

PHA 2218 – Introdução a Engenharia Ambiental

Universidade de São Paulo **USP**



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

O Meio Terrestre – Parte I

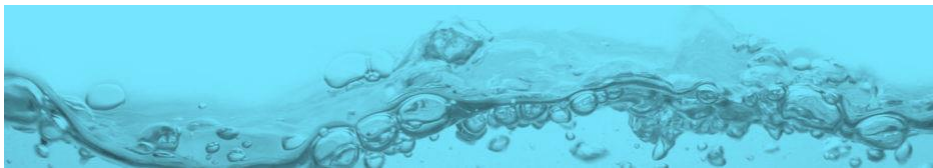
Composição e formação dos solos

Características relevantes

Erosão

Poluição do solo rural

Aula 5

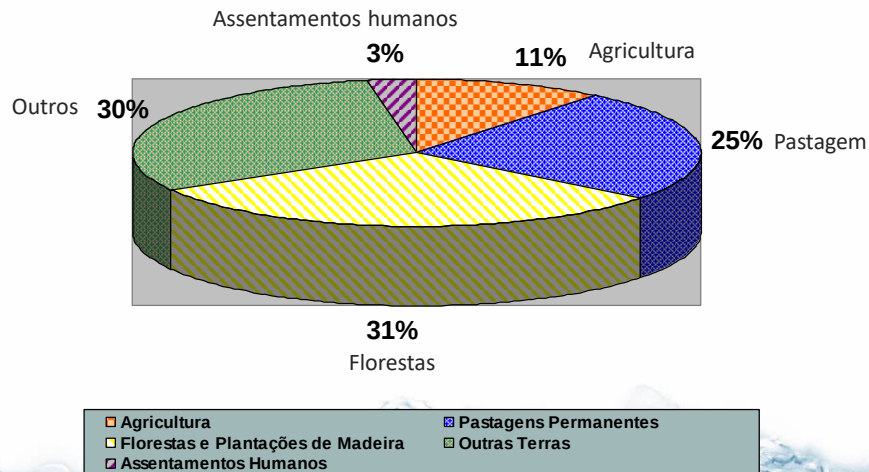


Conceito de Solo

- A definição para solo pode variar em função da utilização que se dá ao mesmo
 - Agricultor: estrutura utilizada para a produção agrícola
 - Engenheiro civil: estrutura utilizada para suportar cargas ou para transformação em material de construção
 - Engenheiro de minas: fonte de recursos minerais ou material inerte que dificulta a exploração de jazidas
 - Economista: Fator de produção
 - Ecologista: componente da biosfera no qual se dão os processos de produção e decomposição, responsáveis pela reciclagem da matéria



Distribuição do Uso do Solo



Solo

- Camada mais externa da crosta terrestre, formada por
 - Rocha desagregada e outros materiais
 - Matéria orgânica em decomposição
 - Água
 - Ar
 - Microrganismos
- Base sobre a qual os seres humanos e demais seres vivos habitam e desenvolvem suas atividades
- Estrutura que fornece todos os recursos naturais de que necessitamos

Abundância Relativa de Alguns Elementos Encontrados na Crosta Terrestre

MORAN, J.M.; MORGAN, M.D.; WERSMA, J.H., "Introduction to Environmental Science" Second Edition, W.H. Freeman and Company, New York, 1986.

Elemento	Símbolo	Abundância (% em peso)	Elemento	Símbolo	Abundância (% em peso)
Alumínio	Al	8,00	Cobre	Cu	0,0058
Ferro	Fe	5,80	Cobalto	Co	0,0028
Magnésio	Mg	2,77	Chumbo	Pb	0,00010
Potássio	K	1,68	Boro	B	0,00070
Titânio	Ti	0,86	Berílio	Be	0,00020
Hidrogênio	H	0,14	Arsênio	As	0,00020
Fósforo	P	0,101	Estanho	Sn	0,00015
Manganês	Mn	0,100	Molibdênio	Mo	0,00012
Flúor	F	0,0460	Urânio	U	0,00016
Enxofre	S	0,0300	Tungstênio	W	0,00010
Cloro	Cl	0,0190	Prata	Ag	0,000008
Vanádio	V	0,0170	Mercúrio	Hg	0,000002
Cromo	Cr	0,0096	Platina	Pt	0,0000005
Zinco	Zn	0,0082	Ouro	Au	0,0000002
Níquel	Ni	0,0072			

