



AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

MANEJO DA IRRIGAÇÃO

TURNO DE REGA CALCULADO

TENSIOMETRIA

Antônio Sérgio Coutinho Vicente
Sérgio Erich Imbiriba Vicente

2004



AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Amazônia Irrigação – Marcos da Silva Mendes - ME
Travessa 14 de Abril nº 772 – São Braz – Belém / Pará.
CEP nº 66.060-460 - Fone / Fax: (91) 3236.4177
Tiragem: 200 CD/R

A instalação dos Tensiômetros deve obedecer a critérios técnicos exclusivos, para satisfazer o **Software Amazônia Irrigação** disponibilizado no “Padrão de Leitura”. É compatível com o Programa Microsoft Excel.

VICENTE, Antonio Sérgio Coutinho & VICENTE, Sérgio Erich Imbiriba.
Proposta para Manejo da Irrigação. Belém. Pará. Amazônia Irrigação. 2004.

1. Manejo da Irrigação. 2. Métodos Usuais. 3. Parâmetros técnicos de uso na Irrigação. 4. Método do Turno de Rega Calculado. 5. Método da Tensiometria. 6. Programa de Monitoramento Diário da Tensão da Água no Solo.

* Antonio Sérgio Coutinho Vicente, Engenheiro Agrônomo, Responsável Técnico pela Amazônia Irrigação.

** Sérgio Erich Imbiriba Vicente, Analista de Sistemas, Responsável pelo Desenvolvimento de Software's e automação dos projetos de microirrigação da empresa.

Tv. 14 de Abril, 772, CEP: 66060-460, Bairro: São Braz
Tel/ Fax: 3236-4177; E-mail: amazoniairrigacao@yahoo.com
CNPJ: 04.022.855/ 0001-74 Inscr. Est.: 15.213.217-1
Belém - PA



SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO
2. MÉTODOS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO
3. PARÂMETROS TÉCNICOS DE USO NA IRRIGAÇÃO
FATORES LIGADOS AO CLIMA
FATORES LIGADOS AO SOLO
FATORES LIGADOS AO SISTEMA DE CULTIVO
FATORES LIGADOS AO MÉTODO DE IRRIGAÇÃO.
4. MÉTODO DO TURNO DE REGA CALCULADO
DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO E TURNO DE REGA
DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO E APROVEITAMENTO PELAS PLANTAS
VOLUME DE ÁGUA REQUISITADO EM UM CULTIVO
TEMPO DE IRRIGAÇÃO POR TURNO DE REGA
VAZÃO REQUERIDA PELO SISTEMA
5. MÉTODO DA TENSIOMETRIA
OBJETIVOS DO USO DA TENSIOMETRIA
CURVA DE RETENÇÃO HÍDRICA DE UM SOLO
ANDAMENTO DIÁRIO DA TENSÃO DA ÁGUA NO SOLO
ESTIMATIVA DO VOLUME DE ÁGUA A APLICAR
SUPRIMENTO DA LÂMINA DE IRRIGAÇÃO
TENSÍOMETRO DE DECISÃO
EFICIENCIA DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO E A TENSIOMETRIA
PADRÃO DE LEITURA
TENSÍOMETRO COM VACUÔMETRO METÁLICO E MANÔMETRO DE MERCÚRIO.
6. ANEXOS:
MANEJO DA IRRIGAÇÃO NA LAVOURA DO COQUEIRO ANÃO – RELATÓRIO ANUAL – 2003. FAZENDA IPÊ AMARELO.
MANEJO DA IRRIGAÇÃO – MONITORAMENTO DIÁRIO DA TENSÃO DA ÁGUA DO SOLO RELATÓRIO PRELIMINAR – 2004. FAZENDA DINA E PETA / GRUPO JM.



AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

MANEJO DA IRRIGAÇÃO

A manutenção de estoques adequados de água e nutrientes na zona de influência das raízes das plantas cultivadas sempre mereceu atenção dos pedólogos, por se constituir em fator de alta produtividade. Pesquisas comprovaram que os melhores rendimentos das lavouras são obtidos quando o nível de umidade do solo é mantido sempre muito próximo a sua capacidade de campo. Estudos mais recentes, utilizando a tensiometria, definem através da curva de retenção hídrica de um solo, faixas operacionais ideais para o cultivo de espécies em seus diversos estádios de desenvolvimento e/ou ciclo fenológico.

O avanço da engenharia da irrigação ocorrido nas últimas décadas aprimorou e simplificou a operacionalização dos sistemas, possibilitando intervenções rápidas e seguras para recarga de água e ajustes quali-quantitativos dos nutrientes no solo. Fato, responsável pela inclusão da fertirrigação aos tradicionais sistemas de produção em diversas regiões do País, com resultados absolutamente inquestionáveis.

No Pará, apesar do aumento da demanda pela tecnologia de irrigação, a prática saiu à frente da pesquisa, o que a tem conduzido a resultados insatisfatórios. Observam-se, com certa frequência, falhas no dimensionamento hidráulico dos projetos, que se refletem no baixo índice de uniformidade de distribuição da água, cálculos incorretos das necessidades hídricas dos vegetais para condições agroecológicas específicas, levantamentos imprecisos de parâmetros edáficos fundamentais à irrigação, entre outros, que são imperceptíveis aos olhos dos produtores rurais, mas que impossibilitam a execução racional de um plano de manejo. Na fertirrigação, a conduta ainda é equivocada, mudaram apenas a forma tradicional de aplicar adubos, sem levar em consideração as peculiaridades do novo método e a sua interação com o sistema solo-planta-atmosfera. Nesse contexto, torna-se imprescindível que o conhecimento científico preceda a ação, e que se constitua na principal ferramenta do planejamento e do manejo da irrigação.

MÉTODOS

MODELO UTILIZADO PELA EMPRESA AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

Criada em 2000, a Amazônia Irrigação presta serviços de elaboração de projetos, montagem de sistemas e assistência técnica, com ênfase a fruticultura, floricultura e pipericultura irrigada. Adota como critério básico na concepção de seus planos de manejo, o método do “turno de rega calculado”, que estima com razoável precisão, a frequência da irrigação e os volumes de água a repor e/ou possíveis de serem armazenados no solo, determinados a partir de parâmetros edafoclimáticos, das demandas hídricas das plantas cultivadas e das características operacionais dos sistemas de irrigação. Após a implantação do projeto, a empresa faculta ao produtor, a possibilidade de uso do método da “tensão da água do solo” (tensiometria), com monitoramento permanente dos níveis de umidade, facilitando os ajustes na lâmina de irrigação e, assim, elevando a eficiência do sistema.

Para melhor entendimento, serão disponibilizadas aos usuários informações técnicas sobre os métodos de manejo da irrigação contido nesse modelo, as quais serão detalhadas a seguir:



PARÂMETROS TÉCNICOS DE USO NA IRRIGACAO

Para determinar a demanda de água em um cultivo, torna-se oportuno rever alguns conceitos aplicados à irrigação.

FATORES LIGADOS AO CLIMA:

1) EVAPOTRANSPIRAÇÃO DO CULTIVO DE REFERÊNCIA OU POTENCIAL - ETO:

É a quantidade de água evapotranspirada de uma superfície totalmente coberta por gramínea verde com 8 a 15 cm de altura, em fase de crescimento ativo, sem restrições de umidade e com bordadura adequada. Pela dificuldade de sua obtenção através de medições diretas, os métodos indiretos são os mais empregados, produzindo resultados satisfatórios.

Métodos Indiretos:

- Blaney-Criddle
- Hargreaves
- Tanque de Evaporação Classe A
- Penman
- Thornthwait

Os métodos de Blaney-Criddle e Hargreaves são os mais utilizados no planejamento da irrigação, por exigirem número reduzido de informações sobre o clima. Apresentam o inconveniente de não estimar com precisão a ETO, em períodos inferiores a trinta dias. MAROUELLI, et al, consideram viável emprega-los para manejar a irrigação, quando aplicados ao método do Turno de Rega Calculado.

A Amazônia Irrigação, há três anos, utiliza o método de Blaney-Criddle, na estimativa da Evapotranspiração do Cultivo de Referência com resultados satisfatórios.

MÉTODO DE BLANEY-CRIDDLE

A equação desenvolvida por esses pesquisadores nas regiões semi-áridas dos Estados Unidos da América é a expressão mais utilizada para determinação das exigências hídricas dos cultivos. Fundamenta-se na Temperatura média mensal (T) e no total de horas de luz solar possíveis (P), em %, (Bernardo S.,1986).

$$ETO = P (0,46 * T + 8,13)$$

TABELA – HORAS DE LUZ SOLAR (P), em % - HS.

Lat. Graus	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0	8.50	7.65	8.48	8.23	8.50	8.22	8.49	8.51	8.22	8.48	8.12	8.49
2	8.57	7.70	8.49	8.20	8.43	8.16	8.42	8.45	8.21	8.51	8.29	8.57
4	8.63	7.74	8.50	8.17	8.38	8.06	8.35	8.41	8.20	8.55	8.35	8.66
6	8.69	7.79	8.51	8.13	8.32	7.98	8.27	8.37	8.20	8.58	8.42	8.74
8	8.77	7.83	8.52	8.09	8.27	7.89	8.20	8.33	8.19	8.60	8.49	8.82
10	8.82	7.88	8.53	8.06	8.20	7.82	8.14	8.23	8.18	8.63	8.56	8.90



AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

2) EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA - ETC

É a quantidade de água evapotranspirada por uma cultura, que cresça sem restrições de umidade, fertilidade, luz ou qualquer outro fator. Em razão da dificuldade de sua obtenção por medições diretas e precisas no campo, emprega-se a seguinte equação:

$$ETC = ETO * Kc$$

A expressão acima relaciona a evapotranspiração do cultivo de referência (potencial), com a da cultura (real), através do coeficiente cultural (Kc) determinado empiricamente, considerando as necessidades hídricas de cada espécie vegetal nos diversos estádios de seu desenvolvimento. MAROUELLI, et al, sugerem, sempre que possível, ajustar os valores de Kc para cada condição edafoclimática específica.

