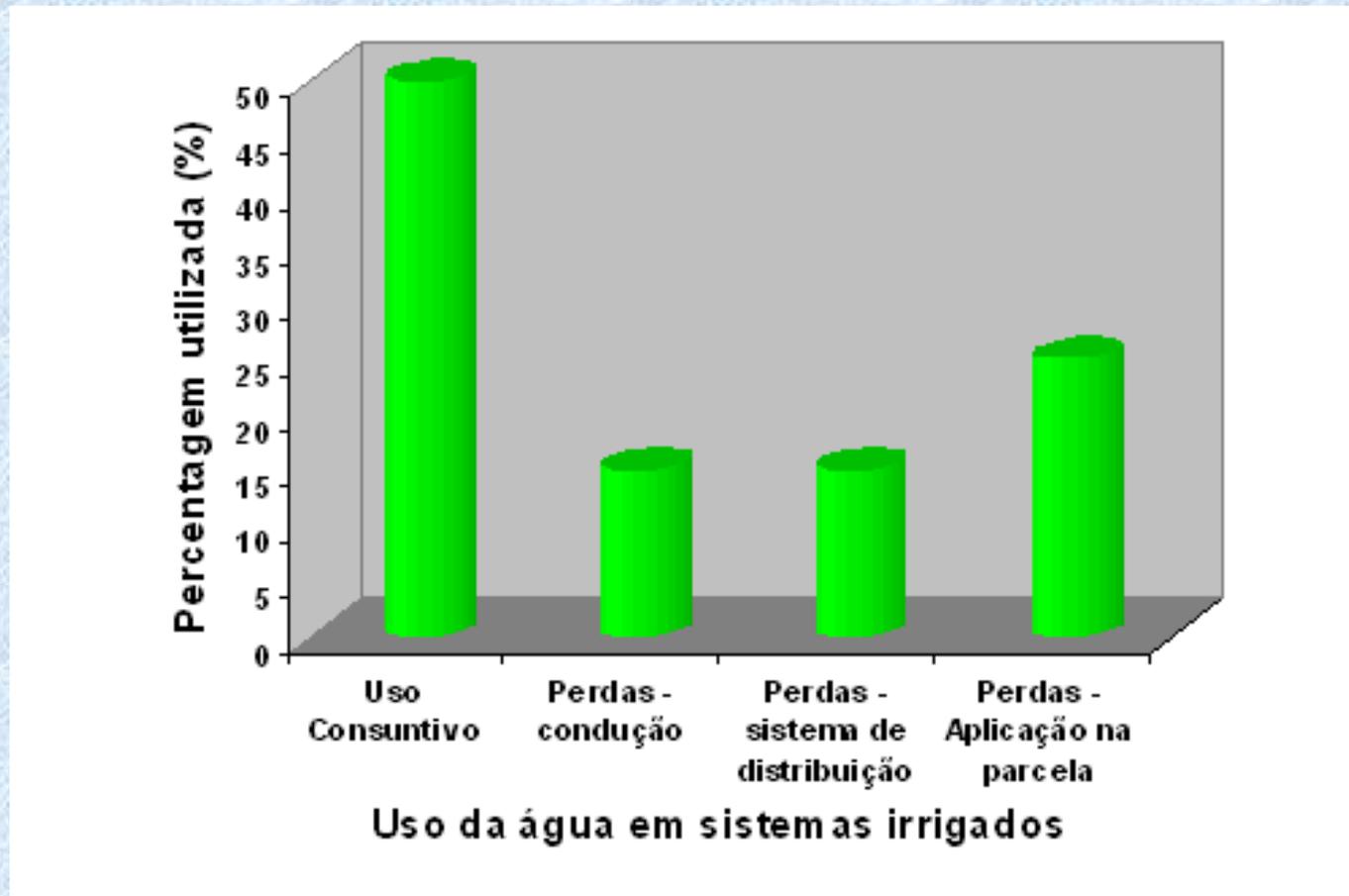
Tw – Volume transpirado pelo mato;

Tc – Volume transpirado pela cultura.



III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

Eficiência de uso de água



Seralgedin (1997) citado por Cristofidis (2001)



III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

Eficiência de uso de água

Cultura	kg produção /m ³ de água	m ³ de água/kg produção
Feijão	0,39	2,56
Arroz	0,46	2,17
Banana	1,16	0,86
Melão	2,31	0,43
Batata	3,82	0,26
Tomate	16,76	0,06
Soja	0,57	1,75
Milho	1,72	0,58
Trigo	0,96	1,04



III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

OTIMIZAÇÃO DA EFICIENCIA DE IRRIGAÇÃO E DE USO DE ÁGUA

Maximizar
fatores que
aumentam

Minimizar fatores
que reduzem

↑ P

↓ $R + D + E_p + E_s + T_w + T_c$



III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

OTIMIZAÇÃO DA EFICIENCIA DE IRRIGAÇÃO E DE USO DE ÁGUA

Benefícios econômicos/produtividade

Produtividade/Transpiração

transpiração/Usó pela cultura

Usó pela cultura/Armazenamento

Armazenamento/irrigação





III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

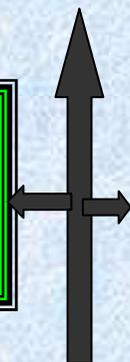
**Maximizar eficiência de uso de
água pelas plantas**

**OTIMIZAÇÃO DA EFICIENCIA DE
IRRIGAÇÃO E DE USO DE ÁGUA**

**Otimizar sistemas de
irrigação**

**Otimizar o manejo da
irrigação**

Fatores ambientais





OTIMIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE IRRIGAÇÃO E DE USO DE ÁGUA

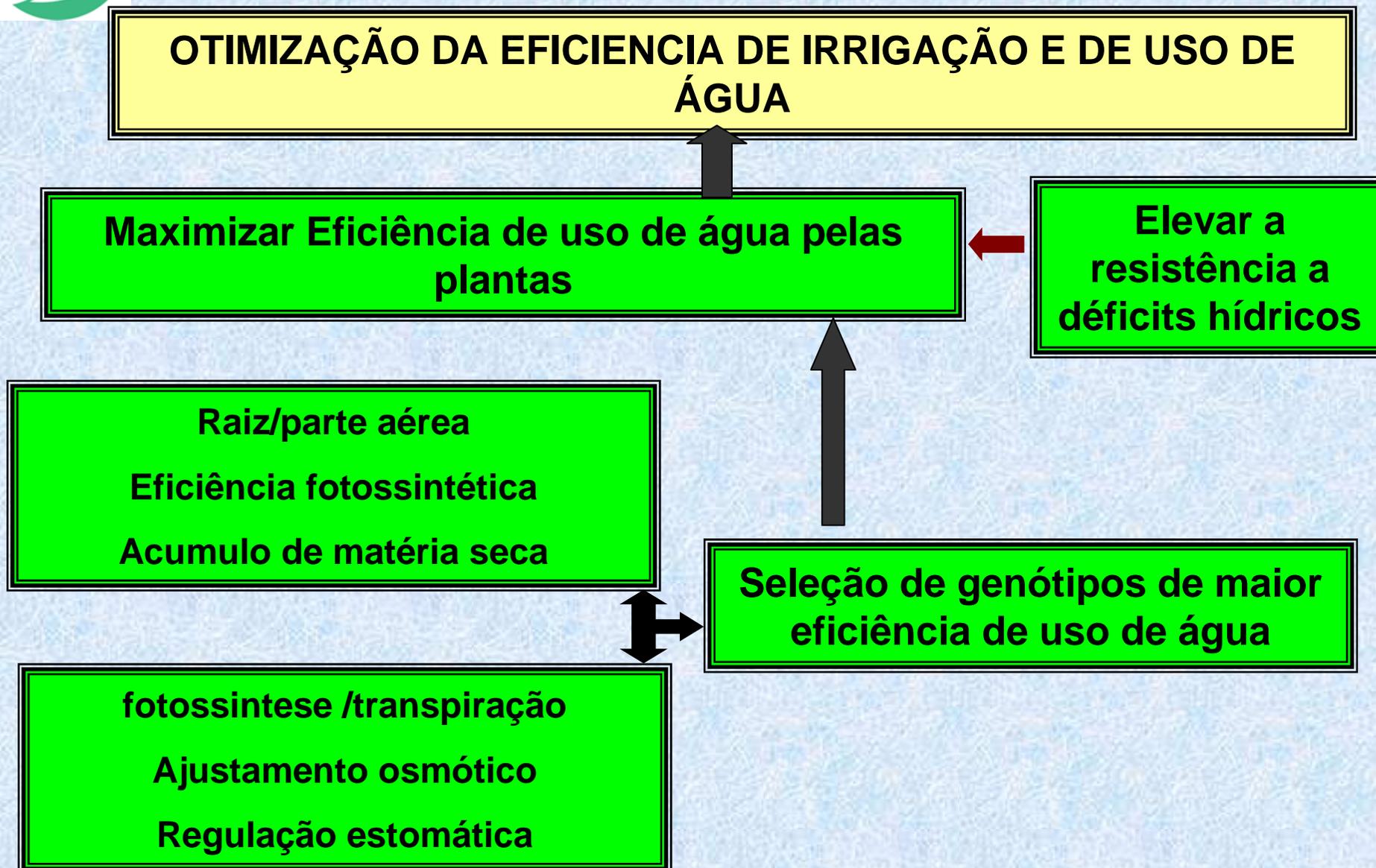
Maximizar Eficiência de uso de água pelas
plantas

Elevar a
resistência a
déficits hídricos

Raiz/parte aérea
Eficiência fotossintética
Acumulo de matéria seca

Seleção de genótipos de maior
eficiência de uso de água

fotossíntese /transpiração
Ajustamento osmótico
Regulação estomática





III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

Maximizar Eficiência de uso de água pelas plantas

Seleção de genótipos de
maior eficiência de uso de
água

BRS Tropical - Tetraploide (AAAB)



Resistência a déficits
hídricos



Maximizar Eficiência de uso de água pelas plantas

BRS Tropical - Tetraploide (AAAB)

