

## PRÁTICAS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO COMO MEDIDA DE CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

---

Paulo Eduardo Silva Martins<sup>1</sup>, Elcides Rodrigues da Silva<sup>1</sup>, Nailson Lima Santos<sup>1</sup>,  
Marco Antônio Franco Lemos Filho<sup>1</sup>, Leandro Galzerano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>. Pós-graduandos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista/UNESP, Campus de Jaboticabal-SP, Brasil.  
Email: paulo\_xx\_martins@hotmail.com

---

### RESUMO

A necessidade de elevação nos índices de produtividade e rentabilidade dos sistemas agrícolas passa invariavelmente pelo manejo conservacionista dos recursos hídricos e edáficos. Assim, o conhecimento sobre práticas conservacionistas e manejo de irrigação se torna uma característica indispensável entre produtores de projeto de irrigação. Através disto, este trabalho teve como objetivo levantar as possíveis causas do uso irracional da água na irrigação, estabelecendo e apresentando algumas alternativas do manejo de irrigação como medida conservacionista do solo e da água. Concluiu-se que sustentabilidade das práticas agrícolas somente será possível através da adequação aos métodos de irrigação e a partir da educação dos irrigantes nas técnicas modernas de manutenção e manejo da agricultura irrigada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Manejo de irrigação, água, solo, conservação

### IRRIGATION MANAGEMENT PRATICS AS MEASURE OF SOIL AND WATER CONSERVATION

### ABSTRACT

The necessity of elevation on the levels of productivity and profitability of agriculture systems invariably goes through the conservationist management of hydric and edaphic resources. Thus, the knowledge of conservation practices and water supply management becomes an essential feature among producers of irrigation projects. Thereby, this article is aimed to arise the possible causes of irrational use of water on irrigation, establishing and presenting some alternatives of irrigation management as a conservationist measure of soil and water. Concludes that sustainability of agricultural practices will be possible only through appropriate methods of irrigation and from irrigators education on modern techniques maintenance and management of irrigated agriculture.

**KEYWORDS:** Irrigation management, water, soil, conservation

## 1. INTRODUÇÃO

Os elevados índices de produtividade e a maior rentabilidade dos sistemas agrícolas passam invariavelmente pelo manejo conservacionista dos recursos hídricos e edáficos, tendo em vista que o solo e a água são os componentes essenciais para a sustentação da produção de alimentos para a população mundial.

Assim, principalmente em condições onde os solos se apresentam mais intemperizados e susceptíveis a processos erosivos, a adoção de técnicas de manejo conservacionista do solo e da água é de fundamental importância para a sustentabilidade, de forma que se possam manter ao longo do tempo esses recursos suficientes para a manutenção de níveis satisfatórios de produtividade. (WUTKE et al., 2002).

Desta forma, segundo EVETT & TOLK (2009), de toda água utilizada no mundo, 70% é destinada a irrigação. Com isso torna-se relevante que se evite ao máximo o desperdício desse recurso natural, sendo que os aspectos relacionados ao fornecimento adequado de água às plantas vêm assumindo grande parte das preocupações das pesquisas sobre a agricultura irrigada.

Porém, segundo SENTELHAS (2001), destes 70%, cerca de 95% não retorna no tempo e no espaço, sendo transferida para atmosfera por evapotranspiração e que dos 5% restantes, apenas 1% da água líquida disponível absorvida pelas plantas é realmente envolvida em atividades metabólicas, sendo que o restante retorna por escoamento superficial ou por percolação, podendo contribuir como fator de degradação do solo e lençóis freáticos.

Mas, para que se tenha garantia de produção com qualidade e aumento de produtividade, principalmente em regiões onde há irregularidade na distribuição das chuvas, a irrigação se torna fator imprescindível e por isso tem-se observado o aumento da área irrigada em todo mundo.

De acordo com a FAO (2004), as áreas irrigadas em 1970 ocupavam cerca de 165 milhões de hectares (ha), passando para aproximadamente 270 milhões de ha em 2000.

Entretanto, segundo COELHO et al. (2005), a eficiência de irrigação tomada como razão entre a quantidade de água utilizada pela cultura e a quantidade retirada da fonte, é muito baixa, situando-se em torno de 37%.

Ainda segundo COELHO et al. (2005), a simples melhora de 1% na eficiência do uso da água de irrigação, nos países em desenvolvimento de clima árido ou semi-árido, significaria uma economia de 200 mil litros de água por agricultor, por hectare por ano.

É válido ressaltar que são grandes os benefícios da agricultura irrigada, entretanto, estes só podem ser alcançados com plenitude quando utilizados com sistemas de irrigação bem dimensionados, adequados às peculiaridades da área, solo e cultura a ser irrigada, bem como, o uso racional com critérios de manejo que resultem em aplicação de água em quantidades compatíveis com as necessidades de consumo das culturas evitando os desperdícios e os impactos oriundos da percolação profunda e do escoamento superficial.

Este trabalho teve como objetivo levantar as possíveis causas do uso irracional da água na irrigação, estabelecendo e apresentando algumas alternativas do manejo de irrigação como medida conservacionista do solo e da água.

## 2. DESPERDÍCIO DE ÁGUA NA IRRIGAÇÃO

## **2.1. DEFICIÊNCIA TÉCNICA**

Parte dos sistemas de irrigação utilizados no Brasil não foram implantados seguindo um projeto adequado, por isso são comuns vazamentos de água nas tubulações e nos canais de alimentação e de distribuição de água.

Em estudo realizado na região de Atibaia, nos altos da bacia hidrográfica do Rio Piracicaba, VIEIRA (2000) constatou em diversas propriedades rurais, que se dedicam a produção de morango, que o desperdício na irrigação era da ordem de 30%, com o agravante que parte desta água, que não consegue infiltrar no solo, acaba escoando superficialmente erodindo o solo e levando para os mananciais, grande quantidade de sólidos em suspensão que acabam por gerar problemas a jusante.

VIEIRA (2000), ainda constatou que tal desperdício decorre basicamente das instalações de irrigação superdimensionadas e implantadas sem projeto técnico, além do método de irrigação tradicionalmente empregado na região ser inadequado para a cultura do morango e pela falta de preparo técnico do agricultor.

Na bacia do Rio Itapemirim (ES), REIS et al. (2005), buscaram avaliar sistemas de irrigação por gotejamento com o objetivo de avaliar a uniformidade, o manejo e a eficiência de projetos de irrigação e observaram que nos projetos avaliados, o coeficiente de uniformidade de distribuição era inferior ao recomendado para este sistema; que a lâmina real necessária à planta foi inferior à aplicada pelo irrigante; e que o manejo da irrigação, em todos os projetos, não estava sendo empregado corretamente.

