

MANUAL DO ALUNO

DISCIPLINA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Módulos 3 e 4

República Democrática de Timor-Leste
Ministério da Educação



FICHA TÉCNICA

TÍTULO

MANUAL DO ALUNO - DISCIPLINA DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA
Módulos 3 e 4

AUTOR

ANTÓNIO ESPIGA PINTO

COLABORAÇÃO DAS EQUIPAS TÉCNICAS TIMORENSES DA DISCIPLINA

COLABORAÇÃO TÉCNICA NA REVISÃO

DESIGN E PAGINAÇÃO

UNDESIGN - JOAO PAULO VILHENA
EVOLUA.PT

IMPRESSÃO E ACABAMENTO

Centro de Impressão do Ministério da Educação e Cultura

ISBN

978 - 989 - 753 - 035 - 7

TIRAGEM

700 EXEMPLARES

COORDENAÇÃO GERAL DO PROJETO

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO DE TIMOR-LESTE
2013



Índice

Preparação do Solo.....	9
Apresentação.....	10
Objetivos da aprendizagem	10
Âmbito dos conteúdos.....	11
INTRODUÇÃO	14
1. Produtividade de um solo	15
1.1. Conceito.....	15
1.2. Condicionantes	15
1.3. Processos de melhoria da produtividade de um solo.....	15
2. Mobilizações do solo	19
2.1. Objetivos.....	19
2.2. Mobilização convencional e mobilização mínima.....	20
2.3. Tipos de trabalho do solo	21
2.3.1. Nivelamento e regularização da superfície.....	22
2.3.1.1. Definição.....	22
2.3.1.2. Objetivos.....	22
2.3.2. Lavoura	24
2.3.2.1. Definição.....	24
2.3.2.2. Objetivos.....	25
2.3.2.3. Casos em que se recomendam a lavoura	27
2.3.2.4. Fatores condicionantes.....	28
2.3.3. Subsolagem	28
2.3.3.1. Definição.....	29
2.3.3.2. Objetivos.....	30
2.3.3.3. Casos em que se recorre às subsolagens.....	31
2.3.3.4. Fatores condicionantes.....	33
2.3.4. Ripagem.....	34
2.3.4.1. Definição.....	34
2.3.4.2. Objetivos.....	34
2.3.4.3. Casos em que se recorre às ripagens.....	34



2.3.4.4. Fatores condicionantes.....	35
2.3.5. Gradagem	35
2.3.5.1. Definição.....	35
2.3.5.2. Objetivos.....	36
2.3.5.3. Casos em que se recorre às gradagens.....	36
2.3.5.4. Fatores condicionantes.....	36
2.3.6. Escarificação	37
2.3.6.1. Definição.....	37
2.3.6.2. Objetivos.....	38
2.3.6.3. Casos em que se recorre às escarificações	38
2.3.6.4. Fatores condicionantes.....	40
2.3.7. Rolagem.....	40
2.3.7.1. Definição.....	40
2.3.7.2. Objetivos.....	41
2.3.7.3. Casos em que se recorre à rolagem.....	41
2.3.7.4. Fatores condicionantes.....	41
3. Nutrição Vegetal	42
3.1. Classificação dos nutrientes.....	44
3.3.1. Macronutrientes.....	45
3.3.2. Micronutrientes.....	47
4. Fertilidade	48
4.1. Leis da fertilidade	49
4.1.1. Lei da restituição natural	50
4.1.2. Restituição natural dos nutrientes do solo	50
4.1.3. Implicações da quebra da restituição dos nutrientes nos solos agrícolas	51
4.1.4. Lei do Mínimo.....	51
4.1.5. Lei dos Acréscimos Decrescentes	52
4.2. Processos para a avaliação da fertilidade	52
4.2.1. Análises de plantas	56
4.2.2. Análises de terra	61
4.3. Corretivos	67
4.3.1. Orgânicos.....	67



4.3.1.1. Importância dos corretivos orgânicos.....	68
4.3.1.2. Corretivos orgânicos obtidos na exploração.....	69
4.3.1.2.1. Estrumes.....	69
4.3.1.2.2. Incorporação de resíduos de culturas.....	73
4.3.1.2.3. Compostagem de resíduos orgânicos.....	78
4.3.1.2.4. Sideração.....	88
4.3.1.3. Outros corretivos.....	90
4.3.1.4. Quantidades utilizadas.....	90
4.3.2. Corretivos do pH.....	93
4.3.2.1. Necessidade de corrigir o pH do solo.....	97
4.3.2.2. Tipo de corretivos.....	99
4.3.2.2.1. Acidificantes.....	99
4.3.2.2.2. Alcalinizantes.....	101
4.3.2.3. Quantidade de corretivo a aplicar.....	102
4.4. Fertilizantes minerais.....	102
4.4.1. Classificação.....	103
4.4.1.1. Quanto ao estado físico.....	103
4.4.1.2. Quanto à natureza.....	104
4.4.1.3. Quanto à composição.....	105
4.4.2. Propriedades.....	105
4.4.2.1. Solubilidade.....	105
4.4.2.2. Salinidade.....	107
4.4.2.3. Higroscopicidade.....	107
4.4.2.4. Reação fisiológica.....	108
4.4.2.5. Mistura de Adubos.....	109
4.4.3. Aplicação.....	111
4.4.3.1. Profundidade de adubação.....	113
4.4.3.1.1. Cobertura.....	114
4.4.3.1.2. Fundo.....	115
4.4.4. Precauções na aplicação dos adubos.....	116
4.4.4.1. Efeitos no solo, na água e nas plantas.....	118
4.5. Cálculos de adubação.....	120



