

Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação Enfoque na Região Semi-Árida - SiBCTI



Sílvio Roberto de Lucena Tavares

Engenheiro Agrônomo

MSc. - Ciência do Solo

DSc. - Geotecnia Ambiental

Pesquisador da Embrapa Solos

Por que fazer um Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação ?



A classificação de solos começa nos EUA por Baldwin *et al.* (1938)

Modificada por Thorp & Smith em 1949

Recebe diversas contribuições/evoluções por diversos autores

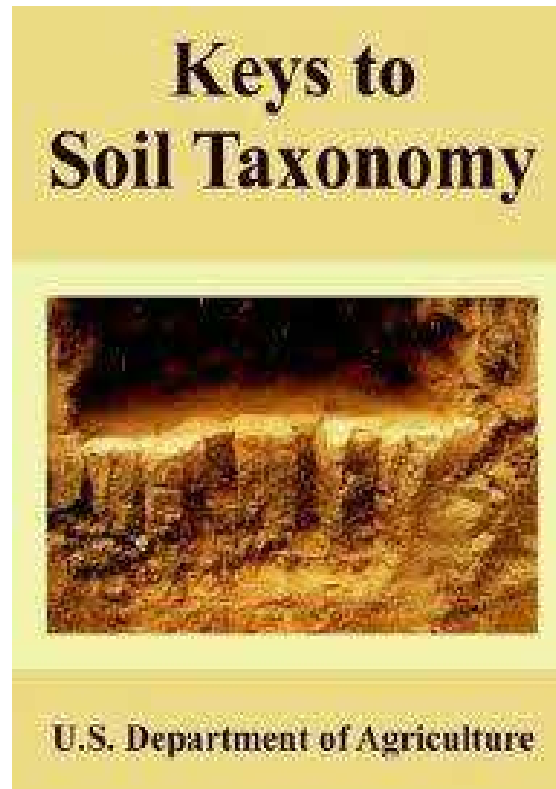
Até chegar a Soil Taxonomy (1975) / US Dept° of Agriculture

Sistema muito bem estruturado, hierarquizado, mnemotécnico, 12 classes de solo

Influencia outros sistemas: FAO, australiano, brasileiro

Por que fazer um Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação ?

Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy, 11th ed.
USDA-Natural Resources Conservation Service



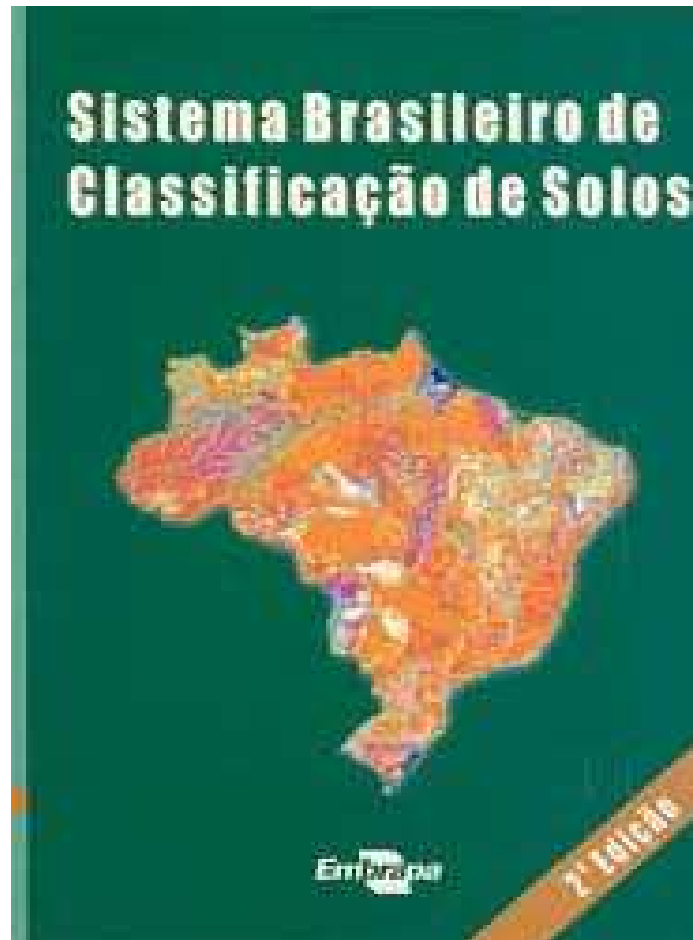
Por que fazer um Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação ?



Os estudos de taxonomia pedológica no Brasil (Comissão de Solos) começaram na década de cinquenta, tendo por base os trabalhos norteamericanos

Várias versões/evoluções até o lançamento do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (1999)

Por que fazer um Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação ?

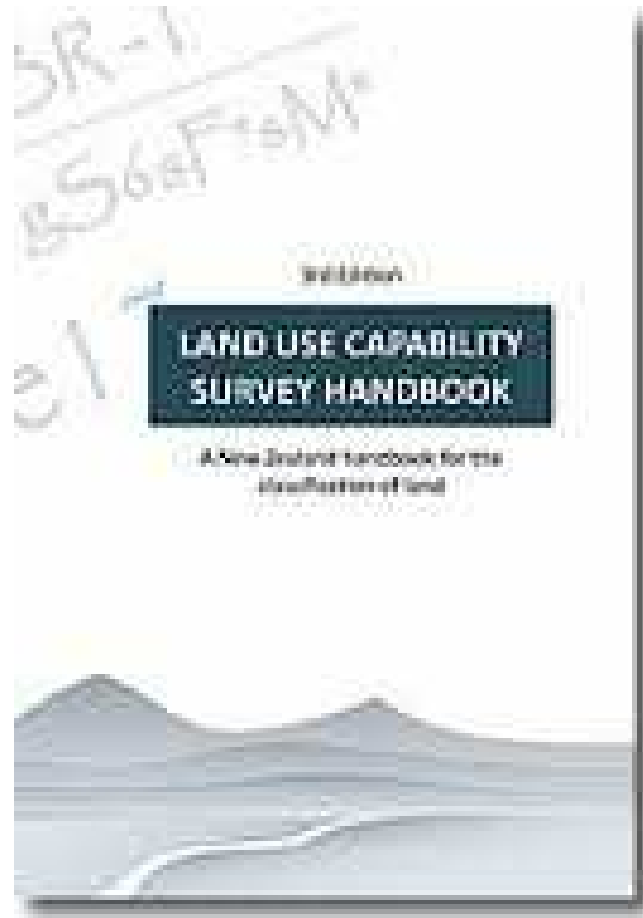


Por que fazer um Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação ?

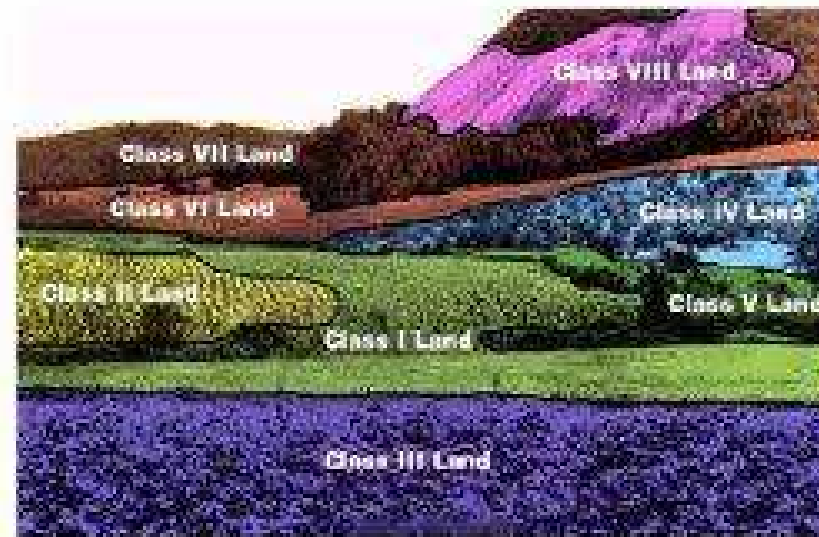


- Z** Dando sequência aos estudos de taxonomia de solos, o US Dept^o of Agriculture/NRCS conclui os estudos de Capacidade de Uso das Terras
- Z** Land Capability Classification
- Z** 8 classes
- Z** Classificação para grupo de culturas/generalizada. Culturas especiais são excluídas da classificação

Por que fazer um Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação ?



Por que fazer um Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação ?



Landscapes with land capability classes outlined.

Por que fazer um Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação ?



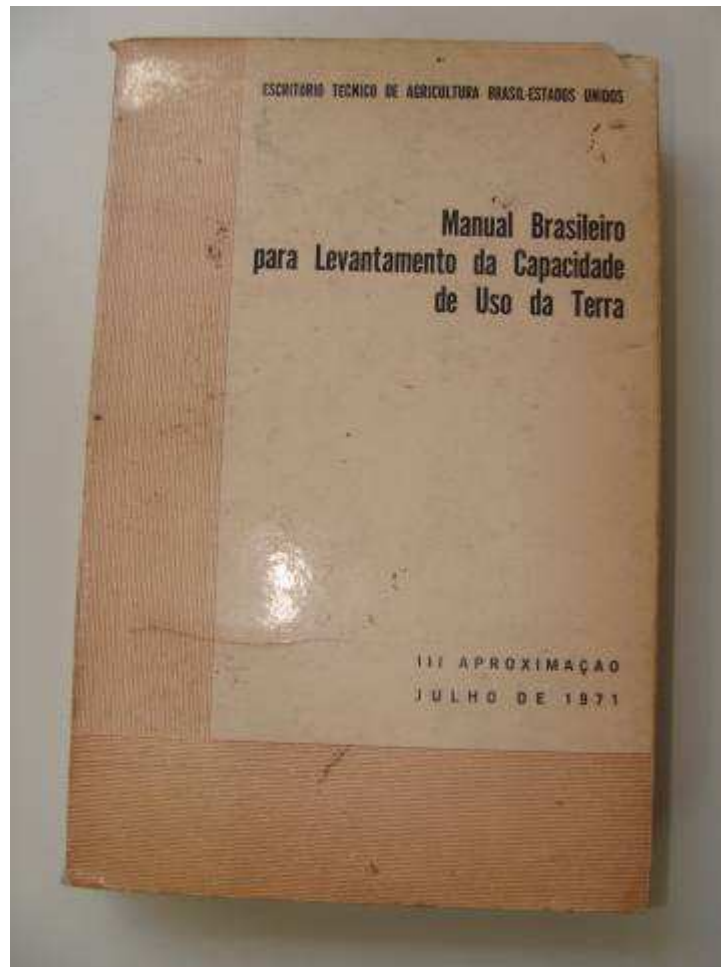
No Brasil, na década de cinquenta, através de estudos conjuntos com técnicos norteamericanos, elaborou-se o “Manual Brasileiro para Levantamento da Capacidade de Uso das Terras”

Sistema idêntico ao dos EUA, 8 classes, praticamente mesma nomenclatura...

O principal parâmetro/foco destes estudos era a erosão

III Aproximação (1971)

Por que fazer um Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação ?



Por que fazer um Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação ?

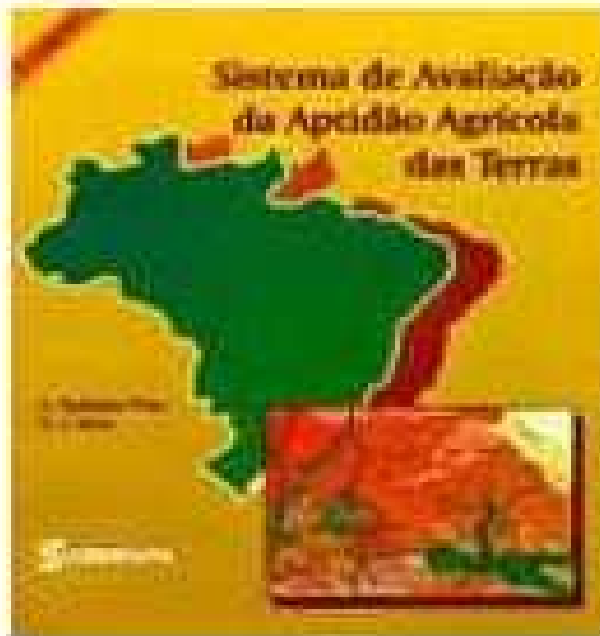


A Capacidade de Uso não teve muita aceitação no meio científico brasileiro, ficando mais restrita a estudos em SP

Posteriormente, com suporte do Ministério da Agricultura, diversos técnicos da atual Embrapa, Projeto Radambrasil, FAO, Holanda...foi elaborado o “Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras”

Metodologia composta de 6 classes, 3 níveis de manejo e mais abrangente => Foi aplicada em todos os Estados Brasileiros 1:1.000.000 e em estudos com escalas maiores.

Por que fazer um Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação ?

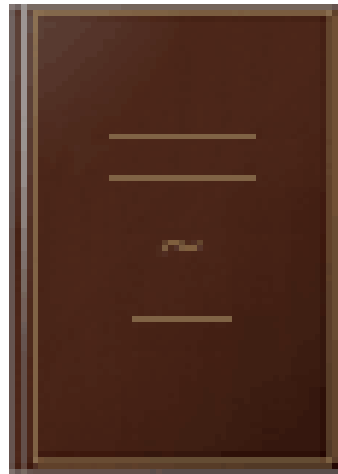


Por que fazer um Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação ?



- Z** Todas essas tecnologias/metodologias até agora estudadas foram para agricultura de sequeiro...e para agricultura irrigada ?
- Z** USBR Department of the Interior **Bureau of Reclamation** 1953. Irrigated land use, Part 2: Land classification. B. R. Manual
- Z** USBR Department of the Interior **Bureau of Reclamation** Land Classification Techniques and Standards...1982, series 510
- Z** Detalhes serão vistos a seguir

Por que fazer um Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação ?



Por que fazer um Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação ?



Com o início dos grandes projetos de irrigação no Brasil, técnicos brasileiros vão estudar nos EUA...

Técnicos norteamericanos montam base por aqui para trabalhar em parceria na classificação de terras para irrigação no Brasil

A classificação do “Burec” passa a ser amplamente utilizada

Até que problemas começam a parecer anos depois...


Por que fazer um Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação ?



- Z** Ocorrência de diversos problemas ambientais, destacadamente a salinização
- Z** Falta de padronização na classificação
- Z** Incompatibilidade de algumas características dos solos tropicais com a classificação do Bureau of Reclamation (BUREC)
- Z** Dificuldades na correta classificação das terras para a irrigação
- Z** Descompasso com a tecnologia atual

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Decisão de Fazer



- Z** Diversas reuniões concluíram que era necessário desenvolver um Sistema adaptado à realidade brasileira
- Z** Reunião de Bom Jesus da Lapa (2001) foi o “Divisor de Águas”
- Z** Definido o Convênio Embrapa / CODEVASF

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Etapas Desenvolvidas



- Z** Avaliação do “estado da arte” da classificação de terras para a irrigação
- Z** Levantamento bibliográfico e definição da estratégia de ação
- Z** Reunião com diversos atores (SRs da CODEVASF, Embrapa Solos/UEP, Embrapa Semi-Árido, CHESF, DNOCS, consultores...)
- Z** Seminários tanto no Agricultural Research Service (ARS) localizado em Washington/DC quanto no Bureau of Reclamation (USBR), localizado em Denver (EUA),

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

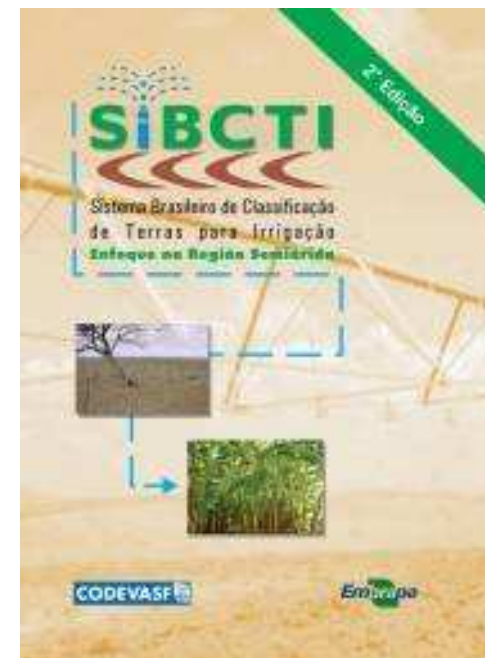
Etapas Desenvolvidas



- Z** Coleta de informações pedológicas e culturais em diversos perímetros de irrigação públicos e privados
- Z** Seminários para discussão e padronização dos critérios norteadores da metodologia
- Z** Desenvolvimento home page <http://www.cnps.embrapa.br/sibcti> e de uma lista de discussão/sugestão
- Z** Desenvolvimento de software (patente INPI 08406-5) interface amigável, windows e java, atualmente em ambiente WEB, acessível de qualquer plataforma

Sistema de Classificação das Terras para a irrigação enfim...