VALORES DE Kc PARA DIVERSAS CULTURAS

ESPÉCIE	ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO			
	I	II	III	IV
ABACAXI	0,40-0,60	0,40-0,60	0,40-0,60	0,40-0,60
ABOBORA	0,40-0,50	0,65-0,75	0,90-1,00	0,70-0,80
ALFACE	0,50-0,60	0,70-0,80	0,95-1,05	0,90-1,00
ALGODÃO	0,40-0,50	0,70-0,80	1,05-1,25	0,80-0,90
ARROZ	1,00-1,15	1,10-1,50	1,10-1,30	0,95-1,05
BANANA	0,40-0,60	0,70-0,90	1,00-1,20	0,75-0,85
BERINJELA	0,30-0,50	0,70-0,80	0,95-1,10	0,80-0,90
CANA	0,40-0,50	0,70-1,00	1,00-1,30	0,75-0,80
CITRUS	0,65-0,75	0,65-0,75	0,65-0,75	0,65-0,75
COCO	0,75-0,85	0,75-0,85	0,75-0,85	0,75-0,85
COUVES	0,40-0,50	0,70-0,80	0,95-1,10	0,80-0,95
FEIJÃO	0,30-0,40	0,65-0,75	0,95-1,05	0,90-0,95
MARACUJÁ*	0,80-0,90	0,80-0,90	0,80-0,90	0,80-0,90
MELANCIA	0,40-0,50	0,70-0,80	0,95-1,05	0,65-0,75
MELÃO	0,40-0,50	0,70-0,80	0,95-1,05	0,65-0,75
MILHO DOCE	0,30-0,50	0,70-0,90	1,05-1,20	0,95-1,10
MILHO GRÃO	0,30-0,50	0,70-0,85	1,05-1,20	0,80-0,95
PEPINO	0,40-0,50	0,65-0,75	0,90-1,00	0,70-0,80
PIMENTÃO	0,40-0,50	0,60-0,65	0,95-1,10	0,80-0,90
PIM. DO REINO*	0,75-0,85	0,75-0,85	0,75-0,85	0,75-0,85
SOJA	0,30-0,40	0,70-0,80	1,00-1,15	0,70-0,80
SORGO	0,30-0,40	0,70-0,75	1,00-1,15	0,75-0,80
TOMATE	0,40-0,50	0,70-0,80	1,05-1,25	0,60-0,65
VAGEM	0,30-0,50	0,65-0,75	0,95-1,05	0,85-0,90

*Estimativa.



AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

FATORES LIGADOS AO SOLO:

1) CAPACIDADE DE CAMPO – CC:

Representa a capacidade máxima de água retida em um solo, sem que ocorram perdas por ação da gravidade (percolação). É expressa em percentagem.

A capacidade de campo é usualmente determinada em laboratório. Os valores clássicos da umidade estão associados a tensões de água de 0,10 bar para solos arenosos e 0,33 bar para os argilosos. Marouelli, et al, em estudos recentes em condições de campo, recomendam faixas de tensões 0,06 bar e 0,10 bar, respectivamente.

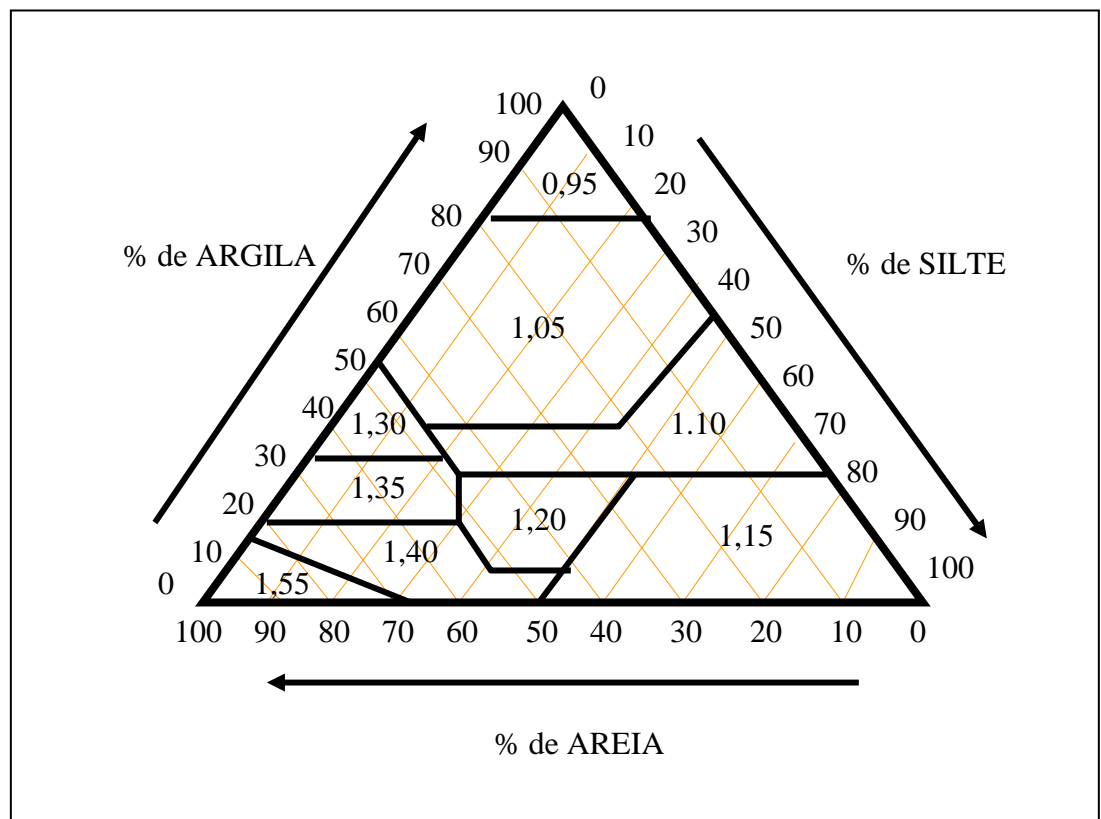
2) PONTO DE MURCHA PERMANENTE – PMP

Esse termo corresponde à percentagem mínima de umidade do solo, abaixo do qual as plantas perdem a turgescência das folhas e não mais se recuperam, mesmo quando submetida à atmosfera saturada durante a noite. A PMP está associada a tensões de 15 bar, independentemente da espécie, clima ou tipo de solo.

3) DENSIDADE APARENTE – D_a

É a relação entre massa de solo seco a $105^\circ - 110^\circ\text{C}$ e o seu volume, sendo geralmente expressa em $\text{gramas}/\text{cm}^3$. A densidade Aparente é determinada em laboratório, sendo mais utilizado o método do cilindro ou anel volumétrico.

Na ausência de valores reais, a densidade média pode ser estimada a partir da composição granulométrica do solo, empregando-se o triângulo a baixo:





AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

4) PROFUNDIDADE EFETIVA DAS RAÍZES - Z:

Corresponde a profundidade do perfil do solo, onde se concentram pelo menos 80% das raízes da planta.

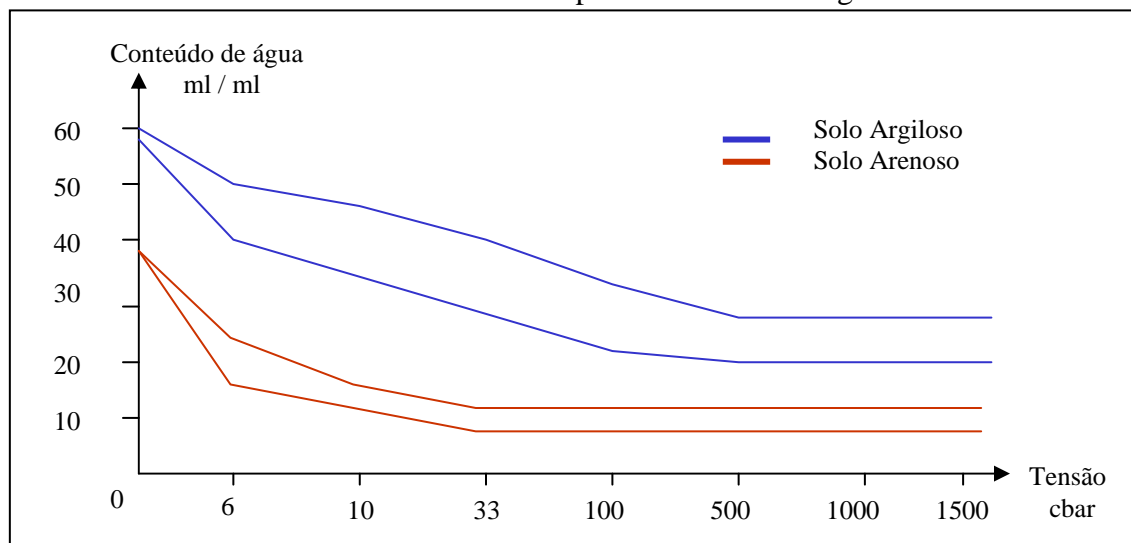
PROFUNDIDADE EFETIVA DAS RAÍZES DE ESPÉCIES CULTIVADAS

CULTURA	Z (cm)	CULTURA	Z (cm)	CULTURA	Z (cm)
Açaí	0,30-0,60	Abacaxi	0,40-0,50	Arroz	0,40-0,50
Banana	0,40-0,60	Berinjela	0,50-0,80	Café	0,60-0,90
Coco Anão	0,30-0,60	Citrus	0,60-0,90	Crucíferas	0,40-0,60
Feijão	0,40-0,60	Mamão	0,60-0,90	Melancia	0,40-0,50
Melão	0,40-0,50	Milho	0,40-0,60	Pimentão	0,40-0,50
Pimenta-do-Reino	0,30-0,40	Soja	0,50-0,60	Theobromas	0,50-0,90
Tomate	0,40-0,50	Verduras	0,30-0,40	Uva	0,50-0,60

5) CURVA DE RETENÇÃO HÍDRICA:

A curva de retenção hídrica relaciona a umidade existente com a tensão a qual a água está retida, em uma determinada profundidade (horizonte) no perfil do solo. É normalmente determinada nos laboratórios de física de solos, usando-se o extrator de Richards, em amostras deformadas e/ou não deformadas.

