

# 9. Manejo del riego y asesoramiento al regante: riego suplementario y siembra directa

R. Carlesso

Reimar Carlesso: Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria – Brasil. Contacto: [carlesso@ccr.ufsm.br](mailto:carlesso@ccr.ufsm.br)

## 9.1. Resumo

A evolução da irrigação nos últimos anos introduziu uma série de inovações tecnológicas que possibilitam aos produtores controlar de forma mais adequada e automatizada a aplicação da água. Isto se traduz em um processo mais eficiente, permitindo manejar de forma mais precisa as demandas hídricas das culturas, de forma a possibilitar, assim, aumentos importantes na quantidade e melhorias da qualidade dos produtos explorados. Para irrigar satisfatoriamente o consumo de água das culturas deve ser bem quantificado, pois, regas leves, insuficientes e freqüentes, repõem água apenas na superfície do solo, não umedecendo toda a zona das raízes. Regas excessivas também são prejudiciais, pois acarretam perda de água e de nutrientes, pela percolação abaixo da zona das raízes. Nesse contexto, é fundamental a decisão correta de quando irrigar e quanto de água aplicar em cada irrigação.

A determinação da evapotranspiração de uma cultura ao longo do ciclo de desenvolvimento é fundamental para que se possam estimar as necessidades hídricas da mesma. Como a evapotranspiração de uma cultura é uma função das condições meteorológicas, é razoável inferir que, qualquer alteração nos fatores meteorológicos afeta a transpiração. Dessa forma, é necessário conhecer as condições específicas de um local ou região a fim de estimar o consumo de água pelas plantas em diferentes locais de cultivo.

O uso de sistemas de manejo e monitoramento da irrigação, como o Sistema irriga, permite adequar a gestão da irrigação à demanda climática e tomar em conta a influência de ou-

tros fatores, como o solo, sobre a demanda das culturas. Seguindo os resultados dos modelos é possível encontrar soluções de poupança de água que contribuem também para minimizar os impactos ambientais.

**Palavras-chave:** estação meteorológica, evapotranspiração de referência e manejo de irrigação

## 9.2. Introdução

Nas áreas cultivadas, o suprimento de água às plantas depende da quantidade e distribuição sazonal das precipitações pluviais. Isso significa que o clima é o principal determinante de risco de frustração e oscilação da produção e produtividade das áreas agrícolas. Para irrigar satisfatoriamente o consumo de água das culturas deve ser bem quantificado, pois, regas leves, insuficientes e freqüentes, repõem água apenas na superfície do solo, não umedecendo toda a zona das raízes. Regas excessivas também são prejudiciais, pois acarretam perda de água e de nutrientes, pela percolação abaixo da zona das raízes.

Atualmente, existe um crescente interesse no controle da irrigação através de dados meteorológicos. Dessa forma, a decisão de quando e quanto irrigar está fundamentada na capacidade de armazenamento de água do solo, no tipo e manejo do solo, no estágio de desenvolvimento da plantas e na intensidade da evapotranspiração. Os métodos de estimativa da evapotranspiração das culturas são muitos e de complexa configuração dos dados de entrada, sendo o método de Pennam-Monteith o mais utilizado para estimar a evapotranspiração de referência

(Pereira 2008b). Estações meteorológicas automáticas fornecem todas as informações necessárias para estimar a evapotranspiração e o consumo de água das culturas.

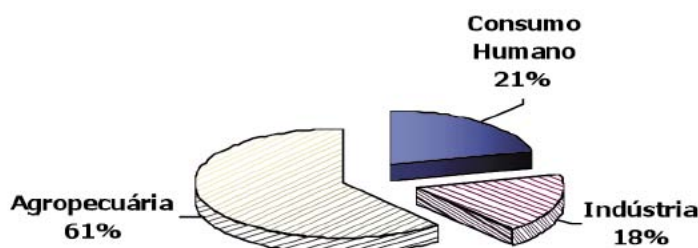
Assumindo a água como recurso/insumo natural, bem público de valor econômico, escasso, finito e vulnerável, a construção de indicadores de eficiência de uso é um procedimento que envolve grande complexidade (Pereira 2008a). Esses indicadores necessariamente devem passar pelo crivo de uma análise baseada nos fundamentos da teoria econômica e social aplicadas especificamente à questão hídrica. Além disso, deve-se proceder uma análise de eficiência técnica através de indicadores físicos e ambientais capazes de aferir a maximização de resposta otimizada quando do uso da água para demandas específicas.

É necessário reconhecer a possibilidade de ocorrência de impactos negativos do uso da irrigação, avaliando-os e desenvolvendo soluções tecnológicas que promovam melhorias, viabilizando a atividade agrícola irrigada, de forma adequada. A compatibilização do uso correto dos recursos naturais, visando a respectiva sustentabilidade, com os benefícios gerados pela atividade irrigada, será capaz de produzir os efeitos positivos, resultantes da adoção da técnica. A evolução da irrigação nos últimos anos introduziu uma série de inovações tecnológicas que possibilitam aos equipamentos controlar de forma mais adequada e automatizada a aplicação da água. Isto se traduz em um processo mais eficiente, permitindo manejar de forma mais precisa as demandas hídricas das culturas. Os sistemas de irrigação elevam os rendimentos, reduzindo ao mínimo as perdas e promovendo a integração da irrigação com outras operações simultâneas, como a adubação, o controle de pragas e doenças.