Seleção de genótipos de maior eficiência de uso de água

Resistência a déficits hídricos

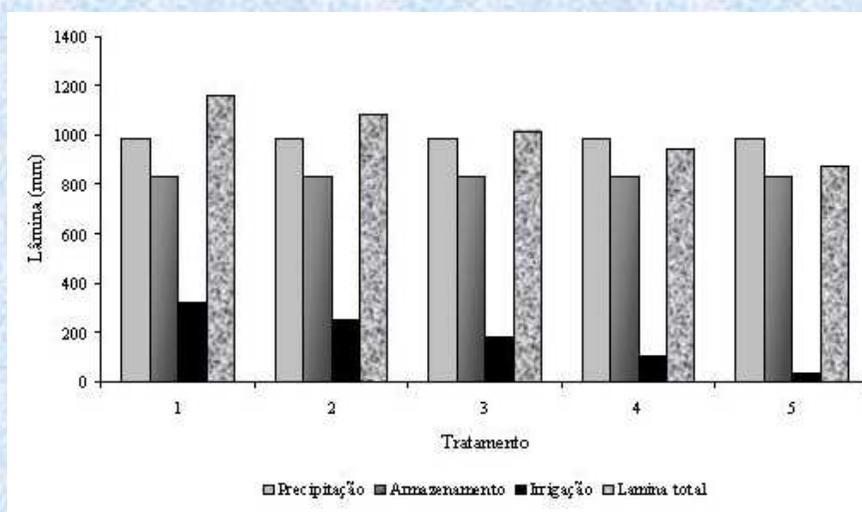


Tabela 1. Médias dos parâmetros de produção da bananeira Maçã Tropical sob cinco configurações de sistemas de irrigação por gotejamento.

Microaspersão				Gotejamento	
Tratamento	Area foliar (m ²)	Tratamento	Peso de percas (t ha ⁻¹)	Tratamento	Peso de percas (t ha ⁻¹)
T3	18,14 a	T4	16,329 a	T2	14,650 a
T2	19,05 ab	T2	18,914 ab	T3	18,023 ab
T4	19,44 ab	T1	21,581 ab	T4	21,366 ab
T5	19,77 ab	T5	22,903 b	T5	22,417 ab
T1	20,75 b	T3	24,233 b	T1	23,435 b

T1 – Irrig total (IT)

T2 – 80% IT

T3 – 60% IT

T4 – 35% IT

T5 – 12% IT



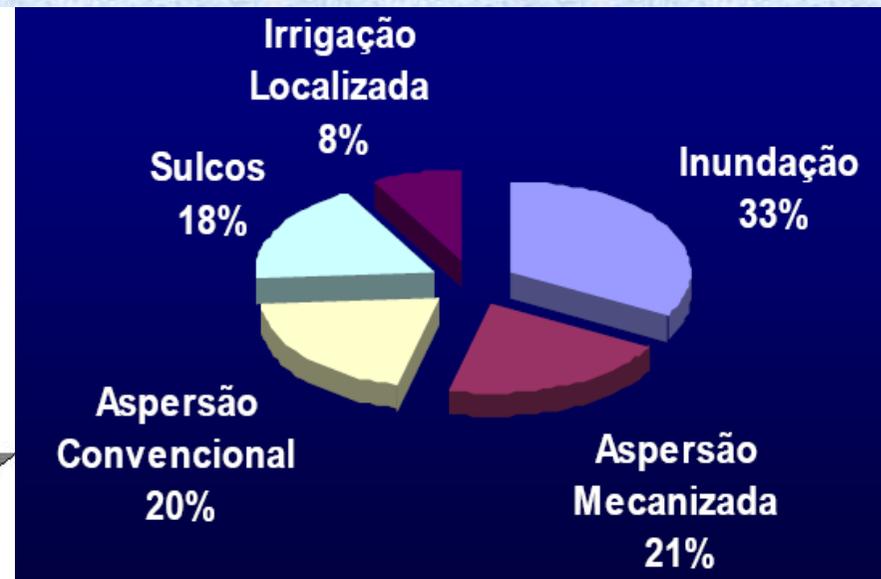
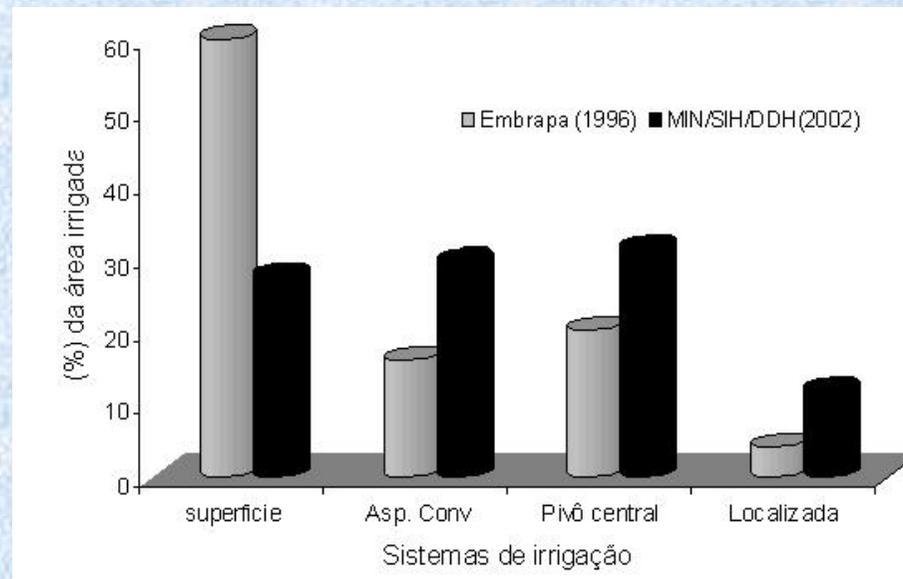
Otimizar sistemas de irrigação

Método de irrigação (L/s/ha)	
Inundação	2,0 - 2,5
Sulcos	0,8 - 2,0
Aspersão	0,6 - 1,0
Localizada	0,3 - 0,7



Otimizar sistemas de irrigação

- **Sistemas de irrigação no Brasil**



(Cebds & ANA, 2006)



Otimizar sistemas de irrigação - Superfície

Arroz - Rio Grande do Sul



Cultivo pré-germinado



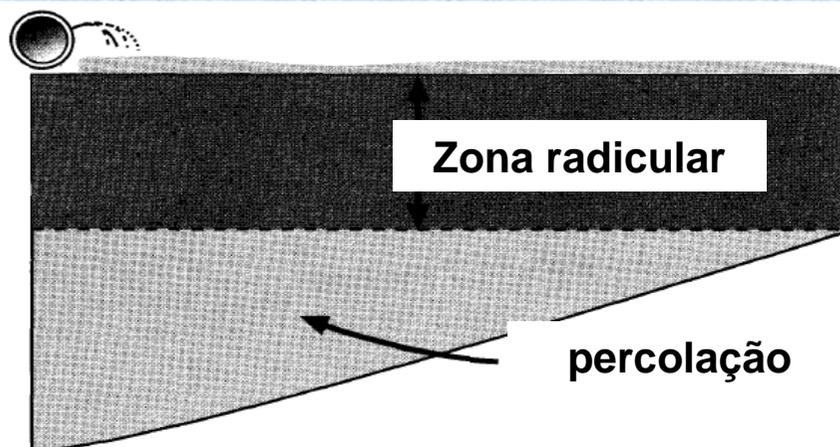
Períodos	m ³ /ha	Produtividade (kg/ha)
1960-70	17.000	3.000
1980-90	12.000	5.000
Início séc. XXI	8.000	8.000