- Primeira versão lançada em 2005 e a segunda lançada em 2011, incorporando todo o avanço da tecnologia neste período



Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação Embasamento da Metodologia



- Z** Por falta de uma classificação de terras para irrigação adaptada às condições brasileiras, em que as terras fossem classificadas de acordo com o seu real potencial para agricultura irrigada, tem se promovido ou uma superutilização das terras, induzindo seu desgaste, ou uma subutilização, abrindo mão da maximização do retorno econômico. Em ambos os casos, tais práticas podem resultar em utilização inadequada dos potencialmente escassos recursos hídricos e de solo de toda a Região Semiárida.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação Embasamento da Metodologia



- Z** O Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação deverá ter natureza dinâmica, porquanto são necessárias atualizações periódicas dos critérios adotados, notadamente quando parâmetros ainda não considerados, passarem a influenciar os resultados obtidos. Esse sistema além de contemplar todo o “estado da arte”, deverá evidentemente ponderar com acurácia as principais características de nossos solos de modo a evitar danos ao meio ambiente quando sob uso intensivo.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Motivação da Metodologia



- Z** incompatibilidade de algumas características dos solos do semiárido brasileiro com a classificação do BUREC;
- Z** falta de padronização na definição dos parâmetros e na classificação;
- Z** ocorrência de diversos problemas ambientais, destacando a salinização;

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Motivação da Metodologia



- Z** descompasso entre a metodologia de classificação até então usada com o nível tecnológico atual da agricultura irrigada praticada no semiárido;
- Z** dificuldades na correta classificação das terras para a irrigação;

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação ***Motivação da Metodologia/Segunda Versão***



- Z** ajuste e calibração de parâmetros utilizados na Primeira Versão do SiBCTI;
- Z** incorporação das diversas sugestões, que após ampla avaliação pelos usuários, tornam o Sistema mais racional e amigável.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação ***Embasamento da Metodologia***



- z** Conceito de solo = > o mesmo do SBCS
- z** Seção de controle até 240 cm para atender alguns parâmetros como PST, cond. elétrica, hidráulica...
- z** O Conceito de “terra” é mais amplo e refere-se a todo meio ambiente natural e cultural que sustenta a produção (Carter, 1993)

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação Embasamento da Metodologia



- Z** Durante a execução de um levantamento pedológico, os solos são identificados no campo de acordo com suas características morfológicas, analíticas bem como de suas relações com feições da fisiografia local. Um levantamento pedológico é a estratificação da paisagem de acordo com unidades tridimensionais (pedons) homogêneas.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Embasamento da Metodologia



- Z** A unidade taxonômica para fins de irrigação terá a mesma conceituação daquela adotada nos levantamentos pedológicos tradicionais, ou seja, terá um conjunto de características e propriedades do solo, correspondente à unidade de classificação mais homogênea em qualquer nível categórico de sistemas taxonômicos. Será integrada por um conceito central, representada por um **perfil de solo modal**, que exibe uma variabilidade das propriedades dentro dos limites determinados pela natureza de variável contínua (Estados Unidos, 1953, 1982).

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação ***Embasamento da Metodologia***



- Z** As unidades de mapeamento que compõem o levantamento de solos a serem interpretadas pelo SiBCTI devem, na medida do possível, ser designadas por unidades simples, evitando-se associações, principalmente quando compostas de unidades pertencentes a ordens diferentes (primeiro nível categórico do SiBCS). Eventualmente, pode-se esperar associações quando estas forem de individualização muito difícil para fins cartográficos e serem constituídas de unidades que correspondam à mesma classe de terras para irrigação.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação *Embasamento da Metodologia*



- Z** Como forma de obter classificações pedoambientais para irrigação confiáveis utilizando o SiBCTI, é fundamental que os dados alimentadores do sistema sejam **padronizados e igualmente confiáveis**. Portanto, os dados analíticos e morfológicos dos perfis de solo devem ser resultado de análises padronizadas segundo as mesmas rotinas laboratoriais, não importando a região onde seja feita. O mesmo procedimento deverá ser aplicado às análises da água para fins de irrigação.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação ***Embasamento da Metodologia***



- Z** Da mesma forma, os dados provenientes dos testes de campo, relacionados com a permeabilidade: condutividade hidráulica (**K**) e a velocidade básica de infiltração (**I**), deverão ser obtidos através de metodologias padronizadas.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Embasamento da Metodologia



- Z** A **salinidade do solo** é um dos importantes fatores da degradação físico-química dos solos e que, portanto, afetam o rendimento dos cultivos. Em se tratando de regiões áridas e semiáridas irrigadas, constitui um sério problema, limitando a produção agrícola e reduzindo a produtividade das culturas a níveis antieconômicos. Nessas regiões, caracterizadas por baixos índices pluviométricos e intensa evapotranspiração, a baixa eficiência da irrigação e a drenagem insuficiente contribuem para a aceleração do processo de salinização.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Embasamento da Metodologia



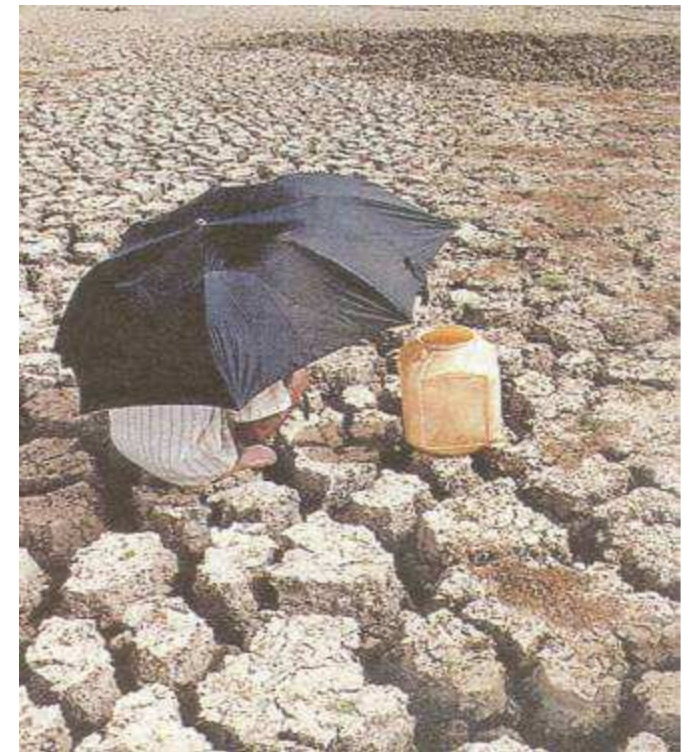
- Z** A salinização, pode ocorrer naturalmente ou devida ao manejo inadequado do solo e da água, definida assim como salinização induzida ou secundária. Os processos de salinização e/ou sodificação secundária dos solos podem ocorrer em uma ou mais das seguintes condições:
- uso de água para irrigação com alto teor de sais;
 - elevação do nível de água subterrânea;
 - falta ou deficiência de drenagem do solo.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Embasamento da Metodologia



10 t sal/ano



Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Embasamento da Metodologia



- z Várias classes de solos consideradas de boa permeabilidade (drenabilidade) e irrigados com água do rio São Francisco de boa qualidade (C1S1), estão apresentando indícios de salinização secundária e elevação do lençol freático ao longo últimos anos.
- z Mais de 15 % superfície terrestre \Rightarrow risco desertificação (NE)

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Embasamento da Metodologia



- toxicidade de íons específicos: certos íons (sódio, cloreto e boro principalmente) contidos no solo ou na água, acumulam-se nas plantas em concentrações suficientemente altas para causar danos e reduzir os rendimentos das culturas sensíveis;

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Embasamento da Metodologia



Se a irrigação não obedece às doses recomendadas tecnicamente e se aplica quantidades bem maiores que a planta exige (superirrigação), o que infelizmente é prática comum para muitos agricultores atualmente, o processo ocorre com muito mais velocidade, chegando inclusive a formação de lençol em solo de boa drenabilidade natural como o Neossolo Quartzarênico profundo (Embrapa, 2004b).

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Embasamento da Metodologia



**Lençol
freático**

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Embasamento da Metodologia



Na estruturação do SiBCTI, foi atribuída importância muito grande à questão da **drenabilidade natural dos ambientes**, visando restringir ao máximo os riscos de salinização dos solos. Como consequência, em boa parte dos parâmetros elencados que fundamentam essa metodologia, existe uma ponderação muito grande nas interações relacionadas à drenagem.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos

- Z** O SiBCTI foi projetado para classificar a aptidão de terras para irrigação. É apropriado para auxiliar na decisão através do ordenamento desta terra em relação a uma referência, ou decidir qual sistema de irrigação é mais apropriado para as condições daquela terra ou, que cultura é mais apropriada, ou uma combinação de ambos, a partir de uma base de informação construída por meio de consultas a especialistas, informações de campo e de pesquisa bibliográfica.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos

- Z** O sistema especialista adotado para o SiBCTI foi construído por meio de regras de decisão, similar à classificação por árvore de decisão, sendo que seus parâmetros foram previamente estabelecidos pelo critério especialista para cada classe. Foi desenhado a partir de tabelas e de um conjunto de regras construídas por conhecimento especialista, que permite a entrada (ou seleção) de dados (fatos) fornecidos para cada atributo, relativos à terra e à água, para efetuar a decisão de classificar uma determinada terra em classes de aptidão para irrigação, apontando suas respectivas limitações e potencialidades.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos

- Z** Classes pré-definidas: as classes nas quais os casos são classificados são estabelecidas previamente
- Z** Classes Discretas: esse requerimento diz respeito aos limites arbitrados para as classes, nos quais os fatos fornecidos pelo usuário são alocados. As classes foram delineadas de forma que um caso pertença ou não a uma determinada classe
- Z** Decisão considerando o parâmetro limitante: Apenas um atributo com fato fora desta especificação leva a classificação para a próxima classe, de aptidão menos intensiva => “Lei de Liebig”

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

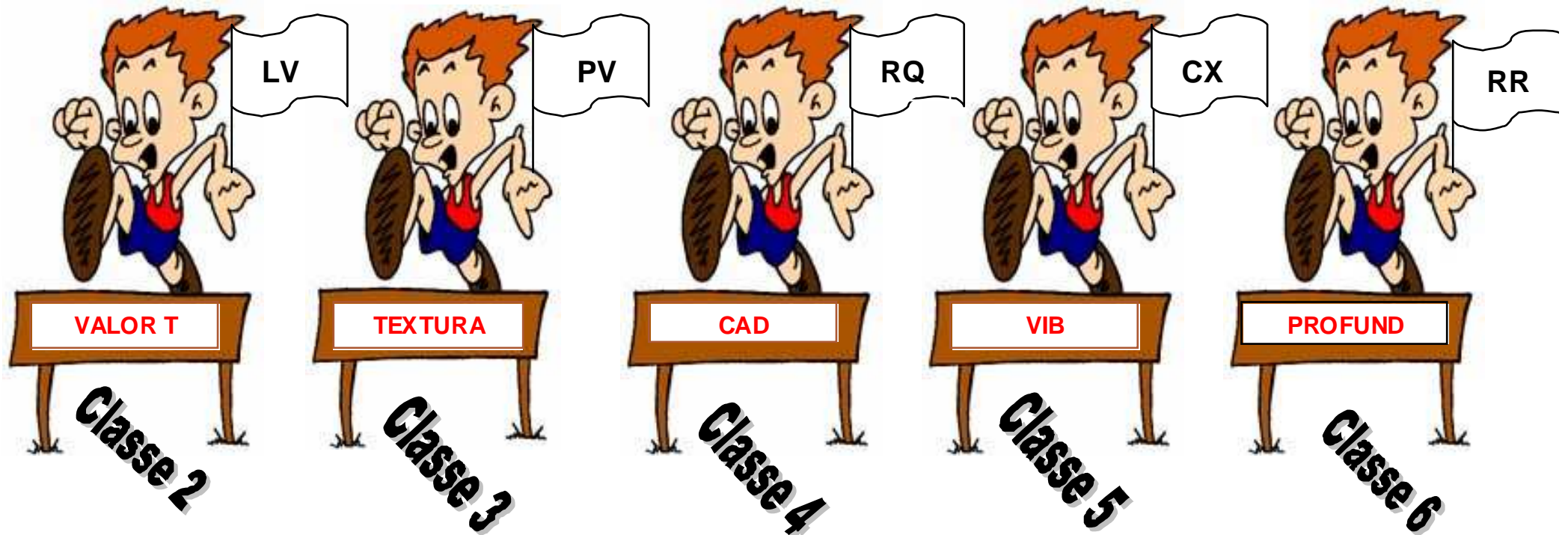
Principais Características e Conceitos

“Lei de Liebig”



Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos



Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

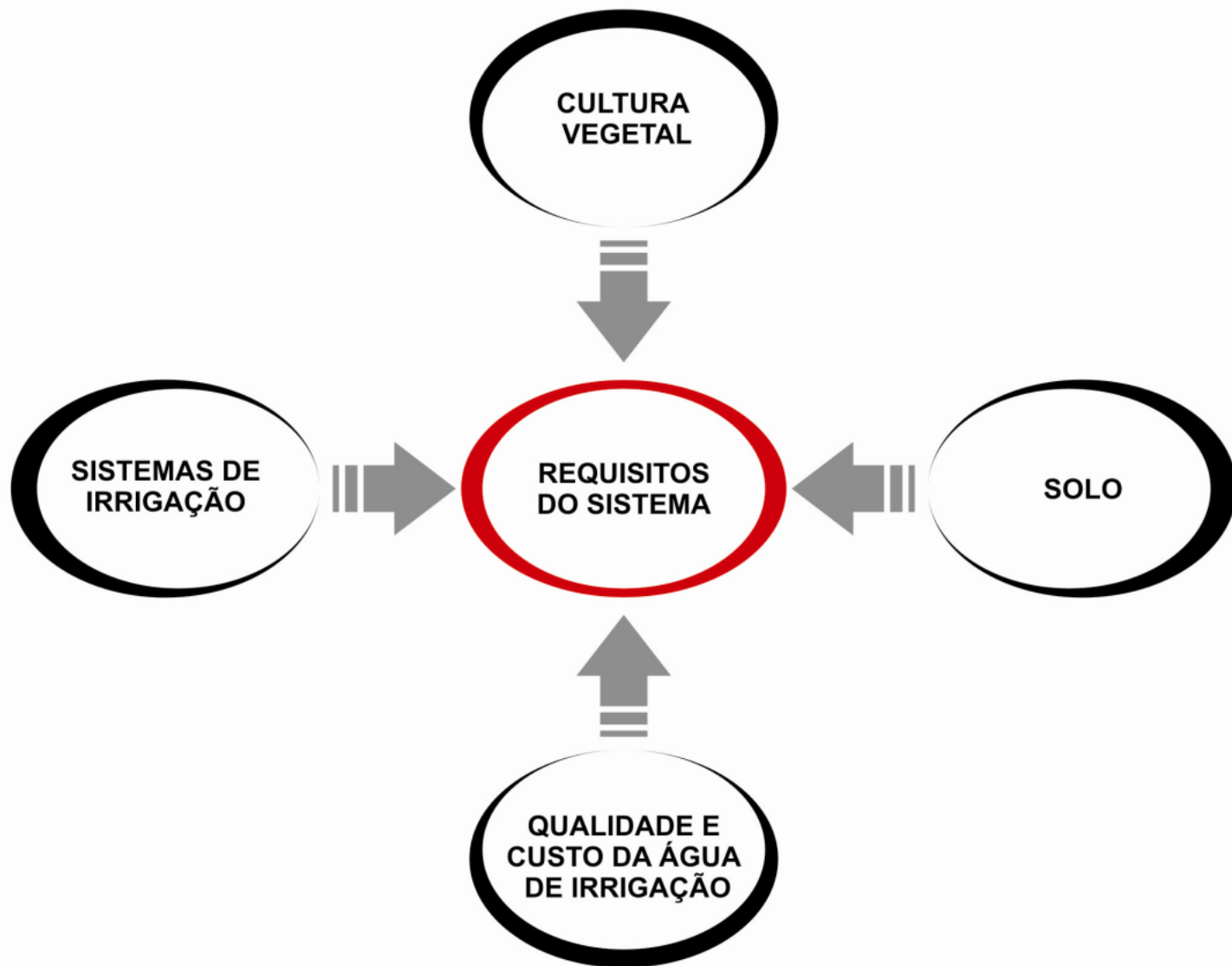
Principais Características e Conceitos



- Z** Interface de Desenvolvimento com os Especialistas: O sistema é fechado mas por estar acoplado a uma base de dados, permitirá a evolução de acordo com o aprimoramento das variáveis básicas
- Z** Impessoalidade: O programa foi baseado em classificação em árvore, com parâmetros em intervalo
- Z** Conjunto de atributos considerados pelo SIBCT: A classificação final é composta pela interação de variáveis pedológicas + edafógicas + hídricas + aquelas relacionadas aos sistemas de irrigação

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos



Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos



- Z** Nesta metodologia, uma determinada terra é considerada economicamente irrigável quando tem capacidade de reembolsar os custos alocados no projeto (sejam eles públicos ou privados) e de produzir benefícios contínuos para o irrigante
- Z** Remuneração do trabalho e do capital, é entendida como pagamento dos custos de produção inclusive a água e dos juros sobre o investimento

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos

- Z** O SiBCTI foi estruturado para trabalhar com três sistemas de irrigação, de acordo com a eficiência energética na aplicação da água, interação com fitossanidade e interação com parâmetros do solo:
 - localizada (eficiência 95%) => microaspersão, gotejamento...
 - aspersão (eficiência 80%) => convencional, pivô central, canhão hidráulico...
 - superfície (eficiência 50%) => sulco, inundação, corrugação...