Aproximadamente 15% das áreas utilizadas na agricultura são irrigadas. No entanto, a agricultura irrigada contribui com aproximadamente metade do valor da produção mundial de alimentos. Em 1995, a área irrigada no mundo era de 254 milhões de hectares, com expectativa de aumento de 30% até 2025. No entanto, a porcentagem de consumo de água utilizada na agricultura deverá diminuir, em razão do aumento na demanda dos recursos hídricos pelo setor produtivo industrial, e outras demandas de usos múltiplos públicos. Em escala mundial, a demanda hídrica anual está estimada em 14 mil km<sup>3</sup>, sendo que a oferta só atende cerca de 66% desse total. Mantendo-se as taxas de consumo e considerando-se um crescimento populacional anual de 1,6%, o esgotamento das potencialidades de estoque recursos hídricos está previsto para ocorrer no ano de 2053.

Na América Latina, o setor agrícola é o maior usuário consuntivo de água, demandando cerca de 2/3 de toda a água caputada de rios, lagos e aquíferos subterrâneos. Na Figura 1 está apresentada a distribuição média de consumo de água no Brasil salientando a participação da irrigação como maior usuário dos recursos hídricos. Os outros 31% são consumidos pelas indústrias e uso doméstico. Em que pese o consumo, a agricultura irrigada é a forma mais eficiente e segura de aumentar a produção de alimentos, pois permite o incremento na produtividade, principalmente, em ambientes semi-áridos e áridos. A irrigação é um recurso tecnológico de fundamental importância para prover a produção de alimentos e fibras em escala suficiente para uma população mundial que cresce continuamente (Howell, 2000). No Brasil aproximadamente 5% da área cultivada é irrigada, correspondendo a 16% do total da produção e de 35% do valor econômico dessa produção (Paz et al., 2000).

**Figura 1:** Participação dos diferentes usuários na utilização dos recursos hídricos no Brasil.



A incorporação e expansão das áreas irrigadas está associada a necessidade de aumentar os níveis de produtividade, uma vez que a expansão horizontal da agricultura está praticamente esgotada. A irrigação é uma tecnologia que permite agregar valor ao produto colhido (quando adequadamente conduzida), proporcionando maior rentabilidade ao produtor. No Brasil, o interesse pela adoção da irrigação emerge nas mais variadas condições de clima, solo e situação sócio-econômica do produtor.

### **9.3. Aspectos tecnológicos envolvidos no manejo da irrigação**

Na agricultura não-irrigada os impactos da deficiência hídrica podem ser parcialmente minimizados através do planejamento da atividade agrícola, orientado as épocas de semeadura de acordo com o regime pluviométrico de cada região, além da utilização de variedades tolerantes e/ou resistentes a curtos períodos de deficiência de água no solo.

Para obterem-se resultados satisfatórios com a irrigação, o consumo de água das culturas deve ser bem quantificado, pois regas leves, insuficientes e freqüentes, repõem água apenas na superfície do solo, não umedecendo toda a zona das raízes. Por isso, elas tornam-se superficiais e incapazes de explorar o volume de solo disponível. Regas excessivas também são prejudiciais, pois acarretam perda de água e de nutrientes, pela percolação abaixo da zona das raízes.

A freqüência de irrigações requerida pelas culturas é regulada fundamentalmente pela capacidade de armazenamento de água no perfil do solo e das necessidades hídricas das culturas. Nas últimas décadas, ocorreram mudanças fundamentais nos conceitos que envolvem as relações solo-água-planta-atmosfera. Na avaliação da disponibilidade de água às plantas deve-se quantificar os fatores edáficos, climáticos e fisiológicos das plantas (Petry, 2000; Carlesso & Zimmermann, 2000). Constantes hídricas do solo como a capacidade de campo, ponto de murcha permanente, água capilar, água gravitacional, etc., utilizadas para definir o armazenamento de água no solo não indicam plenamente a disponibilidade de água no solo para as plantas. Essas variáveis estão baseadas na suposição de que o conteúdo de água no solo é unicamente dependente do potencial matricial. Porém, são

de extrema utilidade no cálculo e modelação do balanço hídrico do solo (Pereira et al., 1995; Pereira, 2004).

O armazenamento de água pelo solo e sua disponibilidade às plantas dependem de processos dinâmicos, tais como: infiltração, redistribuição interna, drenagem e absorção pelas raízes das plantas (Jong van Lier, 2000). A quantidade de água extraída pelas plantas, depende da habilidade das raízes em explorar um volume considerável do solo e absorver a água do mesmo, bem como da habilidade do solo em armazenar e manter um fluxo adequado de água em direção às raízes em taxas suficientes para suprir a demanda evaporativa da atmosfera (Hillel, 1980; Ahuja & Nielsen, 1990). Qualquer alteração em um desses componentes irá afetar o fluxo de água na relação hidrodinâmica de trocas no sistema solo-planta-atmosfera.

Os principais fatores que afetam a disponibilidade de água no solo são causados: pela planta (distribuição do sistema radicular, índice de área foliar, altura de plantas, etc.), pelo solo (profundidade explorável pelas raízes, drenagem e infiltração, fertilidade natural; salinidade (também da água), compactação e distribuição dos poros); pelo clima (demanda evaporativa da atmosfera) e pelo manejo da irrigação. Quando esses fatores são parcial ou totalmente controlados, regulados ou adequadamente manejados a eficiência do uso da água aumenta.

Os métodos mais utilizados para a determinação do momento de acionar o sistema de irrigação em uma determinada área podem ser baseados em características da planta, do solo ou do clima (Carlesso & Zimmermann, 2000; Pereira, 2004;). A planta apresenta alguns sintomas característicos quando submetida a situações de disponibilidade hídrica inferiores às ideais (enrolamento, menor alongação das folhas e entrenós, mudança na pigmentação das folhas, epinastia, ângulo de inserção das folhas, etc). No entanto, quando a planta exterioriza a maioria dessas características o efeito da deficiência da água no solo já causou uma redução significativa no potencial produtivo da cultura (Santos & Carlesso, 1999).