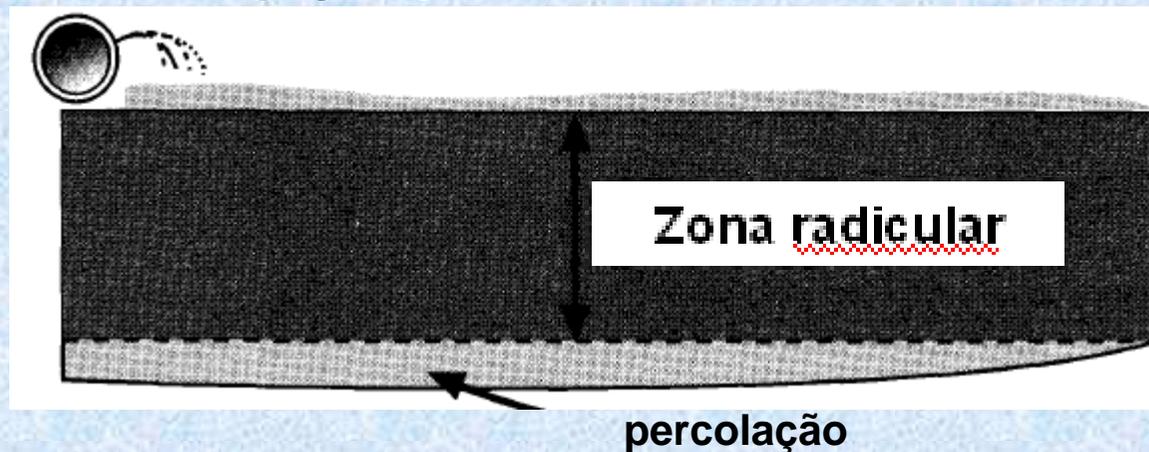
Mudança de sistema de irrigação



Otimizar sistemas de irrigação - Superfície



Irrigação por sulcos convencional



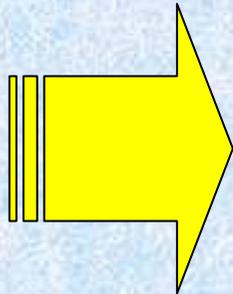
Irrigação por sulcos surge flow

**Aumento da
eficiência para
valores até 80%**



III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

Otimizar sistemas de irrigação - Aspersão





III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

Maximizar o uso racional de água

Otimizar sistemas de irrigação - Aspersão



**Linear Pivô
central**

85 - 90%

85 - 95%



80 - 85%

MESA



LESA

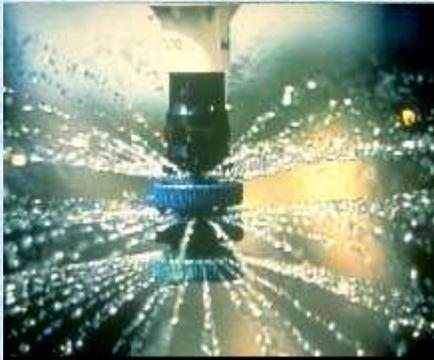


LEPA



III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

Otimizar sistemas de irrigação - Aspersão



LEPA



Super spray



Quad Spray



Quad Spray

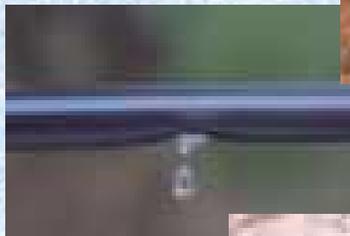


Emissor LDN

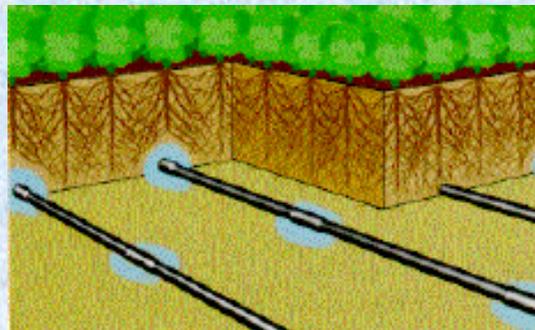


III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

Otimizar sistemas de irrigação - Microirrigação



85 - 95% **Gotejamento**



Gotejamento enterrado



Microaspersão

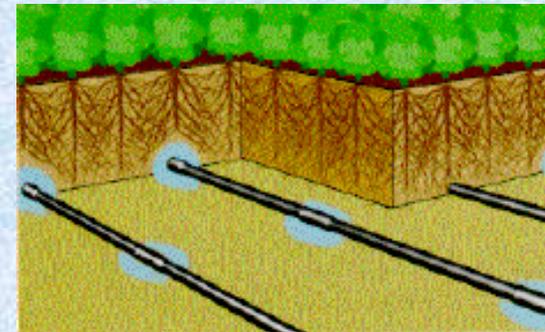
85 - 90%



Otimizar sistemas de irrigação - Microirrigação



Gotejamento



Gotejamento enterrado

Perdas por evaporação na superfície do solo:

Gotejamento superficial de baixa freqüência - 15 a 33% ETo

Gotejamento superficial de alta freqüência - 8 a 20% ETo

Gotejamento enterrado de alta freqüência - 4 a 8% ETo



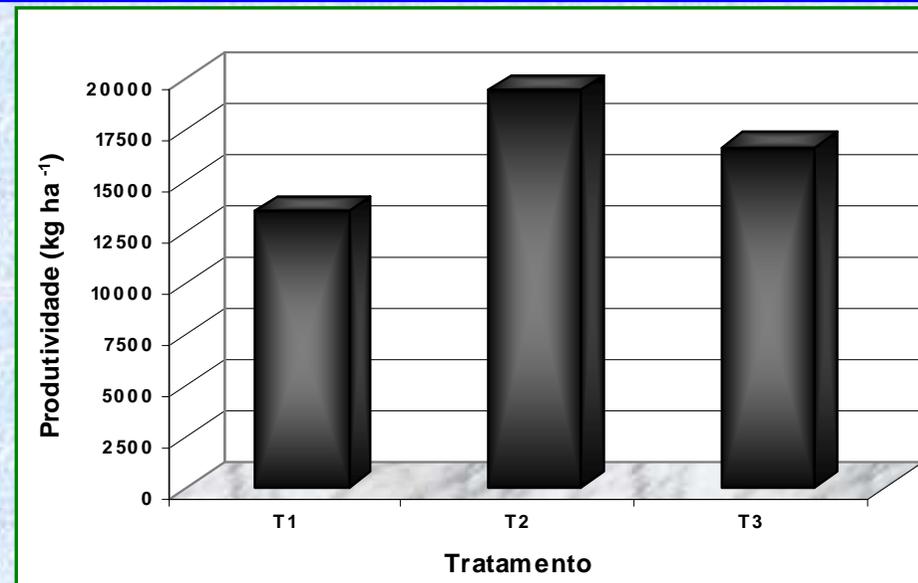
Otimizar sistemas de irrigação - Microirrigação

➤ T2 – um microaspersor para duas plantas, localizado ao longo da fileira, com vazão de 70 L h⁻¹;

➤ T3 – um microaspersor por planta, localizado a 0,3 m da planta, com vazão de 35 L h⁻¹;



	Eto	RS	Posição	FSr	Relação	FSp	
	mm dia ⁻¹	MJ m ⁻² dia ⁻¹	do ramo	L m ⁻² dia ⁻¹	FSr/RS	FSr/Eto	
			média	0,572	0,010170	0,000170	
T2	4,21	18,79	NORTE	0,658	0,035019	0,156295	114,95
			SUL	0,462	0,024588	0,109739	
			LESTE	0,799	0,042523	0,189786	
			OESTE	0,577	0,030708	0,137055	
			média	0,624	0,033209	0,148219	
T3	4,25	17,39	NORTE	0,712	0,040931	0,167529	110,75
			SUL	0,389	0,022362	0,091529	
			LESTE	0,762	0,043805	0,179294	
			OESTE	0,473	0,027191	0,111294	
			média	0,584	0,033572	0,137412	





Otimizar sistemas de irrigação - Automação



QUADRO 1 - Comparativo de um sistema de irrigação manual e um sistema automatizado, variando-se o tempo de irrigação.

ÍTEMS	MANUAL	AUTOMÁTICO
Número de setores	05	10
Vazão do emissor (l/h)	120	120
Vazão do sistema (m ³ /h)	83	41,5
Tempo de irrigação/setor (h)	1,93	1,93
Tempo de funcionamento total (h)	9,65	19,3
Diâmetro da adução (polegadas)	6"	4"
Capacidade de filtragem (m ³ /h)	2 x 3" = 100m ³ /h	2 x 2 1/2" = 60m ³ /h
Potência de acionamento (cv)	50	25
Custo do equipamento (R\$)	55.125,00	46.500,00

Suzuki & Hernandez, 2009 - Irrigaterra

Reduz mão de obra

Sem necessidade de acompanhamento

Precisão nos tempos e turnos de irrigação

Reduz custo de bombeamento

Suzuki & Hernandez, 2009 - Irrigaterra





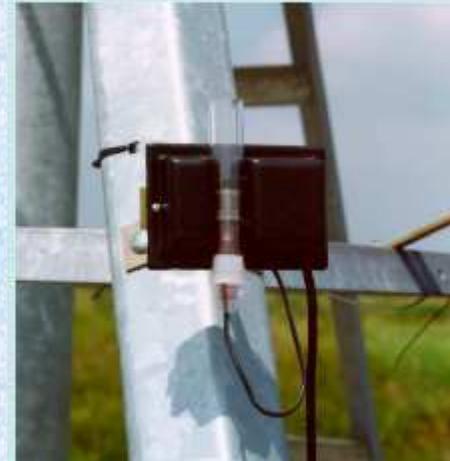
III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

Otimizar sistemas de irrigação - Automação



Linear Pivô
central

Automação



Sensor de chuva



Sensor de vento



III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

Otimizar o Manejo de irrigação

Controle da água em projetos de irrigação

Projetos particulares

Distritos de irrigação, Associações etc...

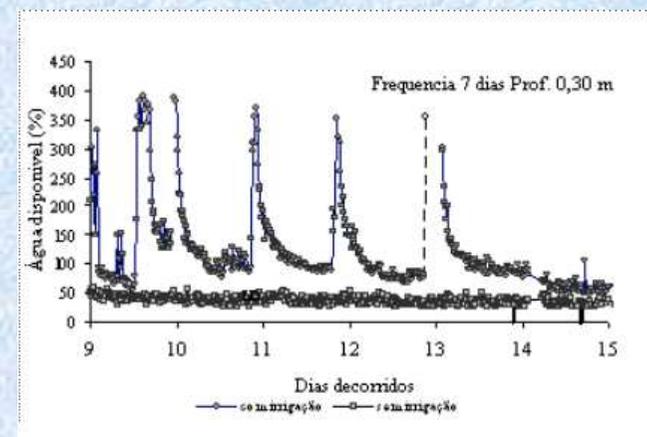
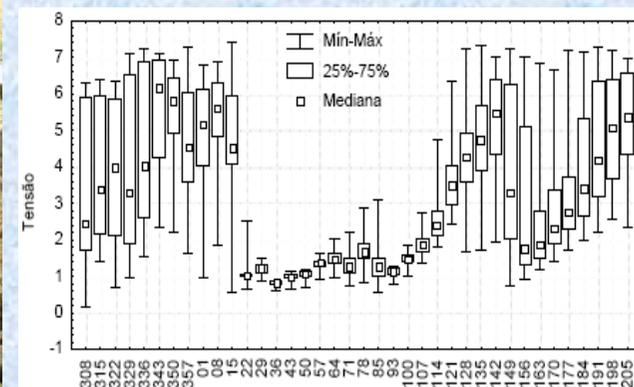
Capacitação do irrigante



III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

Otimizar o Manejo de irrigação

Escolha do método de manejo da irrigação 1. Uso de sensores de água do solo





Maximizar o uso racional de água

Otimizar o Manejo de irrigação

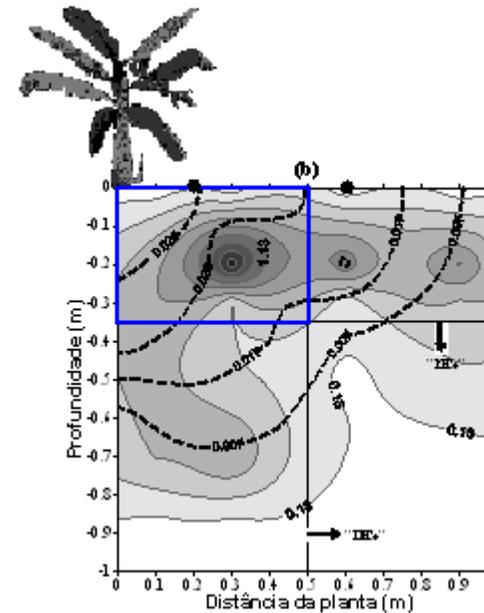
Escolha do método de manejo da irrigação