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

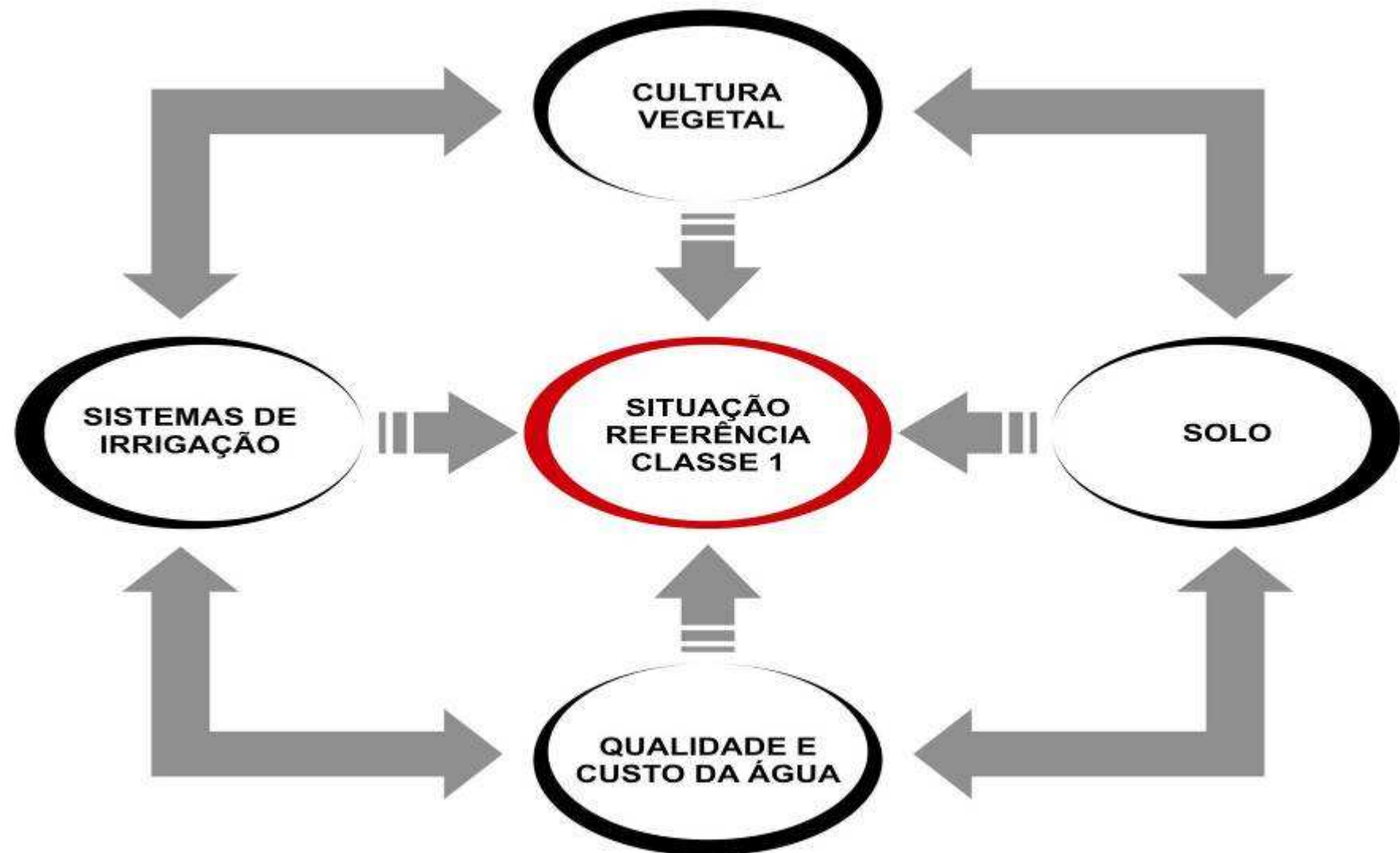
Principais Características e Conceitos

Z A partir da definição de cada especificação ambiental e de manejo, foi identificada a situação de REFERÊNCIA, que permitia o alcance da máxima produtividade potencial (100%)

⇒ Para essa situação foi atribuída a CLASSE 1.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos



Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos

- Z** A partir da Situação Referência, definiu-se a estratificação em 6 (seis) classes, por dois motivos:
 - É uma categorização consolidada pelo uso pelos técnicos que trabalham nessa área;
 - O volume e consistência das informações obtidas junto aos perímetros irrigados não permitiriam um detalhamento maior como, por exemplo, a adoção de 8 (oito) ou 10 (dez) classes.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

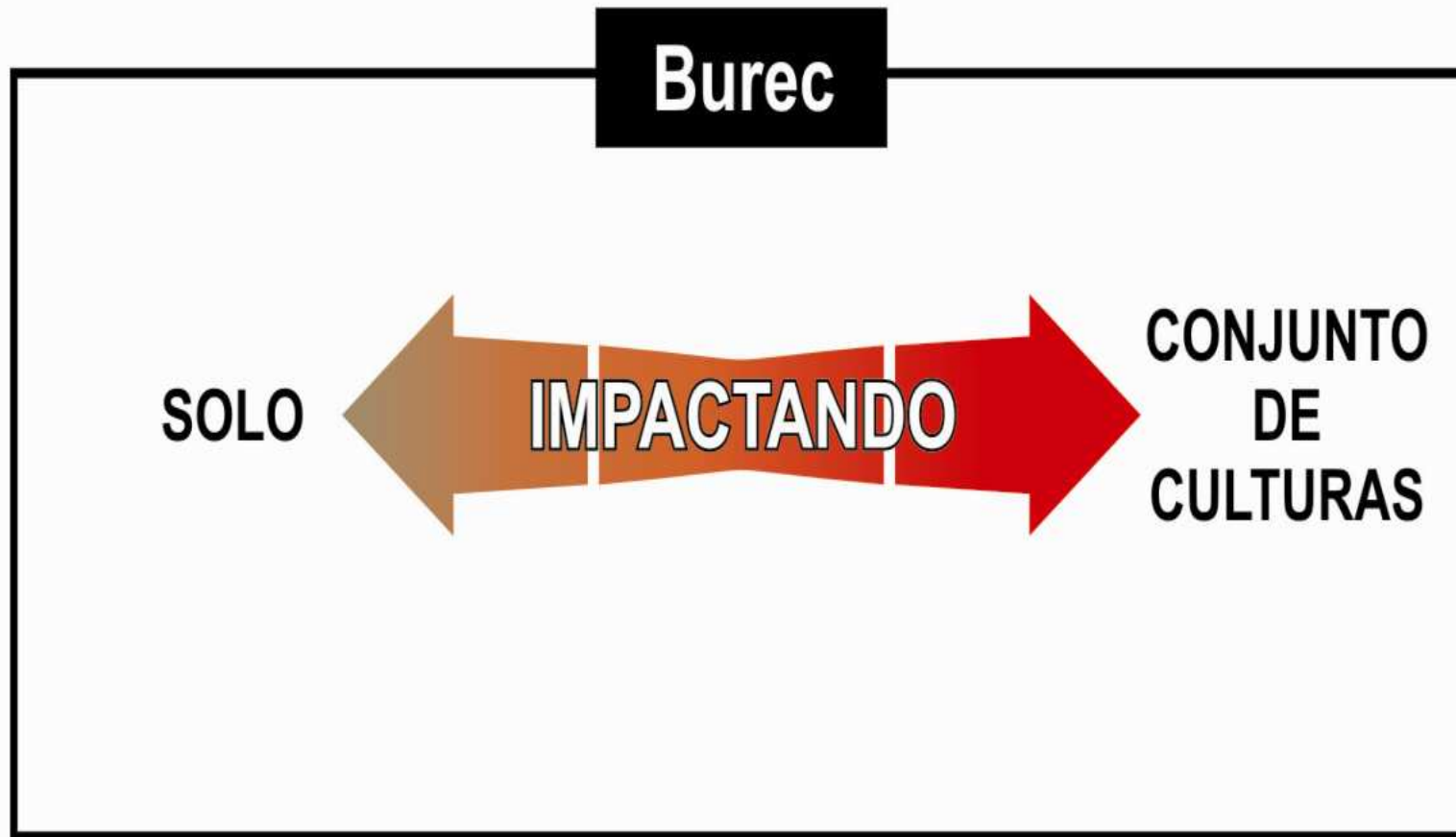
Principais Características e Conceitos



- Z** No SiBCTI, não se consideram somente as características da "terra", mas sua interação com o sistema de irrigação, cultura específica e qualidade e custo da água, na forma de um SISTEMA ESPECIALISTA mais flexível e com mais variáveis de controle. Esta se constitui na maior diferença para a metodologia do BUREC, em que as classes são definidas para grupos de culturas similares: grãos, culturas perenes, pastagem.

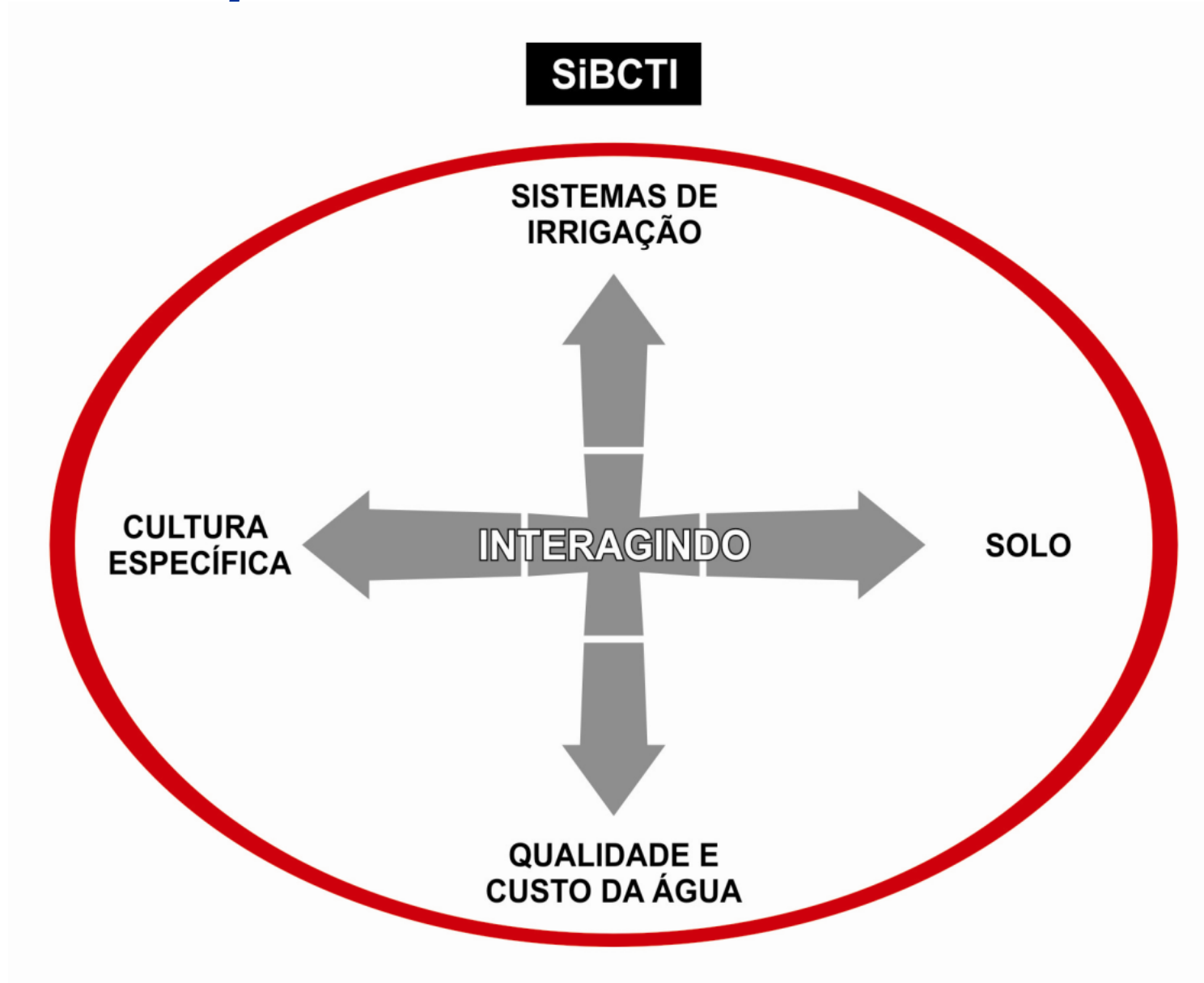
Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos



Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos



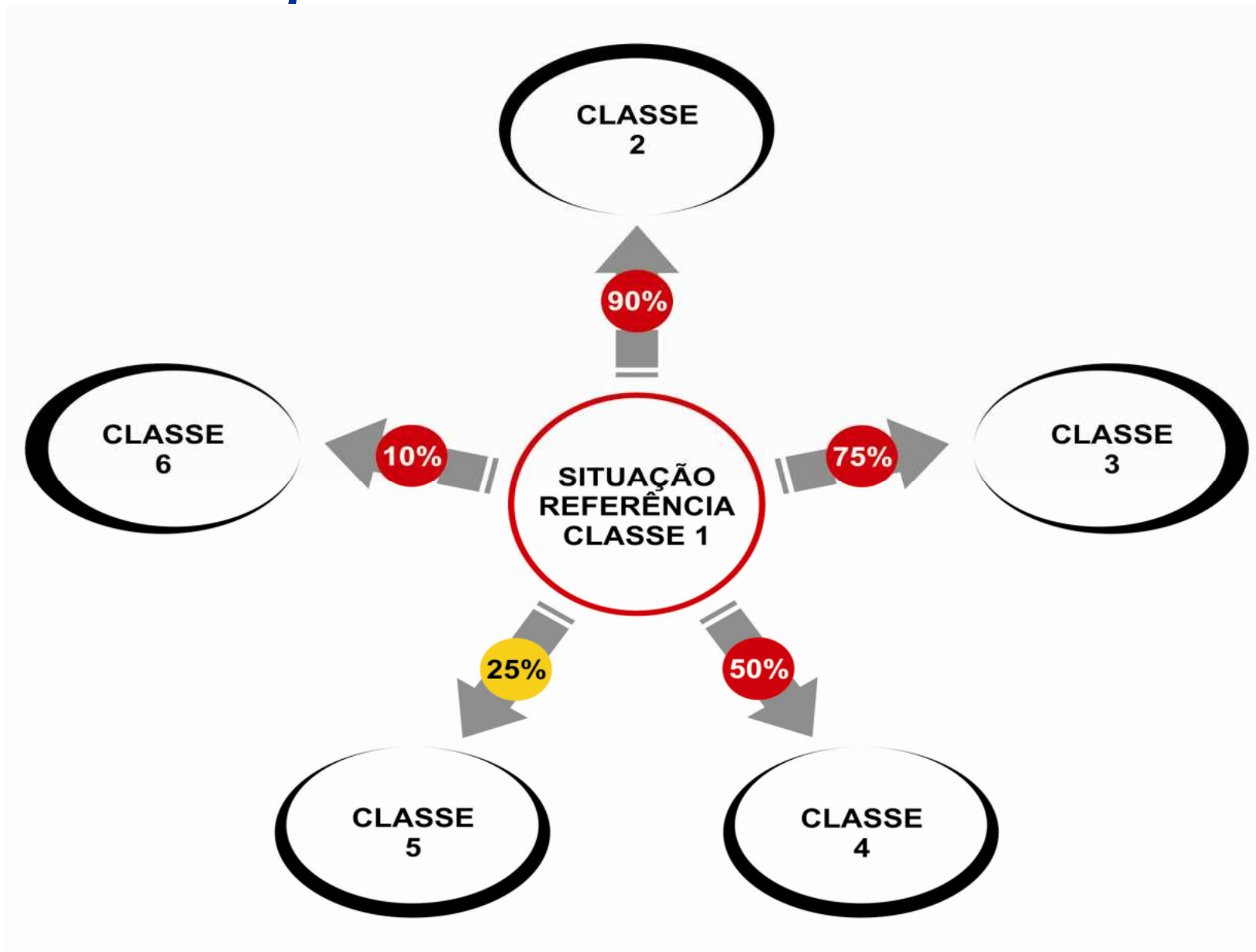
Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos

- Z** As produtividades relativas (em relação a referência = 100) de 90%, 75%, 50%, 25% e < 10% foram definidas com base em uma clássica conceituação dos impactos na produtividade vegetal devido à intensidade de salinização do solo ou água de irrigação, segundo Maas & Hoffman (1976), que foi extrapolada para a interação solo x sistema de irrigação x cultura vegetal x qualidade e custo de captação da água

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos



Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos



Classe 1 \Rightarrow Terra que para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação e explorada em alto nível tecnológico, apresenta a mais alta produtividade sustentável e baixo custo de produção. É a situação de referência.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos



Classe 2 \Rightarrow Terra que para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação e explorada em alto nível tecnológico, apresenta um ou mais fatores que afetam os custos de desenvolvimento e/ou produção sustentável, de tal modo que a produtividade média corresponda aproximadamente a 90% da situação referência

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos



Classe 3 \Rightarrow Terra que para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação e explorada em alto nível tecnológico, apresenta um ou mais fatores que afetam os custos de desenvolvimento e/ou produção sustentável, de tal modo que a produtividade média corresponda aproximadamente a 75% da situação referência.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos



Classe 4 \Rightarrow Terra que para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação e explorada em alto nível tecnológico, apresenta um ou mais fatores que afetam os custos de desenvolvimento e/ou produção sustentável, de tal modo que a produtividade média corresponda aproximadamente a 50% da situação referência.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos



Classe 5 \Rightarrow Terra que para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação e explorada em alto nível tecnológico, apresenta um ou mais fatores que afetam os custos de desenvolvimento e/ou produção sustentável, de tal modo que a produtividade média corresponda aproximadamente a 25% da situação referência, São terras que requerem estudos complementares para avaliação de seu aproveitamento sustentável sob irrigação.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos

- Na metodologia do BUREC, a classe 5 é definida como classe provisória, onde são enquadradas terras que precisam de estudos complementares para definir se são irrigáveis ou não.
- No SiBCTI, a classe 5 é uma sequência natural das classes 4 e 6, uma vez que o SISTEMA é ESPECIALISTA e define para cada situação específica um intervalo de produtividade esperada.
- Todavia, a classe 5 ainda mantém o conceito de classe provisória, por conter muitas vezes, arranjos ambientais que requerem avaliações complementares para definição da sua viabilidade e sustentabilidade de produção sob irrigação.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos



Classe 6 \Rightarrow Terra que para determinada cultura, em determinado sistema de irrigação e mesmo que explorada em alto nível tecnológico, apresenta um ou mais fatores que implicam em uma produção não sustentável e/ou gravosa, correspondendo a um valor médio de 10% da situação referência.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos

- Z** Para a definição das classes e por conseguinte delimitação dos desvios de produção, considerou-se valores médios obtidos com amplo tempo de recorrência
- Z** Os parâmetros de solo $\text{Ca} + \text{Mg}$ (Y) e Valor T (T) que em determinada avaliação sejam os mais limitantes, mesmo apresentando hipoteticamente valores iguais a “zero”, o SiBCTI não permite que essa terra seja classificada na classe 6.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos



- Z** Devido a mais baixa produtividade e/ou rentabilidade comparativa do sistema de irrigação por superfície para a fruticultura perene, em relação aos sistemas de irrigação localizado e aspersão, o SiBCTI não permite a classificação dessa condição na classe 1.
- Z** A aparente pequena diferença entre as classes 1 e 2 (10%) deve-se a parâmetros de pequeno impacto relativo na produtividade final, mas que não podem ser desconsiderados quando da comparação entre terras classificáveis como classes 1 e 2. Um exemplo é a correção de alumínio trocável.

Sistema de Classificação das Terras para a Irrigação

Principais Características e Conceitos

- Z** Flexibilidade do SiBCTI: O Sistema dispõe de classificações de terras para irrigação específicas, onde se pode fixar a cultura ou o sistema de irrigação, ou mesmo classificações generalizadas, ideal para a fase de estudos de pré-viabilidade
- Z** Concepção do SiBCTI: Foi desenvolvido com base na estrutura do BUREC, acrescido do arcabouço de conhecimentos adquiridos pelos técnicos e agricultores no manejo de áreas irrigadas ao longo do tempo
- Z** Interface com o usuário: O sistema permite ainda facilidade de utilização através do auxílio de diversos níveis de ajuda (help)



Sistema Brasileiro de Classificação de
Terras para Irrigação



Embrapa

CODEVASF

Arquivo

Limpar Campos

Imprimir

Classificar

Idiomas

Sobre

Propriedades do Solo I

Propriedades do Solo II

Propriedades da Água

Classificação

Profundidade (cm)

Semipermeável

Impermeável

Z

Ca + Mg ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)

0 - 20 cm

20 - 60 cm

60 - 120 cm

Y

T ($\text{cm}_c \text{ kg}^{-1}$)

0 - 20 cm

20 - 60 cm

60 - 120 cm

T

pH em Água

0 - 20 cm

20 - 60 cm

60 - 120 cm

H

Saturação com Sódio Trocável (100 Na T^{-1})

S

0 - 20 cm

20 - 60 cm

60 - 120 cm

120 - 240 cm

Alumínio Trocável ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)

M

0 - 20 cm

20 - 60 cm

60 - 120 cm

Classe Textural

Média



V

Capacidade de Água Disponível (mm)

C

0 - 20 cm

0 - 60 cm

0 - 120 cm



Sistema Brasileiro de Classificação de
Terras para Irrigação



Embrapa

CODEVASF

Arquivo

Limpar Campos

Imprimir

Classificar

Idiomas

Sobre

Propriedades do Solo I

Propriedades do Solo II

Propriedades da Água

Classificação

Condutividade Elétrica Ext. Sat. (dS m^{-1})

E

0 - 20 cm

20 - 60 cm

60 - 120 cm

120 - 240 cm

Mineralogia da Argila

A

Classe

1:1



Espaçamento entre Drenos (m)

D

Não Requer



Área é abaciada ?

B



Sim



Não

Topografia (%)

G

Declividade

Condutividade Hidráulica (cm h^{-1})

K

0 - 20 cm

60 - 120 cm

120 - 240 cm

Velocidade de Infiltração (cm h^{-1})

I

Velocidade

Profundidade da Zona de Redução (cm)

W

Profundidade

Pedregosidade

P

Não Pedregosa



Rochosidade

R

Não Rochosa





Sistema Brasileiro de Classificação de
Terras para Irrigação



Embrapa

CODEVASF

Arquivo

Limpar Campos

Imprimir

Classificar

Idiomas

Sobre

Propriedades do Solo I

Propriedades do Solo II

Propriedades da Água

Classificação

Condutividade Elétrica

(dS m^{-1})

e

RAS

($\text{mmol}_c^{1/2} \text{ L}^{-1/2}$)

s

Diferença de Cota da Captação

(m)

h

Boro

(mg L^{-1})

b

Distância da Captação

(km)

d

Ferro

(mg L^{-1})

f

Cloreto

(mg L^{-1})

c



Sistema Brasileiro de Classificação de
Terras para Irrigação



Embrapa

CODEVASF

Arquivo

Limpar Campos

Imprimir

Classificar

Idiomas

Sobre

Propriedades do Solo I

Propriedades do Solo II

Propriedades da Água

Classificação

Variação das Classes Por Sistema
Localizada

Aspersão

Superfície

Geral
Classificação:

Escolha a Classificação

☐ Por Tipo de Sistema

☐ Geral

Selecione o Sistema de Irrigação

☐ Localizada

☐ Aspersão

☐ Superfície

Selecione a Cultura

☐ Acerola

☐ Goiaba

☐ Banana

☐ Manga

☐ Cana-de-Açúcar

☐ Melancia

☐ Cebola

☐ Melão

☐ Coco

☐ Milho

☐ Feijão

☐ Uva

Classificar

Classificar

Resultado

Capítulo 3



Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo



Profundidade (*Z*)

Profundidade (Z)



z É a espessura do solo que se apresenta **sem impedimento** à livre penetração do **sistema radicular**. Esse impedimento pode ser causado por uma barreira física, em consequência da presença de rocha consolidada, duripã, fragipã, horizonte litoplântico, horizonte plântico, horizonte plântico ou elevado nível do lençol freático. Quanto maior a profundidade efetiva, maior o volume de solo passível de absorção de água e nutrientes, bem como de promover a sustentação física das plantas.

Profundidade (Z)

- z No SiBCTI, esse parâmetro é determinado em centímetros e considerado para duas situações:
- profundidade até a camada semipermeável: horizontes plântico ou plânico, fragipã e
 - profundidade até a camada impermeável: rocha impermeável, horizonte litoplântico e duripã. Essa é uma variável de grande importância no manejo da agricultura irrigada, uma vez que influencia decididamente a altura do lençol freático e consequentemente, na propensão das terras à salinização.

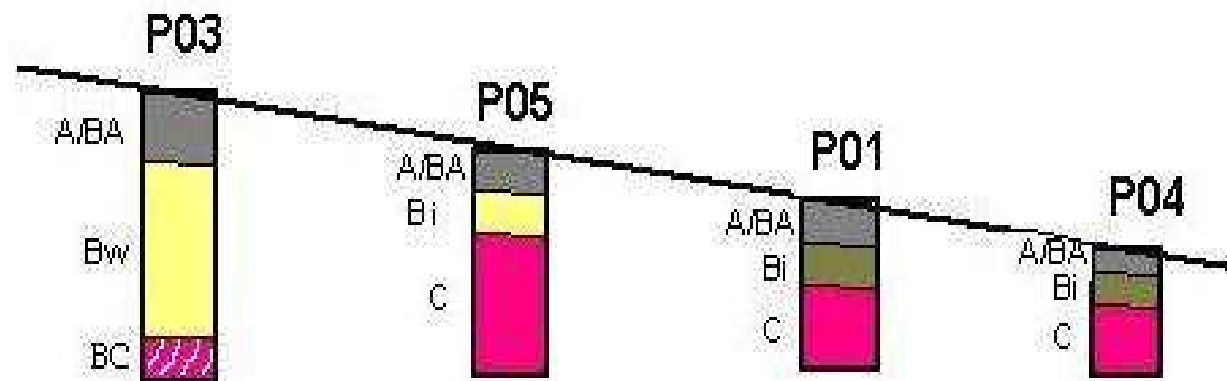
Profundidade (Z)



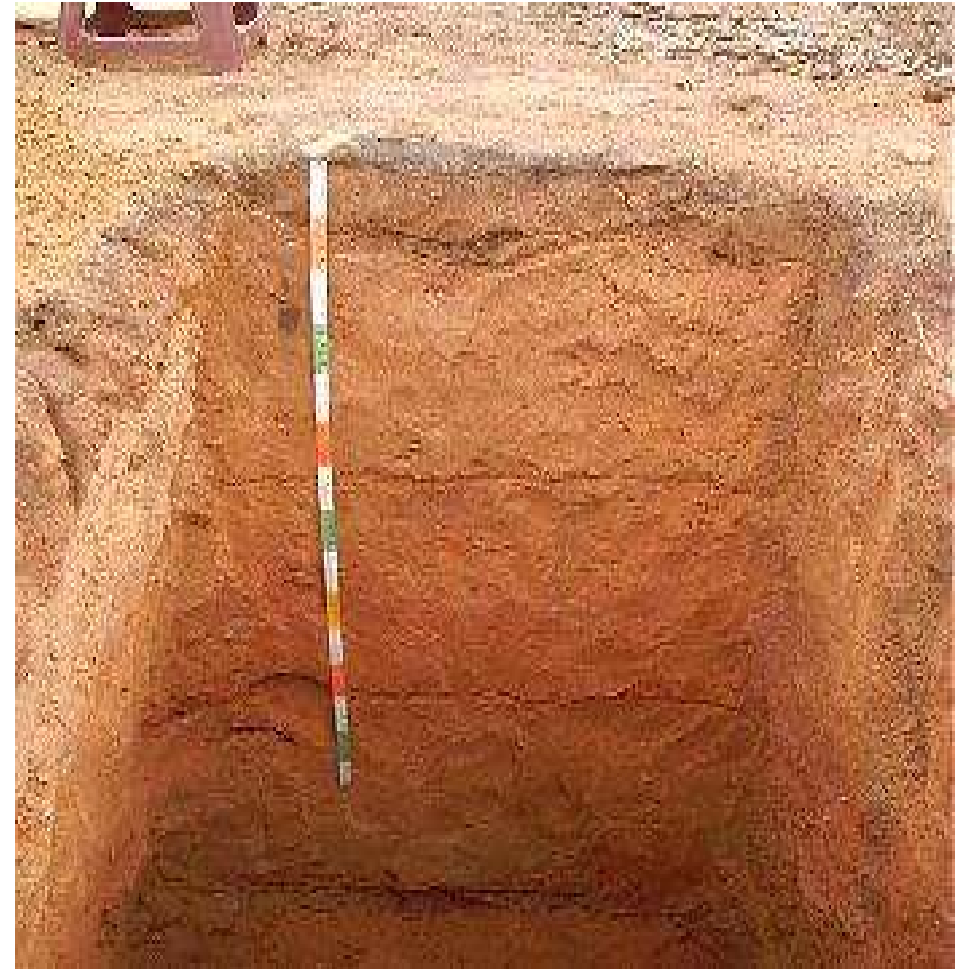
- Z** A interação deste parâmetro com o tipo de irrigação a ser utilizado na avaliação traz consequências bastante diferenciadas. O sistema de irrigação por superfície, por não dispor ao solo continuamente o teor de água necessário ao atingimento da máxima produtividade, tem propiciado menores produtividades quando comparado aos sistemas por aspersão e principalmente ao localizado. Isto se deve não só à própria ineficiência intrínseca do sistema, como à contenção de despesa por parte do agricultor, que é induzido a aumentar o intervalo de rega.

Profundidade do solo / Toposequência

Toposequência Bom Jesus da Lapa

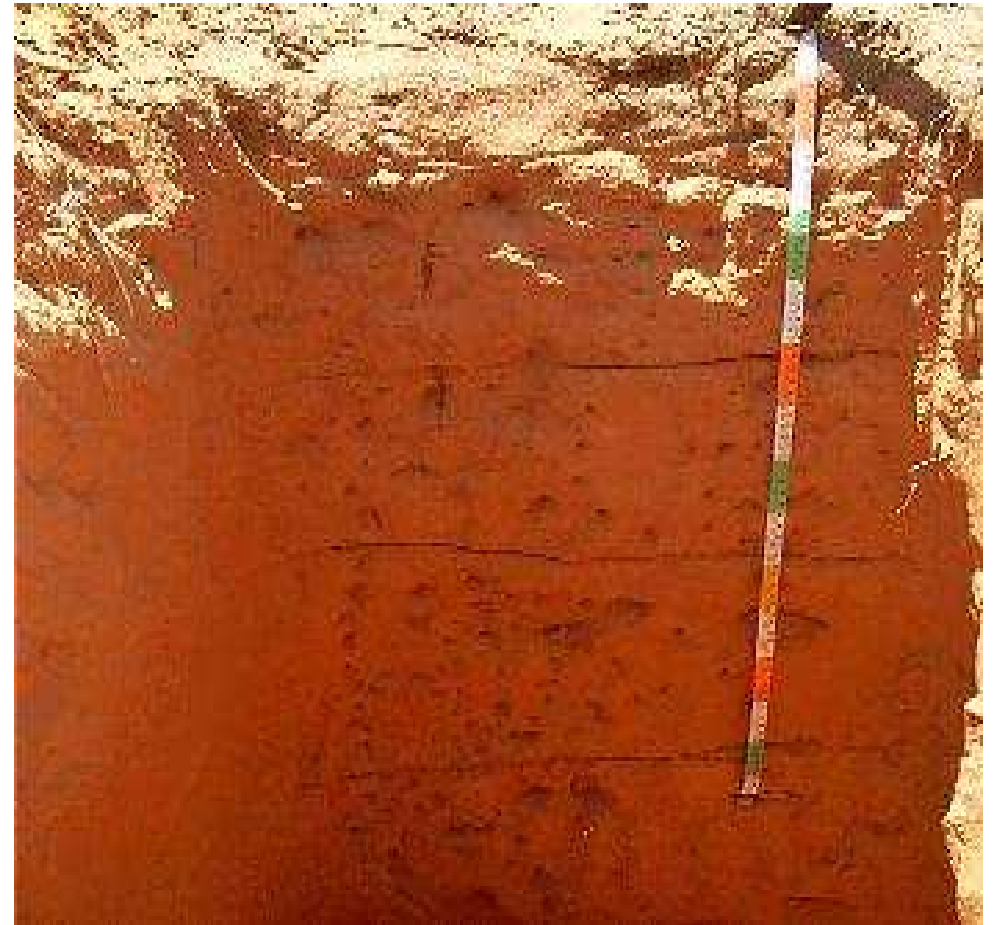


Obtenção de alguns Parâmetros Profundidade do solo



Fragipã a 180 cm de profundidade => $40 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$

Obtenção de alguns Parâmetros Profundidade do solo



Fragipã a 120 cm de profundidade $\Rightarrow 40 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$

Obtenção de alguns Parâmetros

Profundidade do solo



Fragipã a 40 cm de profundidade $\Rightarrow 18 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo



Textura (V)

Textura (V)

- z A textura do solo diz respeito à distribuição das **partículas** de acordo com o **tamanho**. Quantitativamente, envolve as proporções relativas dos vários tamanhos de partículas num dado solo, cujas frações texturais básicas são a **areia**, o **silte** e a **argila**. Estas proporções relativas conferem denominações específicas aos diferentes solos. A textura é uma característica **permanente**, não sofrendo alterações expressivas no espaço abrangido por uma geração, determinando inclusive, o seu valor económico.