A determinação da freqüência da irrigação através de características do solo tem sido mais freqüentemente utilizada. Dentre essas características destacam-se conteúdo de água no solo, o

potencial matricial da água no solo e a disponibilidade de água às plantas (vd. Garcia, 2008). A determinação freqüente e continuada do conteúdo de água no solo é preciso, embora trabalhoso, pois se baseia na lâmina de água consumida pela cultura. Por exigir mão-de-obra especializada, ele não tem sido muito utilizado no manejo de áreas irrigadas e sim em experimentos de irrigação.

O monitoramento do potencial matricial da água no solo através de tensiômetros tem sido utilizado em áreas irrigadas. Os tensiômetros fornecem dados sobre o potencial de água nas camadas monitoradas e através da curva característica da água no solo se obtém o conteúdo de água no solo, para fins de determinação da quantidade de irrigação (lâmina a ser aplicada). A determinação da freqüência de irrigação e lâminas a serem aplicadas com base nas características do solo tem sido pouco utilizada no Brasil, pois esses métodos exigem, de maneira geral, elevada mão-de-obra. Adicionalmente, o custo dos equipamentos disponíveis para leitura direta do conteúdo de água no solo é elevado e dificilmente são utilizados para o monitoramento de áreas irrigadas, mesmo em países desenvolvidos.

Atualmente, existe um crescente interesse no controle da irrigação através de dados meteorológicos, uma vez que esses são os principais responsáveis pelas oscilações de safras agrícolas no Brasil. Dessa forma, a decisão de quando e quanto irrigar está fundamentada na capacidade de armazenamento de água do solo, no tipo e manejo do solo, no estágio de desenvolvimento da plantas e na intensidade das perdas de água pelo processo da evapotranspiração.

### **Determinação da evapotranspiração das culturas**

A determinação da evapotranspiração de uma cultura ao longo do ciclo de desenvolvimento é fundamental para que se possam estimar as necessidades hídricas da mesma. Como a evapotranspiração de uma cultura é uma função das condições meteorológicas, é razoável inferir que qualquer alteração nos fatores meteorológicos afeta a transpiração. Dessa forma, é necessário conhecer as condições específicas de um local ou região a fim de estimar o consumo de água pelas plantas em diferentes locais de cultivo.

Nos últimos 50 anos grande quantidade de experimentos foi conduzido para estimar a evapotranspiração dos cultivos, principalmente para o entendimento dos processos físicos e químicos que determinam a taxa de evaporação. Um significativo avanço foi observado no procedimento de medida e de modelos matemáticos de estimativa. Entretanto, existem hoje dezenas de métodos e/ou procedimentos para estimar a evapotranspiração e vários autores tem publicado extensas revisões sobre o assunto como Penman et al. (1967), Doorenbos & Pruitt (1977), Villa Nova & Reichardt (1989) e Pereira et al. (1997). Alguns desses métodos apresentam precisão adequada para estimar a evapotranspiração em escala horária, diária, mensal, etc., considerando situações conhecidas. A medida direta da evapotranspiração é extremamente difícil e onerosa. Difícil porque exige instalações e equipamentos especiais; e onerosa porque tais estruturas são de alto custo, justificando-se apenas em condições experimentais. Assim, a evapotranspiração é normalmente estimada.

A relação solo-água-planta-atmosfera (responsável pelo fluxo de água no interior da planta e dessa para a atmosfera) é governada por trocas de massa e energia e é regulada principalmente pelo fator biológico. O principal controle é realizado pela abertura estomática que, obviamente, depende de fatores climáticos.

Tanques evaporimétricos (TCA) ainda são utilizados, embora a tendência natural seja de substituir essas medidas diretas por determinações a partir de dados meteorológicos. Essas determinações poderão ser baseadas em equações empíricas ou em equações físicas: o método de Hargreaves (uma equação empírica) está fundamentado principalmente em valores de temperatura do ar.

Para a utilização dos métodos físicos de estimativa da evapotranspiração várias conferências e seminários foram realizados, especialmente os organizados pela FAO ou pela ICID, para substituir a equação de Penman (FAO-24) pela equação de Penman-Monteith, tendo como principal argumento a superestimativa da evapotranspiração de referência de uma área gramada. Resultou que vem sendo adotada uma nova metodologia padronizada proposta pela FAO (Allen et al., 1998, 2006; 2007).

Os coeficientes de cultivo são largamente utilizados, desde a publicação do boletim da FAO-24 (Doorenbos & Kassan, 1977), para a estimativa da evapotranspiração máxima de uma cultura (condição de irrigação) através de uma combinação entre o valor da evapotranspiração de referência com um adequado coeficiente de cultivo (Pereira, 2008b). Nas últimas décadas vários estudos foram publicados sobre o uso dos coeficientes de cultivos para as diferentes fases de praticamente todas as espécies comercialmente cultivadas (Allen et al., 2007). No entanto, um problema recorrente, que requer investigação mais detalhada, é quando a evapotranspiração de referência estimada pelo método Penman-FAO for transformada para o método Penman-Monteith, nesse caso os coeficientes devem ser corrigidos. Nos últimos anos o Boletim FAO-56 (Allen et al., 1998, 2006) tem sido utilizado com mais frequência pelos profissionais envolvidos com a irrigação.

Em resumo, os métodos de estimativa são muitos e de complexa configuração dos dados de entrada, sendo o método de Penman-Monteith um dos mais utilizados para estimar a evapotranspiração de referência. Estações meteorológicas automáticas fornecem todas as informações necessárias para estimar a evapotranspiração e o consumo de água das culturas. Pode-se, também, estimar a evapotranspiração através de tanques evaporimétricos. Entretanto, essa determinação é usualmente de baixa precisão e as medidas ocasionam estimativas acumuladas da evapotranspiração muitas vezes irrealis.