Formação da Terra

Arqueano (4,5 bilhões de anos)



- Taxa de desintegração radioativa $U^{238} \rightarrow Pb^{206}$
- Formação das rochas magmáticas

Paleozóico (540 Mi a 250 Mi anos)



- Surgimento de cadeias montanhosas
- Ocorrência de rochas sedimentares e metamórficas
- Formação de grandes florestas, glaciações, surgimento de insetos e répteis

Proterozóico (2,5 bi anos a 540 Mi anos)



- Intensa atividade vulcânica (depósitos de minerais metálicos na crosta – Fe, Mn e Au)
- Grande acúmulo de O na atmosfera
- Surgimento das primeiras formas de vida unicelulares avançadas

ERA	Período	Milhões de Anos	
Cenozóico	Quaternário	1,6 - 0	Continentes e oceanos atuais, Homem
	Terciário	64 - 1,6	Evolução Aves, Mamíferos (primatas)
Mesozóico	Cretáceo	140 - 64	Extinção dos dinossauros Angiospermas (flora moderna)
	Jurássico	205 - 140	Fragmentação de Pangea, Aves
	Triássico	250 - 205	Répteis (dinossauros), mamíferos
Paleozóico	Permiano	290 - 250	Extinção em massa
	Carbonífero	355 - 290	
	Devoniano	410 - 355	Peixe com esqueleto interno, anfíbios, plantas vasculares
	Siluriano	438 - 410	
	Ordoviciano	510 - 438	Primeiros vertebrado no mar
	Cambriano	540 - 510	

Composição do Solo

- Varia de região para região, inclusive em uma mesma região pode haver variação na sua composição
- Composição média do solo
 - Elementos minerais: 45%
 - desgaste de rochas do próprio local, ou de locais distantes, pela ação do tempo (intemperismo)
 - Gases (principalmente ar): 25%
 - provenientes do ar atmosférico e resultantes da biodegradação de matéria orgânica
 - Água: 25%
 - acúmulo proveniente de precipitações
 - Matéria orgânica: 5%
 - queda folhas, galhos, ramos, restos de culturas, animais mortos e demais detritos



Formação do Solo

- A composição do solo é resultado da ação combinada dos seguintes fatores
 - Clima
 - Relevo
 - Idade do solo
 - Material de origem
 - Organismos vivos presentes