Textura (V)



- z Foram consideradas as classes gerais de textura, denominadas muito argilosa, argilosa, siltosa, média e arenosa; além das texturas binárias média/argilosa, média/muito argilosa, argilosa/muito argilosa, arenosa/média e arenosa/argilosa, nos casos de variação da textura com a profundidade.

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo



Capacidade de Água Disponível (C)

Capacidade de Água Disponível (C)

- Z O conceito de água disponível é definido usualmente como o teor de água do solo compreendido entre a Capacidade de Campo (CC) e o Ponto de Murcha Permanente (PMP). A Capacidade de Campo é definida como o máximo de água que um solo pode reter quando o gradiente de potencial matricial é igual ao gradiente de potencial gravitacional no interior da massa de solo, ou seja, é o valor do conteúdo de água no reservatório do solo que o mesmo consegue reter, em função do equilíbrio das distribuições de potenciais (Reichardt, 1987). Na prática é definida como sendo a quantidade de água que um solo pode reter depois de cessada a drenagem natural.

Capacidade de Água Disponível (C)

- Z** O Ponto de Murcha Permanente é um valor arbitrado de 1,5 MPa no aparelho extrator de Richards, que corresponde ao mínimo teor de água no solo em que as plantas ainda permanecem murchas, não se recuperando mesmo que o ar do ambiente que as envolve esteja saturado de vapor d'água. Portanto, o **PMP** é atingido quando a água do solo está retida com uma força superior a de **sucção das raízes**.

Capacidade de Água Disponível (C)

- Z** As informações referentes à Capacidade de Água Disponível deverão ser fornecidas em **milímetros** e para três camadas: 0-20, 0-60 e 0-120 cm, propiciando que o sistema gere a classificação final da terra avaliada. Esse parâmetro será obtido através da seguinte fórmula:

$$C_z = (CC\% - PMP\%) DZ / 100$$

D = Densidade do Solo

Z = camada considerada (20, 60 ou 120 cm).

Capacidade de Água Disponível (C)

Coleta de amostras indeformadas para obtenção da curva característica de retenção de água e posteriormente a água disponível



Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo



Ca + Mg (Y)

Ca + Mg (Y)



Z São dois dos mais importantes cátions trocáveis absorvidos pela planta para desenvolver suas atividades metabólicas. Nas classificações até então vigentes, influenciadas principalmente pela metodologia do BUREC, essa variável tinha elevado peso na classificação das terras, uma vez que a fertilidade natural do solo tinha grande impacto na rentabilidade das culturas. **Hoje em dia**, com o avanço da tecnologia de adubação e com novos produtos ofertados no mercado com diferentes formulações, tanto para adubação diretamente no solo como para fertirrigação, além de um melhor manejo dos adubos aplicados na agricultura irrigada, a variável Ca + Mg **perdeu grande parte de sua importância**. Informações coletadas junto aos técnicos e irrigantes comprovam que, atualmente, a participação da adubação na planilha de custos gira em torno de apenas 15%.

Ca + Mg (Y)



- Z** As informações referentes a variável Ca + Mg deverão ser fornecidas em $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e para três camadas: 0-20, 20-60 e 60-120 cm para que o sistema gere a classificação final da terra. Deverá ser avaliada e obtida segundo métodos de análise de solo recomendados por Embrapa (1997)*.

* Manual de Métodos de Análise de Solo

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo



Valor T (T)

Valor T (T)



Z É a quantidade total de cátions retida por unidade de peso do solo e representa o poder que o solo tem de reter em sua matriz os cátions necessários ao desenvolvimento da planta, impedindo a perda por lixiviação profunda. Nas classificações até então vigentes, influenciadas principalmente pela metodologia do BUREC, essa variável tinha grande importância uma vez que a fertilidade natural do solo tinha elevado impacto na rentabilidade final das culturas. Da mesma maneira do parâmetro anterior, essa variação perdeu grande parte de sua importância devido aos mesmos fatores anteriormente descritos. Atualmente, considerando a cultura da manga como exemplo, a partir do quarto ano, insumos como indutores florais têm uma participação muito maior na planilha de custo do que a correção da fertilidade do solo.

Valor T (T)

- Z** As informações referentes a essa variável deverão ser fornecidas em $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e para três camadas: 0-20, 20-60 e 60-120 cm para que o sistema gere a classificação final da terra. Deverá ser avaliada e obtida segundo Manual de Métodos de Análise de Solo (Embrapa, 1997)*.

* Manual de Métodos de Análise de Solo

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo



Alumínio Trocável (M)

Alumínio Trocável (M)

Z O alumínio é o principal elemento fitotóxico natural em solos tropicais e se não for corrigido através da calagem, pode ocasionar elevadas perdas de produtividade. Nas classificações até então vigentes, influenciadas principalmente pela metodologia do BUREC, a variável Alumínio Trocável tinha grande importância uma vez que a fertilidade natural do solo tinha elevado impacto na rentabilidade das culturas. Com o avanço da tecnologia na implementação da calagem e sulfatagem, com a capacidade de aumentar o valor **T** dos solos, com o avanço nos cálculos de adubação e correções diminuindo os desperdícios. Informações coletadas junto aos técnicos e irrigantes, comprovam que atualmente, a participação da calagem na planilha de custos gira em torno de 5%, diminuindo a importância relativa dessa variável na classificação de terras para irrigação.

Alumínio Trocável (M)

- Z** As informações referentes a essa variável deverão ser fornecidas em $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e para três camadas: 0-20, 20-60 e 60-120 cm para que o sistema gere a classificação final da terra. Deverá ser avaliada e obtida segundo Manual de Métodos de Análise de Solo (Embrapa, 1997)*.

* Manual de Métodos de Análise de Solo

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo



pH do Solo medido em Água (H)

pH do Solo medido em Água (H)



- z O pH é um índice que caracteriza o grau de acidez ou alcalinidade de uma solução ou dispersão. No caso do solo, a faixa de pH considerada normal vai de 5,0 a 7,0. Valores fora dessa faixa podem criar desequilíbrios de nutrição ou induzir a elevação da concentração de íons tóxicos.

pH do Solo medido em Água (H)

Z As mudanças do pH do solo, ocasionadas pela água, são bastante lentas. Um pH adverso pode ser corrigido mediante a aplicação de corretivos na água de irrigação, no entanto é uma prática pouco usual, pelo que se prefere a correção do pH diretamente no solo. Utiliza-se comumente o calcário para corrigir o baixo pH, enquanto para se corrigir um pH alto, são utilizados o enxofre ou outras substâncias de reação ácida. O gesso, por outro lado, tem muito pouco efeito para controlar a acidez no solo nas faixas usuais, porém é eficaz para reduzir pH maior que 8,5, causado por um alto teor de sódio trocável. A correção do pH na faixa ácida é bem mais fácil e de menor custo que a correção do pH na faixa alcalina.

pH do Solo medido em Água (H)

- z A mesma justificativa para a redução da importância relativa do alumínio trocável nas metodologias de classificação de terras se aplica ao pH, quando causador da acidez nociva ou saturação por alumínio no complexo de troca. A importância atual do pH em um sistema de classificação de terras para irrigação se justifica mais como indicador dos solos com problema de alcalinidade ou excesso de sódio e todas as suas consequências para a planta, principalmente toxicidade e enraizamento ou o solo, principalmente a drenagem, do que sua influência indireta na fertilidade do solo.

pH do Solo medido em Água (H)



- z As informações referentes ao parâmetro pH em água deverão ser fornecidas em forma adimensional e para três camadas: 0-20, 20-60 e 60-120 cm para que o sistema gere a classificação final da terra. Essa variável deverá ser avaliada e obtida segundo Manual de Métodos de Análise de Solo (Embrapa, 1997).

* Manual de Métodos de Análise de Solo

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo



Saturação por Sódio Trocável (S)

Saturação por Sódio Trocável (S)



- z O **sódio** é um elemento muito importante na **agricultura irrigada**, tanto pela fitotoxicidade quando presente na solução do solo, quanto pela capacidade desestruturante, ou seja, agindo como um agente desfloculador das unidades pedológicas do solo, o que confere ao solo propriedades físicas extremamente desfavoráveis à penetração da água e das raízes. A fitotoxicidade pode ser remediada tanto pela presença de “bases” fortes; cálcio e magnésio principalmente, acompanhada da lixiviação intensa também conhecida como “lavagem do perfil”; quanto pela resistência natural de cada espécie vegetal.

Saturação por Sódio Trocável (S)



- z É uma variável de grande importância para indicar presença de solos salino-sódicos ou sódicos. Esses solos têm um elevado custo de recuperação e dependendo da intensidade da sodicidade, podem ser descartados, à luz do nível tecnológico atual, para o aproveitamento com irrigação.

Saturação por Sódio Trocável (S)



- z Segundo Ayers & Westcot (1999), pesquisas recentes têm indicado que o efeito depressivo se deve principalmente à **menor participação relativa do cálcio** que a elevada participação do sódio no complexo sortivo do solo. Desta forma, uma das maneiras de ser contornar o problema é a aplicação de cálcio no solo, via gesso, nitrato de cálcio ou outro veículo de baixo custo.

Saturação por Sódio Trocável (S)



Z Nas Figuras a seguir são apresentadas a paisagem, espécies dominantes e o respectivo perfil de LUVISSOLO HIPOCRÔMICO Órtico solódico sálico (plíntico) A moderado textura média relevo plano, coletado na parte baixa da topossequência. No fundo da trincheira, pode-se observar água proveniente da drenagem das partes mais altas da paisagem. Essas áreas próximas da drenagem, apresentam maior tendência natural à salinização, que pode ter seu processo acelerado devido à superirrigação (aplicações de lâminas d'água acima do recomendado) nas partes mais altas da paisagem. Presença de Salicornia (erva-sal) no fundo da topossequência.

Saturação por Sódio Trocável (S)



Saturação por Sódio Trocável (S)

- z Com relação às culturas componentes do Banco de Dados, trabalhos como Pearson (1960) e Abrol (1982) enquadraram o feijão e o milho como sensíveis à elevada concentração de sódio na solução do solo (**S** menor que 15) e cana-de-açúcar e cebola como semitolerantes (**S** entre 15 e 40). No entanto, constatações em alguns perímetros irrigados do semiárido indicaram que cana-de-açúcar e cebola possam ser enquadradas em faixas superiores.

Saturação por Sódio Trocável (S)

- z As informações referentes a essa variável deverão ser fornecidas em percentagem por sódio trocável (PST =100 Na T^{-1}) e para quatro camadas: 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm para que o sistema gere a classificação final do ambiente. Deverá ser avaliada e obtida segundo o Manual de Métodos de Análise de Solo (Embrapa, 1997).

* Manual de Métodos de Análise de Solo

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo



Condutividade Elétrica (E)

Condutividade Elétrica (E)



- Z A condutividade elétrica do extrato de saturação do solo é uma medida indireta da salinidade do meio, estando relacionada aos constituintes iônicos totais na solução, ou seja, com a soma de cátions ou ânions determinados quimicamente e com os sólidos dissolvidos..
- Z É uma variável de grande importância para o SiBCTI uma vez que, complementada pela saturação com sódio trocável e pH do solo, fornecerá informações sobre a natureza do solo quanto a sua salinidade ou sodicidade respectivamente, bem como das situações transicionais como costuma acontecer. As informações referentes ao impacto dessa variável nas produções agrícolas foram obtidas com os técnicos da extensão rural, dos especialistas nas culturas específicas, nas observações e correlações com as medições de campo, bem como da literatura.

Condutividade Elétrica (E)



- Z Foi constatado por exemplo que, ao contrário do que assinala a literatura internacional, a manga quando comparada com outras culturas exploradas sob irrigação, apresenta uma resistência à salinidade do solo bastante razoável. Essa maior resistência comparativa pode ser devido aos porta-enxertos (Ayers & Westcot, 1999) utilizados no Brasil*.
- Z Constatações de campo como essa foram muito importantes para a estruturação de uma metodologia de classificação de terras para irrigação realmente compatível com as condições de manejo e solos brasileiros.

* Alberto Pinto, comunicação pessoal

Condutividade Elétrica (E)



Z O melhoramento genético, para que determinadas espécies vegetais de alto valor econômico possam ter maior resistência à salinidade, é uma linha de pesquisa que poderá trazer grandes benefícios. No entanto, é um perigo supor que determinada variedade “mágica” poderá conviver com qualquer nível de salinidade ou mesmo, diminuir a aplicação obrigatória da drenagem do solo bem como a utilização de práticas de irrigação que evitem a salinidade progressiva. Portanto, deve-se ter sempre em mente que nenhuma espécie, mesmo as mais adaptadas (**figuras a seguir**) resistirá a uma salinidade crescente no solo e que os cuidados para evitá-la deve ser sempre uma atitude permanente.

Condutividade Elétrica (E)

Z *Atriplex nummularia*, planta halófito extremamente resistente à salinidade do solo e da água de irrigação. Em área experimental da Embrapa Semiárido, com **E** = 12,7 dS m⁻¹ consequência da irrigação com rejeito de dessanizador com condutividade elétrica (**e**) de 11,4 dS m⁻¹, ainda produz 26 t ha⁻¹ de biomassa, retirando do solo 1.145 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de sal (Porto Filho *et al.*, 2000).



Condutividade Elétrica (E)

- z O enquadramento das classes de terras na avaliação para irrigação foi ponderado de acordo com a maior ou menor susceptibilidade do solo salinizar com base na peculiaridade do sistema de irrigação. Desta forma, quando todas os parâmetros foram semelhantes, o sistema de irrigação por superfície foi prejudicado por ter maior susceptibilidade intrínseca à salinização, uma vez que a salinidade média da água no solo, em determinado intervalo de tempo é maior em solos que são irrigados com menor frequência, quando se mantém outros fatores constantes (Rhoades & Merrill, 1976).

Condutividade Elétrica (E)

- Z** As figuras a seguir apresentam uma topossequência em uma paisagem com Argissolo abrupício no Perímetro Nilo Coelho, mostrando a goiaba da parte alta sem problema de salinidade com produtividade em torno de 40 t ha⁻¹ e da parte baixa, com clara indicação de salinidade no solo através da necrose marginal, apresentando produtividade em torno de 19 t ha⁻¹. Foram instalados vários poços de observação do lençol freático com leituras diretas no campo e posterior confrontação com leituras em laboratório, onde os dados se mostraram similares (Embrapa, 2004a).

Obtenção de alguns Parâmetros salinidade



Topo, **E** $\pm 0,3 \text{ dS m}^{-1}$

Obtenção de alguns Parâmetros salinidade



Baixa, $E \pm 4,2 \text{ dS m}^{-1}$

Obtenção de alguns Parâmetros salinidade



Baixa, $E \pm 4,2 \text{ dS m}^{-1}$

Obtenção de alguns Parâmetros salinidade



Detalhe da leitura da **E** no poço de observação

Condutividade Elétrica (E)

Z Segundo informações de alguns extensionistas atuantes no Perímetro Nilo Coelho, dentre as culturas comumente exploradas nesta área, a ordem de resistência à salinidade, em dS m^{-1} , a partir da qual haveria impacto na produtividade seria a seguinte

COCO	>	MANGA	>	GOIABA	>	ACEROLA	>	BANANA	>	UVA
> 4,0		até 4,0		3-3,5		2,0-2,5		1,5-2,0		1,0-1,5

Condutividade Elétrica (E)

- Z** As informações relacionadas à variável Condutividade Elétrica deverão ser fornecidas em dS m^{-1} e para quatro camadas: 0-20, 20-60, 60-120 e 120-240 cm para que o sistema gere a classificação final da terra. Deverá ser avaliada e obtida segundo Manual de Métodos de Análise de Solo (Embrapa, 1997), ou seja, a medição direta no extrato de saturação. É uma medida difícil pois embute um grau de subjetivismo, quando da obtenção do momento do “espelhamento” da amostra. Cogita-se em nova versão do SiBCTI, substituir todas as determinações feitas no extrato da pasta de saturação pela determinação direta da solução do solo obtida por centrifugação ou mesmo, leitura direta no campo por sensor.