A capacidade de armazenamento de água de um solo corresponde a diferença entre os teores de umidade contidos entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente. Esta característica está intimamente ligada a textura, onde os valores mais elevados estão associados a solos com predominância de argilas.





OLIVEIRA JUNIOR; VALENTE. M.; RODRIGUES T., em pesquisas realizadas em solos do nordeste e do sudeste paraense, concluem que as curvas de retenção hídrica do horizonte A nos de textura argilosa e muito argilosa, tendem a horizontalidade a partir da tensão de 500 cbar e nos arenosos à 100 cbar. A horizontalidade da curva de um determinado solo indica ser mínima a quantidade de água disponível para as plantas sob tensões superiores àquelas consideradas.

MAROUELLI.W, et al, citam resultados de pesquisas que demonstram o efeito positivo da manutenção de níveis adequados de umidade no solo sobre a produtividade das culturas e qualidade dos produtos.

LIMITE DA TENSÃO DA ÁGUA NO SOLO PARA REINÍCIO DA IRRIGAÇÃO (MAROUELLI et al)

ESPÉCIES	TENSÃO LIMITE cbar	Fonte
Alface	40-60	Pew (1958)
Batata doce	240	Jones (1961)
Brócolos	40-70	Pew (1958)
Cebola	15-45	Carrijo et al (1990)
Cenoura	20-30	Silva et al (1982)
Couve-flor	60 a 70	Pew (1958)
Ervilha	100-200	Marouelli et al (1991)
Melão	30-80	Doorenbos & Pruitt (1977)
Milho doce	50-100	Taylor (1965)
Pepino	100-300	Doorenbos & Pruitt (1977)
Repolho	60-70	Pew (1958)
Tomate salada	30-100	Silva & Simão (1973)
Tomate industrial	100-400	Marouelli et al (1991)
Vagem	25-70	Singh (1989)

Silveira & Stone, 1994, em estudos com feijoeiro definem como gatilho à recarga do solo, tensões de 30 a 40 cbar, em nível de 15 cm de profundidade.

Nogueira, L. et al; sugerem para cultura do coqueiro, tensões até 25 cbar em solos arenosos e 60 cbar para os argilosos.

FATORES LIGADOS AO SISTEMA DE CULTIVO:

1) ÁREA EFEIVAMENTE MOLHADA – AM:

A fração de área molhada (FAM) é a relação entre a área umedecida pelos emissores (AM) e a área total de cultivo (AT), podendo ser expressa:

$$FAM = AM/AT$$

Quando a irrigação se faz em cobertura total, como na aspersão convencional, a superfície molhada é integral e o FAM = 1. Na microirrigação a cobertura é parcial, atingindo apenas a área de influência do sistema radicular das plantas cultivadas, onde o FAM é maior que 0 e menor que 1.



AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

2) **ÁREA SOMBREADA – AS (m²)**

Corresponde a área de influência da copa de uma planta em um determinado espaçamento.

$$AS = \pi * D^2 / 4$$

Onde, “D” é o diâmetro da projeção da copa, em m².

3) **FATOR DE COBERTURA:**

É a relação entre a área sombreada (AS) e a superfície total (AT) ocupada por uma planta.

$$Fc = AS/AT$$

Fc – Fator de cobertura (adimensional)
AS – Área Sombreada em m²
AT - Área Total ocupada por uma planta, obtida pelo produto do seu espaçamento (m²).

Exemplo:

Qual o fator de cobertura de uma lavoura de coco, no espaçamento retangular de 7,5x7,5m, considerando que no estágio adulto o raio do círculo sombreado atinge 3,60m?

$$AS = 3,14(3,60)^2 = 40,70 \text{ m}^2$$

$$AT = 7,5 * 7,5 = 56,20 \text{ m}^2$$

$$Fc = 40,7 / 56,2 = 0,7$$

Em teoria, as plantas ao atingirem a idade adulta ocuparam aproximadamente 70% da área de cultivo.

FATORES LIGADOS AO MÉTODO DE IRRIGAÇÃO:

Diz respeito à eficiência de uso da irrigação, pois nem toda água bombeada para o sistema é uniformemente distribuída na rede, aplicada pelos emissores, disponibilizada no solo ou efetivamente aproveitada pelas plantas.

Pode-se correlacionar a eficiência de aplicação a diversos fatores, entre os quais se destacam:

- **Planejamento Físico da Irrigação:**

Dimensionamento hidráulico adequado a cada situação de projeto, de tal forma que a variação de pressão e de vazão entre emissores, não ultrapasse 20 e 10% respectivamente. Seguem-se as propostas de Keller et Karmeli (1975) e Bernardo S. (1986), que objetivam alcançar índices elevados de uniformidade de distribuição.

Uso de emissores com as mesmas características hidráulicas.

Escolha do método e de emissores mais adequados às condições locais e a lavoura.



AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

- **Instalação do Sistema:**
Como toda obra de engenharia, a instalação do conjunto de irrigação deve ser realizada por pessoal habilitado e com ferramental apropriado à montagem de cada componente do sistema.
O controle de qualidade deve ser rigoroso para que se evitem vazamentos na rede de distribuição. Essas perdas não devem ser avaliadas somente pelo volume de água desperdiçado, mas principalmente, pelos efeitos produzidos sobre o sistema, com a sua despressurização e a inevitável queda da vazão final.
- **Condição Ambiental:**
Condições edafoclimáticas indutoras de perdas por evaporação, arrastamento pelo vento, escoamento superficial e percolação.

Em se tratando de sistema de irrigação corretamente dimensionado, é usual atribuir os seguintes rendimentos:

MÉTODO	EFICIÊNCIA DE APLICAÇÃO %
Gotejamento	90
Microaspersão	85
Aspersão convencional	70

* Fonte: Irrigação em Pequenas e Médias Propriedades – Oliveira, R. & Ramos, M. (1998).

MÉTODO DO TURNO DE REGA CALCULADO

DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO E TURNO DE REGA

a) Irrigação de Baixa Frequência pelo Turno de Rega Máximo – Método Clássico:

Neste método o solo funciona como reservatório de água para as plantas, devendo ser reabastecido toda vez que a umidade atingir níveis predeterminados. A recarga desse “reservatório” dependerá da sua capacidade de retenção de água, relacionada principalmente com a textura. Nos solos arenosos a reposição de água deve ocorrer sempre que perderem 40% da sua capacidade total de armazenamento. Nos argilosos esses valores podem atingir 60%. Normalmente empregam-se os seguintes fatores de recarga:

Textura do Solo	Fator de Recarga - fr
Arenosa	0,40
Média	0,50
Argilosa	0,60

Tv. 14 de Abril, 772, CEP: 66060-460, Bairro: São Braz
Tel/ Fax: 3236-4177; E-mail: amazôniairrigacao@yahoo.com
CNPJ: 04.022.855/0001-74 Inscr. Est.: 15.213.217-1
Belém - PA



AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

- Volume Total de Água Armazenada: $V_t = (CC - PMP) * Da * Z / 10$
- Lâmina Líquida por Turno de Rega: $LL = V_t * fr$
- Lâmina Bruta por Turno de Rega: $LB = LL * 100 / E_i$
- Turno de Rega: $T = LL / ETC$

V_t - Volume total em mm
 LL - Lâmina Líquida em mm
 Lb - Lâmina Bruta em mm
 T - Turno de Rega em dia

Da - Densidade aparente g/cm^3
 Z - Profundidade efetiva das raízes em cm
 Fr - fator de recarga
 E_i - Eficiência do método

Exemplo:

Um solo apresenta $CC = 18\%$, $PMP = 8\%$ e $Da = 1,40 g/cm^3$, deseja-se implantar uma lavoura cuja profundidade efetiva de suas raízes é de 50 cm, considerando que a evapotranspiração da lavoura $ETC = 4,6 mm/dia$ e a eficiência do método de irrigação $E_i = 70\%$, qual o turno de rega máximo, o volume total de água possível de ser armazenado e as lâminas líquida e bruta?