Para o manejo racional da irrigação o dimensionamento do sistema de irrigação deve ser elaborado com o conhecimento prévio das seguintes variáveis: (I) caracterização física do solo com avaliação da capacidade de infiltração, densidade do solo, limites superior e inferior de disponibilidade de água (geralmente estimados pela capacidade de campo e ponto de murcha permanente, respectivamente), fertilidade, textura, profundidade do solo, drenagem, profundidade do nível freático, etc.; (II) caracterização da planta através de dados sobre a variedade, profundidade do sistema radicular, fenologia, coeficientes de cultivo, suscetibilidade a déficits hídricos, índice de área foliar, períodos críticos, produtividade, porte, etc. e; (III) condições climáticas do local com dados de precipitação plu-

vial, temperatura, radiação solar, vento, umidade relativa do ar, etc.

Pelo exposto, é aceitável afirmar que o manejo de irrigação não é uniforme ao longo do ciclo de crescimento e desenvolvimento das plantas. No entanto, a determinação correta e calibrada do intervalo entre duas irrigações sucessivas e da lâmina de água a ser aplicada na mesma área é essencial para o sucesso da irrigação. Desta forma, a flexibilidade do manejo de irrigação será realizada para propiciar um adequado suprimento de água de modo que o crescimento e o desenvolvimento das plantas não sejam afetados por déficits hídricos ou por eventuais excessos causados por irrigações desnecessárias. Estas, além do mais, provocam impactos ambientais negativos: demanda excessiva de recursos hídricos, transporte de fertilizantes e agro-químicos para águas subterrâneas e superficiais, salinização de solos, etc.

### **Manejo de irrigação**

Um dos problemas clássicos que envolvem o manejo da irrigação é a determinação de quando e quanto irrigar. Atualmente, existe um crescente interesse no controle da irrigação através de variáveis meteorológicas, visto que estas são as principais responsáveis pelas oscilações no rendimento das safras agrícolas no Brasil. O manejo da irrigação a partir de dados meteorológicos implica que estes sejam representativos de uma propriedade ou região e que sejam coletados automaticamente. Embora o avanço da tecnologia na agricultura tenha possibilitado rapidez e facilidade no acesso a um grande contingente de dados, a coleta e disponibilização dos dados deve ser realizada com precisão. Isso significa que o planejamento, instalação, manutenção e a procedência dos dados coletados automaticamente devem ser feitos por pessoas tecnicamente capacitadas.

A estrutura de informações meteorológicas no Brasil é organizada em Distritos Meteorológicos, que recebem informações de diversas estações meteorológicas instaladas nas diferentes regiões agroclimáticas. No entanto, as informações meteorológicas coletadas nessas estações oficiais não são disponibilizadas aos interessados na velocidade necessária. As estações meteorológicas oficiais na sua grande maioria não são automáticas e quando os dados estão disponíveis em



meio digital os mesmos não são disponibilizados para uso privado, dificultando enormemente a obtenção das informações meteorológicas. Isto mesmo sucede em muitos países, nomeadamente na Europa. A situação considerada ideal seria o produtor ter ao seu dispor informações climáticas da sua propriedade que, juntamente com as informações de um distrito meteorológico, auxiliassem no processo de planejamento, instalação e condução das lavouras.

O avanço dos instrumentos eletrônicos para obtenção de dados meteorológicos, vem desenvolvendo-se rapidamente, sobretudo o uso de estações meteorológicas automáticas. Os dados fornecidos por essas estações, juntamente com os obtidos em observatórios oficiais, permitem a avaliação e o planejamento das atividades agrícolas.

Uma rede é formada pela interligação de estações meteorológicas, com comunicação via satélite, rádio, telefonia ou micro ondas, onde existe um ponto de coleta de informações. Essa interligação permite a visualização, em tempo real, de dados meteorológicos de uma microrregião, auxiliando na tomada de decisão de um grupo de produtores. Facilita enormemente o monitoramento de condições favoráveis ao aparecimento de uma determinada praga ou moléstia, ou determinação de períodos propícios a formação de geadas e, principalmente, para indicar o momento de acionar os sistema de irrigação e a indicação da quantidade de água a ser aplicada.

No Brasil, a utilização das estações meteorológicas automáticas é recente, sendo que um grande número está instalada em instituições de pesquisa. Porém, o seu uso por produtores rurais vem crescendo continuamente. O Departamento de Engenharia Rural, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), implementou uma rede de estações meteorológicas automáticas para proporcionar aos irrigantes acesso as informações de quando irrigar as suas áreas e quanta água aplicar em cada irrigação, através do Sistema Irriga.

O Sistema Irriga é um sistema de manejo e monitoramento de irrigação criado e desenvolvido pela UFSM, tendo como principal objetivo disponibilizar um sistema de manejo de irrigação prático, funcional e facilmente aplicável no campo, e que permitisse maximizar a eficiência do uso da água em áreas irrigadas para as cul-

turas do milho, soja, trigo, cevada, batata, café, feijão, algodão, tomate, ervilha, girassol, arroz, brachiária, sorgo, cebola, milheto, maçã, pêra, pêssego e videira.

Iniciado em nível de produtor rural em 1999, o sistema atualmente possui 135 estações meteorológicas automáticas com sistema em tempo real de transmissão de dados (Plataformas de coletas de dados - PCD) instaladas, sendo a maior rede privada de estações meteorológicas (PCDs) existente no Brasil. Cada PCD está constituída de uma estação meteorológica automática que transmite dados meteorológicos em tempo real, via satélite, para a central do Sistema Irriga. Esses dados juntamente com as informações de solo (características físicas) de cada área irrigada, cultura (índice de área foliar, altura de plantas, sistema radicular, etc.) e do equipamento de irrigação (sistema, método, lâmina mínima, lâmina diária, coeficiente de uniformidade, etc.) são processados diariamente para fornecer, individualmente para cada área irrigada do produtor, a necessidade de aplicar ou não uma irrigação. As recomendações de irrigação são disponibilizadas em tempo real, via Internet, para cada pivô ou parte dele e com previsão da irrigação com 24 e 48 horas de antecedência.