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo



Condutividade Hidráulica (K)

Condutividade Hidráulica (K)



- Z A condutividade hidráulica pode ser definida como o **volume de água que atravessa** por unidade de tempo uma determinada **área do solo** impulsionada por uma diferença de potencial. Isso permite concluir que a condutividade é um coeficiente que expressa a facilidade com que um fluido, a água, é transportada através do meio poroso, o solo, e que depende portanto, tanto das propriedades do solo como das propriedades da água (Reichardt, 1987).
- Z Dentre as propriedades do solo, pode-se destacar a distribuição de tamanho e forma de suas partículas, a tortuosidade, a superfície específica, a porosidade, ou seja, todas as propriedades que têm reflexo na geometria porosa do solo.

Condutividade Hidráulica (K)

- z Essa habilidade em transmitir água constitui uma das mais importantes propriedades hidráulicas dos solos e sua estimativa é de fundamental importância em estudos de degradação ambiental, de planejamento de uso do solo, de investigação de processos erosivos e geotécnicos, de irrigação e drenagem, entre outros.
- z Em termos práticos, pode-se classificar a condutividade hidráulica **obtida no campo** em muito lenta (menor que $0,4 \text{ cm h}^{-1}$), lenta (entre $0,4$ e 2 cm h^{-1}), moderada (entre 2 e 8 cm h^{-1}), rápida (entre 8 e 12 cm h^{-1}) e muito rápida (maior que 12 cm h^{-1}).

Condutividade Hidráulica (K)



- z No SiBCTI o limite da classe muito lenta foi considerada, na maioria dos casos, como definidora da classe 4 a 6, dependendo da cultura, do sistema de irrigação escolhido e da camada considerada; uma vez que dados colhidos no campo indicaram que nas condições naturais, uma grande concentração de solos que apresentavam valores de condutividade nesta faixa, salinizaram quando irrigados, mesmo que drenados artificialmente.

Condutividade Hidráulica (K)

Z A variável Condutividade Hidráulica se reveste de capital importância uma vez que está relacionada com a susceptibilidade dos solos à **salinização**, ou seja, quanto menor a condutividade e consequentemente pior a **drenabilidade**, maior a chance do processo de salinização do solo se manifestar com o tempo. As delimitações não só qualitativas mas também em termos de limites das classes de condutividade hidráulica foram fartamente obtidas nas contínuas investigações de campo ao longo das averiguações desse parâmetro. A questão da salinização sempre foi uma preocupação constante dos técnicos que atuam na irrigação e drenagem dos solos agrícolas da região Semiárida.

Condutividade Hidráulica (K)

- z Deverá ser avaliada e obtida no campo através do Método do Furo do Trado ou permeâmetro de Guelph em condição saturada; próximo do local do perfil de solo selecionado, com repetição e, quando a camada de solo permitir, precedida do teste de infiltração com duplo anel (Bernardo, 1986).
- z As informações referentes a essa variável deverão ser fornecidas em cm h^{-1} e para três camadas: 0-60, 60-120, e 120-240 cm para que o sistema gere a classificação final da terra.

Condutividade Hidráulica (K)

Z As Figuras a seguir apresentam uma sequência de imagens ilustrando um teste de condutividade hidráulica. É uma área no Perímetro Cruz das Almas (Estado da Bahia) enquadrada anteriormente como classe 6, mas que ainda apresenta produções razoáveis com a cultura da cebola. Esta área se encontra em processo de salinização, dentre outros motivos pela posição na parte baixa da paisagem e uma drenagem natural pouco eficiente na retirada dos sais recebidos por fluxo lateral. A cebola está começando a apresentar sintomas fisiológicos devidos aos níveis crescentes de sais no solo. No entanto, por ser uma cultura relativamente resistente à salinidade, ainda consegue atingir níveis de produtividade razoáveis, da ordem de 20 t ha^{-1} , enquanto que, a título comparativo, a produtividade no mesmo ambiente sem o impacto da salinidade está na faixa de 37 a 42 t ha^{-1} .

Condutividade Hidráulica (K)

Z O teste de condutividade tem início com a abertura do furo com trado. Após a escarificação das bordas do furo, passa-se à introdução da bóia sucedida pela saturação do solo com água de boa qualidade. O furo feito pelo trado permite a visualização da água que está a 40 cm. O **K** apresentou valores próximos a $1,42 \text{ cm h}^{-1}$ na camada 37-85 cm. Uma barreira para a penetração do trado constituída basicamente por cascalhos foi encontrada a partir de 85 cm, que normalmente nessa área tem acusado valores de $0,5 \text{ cm h}^{-1}$. Esse solo, segundo técnicos atuantes na área, é o de menor condutividade hidráulica na região. No SiBCTI, ele não seria excluído apenas por esse parâmetro.

Condutividade Hidráulica (K)



Condutividade Hidráulica (K)



Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo



Velocidade de Infiltração Básica (I)

Velocidade de Infiltração Básica (I)

- z É uma determinação complementar à condutividade hidráulica (permeabilidade), consistindo na aferição da velocidade de entrada da água no solo. Os resultados são fundamentais para a escolha do método de irrigação a ser empregado, bem como, no caso da irrigação por superfície, permitir o cálculo do comprimento e espaçamento entre os sulcos de irrigação, cálculo da lâmina de água, bem como subsidiar estudos de drenagem. Na irrigação por aspersão, a velocidade de infiltração básica determina a precipitação do sistema, que deve ser menor que a mesma.

Velocidade de Infiltração Básica (I)



- Z** Um grande percentual dos solos ocorrentes no nordeste como Argissolos abrupáticos plínticos ou fragipânicos, Luvisolos crômicos, Cambissolos vertissolos, entre outros, apresentam ou pequena profundidade efetiva para a rocha subjacente ou horizontes subsuperficiais de elevada densidade (cimentados), constituindo verdadeiras barreiras físicas próximo da superfície do solo. Estas barreiras restringem não apenas o crescimento das raízes mas também o movimento vertical total (duripã) ou parcial (fragipã) da água, limitando a drenagem profunda e se constituindo em uma das causas básicas do grave processo de salinização desses solos.

Velocidade de Infiltração Básica (I)

Z Além do impacto referente ao acúmulo de sais, a drenagem lenta tem um efeito direto sobre a produtividade devido à condição anaeróbica no ambiente radicular. Cada vegetal tem sua adaptabilidade à falta de oxigênio. Considerando o milho, por exemplo, espera-se uma queda de produção correspondente a 30% para três dias de encharcamento do solo, 55% em seis dias e 75% em nove dias (Cruciani, 1985). Desta forma, considerando uma profundidade útil do solo de 50 cm, para um período de três dias de anaerobiose a condutividade do solo (**K**) seria igual a $0,69 \text{ cm h}^{-1}$. Ou, de outra forma, considerando a velocidade mínima comumente aceita como enquadramento em classe drenável que é $0,24 \text{ cm h}^{-1}$, em três dias a profundidade drenada corresponderia a 17 cm, sem se considerar o efeito da franja capilar.

Velocidade de Infiltração Básica (I)



- z A obtenção dos dados deverá ser feita através do método de duplo anel concêntrico com lâmina de água constante (Bernardo, 1986), conforme exemplificado nas Figuras a seguir.

Velocidade de Infiltração Básica (I)

- z Vista dos anéis de infiltração sendo abastecidos e detalhe da régua de leitura. (Perímetro Formoso A – Bom Jesus da Lapa/BA).



Velocidade de Infiltração Básica (I)

- Z** Teste de infiltração na camada que apresenta barreira física. Percebe-se que as raízes grossas não penetram nessa camada



Velocidade de Infiltração Básica (I)

- z Recomenda-se a realização dos testes em locais próximos aos perfis coletados quando do levantamento de solo, com **três repetições** simultâneas, tendo-se o cuidado de evitar áreas com rachaduras no solo (Figura a seguir), pedras, formigueiros, cupinzeiros e raízes grossas em decomposição. Os testes que devido a interferências, como as citadas, apresentem resultados díspares em valores superiores a 30% devem ser descartados.

Velocidade de Infiltração Básica (I)



Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo



Profundidade da Zona de Redução (W)

Profundidade da Zona de Redução (W)

Z É uma variável que tem como um de seus principais indutores a **variação** da altura do **lençol freático**. Este pode ser definido como a superfície superior de uma zona de saturação, onde a massa de água subterrânea não é confinada por uma formação impermeável sobrejacente. Quanto mais próxima da superfície do solo, mais prejudicial é para a maioria das plantas cultivadas. A ascensão do lençol freático está intimamente ligada à geometria dos poros do solo (tamanho e arranjo), o que conduz ao fenômeno da capilaridade na matriz do solo. Em poros com 1 mm de diâmetro, a altura da ascensão da franja capilar pode chegar a 3 cm. Para 0,1 mm de diâmetro a altura pode chegar a 30 cm e para 0,01 mm de diâmetro pode chegar a 300 cm (Sousa Pinto, 2000).

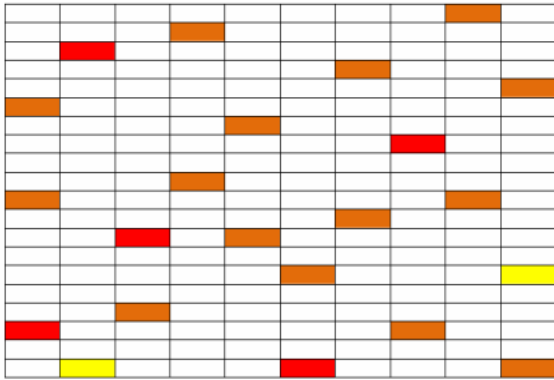
Profundidade da Zona de Redução (W)

Z A profundidade da zona indicadora de ambiente redutor (anaerobiose) tem tanta importância quanto a Velocidade de Infiltração Básica, mas no entanto não são similares, uma vez que determinado tipo de solo pode ter boa porosidade, mas apresentar lençol freático elevado e conseqüentemente, elevado risco de salinização. Um exemplo dessa situação pode acontecer em decorrência da posição do solo na paisagem, como uma depressão ou mesmo no terço inferior de encosta, ou em conseqüência da presença de uma barreira em subsuperfície. Uma outra possibilidade é a elevação do lençol em conseqüência da superirrigação, fato que infelizmente tem sido registrado com certa frequência em muitos lotes dos perímetros irrigados. Neste caso, é uma condição não natural, conseqüência de um manejo incorreto da irrigação e portanto, de mais fácil solução.

Profundidade da Zona de Redução (W)

Z A constatação da variação do lençol freático ou do excesso de água no perfil pode ser percebida, em condições naturais, pela presença de cores de redução, associadas ou não a **mosqueados comuns (2 a 20% da área) ou abundantes e distintos (facilmente visível) ou proeminentes ou mesmo plintita** (Lemos & Santos, 1996). Essa formação é consequência da variação do lençol freático ou mesmo uma condição de constante saturação por conta de irrigações praticamente ininterruptas devido ao turno de rega mal calculado ou não obedecido. É mais frequente em solos argilosos que apresentem condição de ascensão capilar ou má drenagem natural.

Profundidade da Zona de Redução (W)



11% de mosqueados (comum 2 a 20%)

Contraste = distinto



Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo



Mineralogia da Argila (A)

Mineralogia da Argila (A)



- z As argilas de atividade alta, também conhecidas como do tipo 2:1, têm grande importância no manejo dos solos, principalmente em relação a drenagem interna, mecanização, retenção de água e capacidade de retenção de cátions ou ânions.
- z É uma variável importante porque fornece informações para a aferição do comportamento principalmente físico do solo e consequentemente, expectativas quanto a condutividade hidráulica, drenagem, adaptação a diferentes tipos de sistemas de irrigação e respostas potenciais das culturas vegetais.

Mineralogia da Argila (A)



- Z** A presença de argila com mineralogia do tipo 2:1 não implica necessariamente na exclusão da área para a irrigação. Pelo contrário, há inúmeras experiências bem sucedidas de exploração desses solos com irrigação. A aceitação de solos com argilas expansivas vai depender de outras características como profundidade, presença de pedras na superfície e na massa do solo, presença de camadas endosódicas, ocorrência em área abaciada, entre outras. Mesmo que irrigáveis, o manejo desses solos no entanto precisa de especial atenção, principalmente no tocante à manutenção de teor de água no solo. Esse teor não pode ser alto, pois o solo, se encharcado, não aceita mecanização, e, se seco, demora a permitir a infiltração da água no solo.

Mineralogia da Argila (A)



Z Os Vertissolos têm grande representatividade no ambiente semiárido. Por suas características intrínsecas, destacadamente a presença de argilas expansivas, necessitam de um manejo todo especial. Por serem essencialmente argilosos, esses solos ainda apresentam produtividades razoáveis com irrigação superficial, exemplificada pela irrigação por sulcos. No entanto, as experiências utilizando fruticultura perene (coco, manga, uva, goiaba, entre outras) nos Vertissolos típicos do Projeto Mandacaru, apresentaram diversos problemas. As culturas que ainda permitem produtividades econômicas são as anuais, ou mesmo aquelas que perenes, tenham sistema radicular adaptado a esse tipo de solo, como por exemplo a pimenta (Figuras a seguir).

Mineralogia da Argila (A)



Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo



Espaçamento entre Drenos (D)

Espaçamento entre Drenos (D)

Z Essa variável está diretamente relacionada à necessidade de implementação de obras de drenagem subterrânea e consequentemente de sua **economicidade**. Quanto menor a condutividade hidráulica de um solo, menor o espaçamento exigido entre drenos. Isso pode encarecer o projeto de irrigação a tal ponto, tornando-o inviável economicamente. Em muitos casos, para se evitar que a franja capilar atinja grande parte do sistema radicular das plantas que serão exploradas sob irrigação, prejudicando a produtividade, aprofunda-se o dreno de tal maneira que em muitos pontos ele fica implantado dentro da própria barreira (Figuras a seguir), uma vez que a variação de sua profundidade no solo não é uniforme. Isso traz consequências para a eficiência da drenagem como um todo (Embrapa, 2004b).

Espaçamento entre Drenos (D)

Detalhes de drenos entupidos instalados na camada barreira, mostrando a consequente elevação do lençol freático. Projeto Brígida – Santa Maria da Boa Vista/PE.



Dreno entubado

Espaçamento entre Drenos (D)

- Z O cálculo do espaçamento entre drenos pode ser obtido por tabelas previamente preparadas ou pela fórmula de Hooghoudt (Batista *et al.*, 1999). Normalmente, trabalha-se com o valor limite de 20 metros para esse parâmetro. No entanto, diversos técnicos atuantes na área de projetos de drenagem já estavam constatando a pertinência de usar o valor de 15 metros, já que os custos de drenagem vêm caindo ao longo do tempo e o aumento da produtividade das culturas exploradas com irrigação vêm aumentando e conseqüentemente, melhorando a rentabilidade. Desta forma, para a formulação do SiBCTI, adotou-se o valor de 15 metros como limite para o espaçamento entre drenos.
- Z O espaçamento entre drenos deve ser informado em metros.

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo



Declividade (G)

Declividade (G)



- Z A declividade ou gradiente do terreno pode afetar os sistemas de irrigação de diferentes formas, sendo sua importância maior no sistema de irrigação de superfície, podendo afetar tanto a distribuição da lâmina d'água aplicada, quanto causar erosão, dependendo da textura do solo.
- Z É uma variável que impacta os custos de instalação dos diferentes sistemas de irrigação, principalmente o sistema por superfície, na modalidade gravidade ou sulco, a ponto de inviabilizá-lo dependendo da declividade considerada; pois maiores declividades significam menores comprimentos dos sulcos ou demasiada potência instalada nos propulsores de água, ocasionando elevado custo energético no projeto durante toda a vida útil.
- Z A unidade requerida pelo sistema é a declividade expressa em percentagem.

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo



Pedregosidade (P)

Pedregosidade (P)



- Z A pedregosidade diminui o volume útil explorável pelas raízes e pode aumentar os custos de desenvolvimento do projeto de irrigação, pela necessidade de retirada das pedras, dependendo da intensidade. A pedregosidade também afeta a uniformidade da lâmina d'água aplicada.
- Z É uma variável que normalmente pode ser contornada, dependendo do grau de intensidade. Afeta de forma diferenciada as culturas, particularmente aquelas que necessitam de preparo de solo frequente (culturas anuais). A pedregosidade é frequentemente encontrada nos solos geralmente pouco intemperizados ou erodidos, como por exemplo os Luvisolos crômicos do semiárido. Os custos para contornar esse problema já estão inclusos no sistema.