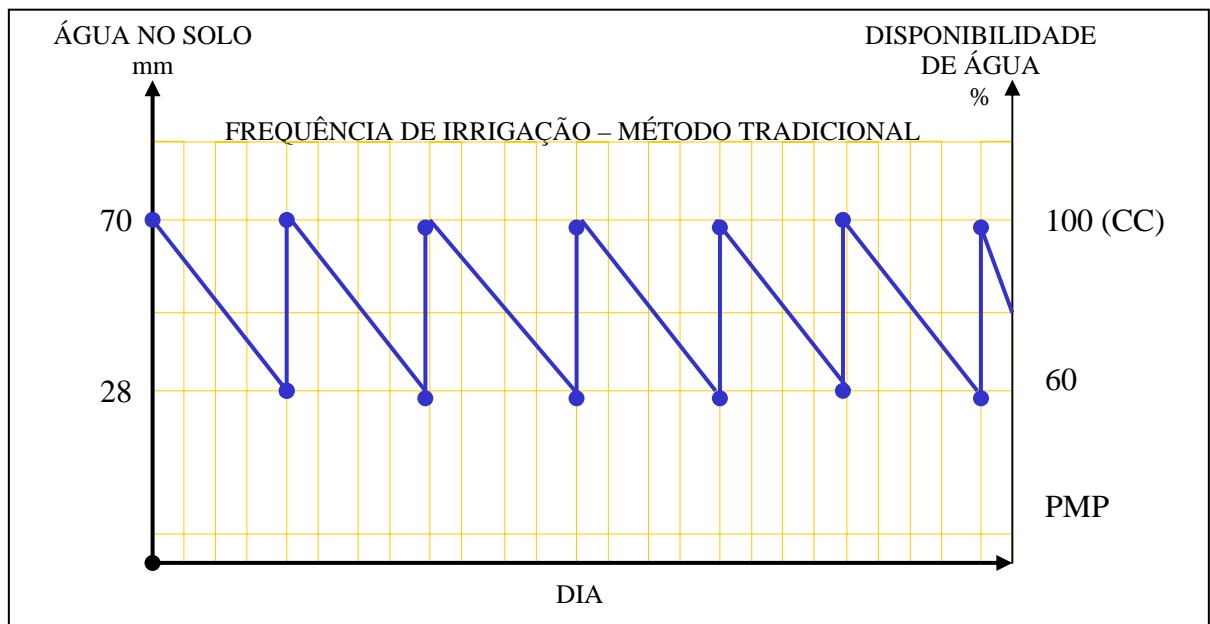
$$V_t = (18 - 8) * 1,4 * 50 = 70 \text{ mm}$$

$$LL = 70 * 0,40 = 28 \text{ mm (solo arenoso - fr = 0,40)}$$

$$Lb = 28 * 100 / 70 = 40 \text{ mm}$$

$$T = 28 / 4,6 = 6,0 \text{ dias}$$

Desta forma cada setor receberá água em intervalos de seis dias caracterizando irrigação de alta intensidade e baixa frequência.





AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

Essas oscilações de grande amplitude são acompanhadas por variações físicas, químicas e físico-químicas no solo, refletindo-se no menor desempenho dos cultivos. Em algumas situações de solo argiloso o turno de rega pode atingir até 20 dias.

Quando o turno de rega é muito longo, a friabilidade do solo obtida logo após a irrigação sofre alteração progressiva e, dependendo da textura, pode ao final do período apresentar consistência dura, dificultando a penetração das raízes das plantas cultivadas. A camada superficial é a mais sensível a essas variações.

Cuidados especiais devem ser dispensados em cultivos jovens, recém-transplantados, onde o sistema radicular pouco desenvolvido explora volume reduzido de solo. Neste caso é importante aumentar a frequência de irrigação, estabelecendo temporariamente turnos de regas menores, condição que manterá úmida a camada superficial do solo por mais tempo.

MANEJO DA IRRIGAÇÃO

Idade da Planta	L.Líquida mm	Turno Rega dias	Nº de Regas mês	Vol. Aplicado Mês - mm
Jovens	9,2	2	15	138
Adulta	28	6	5	138

Observe que nada influi no dimensionamento físico do sistema e no volume final aplicado por mês. Tudo passa a depender do esquema de manejo adotado.

b) Irrigação de Alta Frequência - Microirrigação:

Os sistemas de irrigação localizada, por serem constituídos de linhas e emissores fixos, permitem estabelecer manejo com alta frequência de regas, mantendo sempre úmido o solo na região das raízes das plantas.

Se no método clássico o solo serve como reservatório de água às plantas durante o longo período entre regas, na microirrigação ele deixa de ter essa função. Entretanto, o conhecimento de suas propriedades físicas (textura, densidade, capacidade de campo, ponto de murcha permanente, profundidade efetiva na zona de maior concentração das raízes, curva de retenção hídrica, etc), deve ser considerado para determinação do bulbo molhado (tamanho, forma e conteúdo de água disponível), fundamental ao planejamento do sistema e ao manejo adequado da irrigação.

Turno de Rega na Microirrigação:

Em decorrência das características desse método, podem-se estabelecer intervalos entre regas de até três dias, entretanto os melhores resultados são associados a turnos diários.

Lâminas Líquida e Bruta na Microirrigação:

- Lâmina Líquida:
 $LL = T * ETC$, em mm/turno
 $LL = ETC$, em mm/dia (se o turno de rega for diário).
- Lâmina Bruta:
 $LB = LL * 100 / Ei$, em mm/turno.

LL – Lâmina Líquida, em mm/turno.
LB – Lâmina Bruta, em mm/turno.
Ei – Eficiência do Método de Irrigação



AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

Exemplo:

Determinar a Lâmina líquida e a Bruta, necessárias ao manejo da microirrigação, considerando a evapotranspiração da cultura – ETC=4,6 mm/dia e que se pretende estabelecer turno de rega diário:

Dados:

- o ETC = 4,6 mm/dia
- o Turno de Rega (T) = 1

Cálculo:

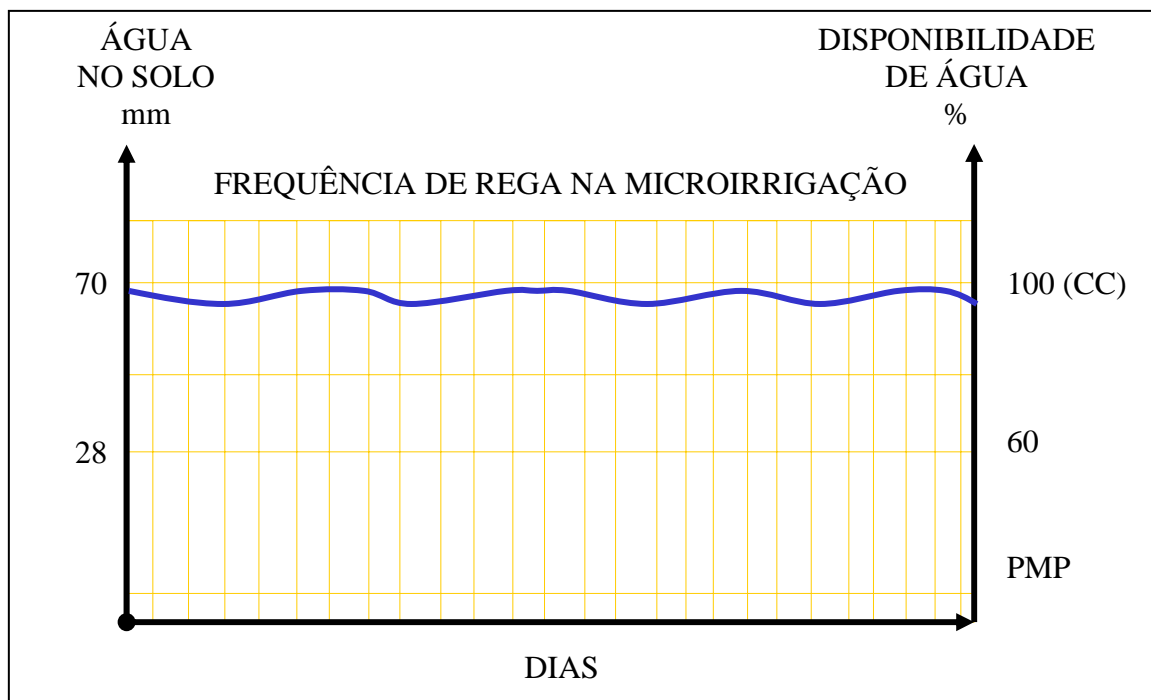
- o Lâmina Líquida = $T \cdot ETC = 4,6$ mm/dia

Se a irrigação fosse por gotejamento, $E_i = 90\%$;

- o Lâmina Bruta = $LL \cdot E_i = 5,1$ mm/dia.

Se o método fosse microaspersão, $E_i = 85\%$;

- o Lâmina Bruta = $LL \cdot E_i = 5,4$ mm/dia



Na microirrigação é possível manter a umidade do solo sempre muito próximo à capacidade de campo. Este método se caracteriza pela alta frequência e baixa intensidade de rega.



DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO E SEU APROVEITAMENTO PELAS PLANTAS:
 A água disponível as plantas situa-se entre o ponto de murcha permanente (PMP) e a capacidade de campo (CC) de um solo. As melhores respostas de produção são obtidas quando a umidade é mantida próxima a CC, devido a menor força de atração das moléculas de água pelas partículas do solo (baixa tensão de água ou potencial matricial), que facilita a retirada do líquido pelos vegetais com gasto mínimo de energia. Ao se aproximar do PMP, embora a planta ainda consiga absorver água, o esforço despendido proporciona reduções consideráveis na produção e no crescimento.

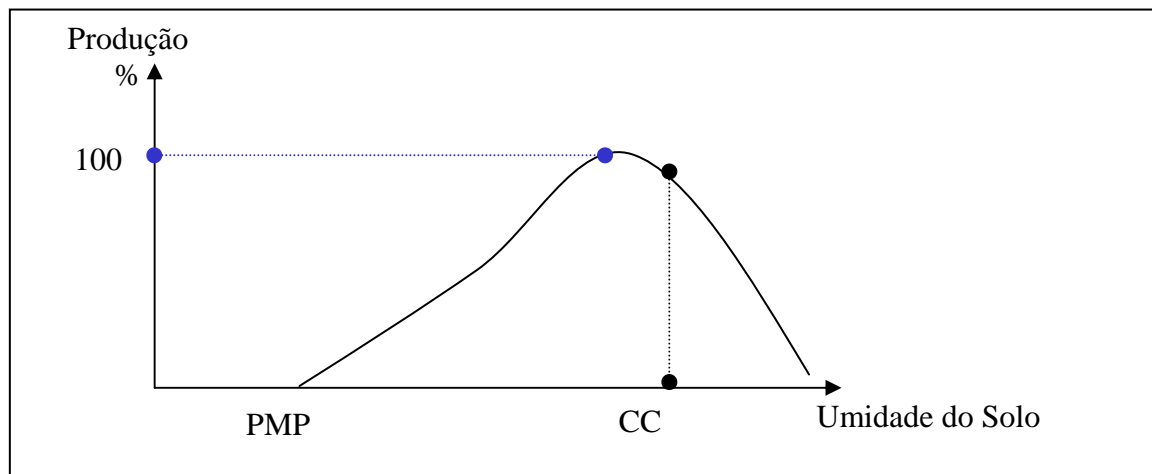


Tabela das Propriedades Usuais do solo, segundo Iraelsen e Hansen.
 (Princípios y Aplicaciones del Riego - Barcelona, 1965).