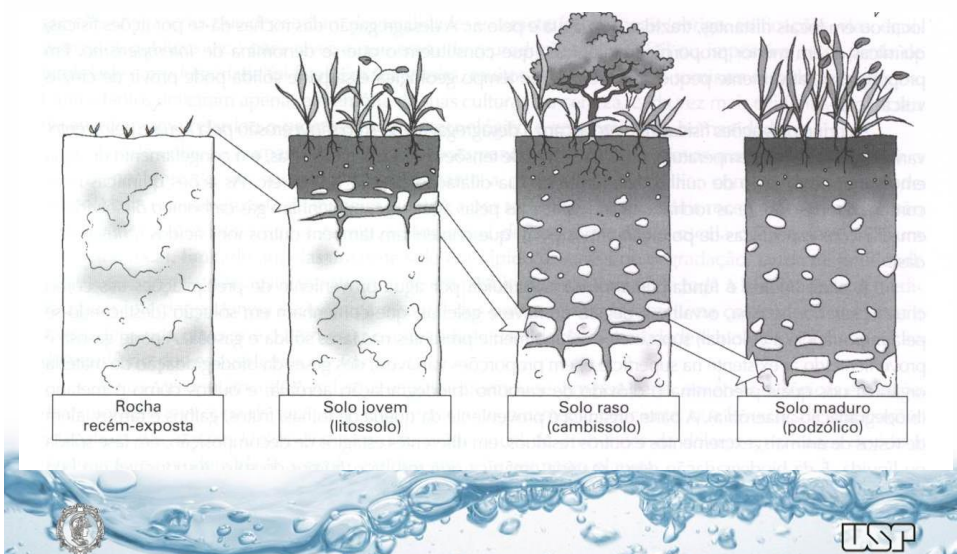


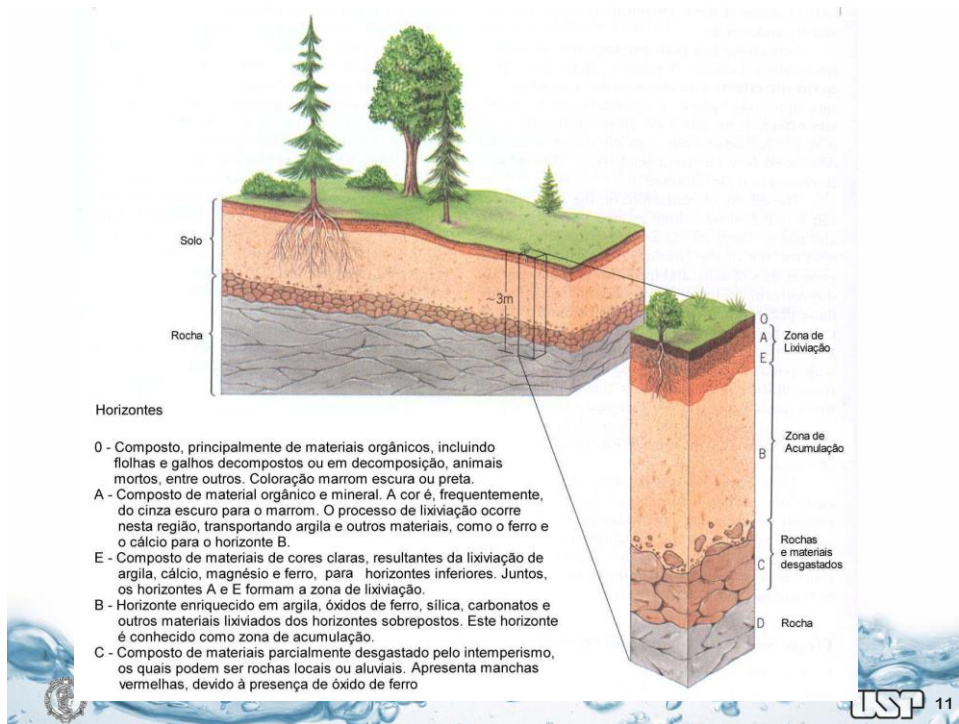
Horizontes do Solo

- Ação do intemperismo e outros processos resulta na estratificação do solo em camadas
- As camadas apresentam características distintas, em termos de composição e aparência
- Cada camada pode ser considerada um horizonte



Formação de um solo e diferenciação de horizontes





Influência do Solo sobre o Fluxo de Água

- **Regiões áridas**
 - Menor intensidade do desgaste devido ao menor intemperismo
 - Solos menos profundos com capacidade limitada para acumular água
 - Chuvas passam a escoar pela superfície causando problemas de inundações em regiões baixas
 - Cessada a chuva, qualquer curso d'água que exista é alimentado pela água acumulada
 - Como o volume é baixo a água logo deixa de escoar e o rio de correr