1. Uso de sensores de água do solo

Posicionamento dos sensores

≥80% raízes

≥ 80% extração de água





III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

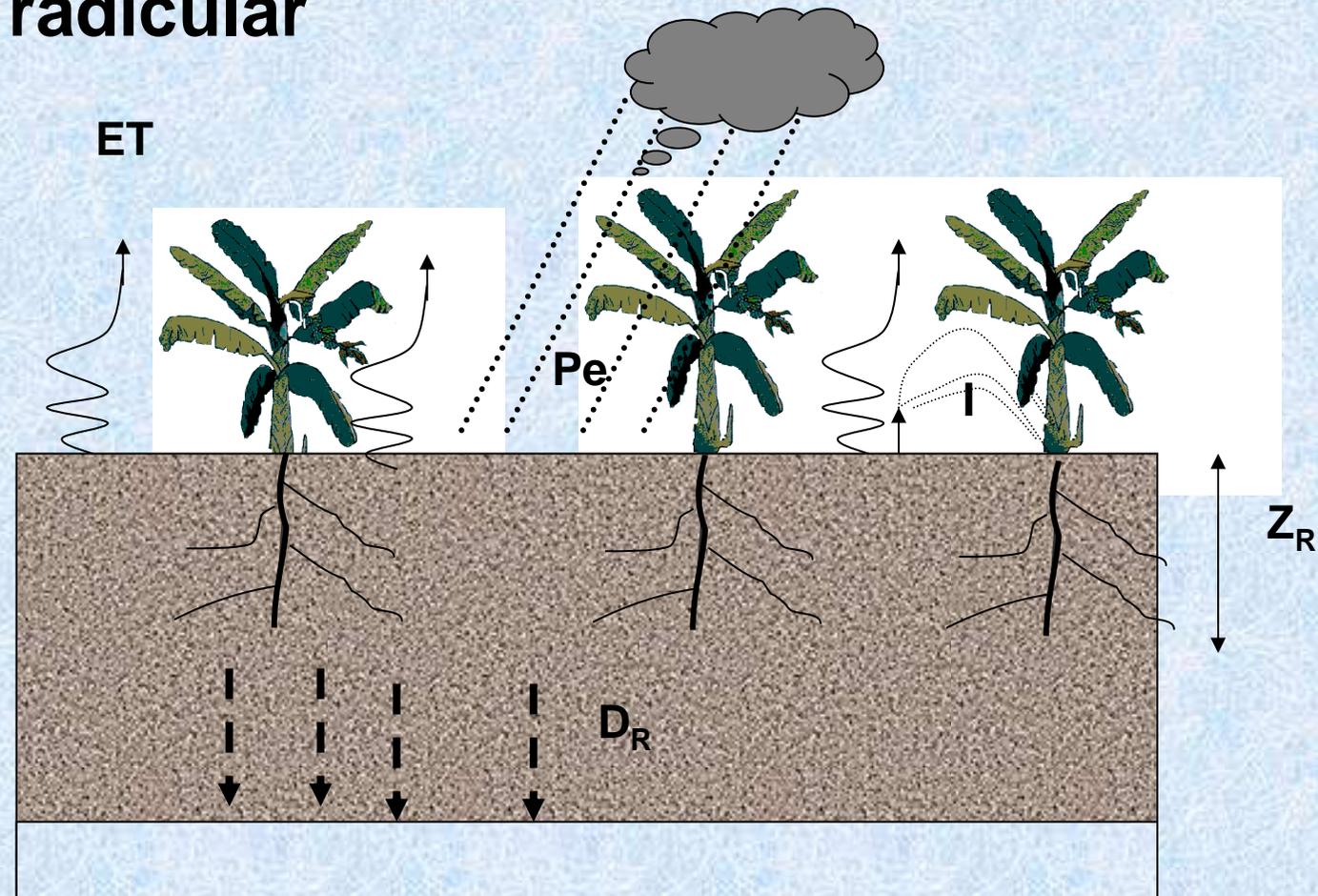
Otimizar o Manejo de irrigação

Escolha do método de manejo da irrigação 2. Uso da evapotranspiração de referencia





Escolha do método de manejo da irrigação 3. Uso do balanço de água na zona radicular





4. Uso da transpiração

É o principal elemento a ser determinado para o manejo de água em sistemas de irrigação localizada

Representa o consumo mínimo de água para manter a planta em bom estado hídrico

Fatores que afetam

Fatores meteorológicos, fatores fisiológicos da planta e fatores do solo

Mais indicado para sistemas de irrigação por gotejamento



III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

Otimizar o Manejo de irrigação

Estimativa da Transpiração

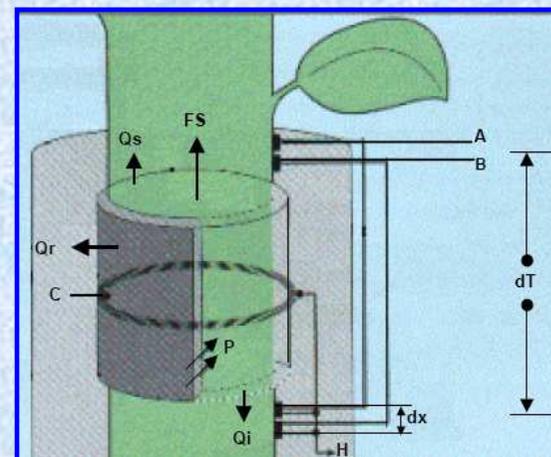
Transpiração foliar



Transpiração da planta

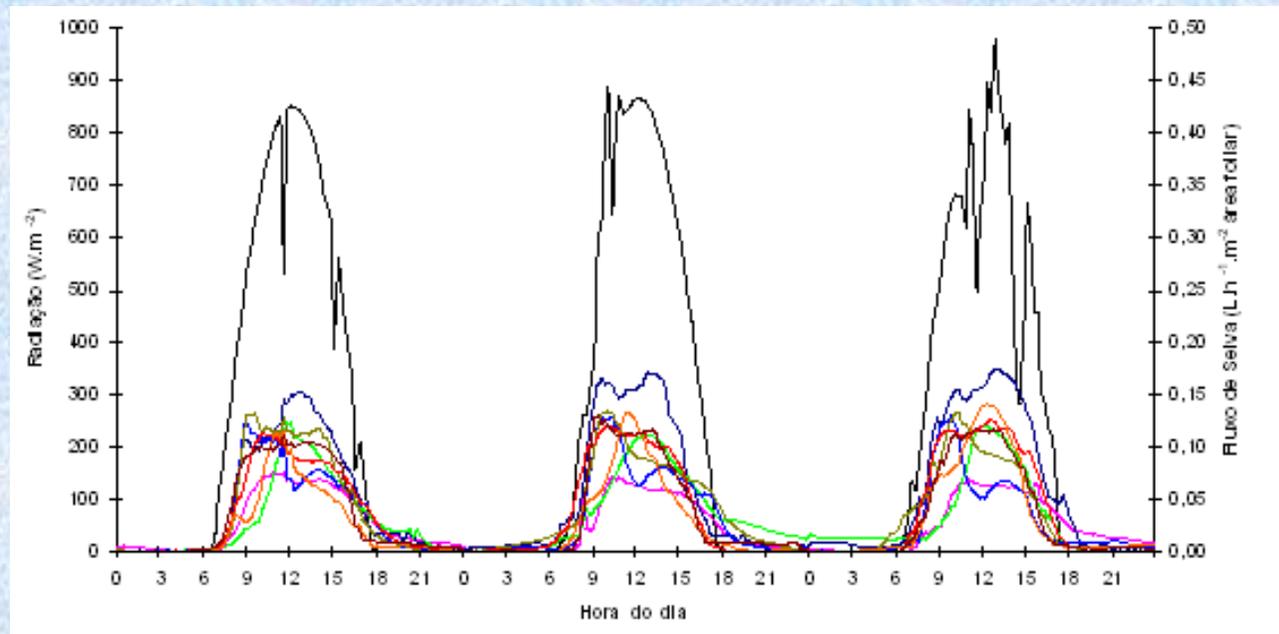


FLUXO DE SEIVA





- **Uso da transpiração**
Estimativa da Transpiração - Mangueira
Floração – 0,5 a 1,0 L/m² folha