Textura do Solo	Infiltração Permeabil. (cm/h)	Espaço Poroso Total %	Densidade. Aparente (d)	Capacidade de Campo % (c)	Umidade Murcha m % (m)	Água disponível Total		
						Peso seco % (c-m)	Volume % d (c-m)	cm/m (c-m) d.p
Arenoso	5 (2,5-22,5)	38 (32-42)	1,65 (1,55-1,80)	9 (6-12)	4 (2-6)	5 (4-6)	8 (6-10)	8 (6-10)
Barro-arenoso	2,5 (1,3-7,6)	43 (40-47)	1,50 (1,40-1,60)	14 (10-18)	6 (4-8)	8 (6-10)	12 (9-15)	12 (9-15)
Barro	1,3 (0,8-2,0)	47 (43-49)	1,40 (1,30-1,40)	22 (18-26)	10 (8-12)	12 (10-14)	17 (14-20)	17 (14-20)
Barro-argiloso	0,8 (0,25-1,5)	49 (47-51)	1,35 (1,30-1,40)	27 (23-31)	13 (11-15)	14 (12-16)	19 (16-22)	19 (16-22)
Argilo-arenoso	0,25 (0,03-0,5)	51 (49-53)	1,30 (1,25-1,35)	31 (27-35)	15 (13-17)	16 (14-18)	21 (18-23)	21 (18-23)
Argiloso	0,05 0,01 – 0,1	53 (51-55)	1,25 (1,20-1,30)	35 (31-39)	17 (15-19)	18 (16-20)	23 (20-25)	23 (20-25)



VOLUME DE ÁGUA REQUISITADO EM UM CULTIVO

VOLUME LÍQUIDO DE ÁGUA REQUERIDO POR PLANTA:

- $V_p = LL * F_c * AT$, em litro/planta/turno.
- $V_p = ETC * T * F_c * At$, em litros/planta/turno.

LL - Lâmina Líquida em mm/turno
Fc - Fator de cobertura
AT - Área total ocupada por planta (m ²)
T - Turno de Rega, em dia

VOLUME BRUTO DE ÁGUA POR PLANTA:

- $V_b = V_p * 100 / E_i$, em litros/planta/turno de rega.

O volume bruto corrige as prováveis perdas na aplicação da água de irrigação, cuja eficiência (E_i) varia com o método utilizado.

Exemplo:

Qual o volume de água requerido diariamente por um coqueiro, em um cultivo onde se utilizam; a microaspersão ($E_i=85\%$), o espaçamento de 7,5 x 7,5m (178 plantas/há), fator de cobertura de 0,7 e se observa $ETC = 4,6\text{mm}/\text{dia}$?

Volume Líquido:

$$V_p = LL * F_c * AT = 4,6 * 1 * 0,7 * 56,2 = 181 \text{ litros/planta/dia}$$

Volume bruto:

$$V_b = V_p * 100 / 85 = 213 \text{ litros/planta/dia}$$

Volume de Água Requerido por hectare do cultivo:

$$V_s = 213 * 178 = 37\,914 \text{ litros/há.}$$

TEMPO DE IRRIGAÇÃO POR TURNO DE REGA:

Na aspersão convencional com cobertura total da área, podem-se empregar as seguintes equações:

- $\Delta t = L_b / I_p$, em hora.
- $\Delta t = 100 * ETC * T / I_p * E_i$, em hora.

Lb	Lâmina Bruta em mm
I _p	Intensidade de precipitação em mm/h
ETC	Evapotranspiração da cultura, mm/dia.
T	Turno de Rega, em mm/dia



AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

Exemplo:

Qual o tempo de irrigação necessário para suprir a demanda hídrica da lavoura de milho, considerando:

Aspersão com cobertura total

Evapotranspiração da lavoura = 4,6 mm/dia

Turno de Rega = 6 dias

Intensidade de Precipitação = 6 mm/h

Eficiência da Irrigação (Ei) = 70%

$\Delta t = 100 * 4,6 * 6 / 6 * 70 = 6,57$ horas/turno, correspondendo aproximadamente a 6 horas e 34 minutos de rega a cada 6 dias.

Na microirrigação, determina-se o tempo de irrigação através do consumo médio por indivíduo ou grupo de planta e pelas características do emissor.

- $\Delta t = N * V_b / q_a$, em hora.....(1)
- $\Delta t = 100 * V_p * N / q_a * E_i$, em hora.....(2)
- $\Delta t = 100 * LL * f_c * A_t * N / q_a * E_i$, em hora.....(3)
- $\Delta t = L_b * f_c * A_t * N / q_a$, em hora.....(4)
- $\Delta t = 100 * T * ETC * f_c * A_t * N / q_a * E_i$, em hora.....(5)

Onde,

Lb Lâmina Bruta em mm/turno

LL Lâmina líquida em mm/turno

Fc Fator de cobertura (adimensional)

At Área total ocupada por uma planta, m²

,q_a Vazão do microaspersor em litro/hora

Ei Eficiência do Método de Irrigação

T Turno de rega, em dia

ETC Evapotranspiração da cultura em mm/dia

V_p Volume líquido requisitado litro/planta/turno

V_b Volume bruto requisitado litro/planta/turno

N Relação entre o número de plantas (N_p) e o número de micro-emissores (N_a) que a atende, podendo ser escrito; N_p/N_a

{N_p/N_a = 1/2, 1/1, 2/1, 3/1, 4/1, etc.}



AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

Exemplo:

Qual o tempo de irrigação necessário para suprir a demanda da lavoura de coco, no espaçamento 7,5 x 7,5m, considerando:

Nº de emissores por planta = 1

Turno de Rega = diário

ETC = 4,6 mm/dia

Ei = 85%

,qa = 75 litros/hora a 20 mca.

Fc = 0,7

At = 7,5*7,5 = 56,25 m²/planta

N = 1/1 = 1

$$\Delta t = T * ETC * f_c * A_t * N * 100 / q_a * E_i$$

$$\Delta t = 2,84 \text{ horas ou } 2 \text{ horas e } 50 \text{ minutos por turno diário.}$$

Se no exemplo acima, cada coqueiro fosse atendido por dois emissores com as mesmas características descritas anteriormente, ter-se-ia $N = \frac{1}{2} = 0,5$. Neste caso, o tempo seria de 1,42 hora ou 1 hora e 25 minutos.

VAZÃO REQUERIDA PELO SISTEMA:

a) Método Clássico – Cobertura Integral do Cultivo:

- $Q = 10.LB.A / H.T.$

Onde,

Q – Vazão em m³/h

LB - Lâmina Bruta, mm/turno.

A - Área Total em hectare

H - Jornada de trabalho diária, em hora

T - Turno de Rega, dia

Exemplo:

Qual a vazão requerida por um sistema de irrigação por aspersão, com cobertura total da área cultivada, que apresenta as seguintes características:

Área total: A = 20 há

Capacidade de Campo: CC = 18 %

Ponto de Murcha Permanente: PMP = 8 %

Densidade Aparente do solo: $\rho = 1,4 \text{ g/cm}^3$

Profundidade efetiva do sistema radicular: Z = 50 cm.

Fator de Recarga: Fr = 0,40

ETC = 4,6 mm/dia

Eficiência da Irrigação (Ei) = 70 %

Jornada diária de trabalho: H = 24 hs



AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

1) Cálculo das Lâminas Líquida e Bruta:

$$LL = (CC - PMP) * Da * Z * Fr / 10 = 28 \text{ mm}$$

$$LB = LL * 100 / 70 = 40 \text{ mm}$$

2) Turno de Rega Máximo:

$$T = LL / ETC = 28 / 4,6 = 6 \text{ dias}$$

3) Vazão Requerida pelo Sistema:

$$Q = 10 * LB * A / H * T = 10 * 40 * 20 / 24 * 6 = 55 \text{ m}^3/\text{h}$$

b) Estimativa da Vazão na Microirrigação a partir da Área Total de Cultivo:

$$Q = 10 * Lb * A / H * T$$

Como somente uma fração da superfície total de cultivo é irrigada, correspondendo à área sombreada pelas plantas, deve-se utilizar o fator de cobertura – Fc.

$$\bullet \quad Q = 10 * LB * A * Fc / H * T \quad (1)$$

Considerando, $LB = LL * 100 / Ei$ e $LL = ETC * T$, teremos,

$$\bullet \quad Q = 1000 * LL * A * Fc / H * T * Ei \quad (2)$$

$$\bullet \quad Q = 1000 * ETC * A * Fc / H * Ei \quad (3)$$

Q – Vazão do sistema em m^3/h

ETC – Evapotranspiração da cultura, em mm/dia.

A – Área total do Cultivo em há

Fc – Fator de Cobertura

H - Jornada de trabalho diária, hora

Ei - Eficiência do sistema

LL - Lâmina Líquida mm/turno.

LB - Lâmina Bruta mm/turno.

c) Estimativa da Vazão na Microirrigação a partir da Demanda Unitária:

1º Passo – Determinar o consumo por planta

$$\bullet \quad Vp = LL * Fc * Ap$$

$$\bullet \quad Vp = T * ETC * Fc * Ap$$

Ap - Área por planta (produto do espaçamento), em m^2 .

Vp – Volume de Água por planta, em litros/turno de rega.



AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

2º Passo – Determinar o Volume bruto a fornecer por planta:

- $V_b = V_p * 100 / E_i$, em litros/planta/turno.