Em estudo realizado com agricultores em projetos de irrigação no Baixo Açu (RN), MARIANO & PINHEIRO (2009) perceberam que em geral, os produtores não sabiam efetivamente quanto deveriam gastar com insumos para terem maior rendimento com seus lotes e com isso aplicavam excessivamente água e insumos, que contribuíam para o empobrecimento do solo.

## **2.2. EFICIÊNCIA DOS MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO**

A baixa eficiência e uniformidade dos sistemas de irrigação estão entre os principais fatores que influenciam na degradação do solo.

Para que um sistema possa apresentar alta eficiência, é necessário que as perdas durante a operação sejam as menores possíveis e sua uniformidade de distribuição e aplicação as maiores.

Segundo PAZ et al. (2000), a expansão da agricultura irrigada tem se tornado uma questão preocupante devido ao elevado consumo e às restrições de disponibilidade de água, bem como ao risco de degradação do sistema Solo-Água-Planta.

PAZ et al. (2000), citam ainda que avaliações de projetos de irrigação no mundo indicam que mais da metade da água derivada para irrigação se perde antes de alcançar a zona radicular dos cultivos.

A eficiência de aplicação, em síntese, é uma fração de água aplicada que é utilizada para satisfazer as necessidades fisiológicas das plantas. Para isso, é necessário minimizar as perdas por evaporação, deflúvio e percolação profunda, (MOURA, 1999).

Estes valores variam consideravelmente em função de dois principais fatores como: menor consumo de água e inovações tecnológicas.

O Quadro 1 apresenta valores médios de eficiência na aplicação de água por alguns sistemas de irrigação.

**QUADRO 1:** Eficiência média dos métodos de irrigação na aplicação da água

<b>MÉTODO CONDICIONANTE</b>	<b>EFICIÊNCIA MÉDIA (%)</b>
Sulcos de Infiltração - sulcos longos e/ou solos arenosos	45
Sulcos de Infiltração - solo e comprimento adequados	65
Inundação (tabuleiros) - solo arenoso-lençol profundo	40
Inundação (tabuleiro) - solo argiloso lençol superficial	60
Aspersão convencional sob ação dos ventos	50
Aspersão convencional com ventos leves ou sem	75
Autopropelido / montagem direta sob ação do vento	50
Autopropelido / montagem direta com ventos leves ou sem	75
Pivô central com vento em condições razoáveis	75
Pivô central em condições favoráveis	85
Microaspersão condições razoáveis	80
Microaspersão em condições favoráveis	90
Gotejamento condições razoáveis	85
Gotejamento em condições favoráveis	95
Tubos perfurados perfuração manual	65
Tubos perfurados em condições favoráveis	85

Fonte: TUNDISI, 2003.

### 2.3. OFERTA E DEMANDA DE ÁGUA

A oferta de água no mundo tem relação estreita com a segurança alimentar, o estilo de vida das pessoas, o crescimento industrial e agrícola e a sustentabilidade ambiental (BERNARDI, 2003).

De acordo com a WMO (1997), o consumo mundial de água cresceu mais de seis vezes entre 1900 e 1995, mais que o dobro da taxa de crescimento da população e continua a crescer rapidamente com a elevação do consumo dos setores agrícola, residencial e industrial.

Segundo MAIA NETO (1997), a demanda hídrica em escala mundial estimada em 1996 era de 5.692 km<sup>3</sup>/ano, com aproveitamento potencial viável estimado em 14 mil km<sup>3</sup>/ano e com uma oferta de 3.475 km<sup>3</sup>/ano atendendo cerca de 65% dos usos múltiplos.

Ainda segundo MAIA NETO (1997), se for mantida as taxas de consumo e considerando que a população mundial cresce em razão geométrica a 1,6% a.a., o esgotamento potencial dos recursos hídricos fica estimado por volta do ano 2053.

Globalmente, embora as fontes hídricas sejam abundantes, elas são freqüentemente mal distribuídas na superfície do planeta. Em algumas áreas, as retiradas são tão elevadas em comparação com a oferta, que a disponibilidade superficial de água está sendo reduzida e os recursos subterrâneos rapidamente esgotados. Tal situação tem causado sérias limitações para o desenvolvimento de várias regiões, restringindo o atendimento às necessidades humanas e degradando ecossistemas aquáticos (BERNARDI, 2003).

Na América Latina, são evidentes as diferenças de disponibilidade de recursos hídricos entre os países. Prova disso, de acordo com a FAO (1996), que Argentina, Peru e Chile enfrentam problemas de disponibilidade e contaminação da água por efluentes agroindustriais que são descarregados em canais de irrigação.

Levantamentos realizados pela FAO (2007) indicam que até 2025, 1,8 bilhões de pessoas estarão vivendo em países ou regiões com absoluta escassez de água, e dois terços da população mundial poderá viver em condições de moderado a alto stress hídrico.

Devido a relação entre escassez de água e escassez de alimentos, conforme relatório do IFPRI & IWMI (2002), projeta-se que em 2025 a escassez de água causará perdas anuais globais de 350 milhões de toneladas da produção de alimentos, ligeiramente maior que a produção de grãos anual nos Estados Unidos, o que resultaria em limitar seriamente a disponibilidade de água para irrigação, que por sua vez provocaria um aumento significativo dos preços dos alimentos no mundo e a desnutrição.

### **3. INTERAÇÃO ENTRE SOLO E ÁGUA**

O gerenciamento de um recurso natural consiste na articulação do conjunto de ações dos diferentes agentes sociais, econômicos ou socioculturais, com o objetivo de compatibilizar o uso deste recurso (FREITAS, 2000).

Neste contexto, a garantia da disponibilidade do recurso natural água e do recurso natural solo só estarão assegurados quando houver a clara percepção de suas interações. Esse processo impõe que o manejo desses recursos não deve ser pensado de forma individualizada (FRÓES & KARAM, 2007).

A deficiência de água no solo, geralmente, é o maior fator limitante para a obtenção de produtividade elevada e produtos de boa qualidade. Também pode atuar prejudicialmente quando aplicada de forma excessiva.

