

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Uso e Manejo de Irrigação

*Paulo Emílio Pereira de Albuquerque
Frederico Ozanan Machado Durães*
Editores Técnicos

*Embrapa Informação Tecnológica
Brasília, DF
2007*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Informação Tecnológica

Parque Estação Biológica (PqEB), Av. W3 Norte (final)
CEP 70770-901 Brasília, DF
Fone: (61) 3340-9999
Fax: (61) 3340-2753
www.sct.embrapa.br
vendas@sct.embrapa.br

Embrapa Milho e Sorgo

Rodovia MG 424, Km 65
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3379-1000 / 3779-1250
Fax: (31) 3779-1088
www.cnpms.embrapa.br
sac@cnpms.embrapa.br

Coordenação editorial:

Fernando do Amaral Pereira
Mayara Rosa Carneiro
Lucilene Maria de Andrade

Revisão de texto: *Corina Barra Soares*

Normalização bibliográfica: *Celina Tomaz Carvalho*

Projeto gráfico, editoração eletrônica e

tratamento das ilustrações: *José Batista Dantas*

Capa: *Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Foto da capa: *Olimpio Pereira de Oliveira Filho*

Fotos da 4ª capa: *Olimpio Pereira de Oliveira Filho*

Paulo Emilio Pereira de Albuquerque

1ª edição

1ª impressão (2007): 2.000 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº. 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Informação Tecnológica

Uso e manejo de irrigação / editores técnicos, Paulo Emilio Pereira de Albuquerque, Frederico Ozanan Machado Durães. – Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2007.
528 p. : il.

ISBN 978-85-7383-349-2

1. Agricultura familiar. 2. Captação d'água. 3. Recurso hídrico. I. Albuquerque, Paulo Emilio Pereira de. II. Durães, Frederico Ozanan Machado. III. Embrapa Milho e Sorgo.

CDD 349-2

© Embrapa, 2007

Apresentação

No Brasil, a agricultura irrigada tem função de destaque na produção agrícola, tendo atravessado uma fase de grande expansão. Essa atividade continua, porém, carente de informações condizentes com os altos índices de produtividade e a conseqüente preservação ambiental, informações essas que se prestem ao aproveitamento, da forma mais racional possível, dos recursos solo, água, clima e energia, e de culturas de origem vegetal e animal.

Infelizmente, o acelerado desenvolvimento da agricultura irrigada – resultante, principalmente, da velocidade de expansão de uso e da demanda por tecnologias de irrigação – não se fez acompanhar da oferta de profissionais especializados em manejo de irrigação. Isso decorreu, em parte, do fato de os cursos de especialização no País não atenderem às novas exigências, e terem dado preferência à exploração de temas ligados ao planejamento, ao dimensionamento e à implantação de projetos de irrigação. Para atender a uma agricultura moderna e tecnificada, é imperativo o treinamento na área de uso e manejo, para que se atualize o conhecimento sobre a utilização dos recursos naturais, aumentando, conseqüentemente, sua eficiência.

A Embrapa Milho e Sorgo, sediada no município mineiro de Sete Lagoas, oferece, anualmente, os cursos *Uso e manejo de irrigação* (tradição que completa 11 anos, com carga horária de 80 horas) e *Agricultura irrigada* (pelo sexto ano, com carga horária de 80 horas), nos quais enfoca os fundamentos da programação de irrigação, cujo objetivo é o uso adequado da água e o manejo dos sistemas de irrigação das principais culturas irrigadas. Para isso, a Embrapa possui adequada infra-estrutura de pesquisa e desenvolvimento, bem como de informação e treinamento para o agronegócio, além de contar com o apoio de uma equipe multidisciplinar e de especialistas de instituições parceiras.

A forte demanda, de clientes e de parceiros, por tecnologia e serviços, associada à organização interna para adequar a sistematização da informação e uma transferência objetiva e eficaz, tem levado a Embrapa Milho e Sorgo a experimentar mecanismos cada vez mais especializados nessa área.