O produtor deve somente informar a cultura semeada, a variedade e/ou híbrido, data de semeadura, sistema de cultivo, espaçamento entre linhas e população de plantas. Todas as informações necessárias a operação do sistema são coletadas por pessoal técnico especializado que visita sistematicamente todas as áreas irrigadas em intervalos inferiores a 2-3 semanas. Essas visitas são pré-agendadas com data e horário da chegada do técnico nas propriedades (áreas irrigadas) em todas as regiões monitoradas.

Além dos benefícios já demonstrados, o Sistema Irriga traz para o usuário: (i) possibilidades de aumento na produtividade; (ii) economia de água/energia; (iii) adequação de mão-de-obra; (iv) equilíbrio com o meio ambiente: é um sistema de monitoramento da irrigação que se baseia na exigência hídrica da cultura em suas respectivas fases de desenvolvimento e; (v) possibilidades de redução do uso de defensivos agrícolas: com o manejo adequado da água, evitam-se ambientes excessivamente úmidos, favoráveis ao aparecimento e desenvolvimento de doenças.

Com a junção dos dados meteorológicos coletados de uma determinada região, com informações do solo, planta e equipamento de irrigação, é possível fazer a recomendação de quando irrigar e quanta água aplicar. Essa recomendação é disponibilizada aos usuários por telefone ou através do portal do Sistema Irriga® - [www.sistemairriga.com.br](http://www.sistemairriga.com.br).

### Armazenamento e validação dos dados meteorológicos

A confiabilidade da ETO estimada depende da qualidade dos dados meteorológicos utilizados no cálculo. A qualidade conferida aos dados inicia-se na determinação do intervalo de medidas das variáveis meteorológicas pelos sensores. É importante que esse intervalo assegure adequadamente as alterações meteorológicas que ocorreram entre medidas consecutivas. Por isso, é necessário que seja estabelecida uma rotina de inspeção e/ou verificação automática dos dados enviados pelas PCD's que formam a rede de estações, além das rotineiras verificações visuais.

Na tabela 1 é apresentada a resolução, acurácia e unidades de medida das variáveis meteorológicas coletadas pelas PCD's, de acordo com as normas recomendadas pela OMM.

Ao receber os dados das estações, o servidor automaticamente roda um filtro para verificar se os mesmos estão dentro da faixa estipulada pela Tabela 1. Caso existam dados inconsistentes, os mesmos serão armazenados, porém não serão utilizados nos cálculos.

A manutenção e calibração do conjunto de sensores das PCD's é um processo rotineiro e delas depende a confiabilidade dos dados medidos em

determinado local. A calibração dos sensores é feita por empresas de Assistência Técnica específica para este fim. Os testes de calibração dos sensores são feitos a cada dois (2) anos e constam de reconfiguração de sensores (no caso da reposição de sensores), testes de comunicação, entrada de novas constantes de calibração, etc. As operações de manutenção e calibração são feitas com as PCD's operando em modo off-line.

### Parâmetros de solo

O conhecimento das características físico-hídricas dos solos é fundamental para a viabilização de um sistema de manejo de irrigação. O armazenamento de água no solo e sua disponibilidade às plantas, a infiltração e/ou escoamento da água, bem como a estrutura e textura do solo são parâmetros indispensáveis na determinação da lâmina e frequência de irrigação. Em função disso, em todas as áreas monitoradas pelo Sistema Irriga® é feita a amostragem de solo para a caracterização físico-hídrica desses. Para a coleta das amostras trincheiras são cavadas com aproximadamente 80cm de comprimento, 60cm de largura e 75cm de profundidade. Os perfis dos solos são divididos em três camadas, em função da morfologia do solo, assim descritas: camada superficial, camada intermediária e camada inferior. A camada superficial usualmente varia de 0 a 25cm de profundidade entre os perfis amostrados, a camada intermediária varia de 15 a 50cm e a camada inferior varia de 35 a 75cm de profundidade. As amostragens são normalmente realizadas no último, penúltimo e antepenúltimo lance dos pivôs, pois esses locais representam a maior área irrigada por lance do pivô. Cada amostragem (trincheira) é representativa de uma área aproximada de 50 hectares

**Tabela 1.** Faixa específica de medidas, acurácia e unidades de medidas utilizadas em PCD's que formam a rede de estações meteorológicas do Sistema Irriga®.

Sensor	Resolução	Acurácia	Unidade
Pressão atmosférica	750 a 1060	0.3	hPa
Temperatura do ar	-25 a +60	0.3	°C
Umidade relativa	2 a 100	3	%
Velocidade do vento	1,03 a 92,6	2	m/s
Direção do vento	0 a 359	5	Graus
Precipitação pluvial	0 a 999.8	2%	Mm
Radiação solar	0 a 1500	5	W m-2

de área irrigada Nos pivôs que apresentavam desuniformidade em relação às características morfológicas do solo, realiza-se uma amostragem em cada local que apresentava diferença de textura do solo, independentemente da seqüência de lances do pivô.

Amostras com estrutura preservada são coletadas com o auxílio de um extrator, para a determinação da macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo e curva característica de água no solo (-0,006, -0,01, -0,033, -0,1, -0,5 e -1,5 MPa), segundo a metodologia proposta por Embrapa (1997). Amostras com estrutura não preservada são também coletadas para a análise granulométrica (Gee & Bauder, 1986) e densidade de partículas (Embrapa, 1997).