Pedregosidade (P)



- Z Em diversas regiões semiáridas irrigadas no mundo, por exemplo Portugal, Espanha, França, EUA, Israel, Jordânia, Egito, Austrália, Argentina, entre outras; é muito comum a instalação de sistemas localizados (gotejamento, microaspersão, jato pulsante) para fruteiras. A retirada do local ou ordenamento das pedras (matacões) se justifica principalmente em culturas de maiores retornos econômicos. Na região do Agropolo Mossoró-Açú, Estado do Rio Grande do Norte, essa é uma prática comum, até em culturas anuais, como é o caso do melão.
- Z As informações referentes à variável Pedregosidade devem estar de acordo com (Lemos & Santos, 1996).

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo



Rochosidade (R)

Rochosidade (R)



- z A rochosidade diminui o volume útil explorável pelas raízes e interfere no uso de implementos agrícolas, afetando sobremaneira a irrigação de superfície, na medida em que dificulta a uniformização da lâmina d'água aplicada.
- z É uma variável não contornável e, dependendo do grau de intensidade, pode inviabilizar as culturas anuais bem como aquelas exploráveis sob irrigação por sulcos. As informações referentes à variável Rochosidade devem estar de acordo com Lemos & Santos (1996).

Parâmetros do Sistema Relacionados ao Solo



Posição na Paisagem (B)

Posição na Paisagem (B)



- z Terras relacionadas com áreas abaciadas, depressões (figuras a seguir), onde não existe possibilidade de drenagem natural que permita a retirada do excesso de sais carreando para rios ou lagos posicionados em cota inferior, foram enquadradas na classe 6, independentemente dos valores dos outros parâmetros. Esse procedimento se justifica uma vez que tais áreas têm um elevado risco de salinização, caso venham a ser incorporadas ao processo produtivo mediante uso da irrigação.

Posição na Paisagem (B)

Detalhes de duas áreas abaciadas (depressões) onde a irrigação, se praticada, apresenta elevado risco de salinização (municípios de Casa Nova e Juazeiro – Estado da Bahia).



Capítulo 4



Parâmetros do Sistema Relacionados à Qualidade e Custo de Captação da Água para Irrigação

Parâmetros do Sistema Relacionados à Qualidade e Custo de Captação da Água para Irrigação

- Z** A agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água (Ayers & Westcot, 1999). No entanto, o aspecto da qualidade tem sido desprezado devido ao fato de que, no passado, em geral as fontes de água eram abundantes e de boa qualidade, além da fácil utilização. Todavia, esta situação está se alterando drasticamente em muitos lugares. O uso intensivo de praticamente todas as águas de boa qualidade de superfície, implica que, mantido esse desperdício, num futuro próximo, tanto nos projetos novos como nos antigos, que requerem águas adicionais, terá que recorrer a água de qualidade inferior ou a utilização das de subsuperfície. Para evitar problemas subsequentes, deve existir planejamento efetivo que assegure melhor uso possível das águas, de acordo com sua qualidade.

Parâmetros do Sistema Relacionados à Qualidade e Custo de Captação da Água para Irrigação

- z** O enquadramento referente à qualidade das águas no sistema, numa primeira etapa, foi feito a partir das informações provenientes dos trabalhos de irrigação realizados em todo o mundo (Richards, 1954; Rhoades & Clarck, 1978; American Public..., 1992) e, preferencialmente, daquelas referentes à água disponíveis em trabalhos realizados no semiárido brasileiro. Na etapa final, foi priorizada a obtenção de informação de campo que possibilitasse o ajuste conforme as variedades e manejo praticados atualmente nessa região.
- z** No tocante ao custo de captação d'água, utilizou-se informação empírica recorrentemente utilizada nos projetos de irrigação, não apenas de empresas privadas, como também de órgãos, alguns normatizadores, como a CODEVASF, DNOCS, CHESF e ANA.

Parâmetros do Sistema Relacionados à Qualidade e Custo de Captação da Água para Irrigação

Condutividade Elétrica (e)

Condutividade Elétrica (e)

- Z** A determinação da condutividade elétrica é uma maneira indireta de inferir a quantidade de sais presentes em uma solução. Quanto maior a condutividade, maior a concentração. A adequação da água para fins de irrigação não depende apenas do teor total dos sais dissolvidos, mas também dos tipos presentes. À medida que o conteúdo total dos sais aumenta, os problemas no solo e nas plantas se agravam, o que requer o uso de práticas especiais de manejo, objetivando manter a produtividade das culturas em níveis aceitáveis. As águas de alta salinidade requerem lixiviação contínua, a fim de que não ocorra risco de nível freático alto, tornando praticamente impossível manter por longo prazo a agricultura irrigada, sem a instalação de adequado sistema de drenagem. Se a drenagem for suficiente, o controle da salinidade exigirá apenas bom manejo para assegurar a água necessária às culturas e à lixiviação dos sais dentro dos limites de tolerância das plantas.

Condutividade Elétrica (e)



- z A manifestação da salinidade na planta se dá através da chamada “seca fisiológica”, ou seja, mesmo existindo água no solo a planta não tem condições de absorvê-la devido ao excesso de sais (pressão osmótica). Esses sais são geralmente provenientes dos processos de intemperização das rochas, ou podem ser acumulados a partir dos sais contidos na água de irrigação, por fluxo lateral de áreas posicionadas em cota superior ou por ascensão do lençol freático.

Condutividade Elétrica (e)



- Z** Um dos vários exemplos de experiências com irrigação que apresentaram problemas devido à qualidade da água é o do Perímetro Vale do Fidalgo (Estado do Piauí). Segundo relato dos técnicos locais e agricultores atuantes no projeto, variedades de banana como nanica e nanicão apresentaram boas produções no passado, bem como a cultura do algodão. No entanto, com o passar do tempo, as culturas passaram a apresentar produtividade decrescente, principalmente a banana, sendo atribuída essa queda de produtividade à salinização (Figuras a seguir) do solo acentuada pela significativa presença de enxofre na água de irrigação (classificação C3-S1). Essa água é proveniente de poço e captada a 80 metros de profundidade aproximadamente.

Condutividade Elétrica (e)

- z Bananal irrigado por sulco e o detalhe da salinização de coloração esbranquiçada na superfície do solo (Projeto Vale do Fidalgo – Simplício Mendes/PI).



Acúmulo de sais (CaSO_4)

Determinação	Unidade	Amostra 01	Amostra 02
Ca	mg L ⁻¹	225	230
Mg	mg L ⁻¹	31,9	32,7
Na	mg L ⁻¹	20,6	21,0
K	mg L ⁻¹	14,3	14,7
B	mg L ⁻¹	3,53	3,76
Mn	mg L ⁻¹	0,053	0,052
Fe	mg L ⁻¹	traço	traço
Zn	mg L ⁻¹	0,003	0,002
Cu	mg L ⁻¹	0,002	0,001
Cr	mg L ⁻¹	traço	traço
Co	mg L ⁻¹	traço	traço
Ni	mg L ⁻¹	traço	traço
Al	mg L ⁻¹	traço	traço
Cd	mg L ⁻¹	traço	traço
Pb	mg L ⁻¹	traço	traço
Mo	mg L ⁻¹	traço	traço
Fluoreto	mg L ⁻¹	0,30	0,31
Cloreto	mg L ⁻¹	22,19	21,78
Nitrito	mg L ⁻¹	traço	traço
Brometo	mg L ⁻¹	0,20	0,21
Nitrato	mg L ⁻¹	traço	traço
Fosfato	mg L ⁻¹	traço	traço
Sulfato	mg L ⁻¹	757,73	768,81
Condutividade elétrica	dS m ⁻¹	1,2	1,2
pH		7,34	7,39

Condutividade Elétrica (e)



- z Como a irrigação é feita basicamente por sulco, o processo de salinização é acelerado pela elevada quantidade de água aplicada. Desta forma, culturas sensíveis como a banana (Figuras a seguir), têm sua produção decrescente ao longo do tempo a uma taxa aproximada de 40% a 50% consequência da elevação gradativa do teor de sais no solo, até tornar-se inviável economicamente, o que tem acontecido após 3 a 5 anos.

Condutividade Elétrica (e)

- z Bananal com produção decrescente devido à irrigação por sulcos, utilizando água de elevado teor de sulfato de cálcio. (Projeto Vale do Fidalgo – Simplício Mendes/PI).



Condutividade Elétrica (e)

- z A determinação do nível de salinidade se faz a partir da medição da condutividade elétrica da amostra da água de irrigação. Essa variável permitirá inferir a sustentabilidade que o solo terá em relação à salinização, principalmente se ele apresenta propensão para o desenvolvimento do processo: baixa profundidade, baixa condutividade hidráulica e baixa posição na paisagem. Permitirá igualmente, avaliar o grau de resposta que cada cultura em função de sua resistência intrínseca, não só à salinidade do solo, mas também à resistência fisiológica de seus tecidos aos sais, principalmente se o sistema de irrigação escolhido for o de aspersão. A condutividade elétrica também tem importância por afetar potencialmente a eficiência e durabilidade das tubulações metálicas e do conjunto motobomba.

Condutividade Elétrica (e)



- z Os perímetros do semiárido irrigados com água dos rios das grandes bacias, como o São Francisco e Parnaíba não apresentam risco para esta variável devido à sua excelente qualidade, com valores baixos, na ordem de $0,05 \text{ dS m}^{-1}$. No entanto, geralmente águas provenientes de poços artesianos ou pequenos reservatórios superficiais no cristalino nordestino têm apresentado águas de péssima qualidade (C3S3 ou C3S4).
- z A condutividade elétrica da água de irrigação deve ser determinada conforme Manual de Métodos de Análise de Solo (Embrapa, 1997), devendo ser expressa em dS m^{-1} .

Parâmetros do Sistema Relacionados à Qualidade e Custo de Captação da Água para Irrigação

Relação ou Razão de Adsorção de Sódio (s)

Relação ou Razão de Adsorção de Sódio (s)

- z Da mesma forma que é estruturado para as determinações do solo, essa variável expressa o risco que o alto teor de sódio na água de irrigação poderá trazer não só ao solo (sodificação), como nesse caso, também às plantas cultivadas, principalmente se o sistema de irrigação considerado for o de aspersão, bem como poderá trazer danos ao próprio sistema de irrigação.
- z Teores relativamente altos de sódio em relação aos de cálcio e magnésio na água de irrigação, normalmente superiores a 3:1, ou mesmo baixos valores absolutos de cálcio no solo, tendem a prejudicar suas propriedades físico-químicas, desequilibrando-o estruturalmente e, por fim, reduzindo sua permeabilidade. Esse impacto geralmente ocorre de forma mais intensa nas camadas superficiais.

Relação ou Razão de Adsorção de Sódio (s)

- z Contrastando com os sintomas típicos da toxicidade do cloreto, que se inicia no ápice das folhas, os sintomas típicos do sódio se apresentam em forma de queimadura ou necrose ao longo das bordas, evoluindo para a região internervural das folhas (Ayers & Westcot, 1999).
- z Os perímetros do semiárido irrigados com água dos rios das grandes bacias como o São Francisco e Parnaíba, não apresentam risco para esse parâmetro devido a sua excelente qualidade (C1S1).
- z Pode-se considerar que, em geral, a concentração de sódio na solução do solo não é maior que duas a três vezes a concentração na água de irrigação nos 30 cm superficiais. O solo, no entanto, tem sua solução variável na concentração motivada por fatores como o tempo, a planta, a água recebida por irrigação e por precipitação natural, a localização no perfil, entre outros. Se a água de irrigação apresentar concentração e composição constantes e as condições de drenagem forem boas, a percentagem de sódio trocável variará muito pouco de ano para ano em zonas áridas.

Relação ou Razão de Adsorção de Sódio (s)

- z Uma das formas de se corrigir a Relação de Adsorção de Sódio (s) nos sistemas de irrigação consiste em misturar a água com elevada (s) com água de boa qualidade. Desta forma, pode-se trazer o valor final da mistura para uma faixa que seja menos limitante para a cultura explorada. Evidentemente, a mistura das águas de irrigação vai depender da economicidade de se incorporar a água de boa qualidade ao sistema, ou seja, ela deverá ter baixo custo de captação (distância e altura) além de possuir volume suficiente durante todo o ano. Outra maneira de se conviver com água de irrigação com valor elevado (s) é a seleção de plantas menos sensíveis.
- z A determinação dos elementos componentes da Relação de Adsorção de Sódio (s) na água de irrigação deve ser feita da seguinte forma: Através de Fotometria de Chama, Ca e Mg através de métodos espectrofotométricos (ICP ou AAS), conforme FEEMA (1979) ou, na impossibilidade, através de Titulação Complexométrica, de acordo com Rump (1999). Os teores de Na, Ca e Mg devem ser calculados em $\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$ enquanto a Relação de Adsorção de Sódio em $\text{mmol}_c^{1/2} \text{ L}^{-1/2}$

Parâmetros do Sistema Relacionados à Qualidade e Custo de Captação da Água para Irrigação

Cloreto (c)

Cloreto (c)

- z Variável importante por originar a toxicidade mais frequente em água de irrigação. É um elemento tóxico para boa parte das plantas cultivadas quando presente em grande quantidade, principalmente se o sistema de irrigação considerado for o de aspersão. A toxicidade mais frequente é a provocada pelo cloreto contido na água de irrigação, uma vez que no solo este ânion não causa maiores problemas.
- z Como o cloreto não é adsorvido pelas partículas, ele se desloca facilmente através da solução do solo, sendo absorvido pelas raízes e translocado às folhas, onde se acumula sob o efeito da transpiração. Se sua concentração excede a tolerância da planta, produzem-se danos com seus sintomas característicos, como necroses e queimaduras nas folhas (Ayers & Westcot, 1999). Normalmente as espécies frutíferas são mais sensíveis que as culturas anuais, principalmente as produtoras de grãos e estas mais sensíveis que as espécies forrageiras. Esta ordem concorda com Maas (1984) que dentre as culturas componentes desta metodologia, atribuiu injúria foliar devido à presença de sódio ou cloreto na água de irrigação ($10\text{-}20 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$) para o milho e somente $5\text{-}10 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ para a uva, devido a sua maior sensibilidade.

Cloreto (c)



- z Os perímetros do semiárido irrigados com água dos rios das grandes bacias, como São Francisco e Parnaíba, não apresentam risco para esse parâmetro, uma vez que a água desses rios possui baixos valores de cloro dissolvido.
- z A determinação do cloreto na água de irrigação deve ser feita por Cromatografia Iônica e na impossibilidade, por Argentometria (Método de Mohr), de acordo com FEEMA (1979) ou Rump (1999). A unidade requerida pelo sistema é mg L^{-1} .

Parâmetros do Sistema Relacionados à Qualidade e Custo de Captação da Água para Irrigação

Ferro (f)

Ferro (f)

- z Variável que tem sua importância relacionada mais à distribuição de água no sistema de irrigação do que pela sua fitotoxicidade propriamente dita. Ainda assim, seu maior impacto está restrito ao sistema de irrigação do tipo localizado, porque pode obstruir os emissores e formar incrustações nas tubulações devido à baixa velocidade do fluxo de água nesse sistema, não tendo praticamente influência nos sistemas convencionais.
- z A qualidade da água de irrigação, com relação a esta variável, é influenciada pela natureza dos solos das áreas de captação, naturalmente ricos em ferro, destacando-se os Latossolos e Espodossolos ferrocárbicos, compondo a bacia hidrográfica ou mesmo, se a água de irrigação é proveniente de represas e açudes com muita matéria orgânica em decomposição, oriunda de capins, taboa (*Typha latifolia*), junco (*Cyperus giganteus* ou *Papyrus radiatus*) e aguapés (*Eichhornia crassipes*) principalmente, normalmente ricos em ferro.

Ferro (f)

- z Segundo Ayers & Westcot (1999), o limite para o teor de ferro na água de irrigação, de forma genérica, é de 2 mg L^{-1} . Como o impacto desse parâmetro está fortemente ligada ao sistema de irrigação, além de ter relativamente baixo custo de correção, seus valores definidores de classes no SiBCTI foram ampliados.
- z Atualmente o procedimento de melhor relação custo/benefício para a retirada do ferro na água de irrigação é através da oxigenação para precipitá-lo e retirá-lo posteriormente por filtração. Apesar dessa estrutura não ser representativa na planilha de custo de um sistema de irrigação do tipo localizado, esse custo deverá ser atentado se o teor final desse elemento na água de irrigação for representativo.
- z A determinação do teor de ferro na água de irrigação deve ser feita por Métodos Espectrofotométricos (ICP ou AAS), de acordo com FEEMA (1979). A unidade requerida pelo sistema é mg L^{-1} .