3º Passo – Determinar a vazão do Sistema:

- $Q_s = N^{oTP} * V_b / 1000 * H * T$, em m^3/h . (1)

- $Q_s = N_p * A_t * V_b / 1000 * H * T$, em m^3/h . (2)

<p>N^{oTP} – Número total de plantas a irrigar N^{op} - Número de plantas por hectare. A_t - Área total de Cultivo em hectare. H - Jornada de Trabalho em hora/dia T - Turno de Rega, em dia</p>

Exemplo:

Calcular a vazão necessária a um sistema de irrigação, que apresenta as seguintes características?

Lavoura a irrigar: coco

Método: microirrigação.

Número de emissores por planta: 01

Vazão do emissor: 70 litros/hora

Área de cultivo: 20 há

Espaçamento: 7,5x7,5m

Área ocupada por planta: 56,25 m^2 .

Número de plantas por há: 178

Fator de cobertura: 0,70

ETC: 4,6 mm/dia

Jornada de trabalho: 24 horas

Turno de rega: diário

Eficiência do método: 85%

a) Vazão a partir da área total de cultivo:

$$Q_s = 1000 * 4,6 * 20 * 0,7 / 24 * 85 * 1 = \mathbf{31,5 \text{ m}^3/h}$$

b) Vazão a partir da demanda unitária:

É usual estimar a vazão do sistema a partir da demanda unitária, que na realidade é uma variação mais trabalhosa do método anterior.

1º Passo: Volume Líquido por Planta – V_p

- $V_p = T * ETC * F_c * A_p = 1 * 4,6 * 0,7 * 56,25 = 181$ litros/planta/dia

2º Passo: Volume Bruto por Planta - V_b

- $V_b = V_p * 100 / E_i = 181 * 100 / 85 = 213$ litros/planta/dia

3º Passo: Vazão - Q_s

- $Q_s = N_p * A_t * V_b / 1000 * H * T = 178 * 20 * 213 / 1000 * 24 * 1 = \mathbf{31,5 \text{ m}^3/h}$.



PACOTES COMERCIAIS PROMOCIONAIS

Em inúmeros “projetos” de microirrigação há omissão do cálculo do consumo por planta (Passos 1 e 2). Geralmente empregam valores determinados em outras regiões do País, provocando erros irreversíveis.

Em lavouras de coqueiro no Pará, tornou-se comum o fornecimento da lâmina Bruta de 120 litros/planta/dia, independentemente da sua localização geográfica, especificidade climática, densidade de plantio, etc. Entretanto, esse volume é insuficiente para suprir as suas necessidades hídricas, ao se considerar os parâmetros agroecológicos da zona de maior dispersão da cultura no estado, onde a demanda bruta pode ultrapassar 180 litros/planta/dia.

A irrigação não deve ser apenas um seguro contra a seca, mas um fator de alta produtividade.

Fuja do Mico.



MÉTODO DA TENSÍOMETRIA

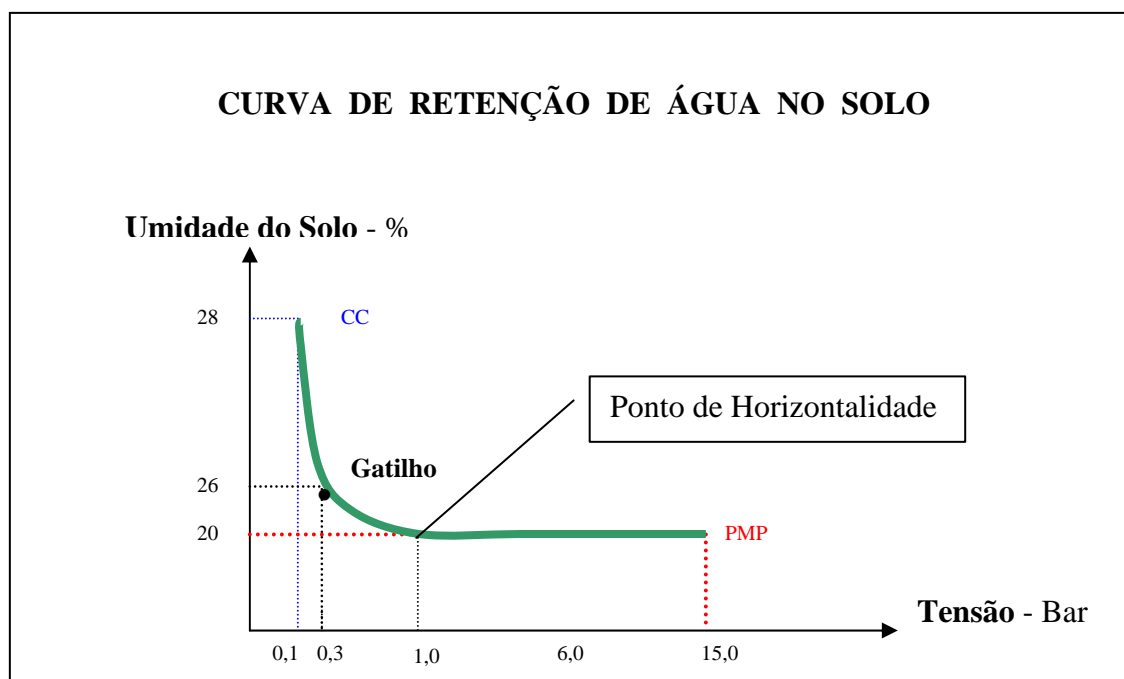
Objetivos da Tensiometria:

Monitoramento diário das condições de umidade na região das raízes das plantas, a partir da medição da tensão da água no solo, possibilitando manejar adequadamente a irrigação, fornecendo água no momento oportuno e em quantidade suficiente para satisfazer as necessidades hídricas do vegetal.

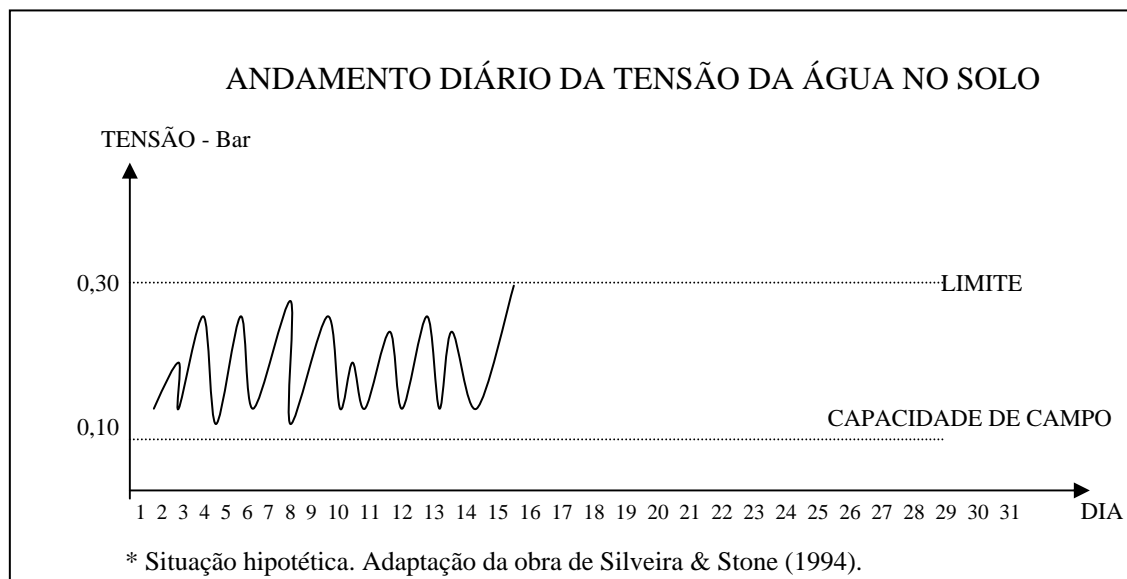
Uso do Tensiômetro:

Sugere-se monitorar o nível de umidade do solo na região de maior concentração das raízes das plantas, em pelo menos duas profundidades. Usar duas ou mais baterias de tensiômetros, preferencialmente com manômetro de mercúrio. Estabelecer faixa operacional próxima à capacidade de campo, empregando-se para solos arenosos os intervalos entre as tensões de 0,10 a 0,33 bar e para os argilosos 0,33 a 0,60 bar. Para converter as medições da coluna de mercúrio (cmHg) em tensão da água no solo expressa em bar, utiliza-se a equação desenvolvida no “Padrão de Leitura” ou através do *software Amazônia Irrigação*.

As tensões registradas correspondem ao conteúdo de água disponível no solo, possíveis de serem aferidos com auxílio da curva de retenção hídrica determinada em laboratório. Silveira & Stone (1994) consideram que a curva de retenção hídrica facilita a estimativa da disponibilidade de água no solo para as plantas na profundidade desejada, permitindo monitoramento ininterrupto da quantidade armazenada, com observação do nível máximo (capacidade de campo), mínimo (ponto de murcha permanente) ou outro qualquer identificado na curva.



* Adaptado de Silveira & Stone - 1994



O gráfico do andamento diário da tensão da água no solo deve flutuar entre a capacidade de campo e o limite estabelecido para a lavoura, que neste exemplo é de 0,10 e 0,30 bar, respectivamente. Esse tipo de manejo tem como característica a alta frequência de reposição de água no solo, garantido por intervalos entre regas de 24 ou 48 horas.

O ajuste da lâmina de irrigação a partir da leitura do tensiômetro é bastante simples. Em condições de campo, quando a tensão máxima diária ultrapassa o limite preestabelecido para cultura, deve-se aumentar o tempo de rega. Por outro lado, quando a máxima se mantém muito próximo à capacidade de campo e a mínima indica excesso de umidade no solo, o tempo de irrigação deverá sofrer redução. Essas intervenções são facilitadas nos sistemas automatizados.

ESTIMATIVA DO VOLUME DE ÁGUA A APLICAR:

Para estimar a quantidade de água de irrigação, recorre-se a curva de retenção hídrica e a leitura da tensão no reinício da rega. Silveira & Stone (1994), propõem os seguintes cálculos:

a) Estimativa da Lâmina Líquida para Irrigação:

$$LL=10(CC-MI)*Pc$$

Onde,

LL – Lâmina Líquida, em mm.