### **Parâmetros da cultura irrigada**

As características das plantas, como área foliar, altura de plantas, distribuição e profundidade do sistema radicular, população e espaçamento de plantas, arquitetura do dossel das plantas e estágio de desenvolvimento são parâmetros que influenciam a evapotranspiração e o consumo de água. Para a obtenção dessas informações são realizados experimentos de campo com diversas culturas e diferentes materiais. Atualmente, o banco de dados do Sistema Irriga® conta com informações validadas de índice de área foliar, altura de plantas, distribuição do sistema radicular, soma térmica e fotoperíodo nos principais estádios de desenvolvimento das seguintes culturas: abóbora, alfafa, alho, arroz, algodão, batata, brachiária, cebola, cenoura, cevada, café, ervilha, feijão, girassol, maçã, milho, milho doce, milho pipoca, milheto, pêssego, pêra, soja, sorgo, tabaco, tomate, trigo e videira.

### **Parâmetros de equipamento**

As informações técnicas do sistema de irrigação - lâmina mínima e máxima de irrigação, uniformidade de distribuição da água e eficiência de irrigação - são utilizadas para determinar a freqüência e a lâmina de irrigação. Essas informações são disponibilizadas pelo usuário do Sistema Irriga, a partir dos laudos técnicos do fabricante do equipamento. A recomendação

diária de irrigação parte do pressuposto que os equipamentos estejam operando adequadamente. Entretanto, o Sistema Irriga® recomenda que os sistemas de irrigação sejam aferidos por empresas técnicas especializadas, segundo normas da ABNT, em intervalos de no máximo de dois a três anos. Na Figura 2 está apresentado um esquema simplificado do funcionamento do sistema, com os quatro fatores considerados em cada recomendação e as maneiras como os usuários podem receber as recomendações de manejo de irrigação.

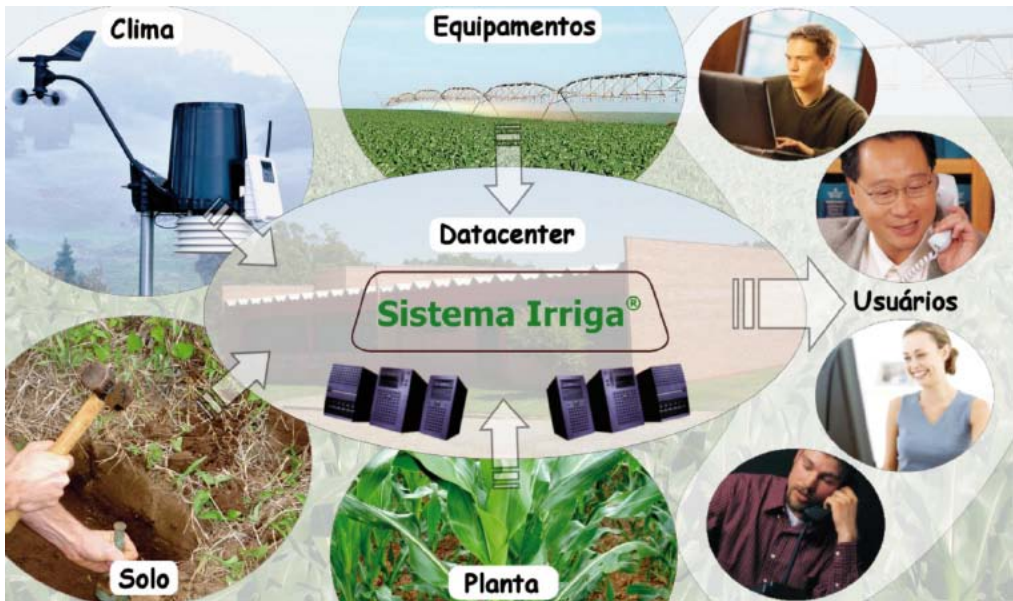
### **Monitoramento da irrigação**

O monitoramento das irrigações inicia-se com a semeadura e/ou plantio das culturas. A partir desse momento, visitas técnicas são agendadas por profissionais devidamente treinados para o acompanhamento de todas as áreas monitoradas pelo Sistema Irriga®. Nessas visitas os técnicos do Sistema determinam a umidade do solo (a partir de sensores TDR instalados, em no mínimo três profundidades do perfil do solo, em locais previamente identificados e representativos da área irrigada para aferição dos parâmetros utilizados na plataforma do Sistema), o estágio fenológico médio da cultura, profundidade do sistema radicular das plantas, altura de plantas, índice de área foliar, população de plantas, além de observar os aspectos fitossanitários da cultura, presença de plantas invasoras e condições nutricionais das plantas, fatores que interferem diretamente no manejo da irrigação. Não compete aos técnicos do sistema avaliar ou orientar aspectos de manejo da cultura que não seja a irrigação. Os técnicos do Sistema Irriga® não têm responsabilidade pelo produto ou dose de uma determinada aplicação que está sendo ou será aplicada para o controle de uma praga, doença ou planta invasora.

As visitas às propriedades são agendadas antecipadamente, no mínimo com uma semana de antecedência, e estão disponíveis aos produtores na página do Sistema Irriga® na opção “Calendário de visitas” (Figura 3). Nesse campo aparece a data e o horário da visita bem como os nomes dos integrantes da equipe que irão fazer a visita. Dessa maneira, o produtor irrigante tem condições de planejar o acompanhamento da visita ou designar alguém da sua equipe para acompanhar os técnicos do sistema. Além de es-



**Figura 2:** Esquema simplificado do funcionamento do Sistema Irriga



**Figura 3:** Imagem da interface do Sistema Irriga® diariamente disponibilizada aos usuários irrigantes, com a indicação de quando e quanto irrigar, para cada um dos sistemas de irrigação cadastrados.

**Sistema Irriga®** Versão 3.50

» Manejo de Irrigação

- Calendário de visitas
- Sistemas cadastrados
- Quando irrigar
- Cadastrar chuvas / irrig. extras
- Quanto irrigar
- Controle de suas irrigações
- Relatório de resultados

» Voltar

Usuário: Grupo Orlando

Terça-feira, 26/06/2007

» Quando irrigar

✓ Posicione a seta do mouse sobre a célula com irrigação (em azul), para que o valor de relé ou tempo seja exibido.