Modernamente, o mercado – sabidamente competente e competitivo – requer inovações eficientes e eficazes. Nesse entendimento, a Embrapa

Milho e Sorgo (CNPMS), em parceria com a Embrapa Informática Agropecuária (CNPTIA), atualizou e ampliou o programa do curso *Uso e manejo de irrigação*, reestruturando-o de forma que fosse administrado e executado a longa distância, via comunicação remota de dados (internet). Com esse procedimento, conseguiu reduzir custos, encurtar caminhos, poupar esforços e ampliar o número de informações sobre os impactos da transferência de tecnologias de alta demanda. Trata-se, pois, de uma ferramenta potente, que visa a atingir um público a distância, que tem por base um curso técnico-científico diferenciado no mercado nacional, com tradição de 11 anos de atuação, ministrado integralmente na Embrapa Milho e Sorgo, em sua Unidade de Pesquisa Científica e Tecnológica e no Núcleo de Informação para o Agronegócio (NIA).

Este livro trata, basicamente, dos oito módulos explorados tanto no curso presencial quanto no curso via rede de computadores, aos quais foram acrescentados alguns textos, totalizando 12 capítulos.

Os Editores

Sumário

CAPÍTULO 1

Classes de Solo e Irrigação	15
O solo em perspectiva	17
Classificação de solos	25
Classes de solo e disponibilidade de água	49
Classes de solo e irrigação	53
Classes de drenagem	61
Levantamento de solos	63
Referências	68

CAPÍTULO 2

Características Físico-Hídricas e Dinâmica de Água no Solo	71
Introdução	73
Caracterização físico-hídrica do solo	73
Infiltração da água no solo	114
Redistribuição de água no solo	126
Disponibilidade de água no solo	126
Balanço hídrico	134
Aplicação prática dos conceitos de solo-água	135
Limitações e dificuldades relacionadas à utilização dos parâmetros e conceitos de solo-água	139
Considerações finais	142
Referências	143

CAPÍTULO 3

Transporte de Solutos no Solo	151
Introdução	153
Mecanismos de transporte de solutos no solo	153
Equação de dispersão e conversão	155
Soluções analíticas da equação de dispersão e convecção	158
Determinação dos parâmetros de transporte de solutos no solo	164
Salinidade e balanço de sais	165
Referências	167

CAPÍTULO 4

Transporte de Água no Sistema Solo-Planta-Atmosfera – Movimento de Água e Solutos nas Plantas	169
Introdução	171

A água no sistema solo-planta-atmosfera	171
Ciclo hidrológico na agricultura	173
Formas de fornecimento de água para as plantas	175
Água disponível para as plantas	176
Potencial total de água ψ	181
Movimento de água	183
Água disponível	187
Estrutura hidrológica de plantas vasculares que participam da transferência de água do solo para a atmosfera	188
Absorção e transporte de água em plantas vasculares, transpiração e medição do <i>status</i> de água na planta	192
Relação planta-atmosfera: movimento de água no sistema solo-planta-atmosfera	210
Relações solo-água-planta em algumas culturas de expressão econômica	212
Referência	223
Literatura recomendada	223

CAPÍTULO 5

Requerimento de Água pelas Culturas	225
Introdução	227
Fatores que afetam a evapotranspiração	229
Variação do requerimento de água das culturas	236
Evapotranspiração de referência (ET _o)	240
Métodos de determinação da ET _o	241
Programa computacional para determinar a ET _o com base em dados agroclimatológicos	246
Comparação dos resultados de cálculos de ET _o dos programas E _{ref} e FAO	248
Considerações finais	251
Referências	252

CAPÍTULO 6

Qualidade da Água na Agricultura Irrigada	255
Introdução	257
Importância da água para as plantas	259
Disponibilidade de água, usos múltiplos e qualidade de vida	261
Evolução da agricultura irrigada e produção de alimentos	264
Avaliação, classificação e adequação da água para fins de irrigação	266

Manejo da irrigação e drenagem	294
Qualidade da água para uso na irrigação localizada	296
Problemas de obstruções nos sistemas de irrigação e possíveis soluções	297
Referências	304