Confirma FRÓES & KARAM (2007) que o relacionamento entre solo e a água na produção agrícola pode ser visualizado de forma adversa, onde a importância individual desses recursos é significativamente reduzida no processo de produção, podendo atuar ainda como agente desagregador do sistema, quando, por exemplo, a água em volume excessivo ou insuficiente pode auxiliar no processo de erosão do solo ou reduzir sua produtividade. Por outro lado, o solo pode alterar a qualidade da água com seus sedimentos e poluentes.

Assim, a degradação dos solos pode ser considerada um dos mais importantes problemas ambientais, resultantes de práticas inadequadas de manejo agrícola (SILVA et al., 2005).

O manejo do solo tem grande influência no processo erosivo, onde a retirada da vegetação e a exposição do solo à ação direta das chuvas ou irrigação causam perdas de solo e de água, além de alterações em alguns de seus atributos físicos e químicos (SILVA et al., 2005).

BERTONI & LOMBARDI NETO (1985), comentam também que os diferentes sistemas de cultivo propiciam diferentes condições finais de exposição do solo aos agentes erosivos, visto que promovem mobilização e cobertura vegetal diferenciada, ocasionando diferentes graus de proteção contra as perdas de água e solo.

Segundo BERTOL et al. (2001), práticas diferenciadas de manejo do solo e de cultivos provocam alterações nas propriedades físicas do solo que podem manifestar-se de várias maneiras, influenciando o desenvolvimento das plantas. Assim, o solo cultivado tende, com o tempo, a ter sua estrutura original alterada pelo fracionamento dos agregados em unidades menores, com conseqüente redução no volume de macroporos e aumentos no volume de microporos e na densidade do solo. Em decorrência disso, observa-se diminuição da taxa de infiltração de água no solo, com conseqüente aumento das taxas de escoamento superficial e de erosão hídrica.



#### **4. CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA**

Práticas conservacionistas como a utilização do plantio direto em áreas que tradicionalmente são cultivadas no sistema convencional faz com que ocorram ao longo do tempo mudanças no microclima do sistema solo-planta, pois as manutenções por mais tempo com cobertura vegetal morta da cultura remanescente sobre o solo levam a mudanças fisiológicas e morfológicas nas culturas (LOPES, 2003)

Segundo STONE & MOREIRA (2000), em sistema de plantio direto com cobertura morta há maior eficiência no uso da água devido ao aumento da retenção de água no solo e redução da evaporação, obtendo maiores produtividades com menor quantidade de água aplicada.

Isto acaba favorecendo a conservação quantitativa da camada superficial do solo e o armazenamento da água na zona radicular das culturas, mantendo por mais tempo as condições de conforto hídrico e térmico favoráveis ao desenvolvimento, crescimento e produção das plantas (LOPES, 2003).

Outra prática conservacionista muito utilizada são os terraços, cuja finalidade é reter as águas e fazê-las aproveitadas pelas plantas ou escoar lentamente a enxurrada sem causar erosão.

#### **5. MANEJO DE IRRIGAÇÃO**

O conhecimento da quantidade de água requerida pelas culturas constitui-se em aspecto importante na agricultura irrigada para que haja uma adequada programação do manejo nos sistemas de irrigação (LOPES et al., 2004).

Segundo HERNANDES (1994), existem diversas metodologias e critérios para estabelecer programas de irrigação que vão desde simples turnos de rega a complexos esquemas de integração do sistema Solo-Água-Planta-Atmosfera. Entretanto, reconhece-se que devem ser fornecidas técnicas simples ao agricultor irrigante, porém com precisão suficiente para possibilitarem no campo a determinação criteriosa do momento e da quantidade de água a ser fornecida.

Em relação ao manejo de água em sistemas irrigados, se torna fundamental a definição do momento das irrigações, pois a aplicação de água no momento certo se torna fator crucial para o sucesso do empreendimento. Nesse sentido, para estabelecer um programa de aplicação de água ao longo do ciclo das culturas, tal informação se torna indispensável.

Para HERNANDES, (1994), o conhecimento da quantidade de água requerida pelas culturas, constitui-se em aspecto importante para uma adequada programação das quantidades de água a serem aplicadas pelos diferentes sistemas de irrigação, de modo a satisfazer as necessidades hídricas das culturas, sem degradar o solo.

Assim, a reposição de água ao solo por meio da irrigação, na quantidade adequada e no momento oportuno é decisiva para o sucesso da intensificação da produção das culturas (ALENCAR, 2001).

#### **6. ESTRATÉGIAS DE MANEJO**

As estratégias de manejo devem basear-se em dados de clima, de planta, de solo, ou na combinação de dois ou três desses dados. De uma forma geral, utiliza-se

dados de solo-água para indicar o momento de irrigar e dados de clima e planta para determinar a lâmina líquida de água a aplicar (ANDRADE et al., 1998).

## 6.1. MÉTODO DA TENSIOMETRIA

A água, via de regra, encontra-se sob tensão devido às forças adsorvidas e de capilaridade oriunda das forças coesivas e adesivas que se desenvolvem dentro e entre as fases do solo. Essa tensão resultante da afinidade da água com a matriz do solo denomina-se potencial matricial. Esse potencial é determinado diretamente por tensiômetros que são instrumentos usados com sucesso para monitorar o potencial de água no solo (tensão de água no solo) para fins de controle das irrigações. Estes instrumentos têm sido inclusive utilizados em esquemas de automação para o acionamento de sistemas de irrigação (DA SILVA et al., 2003).

### 6.1.1 TENSIÔMETRO DE MERCÚRIO

O tensiômetro é constituído basicamente de um tubo de plástico, uma cápsula de cerâmica ou porcelana porosa e um medidor de vácuo que pode ser um manômetro de mercúrio.

A Figura 01 apresenta um modelo esquemático de um tensiômetro com manômetro de mercúrio.

Quando colocado no solo, a água contida na cápsula tende a entrar em equilíbrio com a tensão da água no solo ao seu redor. Qualquer mudança no teor da água do solo e conseqüentemente em seu estado de energia será transmitido à água no interior da cápsula, sendo indicada rapidamente pela ascensão do mercúrio na cuba.