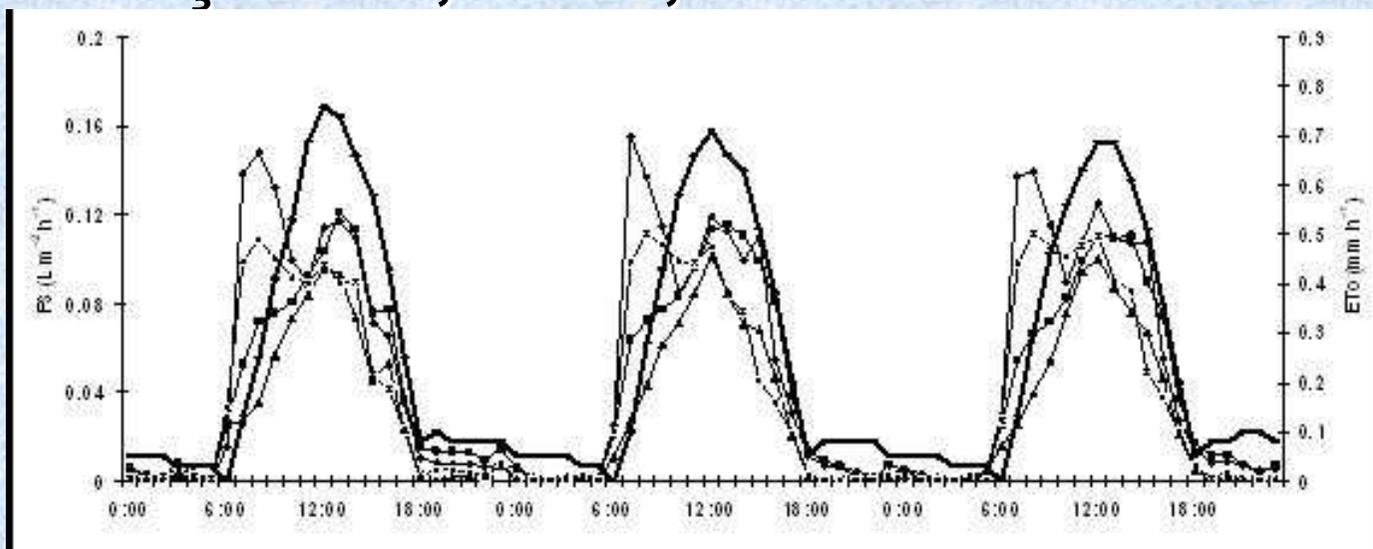




- **Uso da transpiração**

Estimativa da Transpiração - limoeiro

Frutificação – 0,42 a 1,30 L m⁻² de folha/dia

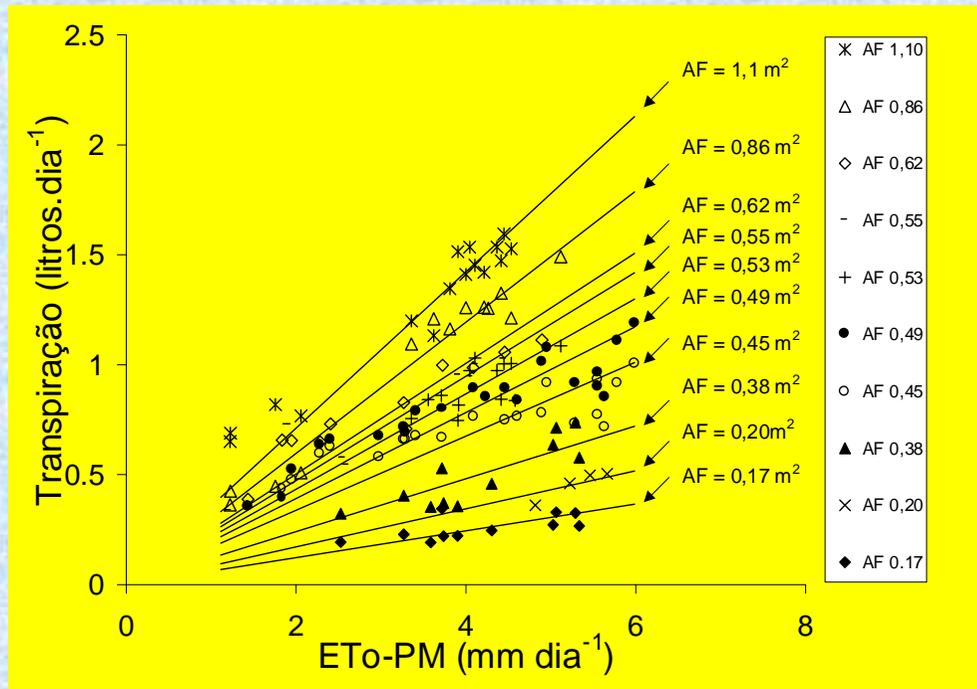


ETc	Rn	Transpiração
mm/dia	MJ/m ² /dia	L/dia
5,82	24,42	173,8
6,17	24,81	177,2



- **Uso da transpiração**

Estimativa da Transpiração



$$T = k * ETo * AF$$



- **Uso da transpiração**

Estimativa da Transpiração - limoeiro

- **Pomar jovem**

- $T = 0,37 * ETo * AF$

- $T = 0,28 * ECA * AF$

- **Pomar Adulto**

- $T = 0,25 * ETo * AF$

- $T = 0,21 * ECA * AF$



- **Uso da transpiração**

Estimativa da Transpiração - Mamoeiro

$$\text{Tr} = 0,56 \times \text{Eto} \times \text{AF}$$

(Coelho Filho et al., 2003)

Tr em Litros. m⁻² de folha. dia⁻¹

ETo em mm.dia⁻¹

Estimativa da Transpiração - Mangueira

$$\text{Tr} = 0,44 \times \text{Eto} \times \text{AF}$$

Tr em Litros. m⁻² de folha. dia⁻¹

ETo em mm.dia⁻¹



Manejo de irrigação com déficit

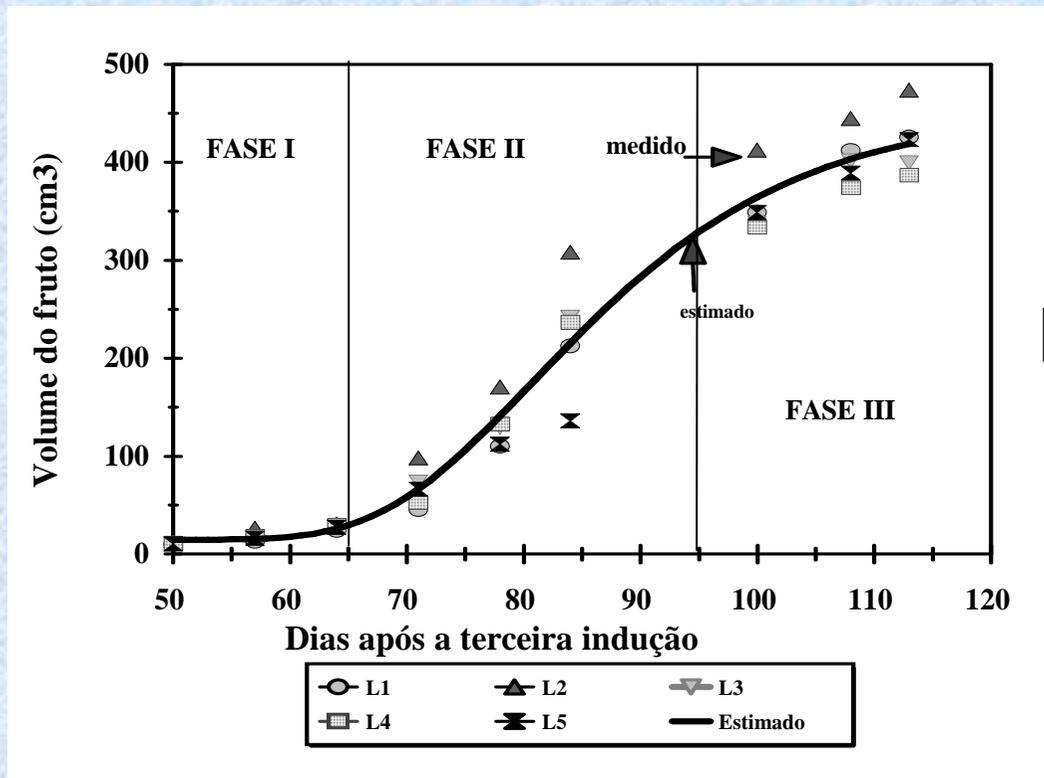
1. Regulação do déficit de irrigação (RDI)

- **Redução dos níveis de água em determinadas fases de crescimento de uma cultura**
- **Aplicação**
 - **principalmente em culturas de baixa sensibilidade a déficit de água, mas pode ser usado em fruteiras, hortaliças e grãos**



Manejo de irrigação com déficit

- Regulação do déficit de irrigação



Fase I - Floração
Fase II – Cresc. inicial
Fase III – Final cresc.



III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

Manejo de irrigação com déficit

**Regulação do déficit de irrigação na cultura da
lima ácida 'Tahiti'.**

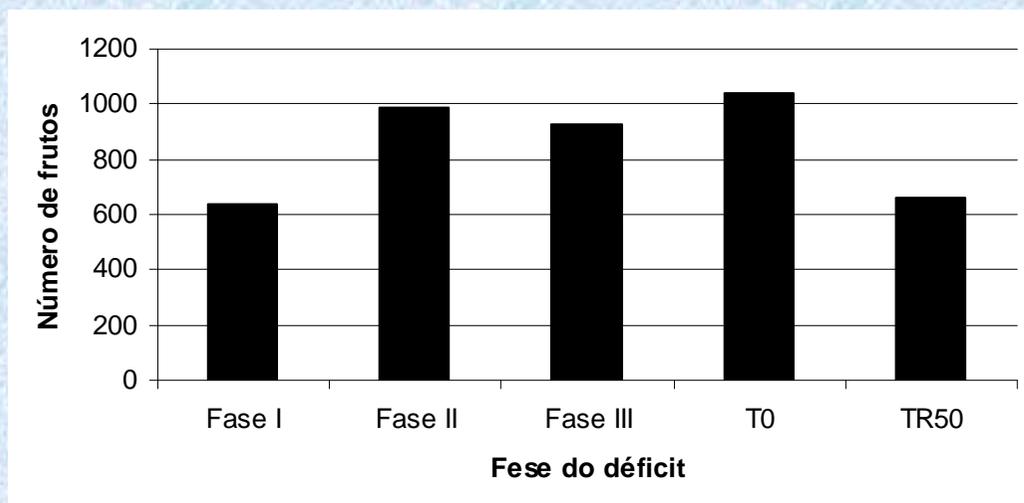
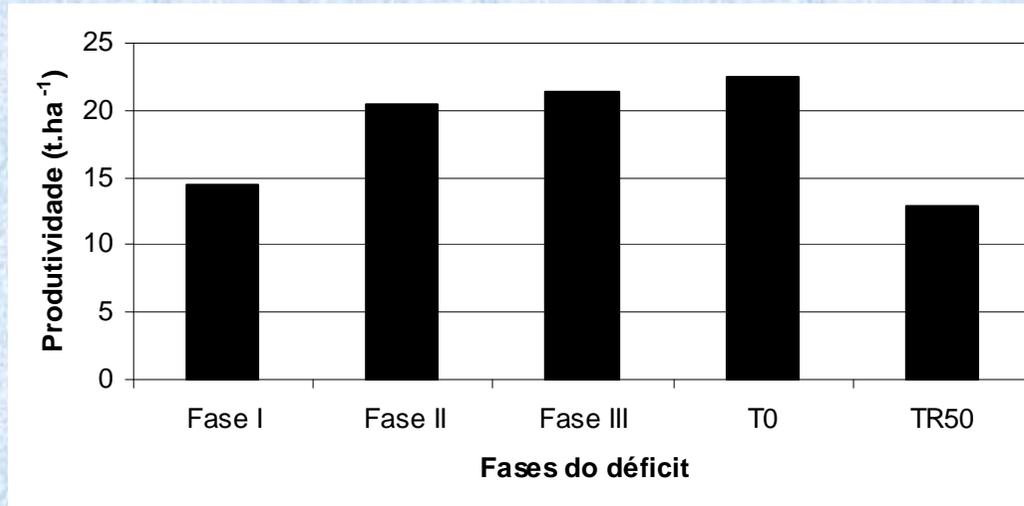
Local – Projeto Jaíba, Mocambinho, MG