CAPÍTULO 7

Seleção do Método de Irrigação	317
Introdução	319
Necessidade de irrigação das culturas	319
Quantidade e distribuição de chuvas	320
Requerimento das culturas por água	321
Demanda <i>versus</i> oferta de água	323
Resposta das culturas à irrigação	325
Processo de seleção do método de irrigação	326
Dimensionamento dos sistemas e análise econômica	336
Seleção final	337
Descrição dos principais métodos de irrigação	338
Considerações finais	398
Referências	399

CAPÍTULO 8

Avaliação do Desempenho de Sistemas e Projetos de Irrigação	401
Introdução	403
Eficiência de irrigação	405
Uniformidade de distribuição	409
Avaliação do desempenho de projetos de irrigação	417
Referências	419

CAPÍTULO 9

Aplicação de Produtos Químicos Via Irrigação (Quimigação)	421
Introdução	423
Métodos de injeção de produtos químicos	424
Injeção de fertilizantes (ou de agroquímicos)	432
Tanque de derivação ou tanque fertilizante	434
Bombas injetoras	438
Critérios de escolha dos equipamentos de injeção de fertilizantes ...	442
Segurança na aplicação de agroquímicos	442

Sistema de prevenção do refluxo e bloqueador de injeção de produtos	443
Calibração	445
Referências	446

CAPÍTULO 10

Estratégias de Manejo de Irrigação	449
Introdução	451
Alguns critérios de manejo de irrigação	454
Balanço diário da água no solo	469
Uso do tanque de evaporação <i>classe A</i> para estimativa da evapotranspiração de referência (ET _o)	470
Seleção do coeficiente de cultura (K _c)	472
Irrigação no dia do plantio e nos dias próximos subseqüentes	482
Considerações sobre o desenvolvimento da cultura logo após o período subseqüente ao plantio	483
Conversão de unidades de pressão	484
Referências	485

CAPÍTULO 11

Captação e Uso de Água na Propriedade para Múltiplos Fins	487
Introdução	489
Sistema de captação de água superficial das chuvas	490
Lagos de múltiplo uso	496

CAPÍTULO 12

Custos na Agricultura Irrigada	507
Teoria dos custos	509
Custo de produção na agricultura	514
Referências	527

Capítulo 1

Classes de Solo e Irrigação

*Derli Prudente Santana
Luiz Marcelo Aguiar Sans*

O solo em perspectiva

Conceito de solo

Ao longo da história, o solo tem sido um elemento bastante familiar ao homem, que dele sempre dependeu para satisfazer suas necessidades básicas de locomoção, abrigo e alimentação. Assim, os conceitos de solo são quase tão variados quanto são as atividades humanas que nele se desenvolvem. Cada indivíduo tem uma concepção mais identificada com as próprias atividades e interesses, mas quase sempre muito pouco relacionada com o conhecimento da natureza do próprio solo. Por exemplo, enquanto, para o agricultor, o solo pode ser visto apenas como meio de desenvolvimento de plantas, para o engenheiro, ele é o material de enchimento em aterros e barragens.

Os cientistas do solo preferem ver o solo como um “corpo natural da superfície da terra, alterada e biologicamente modelada, que suporta ou é capaz de suportar plantas”. O solo faz a ligação entre litosfera, atmosfera e biosfera, sofrendo muita influência de todos esses elementos nas suas propriedades. A posição peculiar de pedosfera torna-a uma das peças cruciais na estrutura dos ecossistemas terrestres.

O solo (incluindo o relevo) está relacionado com todas as qualidades ecológicas, enquanto o clima do solo relaciona-se com radiação solar, água, temperatura e arejamento. Ele é, além disso, o substrato principal da produção de alimentos e uma das principais fontes de nutrientes e sedimentos que vão para rios e mares. Disponibilidade de água, nutrientes e ar nos solos variam bastante, condicionando, nos vários solos, uma produtividade diferente das culturas, quando outros fatores são considerados constantes. Solo, planta e água são fatores críticos e interdependentes na prática da irrigação: o balanço adequado desse trio deverá propiciar sucesso naquela prática.

Gênese do solo

Estudos de solos em diversas partes do mundo têm mostrado que os solos têm propriedades decorrentes do efeito integrado de clima e organismo com o material de origem (rocha), durante um certo período. Esses fatores de formação do solo determinam a gênese dos vários solos existentes na face da crosta terrestre. A resultante da ação de interdependência desses