A cápsula porosa funciona como uma membrana semipermeável, permitindo a livre passagem da água e íons, não permitindo a passagem de ar e partículas de solo. Teoricamente, o tensiômetro poderia medir tensões de até 101,9 Kpa, mas na prática só é possível medir até 80 Kpa aproximadamente, pois acima desta tensão o ar tende a penetrar no instrumento através dos poros da cápsula, daí, a água começa a passar do estado líquido para o estado gasoso e as medições perdem a precisão. O valor de tensão do solo ao redor da cápsula, de um tensiômetro com mercúrio, conforme Figura 01, é determinado pela seguinte equação:

$$\Psi_m = - 12,6 h + h_1 + h_2 \quad (1)$$

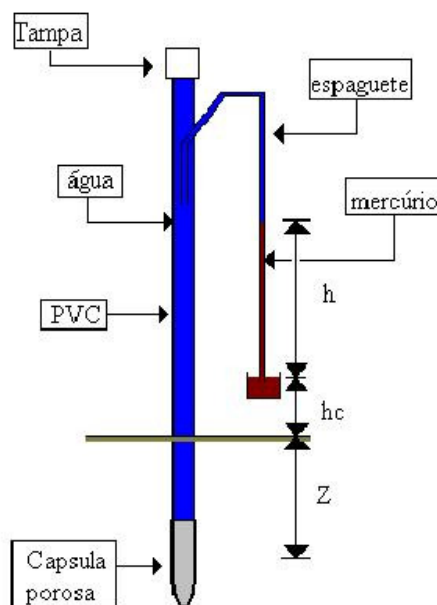
Onde:

$\Psi_m$  = potencial matricial ou tensão em mca.

h = elevação do mercúrio em m.

h<sub>1</sub> = distancia da cuba de mercúrio em relação a superfície livre do solo em m.

h<sub>2</sub> = profundidade de instalação da cápsula porosa em m.



**FIGURA 01:** Esquema de um tensiômetro de mercúrio  
Fonte: COELHO, 2003.

### 6.1.2 TENSIÔMETRO DE VACUÔMETRO METÁLICO

Esse equipamento denominado Bourdon possui um elemento indicador de vácuo no seu interior que representa as variações de tensões da água no solo, conforme Figura 02, caracterizando a umidade instantânea do solo. Isto significa dizer que o tensiômetro mede diretamente a tensão de água no solo e indiretamente a porcentagem de água no solo.

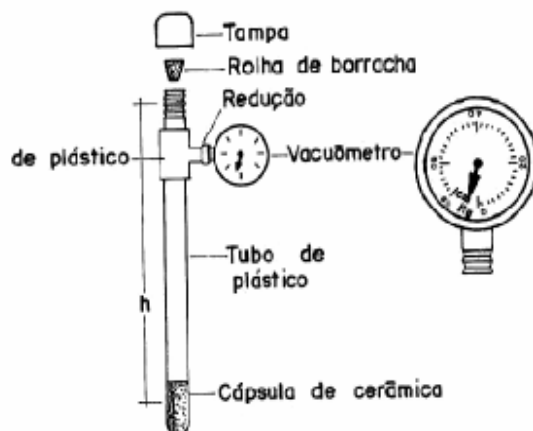
De acordo com FARIA & COSTA (1987), a tensão determinada no tensiômetro está diretamente relacionada com a facilidade ou dificuldade de absorção de água pelas raízes das plantas. Isto porque, para que ocorra a absorção é necessário que as raízes exerçam uma tensão maior do que aquela que a água do solo está submetida. Deste modo, o solo úmido resulta em baixa tensão de água o que, por conseguinte, facilita a absorção pela planta. Em solo seco com maior tensão, a planta precisa exercer uma alta tensão para extrair água. Isso leva ao decréscimo de produtividade da cultura, muitas vezes em função do déficit hídrico.

O tensiômetro é um equipamento hermeticamente fechado, que permite somente a entrada ou saída de água, através da cápsula porosa. Durante seu funcionamento, quando o solo seca a um nível de tensão superior à sua capacidade de medição, os poros da cápsula se esvaziam e permitem a entrada de ar no instrumento que deixa assim de funcionar corretamente. Neste caso, o tensiômetro após ser reabastecido com água, pode voltar ao funcionamento normal tão logo o conteúdo de água do solo retorne ao nível de operação do instrumento. A quantidade de água necessária para o reabastecimento diário do tensiômetro, durante as leituras de rotina, é relativamente pequena, em torno de cinco mL por tensiômetro.

AZEVEDO & SILVA (1999) alertam que o tensiômetro a vacuômetro tem o seu emprego mais recomendado para o controle das irrigações no campo, em virtude da simplicidade e facilitação da operação, comparado com o tensiômetro



provido de manômetro de mercúrio. O tensiômetro de mercúrio possui maior precisão nas leituras, porém, sendo de manuseio mais difícil, é mais utilizado em trabalhos de pesquisa.



**FIGURA 02:** Esquema de tensiômetro metálico tipo Bourdon

Fonte: FARIA & COSTA, 1987.

### 6.1.3 CURVA DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

A curva de retenção relaciona o teor ou conteúdo de água no solo com a tensão com que ela está retida pelo mesmo. É uma propriedade físico-hídrica do solo, determinada em laboratório, preferencialmente com amostras indeformadas, coletadas em anéis apropriados. Essas amostras são submetidas a diferentes tensões com o auxílio de placas porosas, em câmaras de pressão. Desta forma, obtém-se a curva relacionando o teor de água no solo para as diversas tensões. A Figura 03 representa um exemplo de curva de característica de retenção de água no solo (SILVEIRA & STONE, 1994).

A avaliação da curva permite uma estimativa rápida da disponibilidade de água no solo para as plantas, permitindo caracterizar o armazenamento de água em qualquer ponto da curva, servindo de ferramenta fundamental na decisão do momento de irrigar, bem como, no cálculo da lâmina de água de irrigação num programa de manejo de irrigação (SILVEIRA & STONE, 1994).

A expressão utilizada para o cálculo dessa lâmina é a seguinte:

$$L.L = \frac{(U_{cc} - U_i)}{10} \cdot d_g \cdot Z \quad (2)$$

Onde:

L.L = Lâmina de irrigação em mm.

$U_{cc}$  = Umidade de Capacidade de Campo em %.

$U_i$  = Umidade de irrigação em %.

$d_g$  = Densidade do solo  $g.cm^3$

Z = Profundidade efetiva do sistema radicular em cm

A Umidade de irrigação ( $U_i$ ) representa o momento que se deve recomençar a irrigação, servindo de parâmetro para o cálculo da lâmina de irrigação a ser reposta naquele momento. A  $U_i$  pode ser considerada como nos valores apresentados no Quadro 02 e/ou determinada levando em conta a tensão prevista pela cultura e a umidade correspondente estabelecida pela curva característica do solo.