■ Irrigação ■ Sem irrigação ■ 60% probab. ■ 95% probab.

Sistema	Cultura	Irrigação	Data					
			23/06	24/06	25/06	26/06	27/06	28/06
Pivô 01	Milho	Antecipar		14,00				
Pivô 05	Milho	Antecipar		12,00				
Pivô 08 A	Tomate	-			14,76			
Pivô 08 B	Tomate	Ajdar				17,00		
Pivô 08 C	Tomate	Antecipar						

clarecer qualquer tipo de dúvida sobre as irrigações anteriormente recomendadas pelo sistema.

Durante cada visita é preenchido um relatório contendo informações técnicas da cultura, solo e equipamento de irrigação. Após o encerramento do monitoramento da irrigação de uma

determinada área é disponibilizado ao produtor um relatório contendo informações sobre a duração do ciclo, total de chuva, número de dias com chuva, total de irrigações recomendadas, lâmina total recomendada, número de dias com irrigação, número de visitas, além de fotografias tomadas em cada visita e dos relatórios parciais.

## 9.4. Aspectos relacionados ao sistema produtivo

A irrigação é um dos principais instrumentos para manter o agricultor no campo e possibilitar seu desenvolvimento econômico e social (Hargreaves, 2000). Pode-se até inferir que a irrigação transformou o uso e a exploração das terras e a sociedade humana como nenhuma outra atividade havia feito anteriormente. Não obstante, registros históricos reportam que muitas civilizações da antiguidade, cuja atividade agrícola esteve baseada na agricultura irrigada, ruíram em função do uso inadequado da água, sem considerar conceitos e indicadores de uso, produtividade da água e capacidade de suporte dos mananciais.

Com uma aplicação adequada da água de irrigação, os agricultores irrigantes podem aumentar a produtividade das explorações, além de possibilitar safras adicionais. Para isto, é necessário que a pesquisa desenvolva, valide e disponibilize opções de manejo apropriado para a agricultura irrigada que possam contribuir para a conservação dos recursos naturais e garantir um desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, é função da pesquisa oferecer dados sobre o manejo de culturas visando aumentar a produção, diminuindo os riscos da atividade agrícola.

Dessa forma, pode-se inferir que a agricultura irrigada é um componente vital para aumentar a quantidade e a qualidade de alimentos e fibras produzidas para o consumo humano. Notadamente, o avanço nas áreas irrigadas tem contribuído enormemente nas discussões acerca da melhor eficiência no uso da água, tanto sob o ponto de vista agrônomo e da engenharia, como preservação e conservação da água, invocando os conceitos de produtividade da água e poupança de água. E, a melhor contribuição da irrigação na eficiência do uso da água é o aumento da produção por unidade de volume de água consumida, além de redirecionar a água para a sua maior prioridade, ou seja, o incremento da produção de alimentos.

O principal aspecto do manejo adequado da irrigação está relacionado à eficiência de uso da água. Do ponto de vista biológico, a eficiência de uso da água (EUA) é a razão entre a produção de massa seca por unidade de água consumida, onde o genótipo da planta e a disponibilidade

de de radiação solar são fatores fundamentais para maximizar esta relação. Por isso, quando as necessidades hídricas das culturas são suplementadas via irrigação, a discussão acerca da ineficiência ou baixa eficiência do uso da água deve envolver, necessariamente, aspectos agrônômicos e de engenharia, além dos aspectos ambientais.

O clima predominante nas regiões de terras secas do Brasil se caracteriza pela irregularidade sazonal do regime de precipitações pluviâs (entrada de água no ambiente semi-árido) e elevado índice de evaporação (saída de água do ambiente semi-árido) resultando num balanço hídrico deficitário, implicando em escassez severa de recursos hídricos, com todas as consequências sociais e ambientais. Em síntese, a problemática da escassez de água no semi-árido brasileiro, advém da irregularidade do regime de precipitações associado ao elevado índice de evaporação.

A escassa disponibilidade de estoques de água doce para garantir o atendimento das múltiplas demandas sociais e ecológicas é condição natural em ambientes de domínio de climas semi-áridos e/ou áridos. O planejamento estratégico para aumentar a eficiência dos procedimentos e processos de captação, estocagem, distribuição e uso da água em áreas afetadas por escassez, vem sendo pensado, desenvolvido e validado para as terras secas do Brasil e em vários outros países.

Indicadores de ineficiência de uso ou do uso perdulário da água, em todos os setores de usuários, são mais visíveis e conhecidos que indicadores de eficiência de uso. Estima-se para o Brasil um índice médio de 40% de perdas de volumes de água disponível na cadeia processual de captação, estocagem, alocação e uso dos recursos hídricos. O uso perdulário se traduz em custos para a sociedade e pressão de demanda sobre o recurso escasso, sem usufruto ou benefício social, sendo importante fator a ser gerador de escassez. Considerando o significativo e elevado volume de perdas, as tecnologias, técnicas e estratégias de gestão apropriadas ao uso eficiente da água disponível poderão ser contabilizadas como cota de poupança de água muito importante, com grandes repercussões positivas nas dimensões socioeconômicas e ambientais.

A proteção da qualidade da água, também deve ser considerada como fundamental estratégia

de eficiência no uso, pois além de ser um fator de disponibilidade hídrica é indicador de adequada gestão ambiental. A identificação, o desenvolvimento e a validação de tecnologias inovadoras de baixo custo, o aperfeiçoamento de tecnologias nativas e a estruturação de um processo de tomada de decisões baseado em indicadores de eficiência do uso da água são necessários para o aproveitamento pleno dos recursos hídricos limitados e protegê-los da poluição.