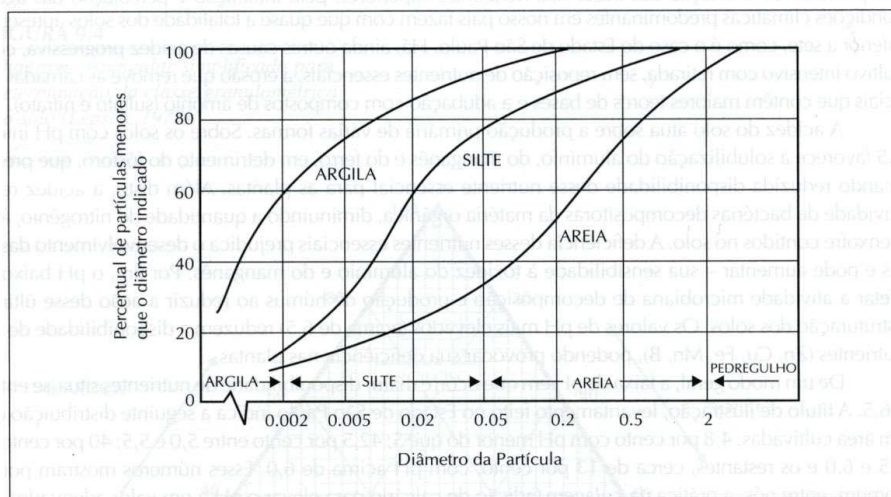
Influência do Solo sobre o Fluxo de Água

- **Regiões com solo profundo**
 - ❑ Grandes volumes de água são armazenados no solo
 - ❑ Isto retarda a velocidade de escoamento da água, reduzindo o potencial de enchentes
 - ❑ Cessada a chuva os curso d'água são alimentados pela água armazenada no solo
 - ❑ O volume pode ser suficiente para manter um escoamento nos períodos de estiagem
 - ❑ Rios ou cursos perenes



USP 14

Curvas Granulométricas para Caracterização do Solo



USP

Tipos de Solo em Função dos seus Constituintes

Texturas do Solo

Propriedades controladas pela textura:

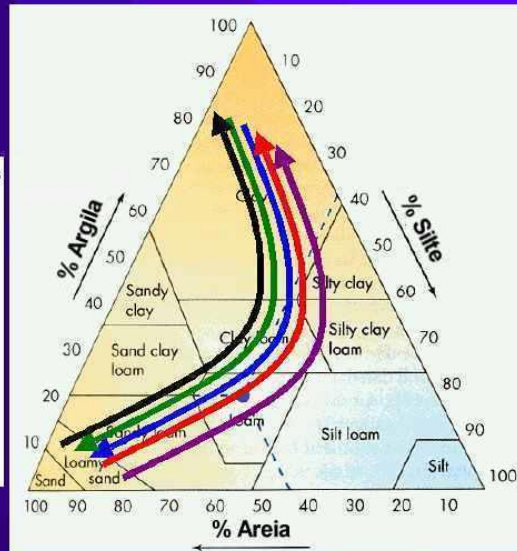
Taxa de Infiltração

Retenção de Água

Retenção de Nutrientes

Trabalhabilidade

Estabilidade



Degradação do Solo

■ Erosão

- Erosão do solo tem relação direta com a escassez de alimentos e com a fome
- A erosão pode ser devida à causas naturais ou à ação do Homem
 - A erosão geológica é inevitável e resulta da ação dos agentes naturais, contudo, o processo se desenvolve lentamente
 - A erosão causada pelo Homem é mais rápida e ocorre devido ao manejo inadequado do solo
- Práticas equivocadas de manejo de solo aceleram os processos de erosão
 - Uso indiscriminado do fogo, de máquinas e de fertilizantes
 - Pastoreio esgotante
 - Desmatamento

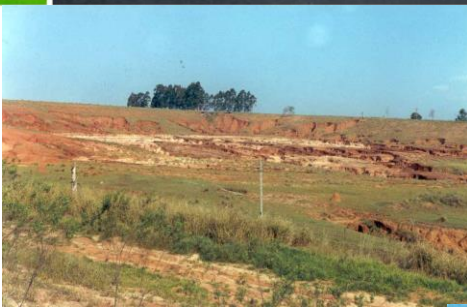
■ Perda de solo por erosão (SP perde 130 mil ton/ano de solo)