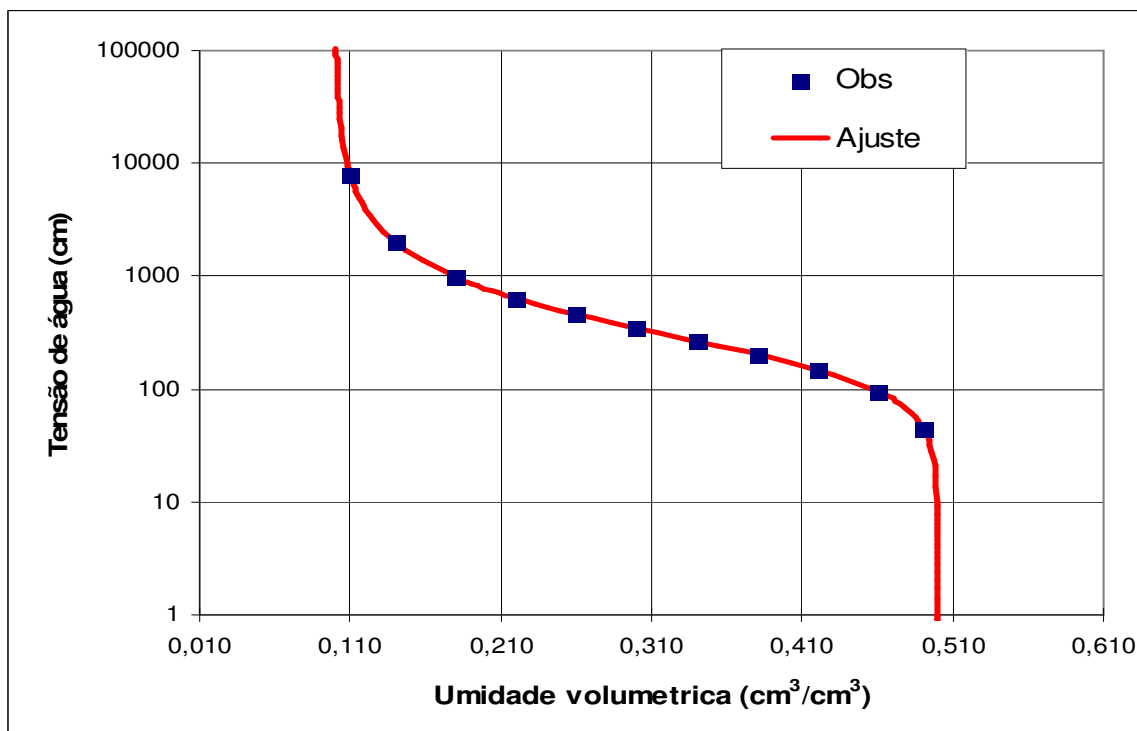
A lâmina bruta de irrigação será dada pela expressão:

$$LB = \frac{L}{Efs} \quad (3)$$

Onde:

LB = lâmina bruta de irrigação em mm.

Efs= Eficiência do sistema, adimensional.



**FIGURA 03:** Exemplo de curva característica de água no solo

Vale ressaltar a limitação para capacidade de leituras de tensão para os tensiômetros até 0,8 atm, pois acima deste valor, entra-se a nos poros da cápsula de cerâmica e o tensiômetro deixa de funcionar, sendo assim, este equipamento cobre parte da água útil do solo. Conforme relata, SAAD & LIBARDI (1992), em solos arenosos cobre mais ou menos 70% da água útil do solo e em solos argilosos mais ou menos 40%.

## 6.2. EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A evaporação é o conjunto de fenômenos físicos, que geram mudanças de estado de líquido para o estado gasoso. Essas mudanças ocorrem em seres vivos, passando por processos fisiológicos, sendo que a transpiração é considerada como a principal transferência de água do solo para a atmosfera, desde que a superfície esteja vegetada.

No caso da superfície de solo parcialmente coberto pela vegetação, tais transferências ocorrem por evaporação direta do próprio solo e por transpiração vegetal, sendo o nome dado a tal processo de *Evapotranspiração(Et)*, cuja importância é muito grande para manejo da irrigação.

A intensidade de evaporação depende de uma série de propriedades, do ar circunvizinho à superfície e do suprimento energético da superfície evaporante. Vários fatores influenciam na evaporação tais como:

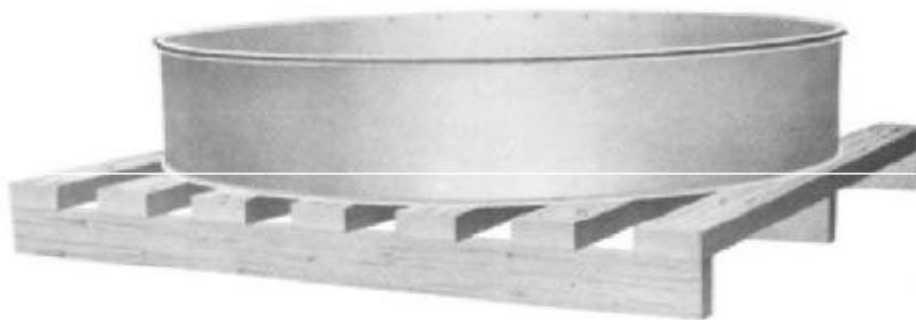
- a) Umidade relativa do ar - É a relação entre a quantidade de vapor de água presente e a quantidade de vapor de água que existiria no mesmo volume de ar, caso estivesse saturado a umidade. Quanto maior for a umidade relativa do ar, menor será a taxa de evaporação, isto porque menor é a diferença entre a pressão de saturação de vapor e a pressão atual de vapor;
- b) Temperatura - A temperatura atua sobre a massa de ar, elevando sua pressão de saturação de vapor de água, aumentando desta forma a evaporação;
- c) Ventos - Os ventos promovem a substituição da massa de ar em contato com a superfície evaporante, substituindo-a por outra menos úmida, aumentando o déficit de saturação e, desta forma a evaporação;
- d) Radiação solar - Sendo energia motora do próprio ciclo hidrológico, quanto mais intensa a radiação solar, maior deve ser a taxa de evaporação;
- e) Pressão barométrica - Quanto menor a pressão barométrica, maior é a taxa de evaporação. Isto é válido para grandes variações de pressão geradas pela diferença de altitude;
- f) Salinidade da água - A presença de sais dissolvidos na água, tende a reduzir sua taxa de evaporação.

A medição da intensidade de evaporação pode ser feita por meio de atmômetros e de tanques evaporimétricos. Os atmômetros utilizam uma superfície porosa, por onde a água evapora, permitindo assim a medição da evaporação. Entretanto, deve-se ressaltar que estes aparelhos podem acumular detritos e poeiras, alterando com o tempo a taxa de evaporação.