A estratégia de gestão dos recursos hídricos nas terras secas deve prever: a otimização da alocação de volumes de água considerando as condições de limitações físicas e socioeconômicas; programar as decisões de alocação pela gestão das demandas e repercussões socioeconômicas e ambientais, regulação por mecanismos de cobrança induzindo a poupança de água e considerar custos de oportunidade que reflitam o uso alternativo mais valioso do recurso escasso, enquanto bem social, econômico e serviço ambiental.

Assumindo a água como recurso/insumo natural, bem público de valor econômico, escasso, finito e vulnerável, a construção de indicadores de eficiência de uso é um procedimento que envolve extrema complexidade. Esses indicadores necessariamente devem passar pelo crivo de uma análise lastreada nos fundamentos da teoria econômica e social aplicadas especificamente à questão hídrica. Além disso, deve-se proceder a uma análise de eficiência técnica através de indicadores físicos e ambientais capazes de aferir a maximização de resposta otimizada quando do uso da água para demandas específicas. Assim, o indicador de eficiência de uso deve resultar de uma função de solução integrada e multicritério. Garrido (2003), trata em profundidade a questão da otimização do uso da água, discorrendo sobre funções de demanda por água enquanto insumo de produção.

### **Sistemas de cultivo do solo em áreas irrigadas por aspersão no Sul do Brasil**

As lavouras irrigadas caracterizam-se pela intensificação dos cultivos, e por consequência, uma intensa utilização do solo. Devido a isso, atenção especial deve ser dada ao manejo do solo, às culturas utilizadas e à água da irrigação, para evitar que ocorram alterações nas características do solo, causando a degradação das

propriedades físicas, químicas e biológicas, afetando a produtividade das culturas. O sucesso de um sistema de produção nas áreas irrigadas necessita de um grande aporte de resíduos culturais. Neste sentido, a inclusão de plantas de cobertura do solo no planejamento dos cultivos, proporciona, além de um alto potencial de produção de resíduos vegetais, a reciclagem e/ou fixação de nutrientes. A cobertura do solo em sistemas conservacionistas de manejo do solo influencia diversos outros processos no sistema solo-planta-atmosfera, os quais terão reflexos nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, e no estabelecimento e desenvolvimento vegetal.

Um sistema de produção sustentável é fundamentado por aspectos de conservação e preservação ambiental, mas também em aspectos econômicos e comerciais, sendo que o domínio deste processo pelo produtor é o que determina o sucesso da atividade. A maioria das propriedades rurais do Rio Grande do Sul ainda não apresentam graves problemas de doenças de plantas, porém a produção de monocultivos tende a alterar a biodiversidade da região. Mas, atualmente, a grande preocupação de pesquisadores, técnicos e produtores é em relação ao aumento da densidade do solo e diminuição da porosidade de aeração de solos intensamente cultivados. Para Dantas (1996) citado por Santos & Ribeiro (2000) em sistemas de cultivo intenso e com irrigação, as alterações nas propriedades físicas do solo são mais acentuadas e ocorrem em menor intervalo de tempo do que em outros sistemas de cultivo. Como alternativa, Reinert et al. (2001) afirmam que o tráfego de máquinas em sistemas irrigados deve ser realizado em maiores intervalos de tempo, após as irrigações, reduzindo a compactação adicional. Para esses mesmos autores, parte das limitações impostas pela degradação da estrutura dos solos associada ao uso agrícola podem ser aliviadas pelo manejo do conteúdo de água do solo.

Em um sistema conservacionista, como o sistema plantio direto, em decorrência das alterações físicas, químicas e biológicas, o tempo de implantação pode ser considerado um indicador de qualidade do solo. Em países com predominância de clima tropical e subtropical, como o caso do Brasil, devido às altas taxas de mineralização de teores de matéria orgânica, a adoção de sistemas de cultivos conservacionis-

tas, como o sistema plantio direto, proporciona menores perdas da qualidade do solo, quando comparado a sistemas que revolvem o solo. Já a fase Segundo Reichert et al. (2003), a bibliografia brasileira possui muita informação de condição da qualidade do solo, porém em sua maioria aponta somente as diferenças entre manejo de solo e plantas e uma ou poucas épocas, sem o monitoramento temporal. Na transição entre o sistema convencional para o sistema de plantio direto, vários fatores influenciam na qualidade do solo. Entre esses fatores, está a distribuição de poros, cuja avaliação permite qualificar e quantificar os poros existentes em um solo e a eficiência do sistema, conseqüentemente. A importância dessa distribuição e a influência do manejo do solo têm sido tema de vários estudos (Lal, 1974; Stone & Silveira, 1999; Borges et al., 1999).

---

## 9.5. Considerações finais

A evolução da irrigação nos últimos anos introduziu uma série de inovações tecnológicas que possibilitam aos equipamentos controlar de forma mais adequada e automatizada a aplicação

da água. Isto se traduz em um processo mais eficiente, permitindo manejar de forma mais precisa as demandas hídricas das culturas, de forma a possibilitar, assim, aumentos importantes na quantidade e melhorias da qualidade dos produtos explorados.

É necessário reconhecer a possibilidade de ocorrência de impactos negativos do uso da irrigação, avaliando-os e desenvolvendo soluções tecnológicas que promovam melhorias, viabilizando a atividade agrícola irrigada, de forma adequada. A compatibilização do uso correto dos recursos naturais, visando a respectiva sustentabilidade, com os benefícios gerados pela atividade irrigada, será capaz de produzir os efeitos positivos, resultantes da adoção da técnica.

O uso de modelos de programação da irrigação como o Sistema Irriga permite adequar a gestão da irrigação à demanda climática e tomar em conta a influência de outros factores, como o solo, sobre a demanda das culturas. Seguindo os resultados dos modelos é possível encontrar soluções de economia de água que contribuem também para minimizar os impactos ambientais