- Perda corresponde a uma camada de 15 cm de espessura numa área de 60 mil ha

Exemplos de Erosão Natural



Exemplos de Erosão Causada pelo Homem



Causas da Erosão

- **Remoção da cobertura vegetal do solo**
 - Queimadas, desmatamentos, implantação de assentamentos urbanos sem planejamento adequado
- **Práticas agrícolas inadequadas**
 - Monocultura,
 - Plantio em áreas com declives acentuados, sem a adoção de medidas de controle do escoamento da água
 - Uso intensivo de máquinas agrícolas
- **Manejo inadequado do solo**
 - Abertura de estradas sem estruturas de drenagem ou contenção de encostas
 - Implantação de distritos residenciais ou industriais sem a infra-estrutura necessária



28

Prevenção, Controle e Correção da Erosão

- A recuperação de áreas degradadas pela erosão apresenta viabilidade restrita, principalmente econômica
- Exigem medidas estruturais que demandam a ação integrada e obras de engenharia
- Medidas preventivas são mais eficazes e de custo reduzido
 - Preparação do solo para plantio em curvas de nível
 - Rotação de culturas
 - Terraceamento
 - Preservação da vegetação em encostas e margens de cursos d'água
 - Estruturas de desvio da água
 - Uso de barreiras naturais em áreas com o solo expostos, onde a ação do vento é intensa



29

Controle da erosão



Poluição do Solo Rural

- As atividades agrícolas resultam em problemas de poluição do solo
- A poluição do solo pode se propagar para os cursos d'água
- O uso de fertilizantes sintéticos e defensivos agrícolas sintéticos é uma das principais causas da poluição do solo



Fertilizantes

- O uso visa suprir os macro e micronutrientes para o desenvolvimento das plantas
- O solo dispõe de quantidades limitadas de nutrientes, não possibilitando o cultivo
- Neste caso são utilizados fertilizantes para complementar os repor os nutrientes
- Nem todo o fertilizante aplicado ao solo é assimilado pelas plantas
- Acúmulo de certos elementos no solo, podendo atingir níveis tóxicos para a própria planta
- A ação da chuva ou da irrigação leva os fertilizantes para os cursos d'água poluindo os mananciais



Pesticidas Agrícolas

- Da mesma forma que os fertilizantes, os pesticidas são utilizados para garantir a produção de alimentos
- São utilizados para o controle de pragas, doenças e ervas daninhas
 - Inseticidas
 - Fungicidas
 - Herbicidas
 - Larvicidas
 - Bactericidas
- O uso intenso pode causar graves problemas, para vários organismos
 - Não são seletivos
 - Acumulam-se nas plantas
 - Contaminam o solo e a água



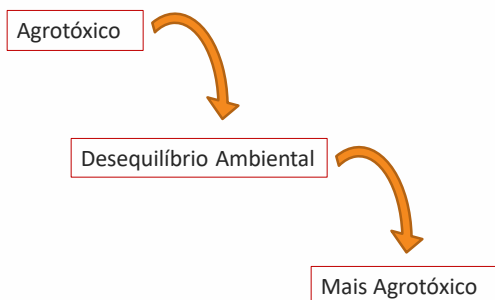
Brasil: líder mundial no uso de agrotóxicos

IGBG (2008)

- 1,5 milhão das 5,2 milhões de propriedades rurais do país utiliza agrotóxico
- 56% das propriedades não recebem orientação técnica
- Pulverizador costal é mais utilizado (maior potencial de exposição ao agrotóxico)
- 296 mil propriedades (20%) não utilizam Equipamento de Proteção Individual – EPI exigido pela legislação no Ministério do Trabalho
- Maiores aplicações: soja, milho, cana, algodão e citrus
- 2006: ~25.000 casos de intoxicação de agricultores
- 2008: 673.862 ton de agrotóxicos (maior do mundo)
- Faturamento da indústria química US\$ 7,125 bilhões (EUA US\$ 6,6 bilhões)



Consequências



- Risco à saúde do trabalhador e do consumidor
- Riscos variam de acordo com o tempo e a dose da exposição de diferentes produtos (efeitos agudos ou crônicos)



Efeitos

Agudos

- Intoxicação
- Dores de cabeça
- Alergias
- Náuseas e vômitos
- Lesões neurológicas periféricas (comprometimento da sensibilidade e da parte motora)