	45%		Fase I
Redução de	30%	Irrigação	Fase II
	15%	total	Fase III





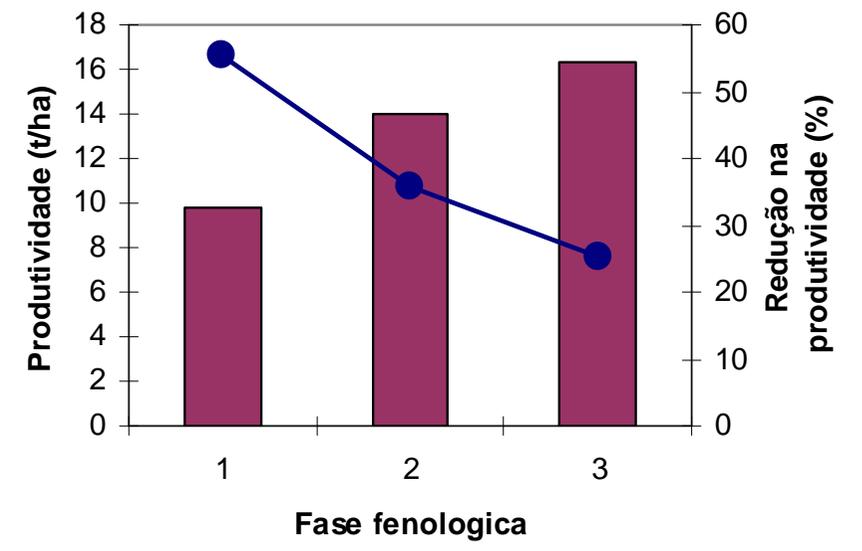
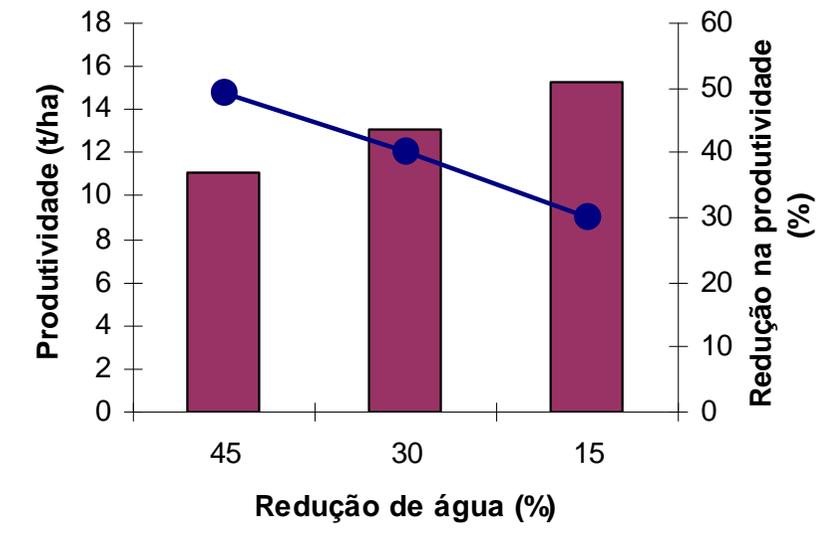
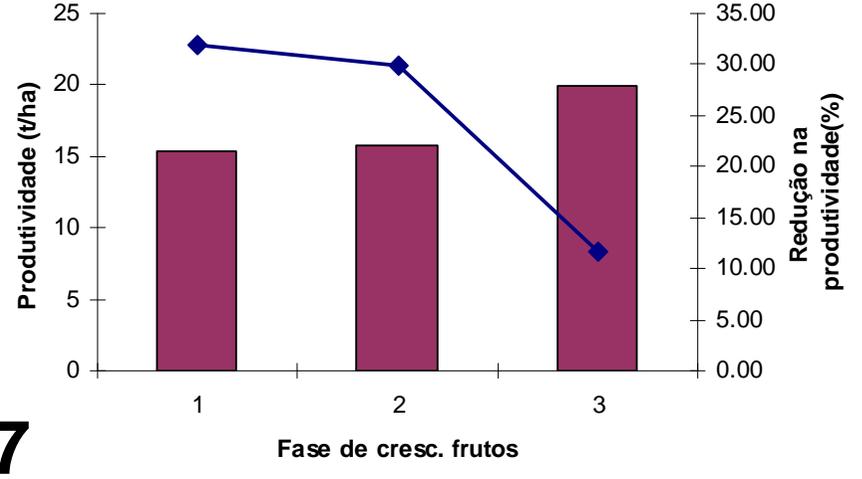
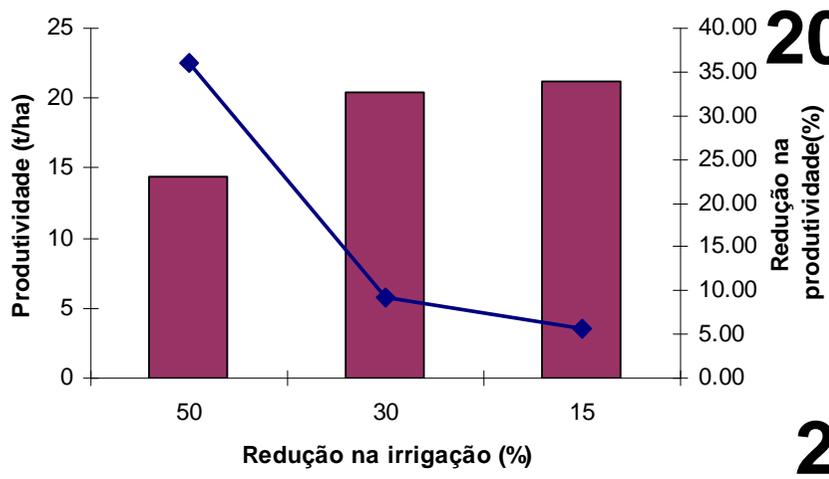
•Regulação do déficit de irrigação na cultura da lima ácida 'Tahiti' Irrigada por microaspersão





Manejo de irrigação com déficit

•Regulação do déficit de irrigação na cultura da lima ácida 'Tahiti'Irrigada por microaspersão.





Manejo de irrigação com déficit

- Regulação do déficit de irrigação para cultura da manga da floração a maturação dos frutos sob microaspersão– Ano 2006
- Locais –Itaberaba e Projeto Ceraíma, Guanambi, Bahia



Redução de

50%

30%

15%

Irrigação
total

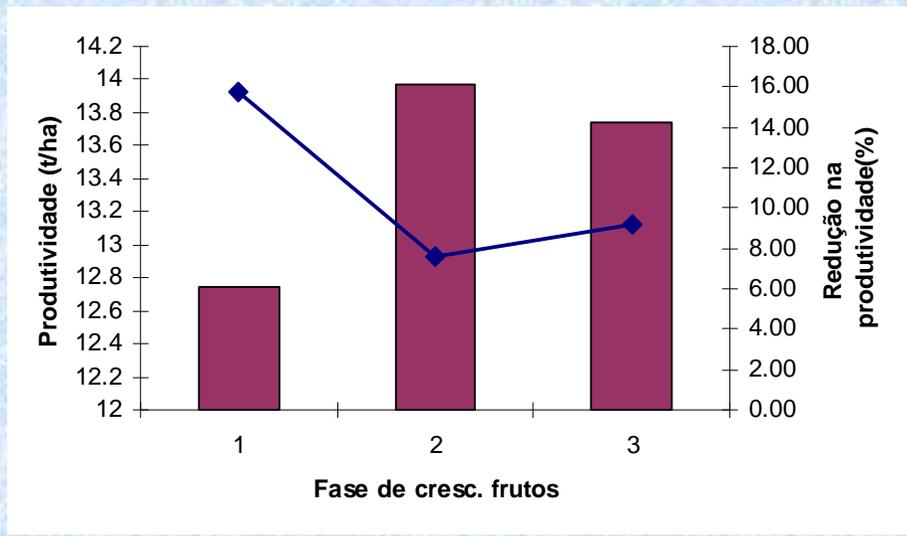
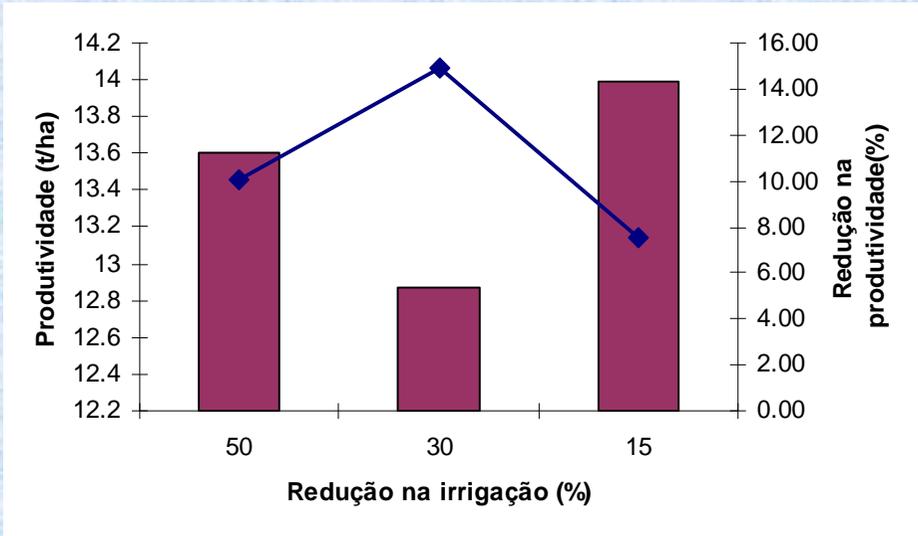
Fase I