CC – Capacidade de Campo, em cm^3/cm^3 de solo.

MI – Volume de água na tensão observada antes do reinício da irrigação, em cm^3 de água.

Pc - Profundidade do solo desejada, em cm.



AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

A lâmina líquida – LL, corresponde ao déficit de água existente no solo no momento do reinício da rega.

Para recarregar o solo, isto é, repor a quantidade de água necessária ao retorno à capacidade de campo, deve-se considerar além da lâmina líquida, a eficiência do sistema de irrigação, definindo assim o volume real de reposição ou Lâmina Bruta.

$$LB = LL * 100/Ei$$

Onde,

LB – Lâmina Bruta, em mm.

Ei = Eficiência do Sistema (Microaspersão = 85% - Gotejamento = 90%)

Exemplo:

Calcular a lâmina Líquida e a Bruta, tomando por base a curva de retenção hídrica anteriormente representada.

Capacidade de Campo = 0,1 bar correspondendo a 0,28 cm³ de água/cm³ de solo

MI (Momento da Irrigação) = 0,30 bar, correspondendo a 0,26 cm³ de água/cm³ de solo.

Profundidade efetiva das raízes = 50 cm (coqueiro)

LÂMINA LÍQUIDA:

$$LL = 10(0,28-0,26)*50$$

LL = 10 mm

LÂMINA BRUTA:

$$LB = 10 * 100 / 85$$

LB = 11,76 mm

SUPRIMENTO DA LÂMINA DE IRRIGAÇÃO:

A microirrigação por ser pontual, isto é, por não atingir a área total do cultivo, merece cuidados especiais para o cálculo do tempo de rega, necessário ao suprimento da Lâmina Bruta.

Exemplo:

Procedimentos para Determinação do Tempo de Rega:

- Lavoura a irrigar: Coqueiro Anão.
LB = 11,76 mm/dia
- Área de Influência do Microaspersor (compatível com a área ocupada pelas raízes)
Raio molhado = 2 m
Área molhada = 12,56 m²
- Vazão do Microaspersor Selecionado = 50 litros/hora a 20 mca.
- Cálculo da Intensidade de Precipitação – IP:
IP = 50 / 12,56
IP = 3,98 l/m²/h ou mm/hora
- Cálculo do Tempo de Rega:
 $\Delta T = LB / IP$
 $\Delta T = 2,96 \text{ horas} \cong \mathbf{3 \text{ horas}}$



AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

TENSIOMÊTRO DE DECISÃO:

O tensiômetro para tomada de decisão sobre reinício da irrigação é o mais superficial. Em coqueiros, apesar da grande concentração das raízes nos primeiros 50 cm de profundidade do solo, a maioria dos autores considera o tensiômetro localizado entre 15 e 30 cm, como referencial para decisão da recarga e monitoramento da lâmina de irrigação. Provavelmente, este fato decorra, de ser a camada mais superficial do solo a primeira a sofrer os efeitos, da evaporação, da percolação por ação da gravidade e das retiradas pelas raízes das plantas (cultivadas e daninhas). Entretanto o monitoramento de profundidades maiores permite análises mais precisas das demandas das plantas cultivadas.

EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO E A TENSIOMETRIA:

Fatores ligados à eficiência do sistema e a economia de água, captado pela tensiometria dizem respeito à escolha dos emissores. É freqüente em projetos de irrigação o uso de microaspersores com bocais de grande vazão com a intenção de reduzir o tempo de fornecimento do volume de água requisitado por planta, sem a preocupação de estabelecer total ou parcialmente sobre as raízes sítio com umidade próxima a capacidade de campo, desconsiderando as inter-relações entre o raio de alcance (superfície molhada) e a área de dispersão do sistema radicular, entre a lâmina bruta e a intensidade de precipitação, entre a capacidade de infiltração do solo e a intensidade de precipitação produzida.

Exemplo: Situação A

LB = 11,76 mm

Vazão do Emissor = 100 l/h

Raio alcance = 4 m

Área Molhada = 50,24 m²

Intensidade de Precipitação - IP = 100 / 50,24 **IP = 1,99 mm/h**

Tempo de Rega = 11,76 / 1,99 = **5,9 horas**

Volume Real Aplicado = 100*5,9 = 590 litros.

Em se tratando de coqueiro, onde a maioria do sistema radicular concentra-se a 2 metros do estipe, o alcance maior do emissor provocaria desperdício de água. Seriam necessárias 5,9 horas de funcionamento do sistema para que o solo nessa grande área retornasse a sua capacidade de campo, mesmo utilizando um bocal de grande vazão.

Situação B

LB = 11,76 mm

Vazão do Emissor = 50 l/h

Raio de alcance = 2 metros

Área Molhada = 12,56 m²

IP = 50 / 12,56 = **3,98 mm/h**

Tempo de Rega = 11,76 / 3,98 = **2,95 horas**

Volume Real Aplicado = 50*2,95 = 148 litros.

Neste caso, atingir-se-ia somente o solo na área de influência do sistema radicular do coqueiro, fazendo-o retornar a sua capacidade de campo com um volume de água de 148 litros. Enquanto que na situação anterior (A), para alcançar o mesmo nível de umidade no solo, essa quantidade elevar-se-ia a 590 litros.



PADRÃO DE LEITURA

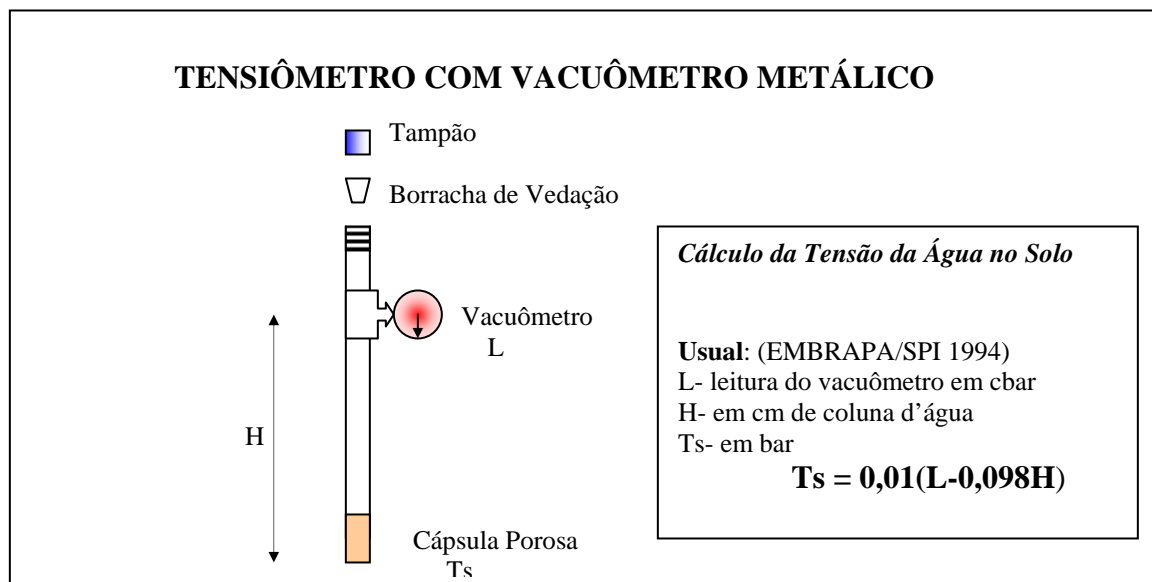
Diz respeito ao critério de uso do tensiômetro e a interpretação das leituras.

Faria & Costa (1987), citados por Silveira & Stone, consideram que a tensão da água do solo determinada no tensiômetro está diretamente relacionada com a facilidade ou dificuldade de sua absorção pelas raízes das plantas. Isto porque, para que ocorra absorção, é necessário que as raízes exerçam tensões mais negativas, estabelecendo um gradiente favorável ao fluxo.

Para facilitar o entendimento é importante descrever os princípios básicos de funcionamento do aparelho:

O tensiômetro é constituído por um tubo de PVC, de comprimento variável, que possui na extremidade inferior uma cápsula de porcelana porosa e, na superior, uma tampa com borracha de vedação para mantê-lo hermeticamente fechado, logo abaixo, instala-se o vacuômetro ou conecta-se o microtubo do manômetro de mercúrio. Este aparelho é integralmente preenchido com água e, com auxílio de uma pequena bomba, retiram-se bolhas de ar que porventura existam no seu interior.

Ao se instalar um tensiômetro há uma tendência de equilíbrio entre a água do solo e a existente no aparelho, pela comunicação mantida através da cápsula porosa, estabelecendo um contínuo. Nesta situação, quando o solo começa a perder água, força a retirada do líquido do interior do tensiômetro, criando um vácuo na sua extremidade superior, imediatamente registrado pelo vacuômetro. Assim, quanto mais seco o solo, maior será o vácuo produzido. Quando ocorre chuva ou irrigação, o movimento da água é inverso, passando do solo para o aparelho, reduzindo o vácuo e, conseqüentemente, os valores da leitura.





AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

A leitura do vacuômetro pode estar expressa em outra unidade de pressão, como; Pascal (Pa), Kpa, Atmosfera, cmHg, mmHg, cm/H₂O, mca, Kg/cm², etc. Para facilitar a conversão, utiliza-se a seguinte relação:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm/Hg} = 76 \text{ cm/Hg} = 1033 \text{ cm/H}_2\text{O} = 1,013 \text{ bar} = 101,3 \text{ Kpa ou cbar.}$$

Exemplo 01:

Calcular a tensão da água no solo:

Leitura do Vacuômetro (L) = 20 cbar

Comprimento Tensiômetro = 1 metro = 100 cm

Cálculo pela equação padrão – Usual

$$T_s = 0,01(L - 0,098H)$$

$$T_s = 0,01(20 - 0,098 * 100)$$

$$T_s = \mathbf{0,102 \text{ bar}}$$

Onde,

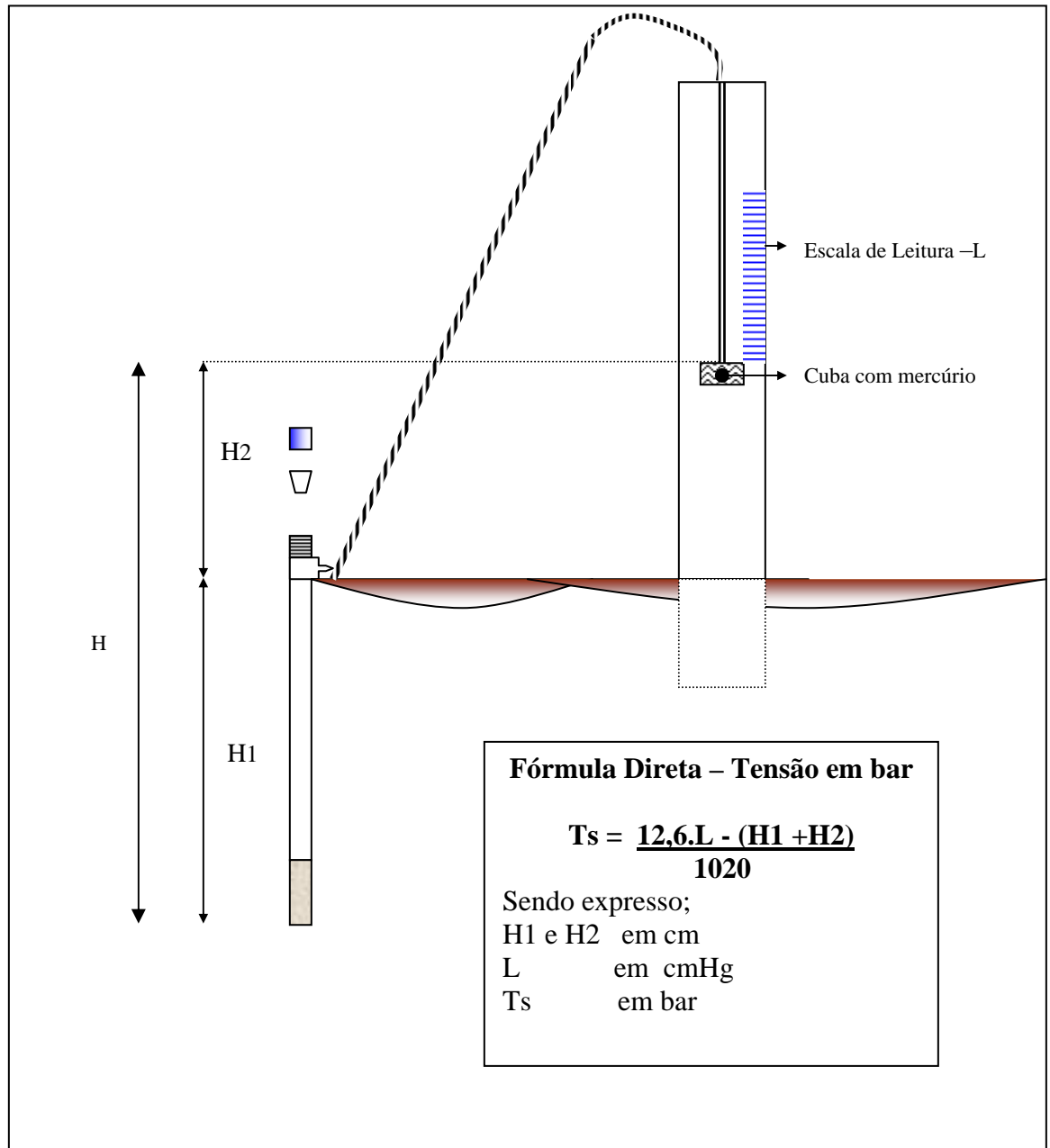
L = cbar

H = cm de coluna d'água (cmH₂O)

T_s = em bar.



TENSIÔMETRO COM MANÔMETRO DE MERCÚRIO





AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

Exemplo 02:

Determinar a Tensão da Água no Solo, aferida por um tensiômetro com manômetro de mercúrio, expressando-a em Bar.

Comprimento do Tensiômetro – $H_1 = 30$ cm

Leitura = 30 cmHg

Altura da cuba de Mercúrio – $H_2 = 40$ cm

Tensão em Bar

$$T_s = 12,6 \cdot 30 - (30 + 40) / 1020$$

$$T_s = 308 / 1020$$

$$T_s = \mathbf{0,3019 \text{ bar}}$$

BIBLIOGRAFIA

AZEVEDO NETO, J.M. **MANUAL DE HIDRÁULICA**. Volume I. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo. 1973.

BARRETO, G.B. **IRRIGAÇÃO PRINCÍPIOS MÉTODOS E PRÁTICAS**. Câmara Brasileira do Livro – São Paulo- 1974.

BERNARDO, S. **MANUAL DE IRRIGAÇÃO**. Viçosa. Imprensa Universitária. 1986. 488p.

BLAUTH, R.L. et al. **TÉCNICA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO**. São Paulo. Dantas Indústria e Comércio S.A. 5ª edição. 30p

COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P. A. (coordenadores); **QUIMIGAÇÃO**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – Brasília, 1994. 315 p.

VIEIRA, R. F.; **Introdução à Quimigação**. Capítulo I - QUIMIGAÇÃO. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – Brasília, 1994. 315 p.

RAMOS, M. M.; MANTOVANI, E.C.; **Sistema de Irrigação e seus Componentes** - Capítulo 2 e **Manejo da Irrigação** – Capítulo 5. QUIMIGAÇÃO. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – Brasília, 1994. 315 p.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; **Calibração** – Capítulo VI. QUIMIGAÇÃO. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – Brasília, 1994. 315 p.

DACKER, A. **A ÁGUA NA AGRICULTURA**. Vol. I, II, III. Livraria Freitas Bastos – São Paulo – 1973.

FOLEGATTI, M.V.; CASARINI, E.; BLANCO, F.F.; BRASIL, R.P.C.; RESENDE, R.S.; (Coordenadores). **FERTIRRIGAÇÃO – Flores, Frutas e Hortaliças**, Guaíba/RS, p 336, 2001. Livraria e Editora Agropecuária Ltda.



AMAZÔNIA IRRIGAÇÃO

- PAPADOPOULO, I. **Processo de Transição da Fertilização Convencional para Fertirrigação.** Capítulo I. Fertirrigação - Flores, Frutas e Hortaliças. 2001.
- VILLAS BÔAS, R.L. **Perfil da Pesquisa e Emprego da Fertirrigação no Brasil.** Capítulo II. Fertirrigação – Flores, Frutas e Hortaliças. 2001.
- CAMPOS, C.M.M.; **A Qualidade de Água para Fertirrigação. Tratamento de Água. Aplicação de Substâncias Químicas. Projetos de Sistemas de Tratamento de Água. Problemas Especiais.** Capítulo III. Fertirrigação – Flores, Frutas e Hortaliças. 2001.
- LÓPEZ, C.C. **Cálculo de Preparo de Soluções Fertilizantes.** Capítulo IV. **Aplicações na Horticultura.** Capítulo VIII. Fertirrigação – Flores, Frutas e Hortaliças. 2001.
- PARRA, I. R.V. **Fertilizantes Solúveis e Fertirrigação em Algumas Fruteiras do Chile.** Capítulo V. Fertirrigação – Flores, Frutas e Hortaliças. 2001.
- MEDEIROS, J. F. **Salinização em Áreas Fertirrigadas – Manejo e Controle.** Capítulo VI. Fertirrigação – Flores, Frutas e Hortaliças. 2001.
- GOTO, R.; GUIMARÃES, V. F. ; ECHER, M.M. **Aspectos Fisiológicos e Nutricionais no Crescimento e Desenvolvimento de Plantas Hortícolas.** Capítulo VII. Fertirrigação – Flores, Frutas e Hortaliças. 2001.
- SOUZA, V.S.; COELHO, E.F. **Manejo da Fertirrigação em Fruteiras.** Capítulo IX. Fertirrigação – Flores, Frutas e Hortaliças. 2001.
- ALMEIDA NETO, D. **Fertirrigação de Flores no Brasil.** Capítulo X. Fertirrigação – Flores, Frutas e Hortaliças. 2001.
- ISRAELSEN AND HANSEN. **PRINCÍPIOS Y APLICACIONES DEL RIEGO –** Editora Reverti S.A. Espanha. 1973.
- KLAR, A. E; **IRRIGAÇÃO – FREQUÊNCIA E QUANTIDADE DE APLICAÇÃO.** Livraria Nobel, São Paulo, 1991.
- MAROUELLI, W.A.; CARVALHO E SILVA, W.L.; SILVA. H. R.; **MANEJO DA IRRIGAÇÃO EM HORTALIÇAS.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças – 5ª edição- Brasília/DF – EMBRAPA. 1996.
- OLITTA, A. F. L; **OS MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO.** Livraria Nobel, 1ª Edição, São Paulo, 1982.
- OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; VALENTE, M.A.; RODRIGUES. T.E.; **CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-HIDRICA DE SOLOS DO SUDESTE PARAENSE.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental, Belém, 1999, 35 p. Boletim de Pesquisa n° 20.
- OLIVEIRA, R. A.; RAMOS, M.M.; LOPES, J.D.S. **IRRIGAÇÃO EM PEQUENAS E MÉDIAS PROPRIEDADES.** Viçosa. Centro de Produções Técnicas. 1998. 58p.
- SILVEIRA, P. M. & STONE, L.F. **MANEJO DA IRRIGAÇÃO DO FEJJOEIRO.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAF. Goiânia, GO. 1994. 46p. Circular Técnica n° 27.