Crônicos

- Infertilidade masculina
- Má formação congênita
- Abortamento precoce
- Recém nascido com baixo peso
- Cânceres (linfoma, leucemia)
- Doenças hepáticas crônicas
- Alterações no sistema imunológico
- Possibilidade de mutagênese
- Problemas de pele
- Problemas respiratórios
- Doenças neurológicas



Substâncias proibidas em outros países

- Acefato, metamidofós, endossulfam
- Reavaliação periódica de agrotóxico
- 14 tipos de agrotóxico utilizado no Brasil, 12 já proibidos na Europa, África, EUA e China
- Metamidofós e Paration metílico: importado pelo Brasil para tomate e rejeitados no exterior
- União Européia: proibiu pulverização aérea, Brasil exige distância de 500 m para comunidades e 250 m para mananciais de água
- Resistência das plantas a herbicidas
- Aumento do número de pragas, insetos e doenças que causam danos agrícolas
- Aumento do desequilíbrio ambiental
- Resistência de insetos e patógenos

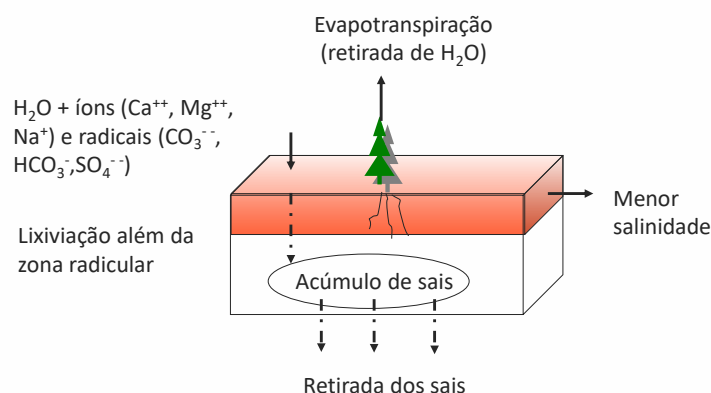


Salinização do Solo

- Pode ocorrer naturalmente em função das características do solo e do relevo
- A utilização de práticas inadequadas de irrigação pode resultar na salinização
 - Utilização de água com elevada salinidade
 - Uso excessivo de água na irrigação
 - Baixa drenabilidade do solo



Processo de Salinização do Solo



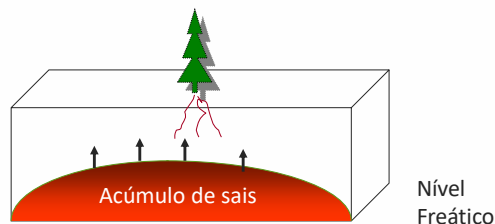
- O nível de salinidade na parte inferior da zona radicular depende do grau de lixiviação
- Para evitar acúmulo de sais deve-se lixiviar em quantidades $\geq$ à entrada no sistema
- A quantidade de água necessária dependerá de sua qualidade e da tolerância das culturas
- o momento de irrigar é importante para manter maior disponibilidade de água no solo



Solo salinizado



Salinização do solo



- Os sais presentes no solo podem ser trazidos à superfície pelo fenômeno de capilaridade
- Isto é mais significativo quando o lençol freático é pouco profundo, ou há irrigação em excesso
- As medidas de controle envolvem
 - ações preventivas (promover sobre-irrigação para lixiviar os sais)
 - métodos alternativos de irrigação
 - Adequado sistema de drenagem (controle do nível freático)