Fase II

Fase III

Manejo de irrigação com déficit

•Regulação do déficit de irrigação para cultura da manga da floração a maturação dos frutos sob microaspersão





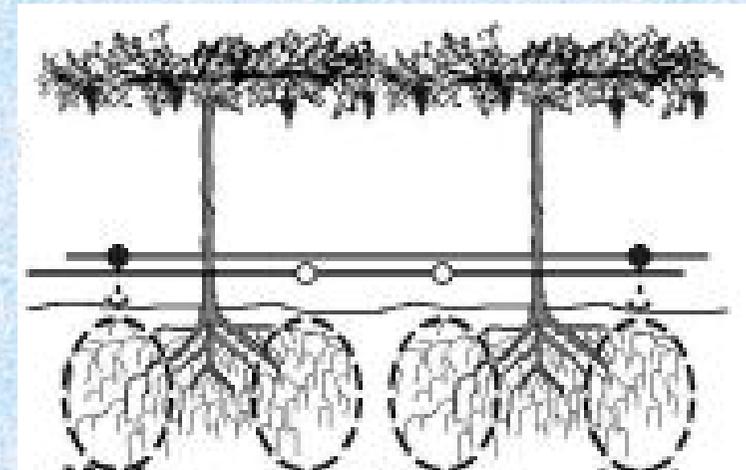
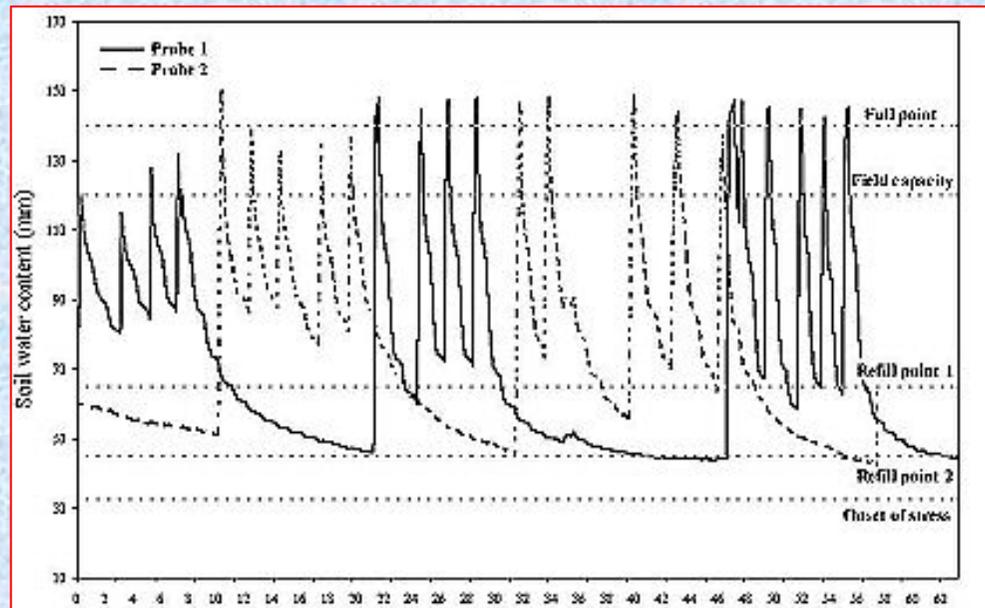
Regulação do déficit de irrigação - conclusões

- **A fase fenológica de maior sensibilidade a redução da irrigação das fruteiras avaliadas é a de floração;**
- **A redução de 15 e 30% da lâmina de irrigação não diferiram estatisticamente entre si nas fases 2 e 3;**
- **A redução de 15% na lâmina nas fases 2 e 3 ocasionaram perdas de até 15% na produtividade;**



2. Molhamento Parcial do sistema radicular

- Alternância de molhamento do sistema radicular



- Redução na transpiração devido ao sinal do ácido abscísico às folhas



Molhamento Parcial do sistema radicular

Vantagens

- **Manutenção do potencial hídrico das folhas**
- **Reduz o consumo de água pelas plantas**
- **Aumenta a eficiência de uso de água**



Molhamento Parcial do sistema radicular

Aplicação

- **Culturas com menor sensibilidade ao déficit hídrico - fruteiras e culturas extensivas**
- **Já existem avaliações do método para videira, citros, algodão, tomate, feijão.**

Sistema de irrigação

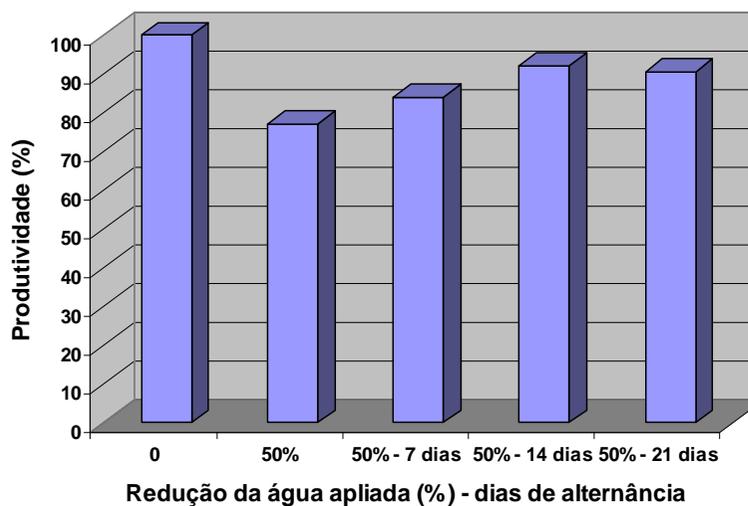
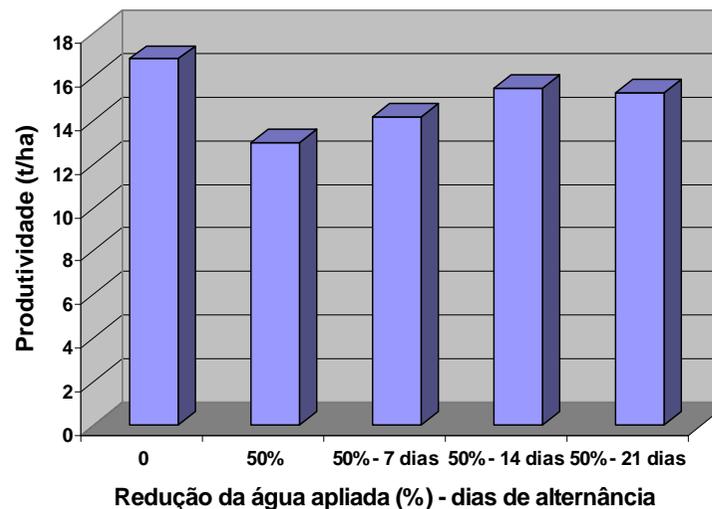
- **Gotejamento, microaspersão, pivô com sistema LEPA (low energy precision application)**



III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

Manejo de irrigação com déficit

Molhamento Parcial do sistema radicular Avaliação com mangueira cv. Kent – laço, BA





Molhamento Parcial do sistema radicular

Avaliação com limoeiro cv. Taihi - Jaíba, MG

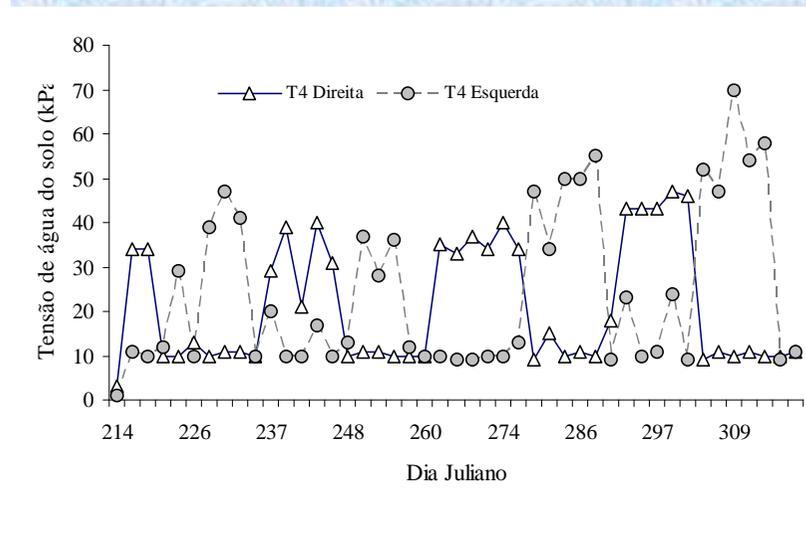
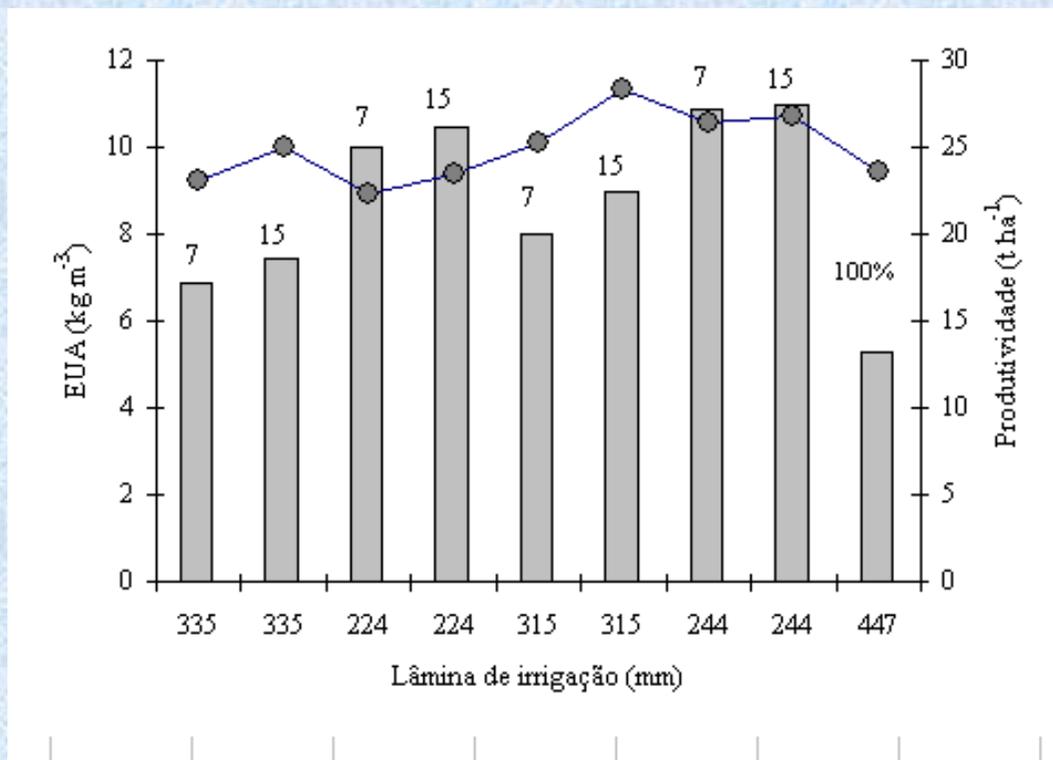
Fase fenologica	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
FI - Floração	25%-7	25%-15	50%-7	50%-15	25%-7	25%-15	25%-7	25%-15
FII- Cres. fruto	25%-7	25%-15	50%-7	50%-15	25%-7	25%-15	50%-7	50%-15
FIII-Final cresc. fruto	25%-7	25%-15	50%-7	50%-15	50%-7	50%-15	50%-7	50%-15