Os tanques evaporímetros são mais utilizados que os atmômetros para a medição da evaporação. Apresentam a desvantagem de utilizarem grandes volumes de água, ser mais caros e ainda tem-se o risco de animais utilizarem sua água como bebida. O tanque evaporímetro mais usado e conhecido é o "Tanque Classe A".

O tanque Classe A é um cilindro construído com chapa de ferro galvanizado com 121 cm de diâmetro e 25 cm de profundidade, instalado a 15 cm acima do nível do solo. Por meio da evaporação do tanque Classe A, estima-se a evapotranspiração de referência pela multiplicação do valor dessa evaporação pelo coeficiente do tanque ( $K_p$ ), que leva em conta o clima e o meio circundante ao tanque. A medição de evaporação é feita por meio do poço tranqüilizante e um parafuso micrométrico (SILVA, 2000).

A Figura 04 mostra um esquema do Tanque Classe A, cuja utilização para o controle de irrigação vem sendo cada vez mais utilizado.



**FIGURA 04:** Esquema de um Tanque Classe A  
Fonte: DUARTE et al., 2003.

O clima é o fator mais importante e que determina as necessidades hídricas de uma cultura. Essas necessidades são normalmente expressas mediante a taxa de *Evapotranspiração(Et)*. Verifica-se que o nível de evapotranspiração está relacionado com a demanda evaporativa do ar. Essa demanda pode ser expressa como a *Evapotranspiração de Referência(Eto)*, que quando calculada produz o efeito do clima sobre o nível de evapotranspiração da cultura.

A *Evapotranspiração de Referência(Eto)*, segundo Boletim FAO-24, DOORENBOS & PRUITT (1976) refere-se a evapotranspiração de uma área com vegetação rasteira, na qual as medições meteorológicas são realizadas para a obtenção de um conjunto consistente de dados de coeficientes de cultura a serem cultivadas na determinação da evapotranspiração de outras culturas. A *Eto* pode ser estimada por várias equações, desde as mais simples, baseadas apenas em valores de temperatura, quanto as mais sofisticadas que se baseiam em saldo de radiação. As equações mais utilizadas são: *Blaney-Criddle*, *Hargreaves*, *Thornthwaite*, *Makkink* e *Penman-Monteith*. A equação de *Penman-Monteith* tem sido considerada como padrão, inclusive, recomendada pelo Boletim FAO-24, porém muito distante das expectativas para uso no manejo de irrigação a nível do agricultor irrigante, pois é uma equação complexa que demanda dados climatológicos sofisticados, muita das vezes indisponíveis na agricultura irrigada.

Entretanto, de acordo com OLIVEIRA & SILVA (1990), a identificação da evapotranspiração real contribui para a melhor eficiência no manejo da água de irrigação, e conseqüentemente, evita que coloque à disposição da cultura água em excesso ou em déficit. Como já mencionado, um dos métodos que tem sido bastante empregado na estimativa da *Eto* para fins do manejo de sistemas de irrigação são os tanques evaporímetros, como Tanque Classe A, que apresentam facilidade no manejo, custo relativamente baixo e que permite estimar a evaporação de uma superfície de água livre, associada aos efeitos integrados da radiação solar, do vento, da temperatura e da umidade do ar. Portanto, a *Eto* poderá ser estimada pela expressão:

$$Eto = Ev.kp \quad (4)$$

Onde,

*Eto* = Evapotranspiração de referência, em mm.dia<sup>-1</sup>

*Ev* = Evaporação medida no Tanque Classe A, em mm.dia<sup>-1</sup>

*kp* = Coeficiente do tanque, adimensional.

O Quadro 03 apresenta valores de coeficientes do tanque(*kp*), em função dos dados meteorológicos da região e do meio em que está instalado o Tanque Classe A (DOORENBOS & PRUITT, 1976).

A *Evapotranspiração real da cultura(Etc)* pode ser estimada por meio da Evapotranspiração de referência em função do coeficiente cultural nos diferentes estágios fenológicos.

Os Quadros 04 e 05 apresentam os coeficientes culturais de algumas culturas, bem como, estágios fenológicos, respectivamente. Portanto, a *Etc* pode ser estimada pela seguinte expressão:

$$Etc = Eto.Kc \quad (5)$$

Onde:

*Etc* = Evapotranspiração real da cultura, em mm.dia<sup>-1</sup>

*Eto* = Evapotranspiração de referência, em mm.dia<sup>-1</sup>

*Kc* = Coeficiente da cultura em função do estágio fenológico, adimensional.

A *Etc* é um parâmetro que preconiza a necessidade hídrica da cultura, caracterizando a lâmina de água na irrigação que deve ser reposta para manutenção das atividades fisiológicas e produtivas das culturas.

**QUADRO 02:** Valores do coeficiente do Tanque Classe A, em função dos dados meteorológicos da região e do meio em que ele está instalado.

<b>Exposição A - Tanque circundado por grama</b>				
<b>UR média (%)</b>		<b>Baixa (&lt; 40%)</b>	<b>Média(40-70%)</b>	<b>Alta (&gt; 70%)</b>
<b>Vento (km/dia)</b>	<b>Posição do tanque (R<sub>m</sub>)</b>			
<b>Leve</b>  ( < 175)	1	0.55	0.65	0.75
	10	0.65	0.75	0.85
	100	0.70	0.80	0.85
	1000	0.75	0.85	0.85
<b>Moderado</b>  (175-425)	1	0.50	0.60	0.65
	10	0.60	0.70	0.75
	100	0.65	0.75	0.80
	1000	0.70	0.80	0.80
<b>Forte</b>  (425-700)	1	0.45	0.50	0.60
	10	0.55	0.60	0.65
	100	0.60	0.65	0.75
	1000	0.70	0.70	0.75
<b>Muito forte</b>  ( > 700)	1	0.40	0.45	0.50
	10	0.45	0.55	0.60
	100	0.50	0.60	0.65
	1000	0.55	0.60	0.65

Fonte: DOORENBOS & PRUITT, 1976.