Níveis de tolerância a teores de sais no solo e na água de irrigação

	Produtividade Potencial									
	100%		90%		75%		50%		0%	
	CEes	CEi	CEes	CEi	CEes	CEi	CEes	CEi	CEes (máximo)	
CEVADA	8,0	5,3	10,0	6,7	13,0	8,7	12,0	18,0		28
FEIJÃO	1,0	0,7	1,5	1,0	2,3	1,5	3,6	2,4		07
MILHO	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9		10
CANA AÇÚCAR **			3,0		5,0		8,5			
ALGODÃO	7,7	5,1	9,6	6,4	13,0	8,4	17,0	12,0		27
AMENDOIM	3,2	2,1	3,5	2,4	4,1	2,4	4,9	3,3		07
ARROZ INUNDADO	3,0	2,0	3,8	2,6	5,1	3,4	7,2	4,8		12
GIRASSOL	5,3	3,5	6,2	4,1	7,6	5,0	9,9	6,6		15
SORGO	4,0	2,7	5,1	3,4	7,2	4,8	11,0	7,2		18
SOJA	5,0	3,3	5,5	3,7	6,2	4,2	7,5	5,0		10
TRIGO	6,0	4,0	7,4	4,9	9,5	6,4	13,0	8,7		20
BETERRABA	4,0	2,7	5,1	3,4	6,8	4,5	9,6	6,4		15
BROCOLI	2,8	1,9	3,9	2,6	5,5	3,7	8,2	5,5		14
REPOLHO	1,8	1,2	2,8	1,9	4,4	2,9	7,0	4,6		12
MELÃO (CANTALOUPE)	2,2	1,5	3,6	2,4	5,7	3,8	9,1	6,1		16
CENOURA	1,0	0,7	1,7	1,1	2,8	1,9	4,6	3,1		08
PEPINO	2,5	1,7	3,3	2,2	4,4	2,9	6,3	4,2		10
ALFACE	1,3	0,9	2,1	1,4	3,2	2,1	5,2	3,4		09

(*) - Segundo Ayers e Westcot, 1976 - Irrigation and Drainage paper, nº 24 - FAO; CROP WATER/REQUIREMENT

** Adicionado.

CEes = Cond. Elet. do extrato de saturação do solo em mmhos/cm ou dS/m.

CEi = Cond. Elet. da água de irrigação em dS/m

Níveis de tolerância a teores de sais no solo e na água de irrigação

	Produtividade Potencial							
	100%		90%		75%		50%	
	CEes	CEi	CEes	CEi	CEes	CEi	CEes	CEi
	CEes (máximo)							
CEBOLA	1,2	0,8	1,8	1,2	2,8	1,8	4,3	2,9
PIMENTA	1,5	1,0	2,2	1,5	3,3	2,2	5,1	3,4
BATATINHA	1,7	1,1	2,5	1,7	3,8	2,5	5,9	3,9
RABANETE	1,2	0,8	2,0	1,3	3,1	3,1	5,0	3,4
ESPINAFRE	2,0	1,3	3,3	2,2	5,3	3,5	8,6	5,7
BATATA DOCE	1,5	1,0	2,4	1,6	3,8	2,5	6,0	4,0
TÂMARA	4,0	2,7	6,8	4,5	10,9	7,3	12,3	17,9
TOMATE	2,5	1,7	3,5	2,3	5,0	3,4	7,6	5,0
ABACATE	1,3	0,9	1,8	1,2	2,5	1,7	3,7	2,4
FIGO	2,7	1,8	3,8	2,6	5,5	3,7	8,4	5,6
UVA	1,5	1,0	2,5	1,7	4,1	2,7	6,7	4,5
LARANJA-LIMÃO	1,7	1,1	2,3	1,6	3,2	2,2	4,8	3,2
PÊSSEGO	1,7	1,1	2,2	1,4	2,9	1,9	4,1	2,7
MORANGO	1,0	0,7	1,3	0,9	1,8	1,2	2,5	1,7
ALFAFA	2,0	1,3	3,4	2,2	5,4	3,6	8,8	5,9
CAP. BERMUDA	6,9	4,6	8,5	5,7	10,8	7,2	14,7	9,8

(*) - Segundo Ayers e Westcot, 1976 - Irrigation and Drainage paper, nº 24 - FAO; CROP

WATER/REQUIREMENT

** Adicionado.

CEes = Cond. Elet. do extrato de saturação do solo em mmhos/cm ou dS/m.

CEi = Cond. Elet. da água de irrigação em dS/m

Fim