Parâmetros do Sistema Relacionados à Qualidade e Custo de Captação da Água para Irrigação

Boro (b)

Boro (b)



- z O boro é um elemento essencial para a nutrição vegetal embora seja requerido em quantidades diminutas (0,03 a 0,04 mg L⁻¹). Porém, em concentrações um pouco maiores, pode ser muito fitotóxico. Logicamente o nível de concentração que o torna tóxico varia de acordo com a espécie vegetal.
- z Dependendo da quantidade, pode afetar as culturas quando presente no solo nos três sistemas de irrigação contemplados no Sistema, e não apenas no de aspersão, como salientado para as variáveis anteriores.
- z As águas superficiais raramente apresentam boro em concentração tóxica. Quando ocorre toxicidade, esta é mais frequente em águas residuais ou mesmo de lençol freático, onde ocorre acúmulo de ácidos orgânicos.

Boro (b)



- z No tocante à sensibilidade ao boro, não foi possível constatar níveis de injúrias nos perímetros visitados. Dentre as culturas componentes da base de dados, a literatura sequencia como mais tolerantes o coco e a cebola; semitolerantes o melão, a melancia, o milho e o feijão e mais sensível a uva (Richards *et al.*, 1954). No entanto, Maas (1984) classificou a cebola e o feijão no mesmo grupo de sensibilidade da uva.
- z A determinação da concentração de boro na água de irrigação deverá ser feita pelo método Azometina de acordo com Rump (1999). A unidade requerida pelo sistema é mg L⁻¹.

Parâmetros do Sistema Relacionados à Qualidade e Custo de Captação da Água para Irrigação

**Diferença de Cota (h) e
Distância da Captação D'água (d)**

Diferença de Cota (h) e Distância da Captação D'água (d)

- z Variáveis importantes não só pelo aspecto da sustentabilidade do sistema solo x planta x qualidade da água x sistema de irrigação, mas também por questão de economicidade. Dessa forma, de nada adianta haver um solo de elevado potencial agrícola ou mesmo água para irrigação de boa qualidade, se o custo de captação for elevado. É uma variável difícil de se ponderar, pois com o barateamento do maquinário e da energia, tarifas diferenciadas por horário e agricultor, a economicidade da captação torna-se extremamente dinâmica, variando de acordo com o tempo e com a região considerada.
- z Um exemplo bastante didático da importância da qualidade e custo de captação de água para o sucesso de um projeto de irrigação é o Projeto Vale do Fidalgo, também conhecido como Morro dos Cavalos, localizado no Estado do Piauí. Nesse projeto, a irrigação é feita com água de poço captada a uma profundidade de 80 a 100 metros (Figuras a seguir), uma vez que o principal rio da região (Jatobá) não é perene. A receita gerada pela produção agropecuária praticamente não cobre os custos de produção, principalmente os relacionados à tarifa de energia e a manutenção do sistema de captação da água de irrigação, atacados pela constante corrosão devido ao elevado teor de enxofre/sulfatos na água de irrigação.

Diferença de Cota (h) e Distância da Captação D'água (d)

- z Captação de água com elevado teor de enxofre a 80 metros de profundidade. (Projeto Vale do Fidalgo – Simpício Mendes/PI).



- z A unidade requerida é em metros para a diferença de cota e quilômetros para a distância de captação.

Capítulo 9



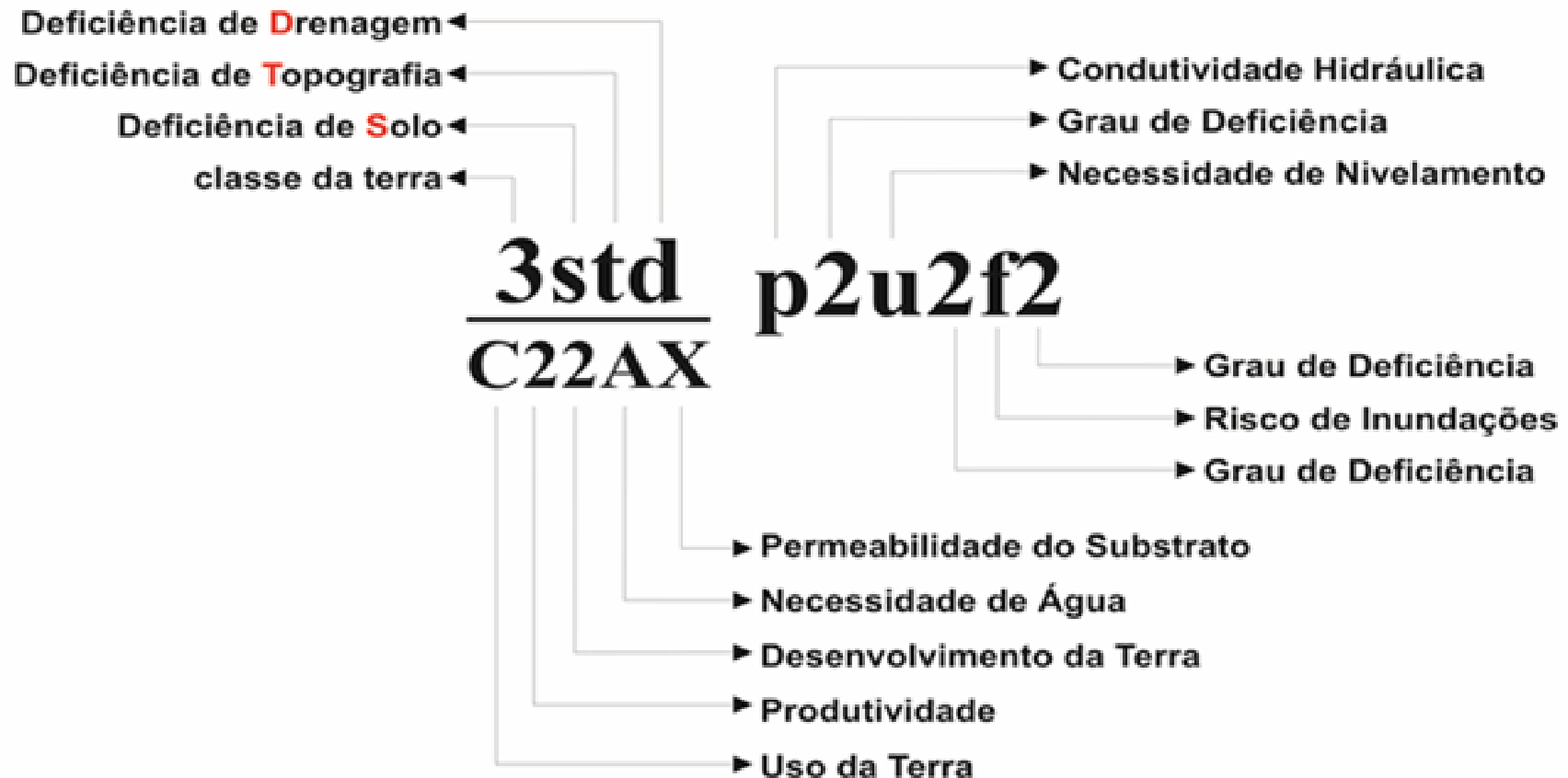
**Classificação BUREC,
Classificação SiBCTI, Produto Final**

Classificação BUREC, Classificação SiBCTI, Produto Final



- Z** A metodologia do BUREC (ESTADOS UNIDOS, 1953) representou um grande avanço no entendimento e na avaliação para a classificação de terras para irrigação; no entanto, por diversos motivos, ela não foi aperfeiçoada ao longo do tempo. Além disso, apresentou várias incoerências em termos da correta classificação de terras para irrigação no Brasil.

Representação Gráfica padrão – BUREC incongruências



Representação Gráfica – BUREC incongruências



- Z Tamanho exagerado da simbolização, dificultando sua apresentação em mapas onde as unidades de mapeamento possuem tamanho reduzido;
- Z Os parâmetros **produtividade e custo do desenvolvimento da terra** não exprimem com objetividade e eficiência a relação custo/benefício potencial da exploração do ambiente analisado;

Representação Gráfica – BUREC incongruências



- Z** Soa redundante grafar na simbolização as subclasses **s** (limitação relacionada a **solo**), **t** (limitação relacionada a **topografia**) ou **d** (limitação relacionada a **drenagem**) e, posteriormente, repetir os fatores limitantes **y**, **b**, **z**,... (limitações relacionadas a **solo**); **g**, **u**, **c**,... (limitações relacionadas a **topografia**) e **f**, **w**,... (limitações relacionadas a **drenagem**). Com isso, a fórmula final da classificação fica sobrecarregada, sem agregar necessariamente novas informações relevantes ao usuário;

Representação Gráfica padrão – BUREC incongruências



- Z Avaliações relacionadas ao uso da terra, como se cultivada com ou sem irrigação, tipo de vegetação natural, entre outras não são absolutamente relevantes, uma vez que a presente avaliação está sendo feita exatamente para exploração com irrigação. Além disso, estas poderiam estar incorporadas em outros parâmetros, da mesma forma que a necessidade de água ou mesmo a permeabilidade do substrato.**

Classificação SiBCTI



- Z** A metodologia referente ao SiBCTI foi estruturada tendo como ponto de partida a análise crítica da metodologia do BUREC e não deveria ser de outra forma, agregando a esta todos os avanços referentes principalmente ao manejo das culturas irrigadas atualmente praticado nos perímetros da Região Semiárida. Eliminou-se distorções, reavaliou-se a ponderação de todas as variáveis/parâmetros e incluiu-se novos enfoques. Desta forma, ao final, foi estruturada uma abordagem da classificação das terras mais abrangente, não obstante o fato de exprimi-la de forma mais sintética.

Classificação SiBCTI



- Z** O desenvolvimento de um programa de computador para executar e agilizar a classificação do ambiente teve por objetivo facilitar a classificação propriamente dita, uma vez que o volume de informações é tão significativo, que sem essa ferramenta o usuário dispenderia um grande esforço para atingir seu objetivo, além de estar altamente sujeito a erro.

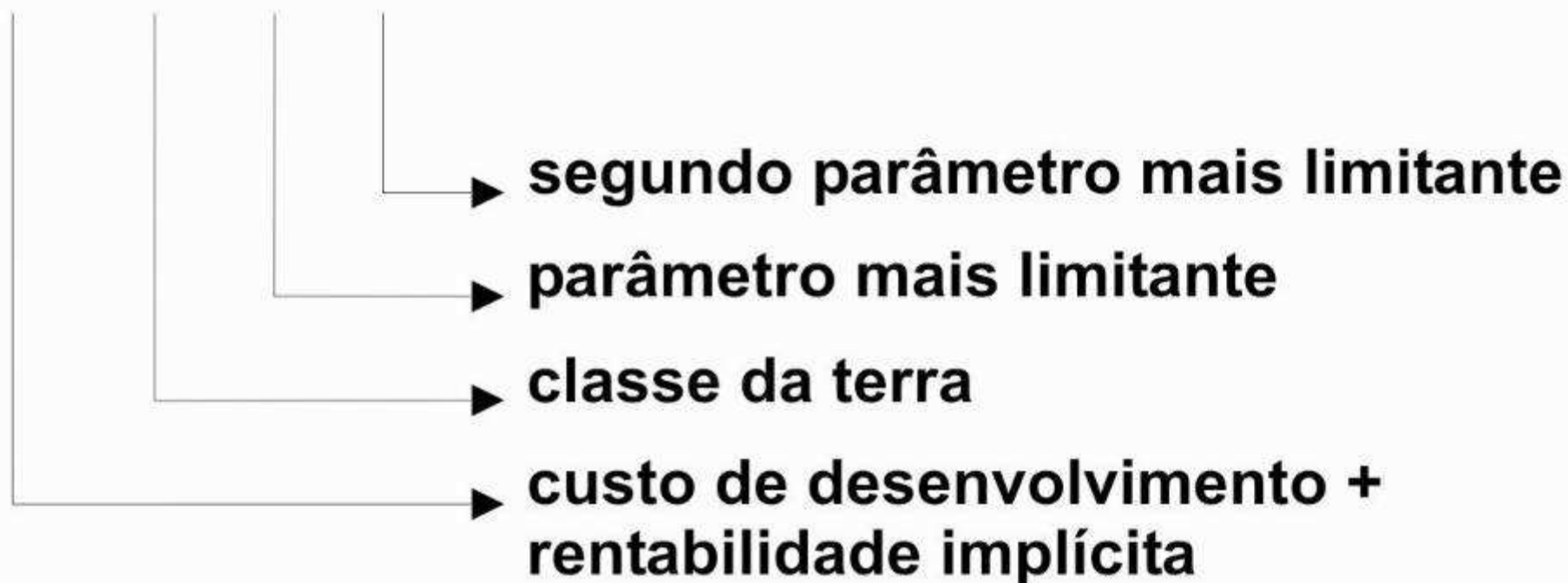
Classificação SiBCTI



- Z** Feita a solicitação da classificação do ambiente para irrigação, o programa fará uma crítica das informações fornecidas pelo usuário. Estando sem pendências e sem valores anormais, o programa cruzará todos os dados relacionados aos diferentes planos de informação: solo x cultura vegetal x qualidade e custo da água x sistema de irrigação e apresentará a classificação do ambiente com uma fórmula do tipo:

Representação Gráfica padrão – SiBCTI

m4Cf



Significado da Representação Gráfica - SiBCTI



m = subscrito antes da classe \Rightarrow indica a rentabilidade esperada com base no cruzamento de dois temas:

- rentabilidade clássica de dois grupos de culturas, basicamente fruticultura ou grãos;
- custo da captação da água, representada pela distância e diferença de cota.

Significado da Representação Gráfica – SiBCTI

Subscrito Rentabilidade



- **a** = retorno potencial superior (alto) \Rightarrow cultura escolhida pertencente a um grupo de rentabilidade superior, irrigável em um ambiente com água de baixo custo de captação.
- **b** = retorno potencial inferior (baixo) \Rightarrow cultura escolhida pertencente a um grupo de rentabilidade inferior, irrigável em um ambiente com água de alto custo de captação.
- **m** = retorno potencial mediano \Rightarrow ou a cultura escolhida pertence a um grupo de rentabilidade inferior, ou o ambiente tem água de elevado custo de captação.

Significado da Representação Gráfica – SiBCTI classes e parâmetros limitantes



4 = classe \Rightarrow representa a produção relativa do ambiente avaliado em relação a um ambiente referência.

C = primeiro subscrito após a classe \Rightarrow representa o parâmetro com maior grau de limitação, portanto, aquele com maior importância na definição da classe. Pode ser parâmetro ligado ao solo (**letra maiúscula**) ou a água de irrigação (**letra minúscula**)

f = segundo subscrito após a classe \Rightarrow representa o segundo parâmetro com maior grau de limitação, portanto, aquele com importância superada apenas pelo parâmetro principal na definição da classe. Pode ser parâmetro ligado ao solo (**letra maiúscula**) ou a água de irrigação (**letra minúscula**).

Significado da Representação Gráfica – SiBCTI classes e parâmetros limitantes



- Z** Agregar informações diretas de rentabilidade em um sistema de classificação pode diminuir a precisão da avaliação, uma vez que a rentabilidade é uma variável que pode ter uma flutuação muito grande em curto espaço de tempo, dependendo das características do local escolhido para a implantação da irrigação, como por exemplo a distância do mercado consumidor, bem como o tamanho desse mercado, ou mesmo as condições de transporte, de infraestrutura, entre outros. Ainda pode influenciar alguma peculiaridade que venha a ser atribuída ao produto escolhido naquele momento. No entanto, pode-se minimizar esses riscos de agregação de valor quando se considera um longo período e condições médias dos grandes ambientes de irrigação.

Significado da Representação Gráfica – SiBCTI classes e parâmetros limitantes



- Z** Dessa forma, pode-se enquadrar as culturas com base em retornos implícitos médios, classificando-as em culturas de rentabilidade superior correspondendo a uma receita média superior a R\$ 5.000,00 ha⁻¹ ano⁻¹ correspondendo a US\$ 3,000.00 ha⁻¹ ano⁻¹ e rentabilidade inferior equivalendo a uma receita média inferior a R\$ 5.000,00 ha⁻¹ ano⁻¹ equivalendo a US\$ 3,000.00 ha⁻¹ ano⁻¹. O valor de R\$ 5.000,00 ha⁻¹ ano⁻¹ representa uma receita que cobre os custos médios totais de condução e amortização do hectare irrigado nas condições atuais (setembro de 2011). Existem vários trabalhos que convergem para resultados similares, sendo um deles apresentado com base em Resende et al. (2003).

Capítulo 10



APLICANDO O SiBCTI