Manejo de irrigação com déficit

Molhamento Parcial do sistema radicular

Avaliação com limoeiro cv. Taihi - Jaíba, MG





III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

Otimizar o Manejo de irrigação

Avaliação e controle da aplicação de água

Transformar lâmina em tempo de irrigação

Uniformidade de distribuição de água

Eficiência de aplicação



III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

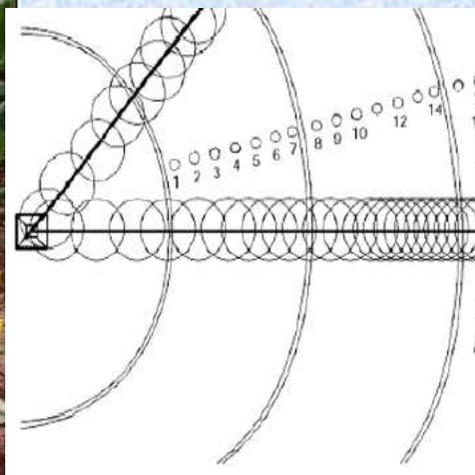
Otimizar o Manejo de irrigação

Avaliação e controle da aplicação de água

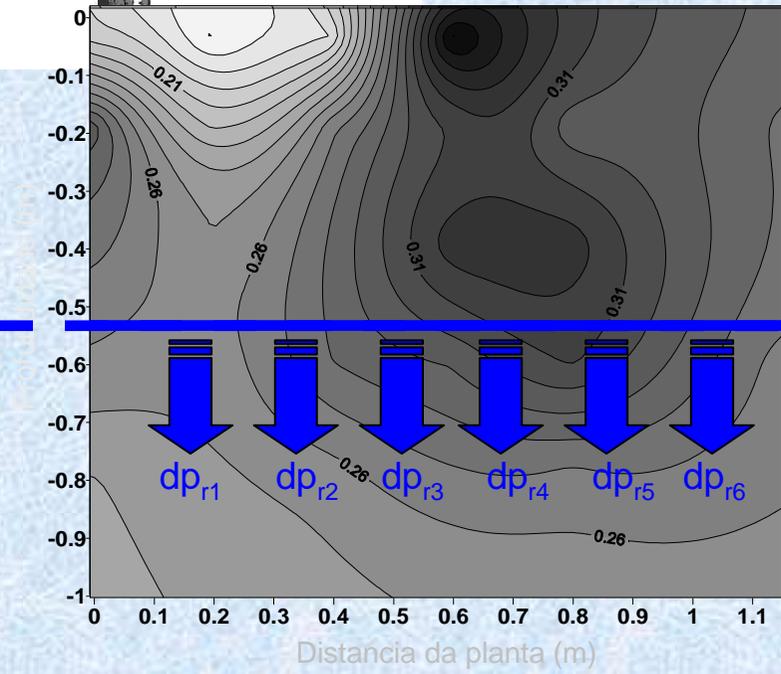
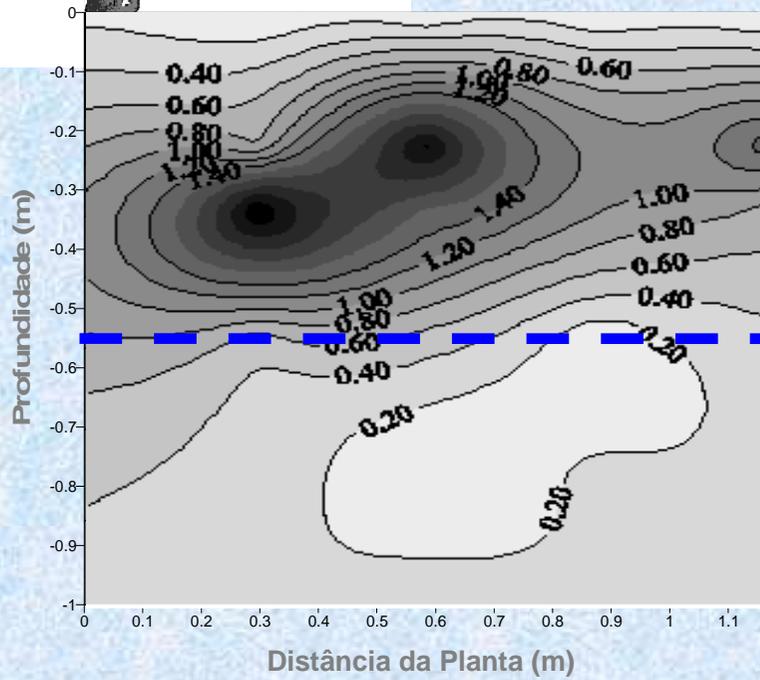


Uniformidade de distribuição de água

Intensidade média de aplicação



Eficiência de aplicação





III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA

Maximizar o uso racional de água

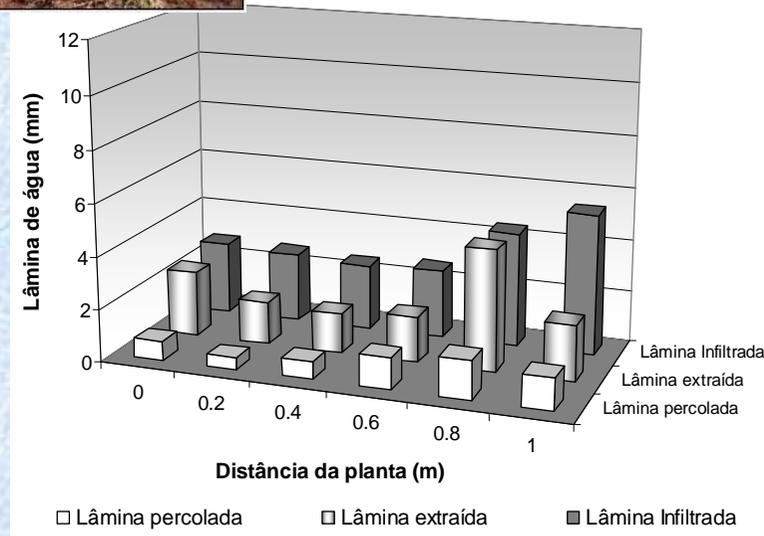
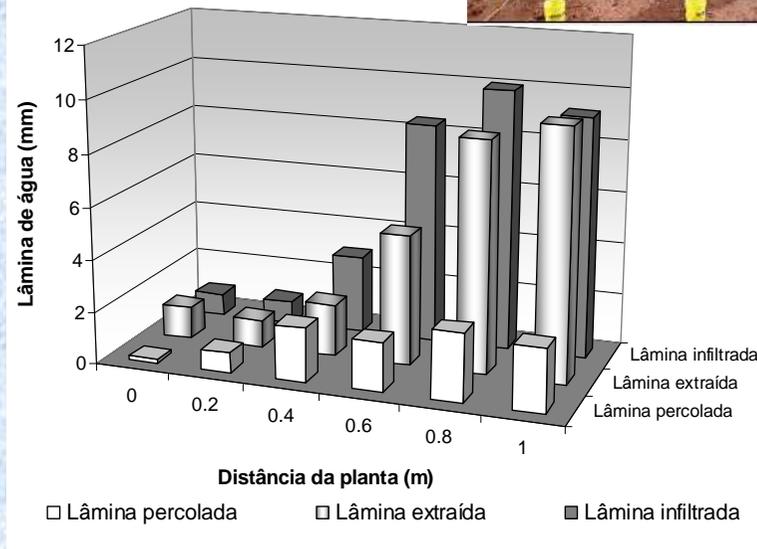
Microaspersão

Eficiência de aplicação



Ea = 79,72%

Ea = 89,54%



um microaspersor de 60 L h-1 para quatro plantas

um microaspersor de 60 L h-1 para duas plantas



**III SIMPÓSIO NACIONAL
SOBRE O USO
DA ÁGUA NA AGRICULTURA**

OBRIGADO