### 6.3 MÉTODO DO TURNO DE REGA PRÉ-CALCULADO

Este método só é recomendado para fins de manejo da água de irrigação quando não se dispõem de dados e/ou equipamentos que permitam o emprego de um método mais eficiente, que permita o manejo da irrigação em tempo real. Baseia-se no cálculo prévio do turno de rega, para cada estágio de desenvolvimento da planta. Depende da capacidade de armazenamento de água pelo solo e da demanda evapotranspirométrica. O turno de rega é dado pela expressão abaixo:

$$TR = \frac{(U_{cc} - U_a)}{10 \cdot Etc} \cdot dg \cdot Z \quad (6)$$

Onde:

TR = turno de rega

U<sub>cc</sub> = Umidade de capacidade campo em %

U<sub>a</sub> = Umidade atual em %

dg = densidade do solo, em g.cm<sup>3</sup>

Z = prof. efetiva do sistema radicular em cm

Etc = evapotranspiração máxima da cultura em mm.dia<sup>-1</sup>.

A U<sub>a</sub> deve ser determinada com base na tensão de água no solo recomendada para cada cultura (Quadro 03) ou na curva de retenção de água no

solo. Não dispondo da curva de retenção e da tensão recomendada para aquela cultura, o turno de rega pode ser determinado pela seguinte expressão:

$$TR = \frac{(U_{cc} - U_{pm}) \cdot Z \cdot f \cdot dg}{10 \cdot Etc} \quad (7)$$

U<sub>pm</sub> = Umidade de ponto de murcha em %

f = fator de disponibilidade (Quadro 03)

A Etc deve ser estimada em função de dados experimentais médios disponíveis para a região e dos valores médios de coeficientes de cultura (K<sub>c</sub>) (Quadro 04). A lâmina de água a ser aplicada em cada irrigação será calculada de acordo com o consumo estimado para o período, considerando o estágio fenológico da cultura e o coeficiente da cultura correspondente. Daí, essa lâmina pode ser expressa por:

$$LL = TR \cdot Etc \quad (8)$$

Onde:

LL = lâmina de água a ser aplicada no período, em mm.

e,

$$LB = \frac{LL}{Efs} \quad (9)$$

LB = lâmina bruta de irrigação no período, em mm.

Efs = Eficiência do sistema, adimensional.

Considerando que o turno de rega calculado previamente a partir da evapotranspiração mensal ou histórica, ou seja, igualmente distribuído durante o mês em consideração, a irrigação pode ser deficiente ou em quantidade excessiva, uma vez que não se considera a variação na demanda evaporativa da atmosfera ao longo do tempo, bem como, o desenvolvimento da cultura (estádios fenológicos). Assim o turno de rega não deve ser tomado como valor fixo, mas como uma aproximação ou um guia da irrigação.

**QUADRO 03:** Valores de tensão de água no solo para algumas culturas

Culturas	Tensão de água em atm
Alface	0,43-0,63
Alho	0,43-0,53
Arroz	0,33-0,56
Banana	0,33-1,52

Fonte: DOORENBOS & PRUITT, 1976.



**QUADRO 04:** Fator de disponibilidade(f) para vários tipos de solos em função da tensão de água no solo

Tensão	Textura do solo				
	Atm	Grossa	Méd grossa	Média	Méd. fina
0,3	0,1	0,17	0,43	0,5	0,56
0,5	0,17	0,28	0,58	0,65	0,72
0,7	0,22	0,45	0,63	0,72	0,78
0,9	0,28	0,53	0,68	0,75	0,82
1,5	0,35	0,65	0,72	0,79	0,85
3	0,6	0,8	0,83	0,89	0,91
5	0,75	0,87	0,9	0,93	0,95

Fonte: DOORENBOS & PRUITT, 1976.

**QUADRO 05:** Coeficiente cultural (kc) para algumas culturas

Culturas	Estágios de Desenvolvimento	Umidade Relativa > 70%	Umidade Relativa > 70%	Umidade Relativa < 20%	Umidade Relativa < 20%
		ventos 0-5 m/s	ventos 5-8 m/s	ventos 0-5 m/s	ventos 5-8 m/s
Cevada	3	1,05	1,1	1,15	1,2
	4	0,25	0,25	0,2	0,2
Feijão Verde	3	0,95	0,95	1	1,05
	4	0,85	0,85	0,9	0,9
Feijão seco	3	1,05	1,1	1,15	1,2
	4	0,3	0,3	0,25	0,25
Beterraba	3	1	1	1,05	1,1
	4	0,9	0,9	0,95	1

Fonte: DOORENBOS & PRUITT, 1976.

**QUADRO 06:** Estágio de desenvolvimento de algumas culturas, em dias.

Culturas	Estágio I	Estágio II	Estágio III	Estágio IV
Cevada	15	25	50	30
Feijão Verde	20	30	30	10
Feijão seco	15	25	35	20
Beterraba	15	25	35	20

Fonte: DOORENBOS & PRUITT, 1976.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A irrigação atua como um instrumento do manejo agrícola ao lado de demais práticas e integra um conjunto de atividades que tem por objetivo o aumento da produção, assegurando ou criando condições ideais para o desenvolvimento da planta.

As medidas vista neste trabalho visam proteger o solo, prevenindo-o dos efeitos da erosão, aumentando a disponibilidade de água, de nutrientes e da atividade biológica do solo, criando condições adequadas ao desenvolvimento das plantas.

O uso racional de água na irrigação, aliado aos princípios conservacionistas do solo se preconizam como fatores preponderantes da agricultura irrigada, contribuindo intrinsecamente para a sustentabilidade dessas atividades agrícolas.

Este trabalho fornece material de consulta a estudantes, profissionais atuantes na gestão dos recursos hídricos no âmbito de bacias hidrográficas, profissionais da área da agricultura irrigada e educadores ambientais.

A sustentabilidade das práticas agrícolas somente será possível através da adequação aos métodos de irrigação e a partir da educação dos irrigantes nas técnicas modernas de manutenção e manejo da agricultura irrigada.

### REFERÊNCIAS

ALENCAR, C. A. B. Pastagem e cana-de-açúcar, irrigados por aspersão de baixa pressão. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 2., 2001, Viçosa, **Anais..** Viçosa, 2001. p. 233-42.

ANDRADE, T. L. C. de; COELHO, F. E.; COUTO, L.; SILVA, E. L. da. Parâmetros de solo-água para a engenharia de irrigação e ambiental. In: XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1998, Lavras. **Anais...** Lavras: SBEA, 1998, 39 p.

AZEVEDO, J. A. de; SILVA, E. M. da. **Tensiômetro: dispositivo prático para controle da irrigação.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 39 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 1).

BERNARDI, C. C. **Reuso de água para irrigação.** Brasília: ISAE-FGV/ECOBUSINESS SCHOOL, 52p., (Monografia – MBA em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada), 2003.

BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientiae Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.555-60, 2001.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo.** Piracicaba: Livroceres, 1985. 392p.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Revista Bahia Agrícola Online**, Bahia, v.7, n.1, p.57-60, 2005.

COELHO, S. de L. **Desenvolvimento de um tensiômetro eletrônico para o monitoramento do potencial de água no solo.** 2003. 106p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

DA SILVA, L. A. V. P.; BOAVENTURA, R. S.; CAMPOS, S. R. de S. **Gestão do conhecimento: portal de conhecimento corporativo para as indústrias de**

**Iaticínio.** 2003. 60p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da Computação). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Las necesidades de água de los cultivos.** Roma: FAO, 1976. 143 p. (Riego y Drenage, 24)

DUARTE, W. De O.; BARROS, D. de L.; ASSUNÇÃO, W. L. Comparação entre as leituras diárias do Tanque Classe "A" e o evaporímetro de Piché, da estação climatológica da UFU. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOGRAFIA, 2., 2003, Uberlândia, **Anais..** Uberlândia, 2003. 7p.

EVETT, S. R.; TOLK, J. A. Introduction: Can water use efficiency be modeled well enough to impact crop management?. **Agronomy Journal**, Madison, v.101, n.3, p.423-25, 2009.

FAO. Producción de alimentos: función decisiva del água. **Online Database.** FAO, 1996. Disponível em: [www.fao.org/wsf/final/volume2/t07sum-s.htm](http://www.fao.org/wsf/final/volume2/t07sum-s.htm) . Acesso em 07 de Janeiro de 2010.

FAO. AQUASTAT. **Online Database.** FAO, Roma, 2004. Disponível em: [www.fao.org/ag/agl/aglw/aquastat/dbase/index.stm](http://www.fao.org/ag/agl/aglw/aquastat/dbase/index.stm). Acesso em 12 de Novembro de 2009.

FAO. Natural Resources Management and Environment Department. **Online Database.** FAO, 2007. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/docs/escarcity.pdf> .Acesso em 13 de dezembro de 2009.

FARIA, R. T. de; COSTA, A. C. S. da. **Tensiômetro: Construção, instalação e utilização.** Londrina: IAPAR, 1987. 22 p. (IAPAR. Circular, 56 ).

FREITAS A. J. **Gestão de Recursos Hídricos: aspectos legais, econômicos e sociais.** Editores: Fernando Falco Pruski; Demetrius David da Silva – Brasília,DF: SRH; Viçosa, MG: UFV; Porto Alegre: ABRH, cap. 1, p. 1-118, 2000.

FRÓES, M. N.; KARAM, K. F. Possibilidade de gestão de recursos hídricos: a situação na sub-bacia do Arroio Duro – Camaquã/RS. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, p. 757-60, 2007.

HERNANDES, F. B. T. Manejo da irrigação por pivô central em cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24, 1994, Viçosa – MG. **Anais ...** Viçosa – MG: SBEA, 1994, 13p. (artigo 286).

IFPRI & IWMI - INTERNATIONAL FOOD POLICY RESEARCH INSTITUTE & INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE. **Água e irrigação segundo IFPRI e IWMI.** In: Lista Fonte de água. Florida Center for Environmental Studies. Relatório "Global Water Outlook to 2025: Averting an Impeding Crises". Publicação no Dia Mundial do Alimento. Washington D.C. 2002.

LOPES, A. S.; PAVANI, L. C.; CORÁ, J. E.; ZANINI, J. R.; MIRANDA, H. A. Manejo de irrigação (tensiometria e balanço climatológico) para a cultura do feijoeiro em

sistemas de cultivo direto e convencional. **Engenharia Agrícola [Online]**, Jaboticabal, v.24, n.1, p. 89-100, 2004.

LOPES, A. S.; **Manejo da irrigação (tensiometria e balanço hídrico climatológico) para a cultura do feijoeiro, em plantio direto e convencional**. 2003. 88 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, UNESP, Jaboticabal, 2003.

MAIA NETO, R. F. Água para o desenvolvimento sustentável. **A Água em Revista**, Belo Horizonte, n.9, p.21-32, 1997.

MARIANO, J. L.; PINHEIRO, G. M. T. L. Eficiência técnica da agricultura familiar no Projeto de Irrigação do Baixo do Açú (RN). **Revista Economia do Nordeste**, v. 40, n. 2, 14p., 2009.

MOURA, E. N. **Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação pressurizados em fruticultura**. 1999. 59p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

OLIVEIRA, F. A.; SILVA, J. J. S. Evapotranspiração, índice de área foliar e desenvolvimento radicular do feijão irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 317 – 322, 1990.

PAZ, V. P. da S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n.3, 21 p., 2000.

REIS, E. F.; BARROS, F. M.; CAMPANHARO, M.; PEZZOPANE, J. E. M. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.13, n.2, p. 74-81, 2005.

SAAD, A. M.; LIBARDI, P.L. **Uso prático do tensiômetro pelo agricultor irrigante**. Publicação IPT, São Paulo, nº 2002, 1992, 27 p.

SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia aplicada a irrigação**. In: MIRANDA J. H.; PIRES, R. C. M. Irrigação, V 1; Piracicaba: SBEA. 2001. p.63-120 ( Série Engenharia Agrícola ).

SILVA, T. J. A. **Aplicação de evapotranspirômetro de pesagem no estudo de relações entre a evapotranspiração de referência medida e estimada no semi-árido Nordestino**. 2000. 97p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2000.

SILVA, C. G. da; SOBRINHO, T. A.; VITORINO, A. C. T.; CARVALHO, D. F. de. Atributos físicos, químicos e erosão entressulcos sob chuva simulada, em sistema de plantio direto e convencional. **Engenharia Agrícola [Online]**, Jaboticabal, v.25, n.1, p. 144-53, 2005.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. **Manejo da irrigação do feijoeiro: uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central**. Brasília: EMBRAPA, 1994. 46 p. (Circular Técnica, 27).

STONE, L. F. MOREIRA, J. A. A. Efeitos de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 841, 2000.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. 1 ed. Ed. São Carlos: Ed. RiMa, IEE, 2003. 248p.

VIEIRA, D. B. **Desperdício de água e energia em irrigação**. In: CONGRESSO DA ÁGUA, 2000. Lisboa. **Anais..** LNEC, 2000. v.1. p.1-15.

WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world**. WMO. Genebra, 1997.

WUTKE, E. B.; ARRUDA, F. B.; FANCELLI, A L.; PEREIRA, J. C. V. N. A; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; AMBROSANO, G. M. B. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 621– 633, 2000.