4.5.1. Leitura e interpretação do resultado de uma análise	120
4.5.2. Cálculos.....	122
Atividade nº1 - Ensaio de Adubação.....	125
Exercícios	129
Bibliografia	131
Rega e Drenagem	135
Apresentação.....	136
Objetivos da aprendizagem	136
Âmbito dos conteúdos.....	136
Introdução.....	138
1. Rega	141
1.1. Finalidades da rega	142
1.2. Sistemas de rega	143
1.2.1. Rega por gravidade	143
1.2.1.1. Canteiros.....	150
1.2.1.2. Sulcos.....	152
1.2.1.3. Escorrimento superficial	154
1.2.1.4. Caldeiras	155
1.2.2. Rega mecânica	156
1.2.2.1. Rega por aspersão	157
1.2.2.2. Rega gota a gota	159
1.2.2.3. Fertirrigação	160
1.2.3. Origem e qualidade da água.....	160
1.2.4. Dotações de rega e sua distribuição	169
2. Drenagem	173
2.1. Finalidade da drenagem	173
2.2. Sistemas e técnicas de drenagem.....	175
2.3. Manutenção dos sistemas de rega e drenagem	191
Sugestões de atividades práticas.....	195
Sugestão nº 1.....	195
Sugestão nº 2.....	195
Sugestão nº 3.....	195



Exercícios Resolvidos	196
Exercício 1.....	196
Exercício 2.....	196
Exercícios	199
Bibliografia	202







Preparação do Solo

Módulo 3

Apresentação

Este módulo é essencialmente prático e deve ser lecionado após o módulo de Solos e Clima.

Visa dotar o aluno com conhecimentos fundamentais para as boas práticas agrícolas, nomeadamente como fazer uma utilização racional dos equipamentos de mobilização e dos corretivos do solo.

Objetivos da aprendizagem

- Identificar as diferentes operações de mobilização do solo;
- Reconhecer a importância do nivelamento do solo na preparação do terreno para a sementeira/plantação;
- Identificar os condicionalismos a ter em conta na utilização de uma determinada alfaia e/ou operação;
- Reconhecer a importância das mobilizações do solo na preparação do terreno para a sementeira/plantação;
- Executar as diferentes operações de mobilização do solo;
- Identificar os nutrientes fundamentais para a nutrição da planta;
- Definir produtividade de um solo;
- Analisar o perfil de um solo;
- Definir e interpretar a Lei do Mínimo e dos Acréscimos Decrescentes;
- Realizar uma recolha de amostras de terra para análise;
- Utilizar os processos de avaliação da fertilidade de um solo;
- Identificar os principais tipos de corretivos orgânicos;
- Operacionalizar as técnicas de compostagem;
- Identificar os principais tipos de corretivos minerais;
- Utilizar as tabelas de compatibilidade de adubos;
- Aplicar os fertilizantes, segundo as normas de segurança para o aplicador e para o ambiente.



Âmbito dos conteúdos

1. Produtividade de um solo
 - 1.1. Conceito
 - 1.2. Condicionantes
 - 1.3. Processos de melhoria da produtividade de um solo
2. Mobilizações do solo
 - 2.1. Objetivos
 - 2.2. Mobilização convencional e mobilização mínima
 - 2.3. Tipos de trabalho do solo
 - 2.3.1. Nivelamento e regularização da superfície
 - 2.3.1.1. Definição
 - 2.3.1.2. Objetivos
 - 2.3.2. Lavoura
 - 2.3.2.1. Definição
 - 2.3.2.2. Objetivos
 - 2.3.2.3. Casos em que se recomendam as lavouras
 - 2.3.2.4. Fatores condicionantes
 - 2.3.3. Subsolagem
 - 2.3.3.1. Definição
 - 2.3.3.2. Objetivos
 - 2.3.3.3. Casos em que se recorre às subsolagens
 - 2.3.3.4. Fatores condicionantes
 - 2.3.4. Ripagem
 - 2.3.4.1. Definição
 - 2.3.4.2. Objetivos
 - 2.3.4.3. Casos em que se recorre às ripagens
 - 2.3.4.4. Fatores condicionantes
 - 2.3.5. Gradagem
 - 2.3.5.1. Definição
 - 2.3.5.2. Objetivos
 - 2.3.5.3. Casos em que se recorre às gradagens
 - 2.3.5.4. Fatores condicionantes



2.3.6. Escarificação

- 2.3.6.1. Definição
- 2.3.6.2. Objetivos
- 2.3.6.3. Casos em que se recorre às escarificações
- 2.3.6.4. Fatores condicionantes

2.3.7. Fresagem

- 2.3.7.1. Definição
- 2.3.7.2. Objetivos
- 2.3.7.3. Casos em que se recorre à fresagem
- 2.3.7.4. Fatores condicionantes

2.3.8. Rolagem

- 2.3.8.1. Definição
- 2.3.8.2. Objetivos
- 2.3.8.3. Casos em que se recorre à rolagem
- 2.3.8.4. Fatores condicionantes

3. Nutrição Vegetal

3.1. Classificação dos nutrientes

- 3.1.1. Macronutrientes
- 3.1.2. Micronutrientes

4. Fertilidade

4.1. Leis da fertilidade

- 4.1.1. Lei da restituição natural
- 4.1.2. Restituição natural dos nutrientes do solo
- 4.1.3. Implicações da quebra da restituição dos nutrientes nos solos agrícolas
- 4.1.4. Lei do Mínimo
- 4.1.5. Lei dos Acréscimos Decrescentes

4.2. Processos para a avaliação da fertilidade

- 4.2.1. Análises de plantas
- 4.2.2. Análises de terra

4.3. Corretivos

- 4.3.1. Orgânicos
 - 4.3.1.1. Importância dos corretivos orgânicos
 - 4.3.1.2. Corretivos orgânicos obtidos na exploração



- 4.3.1.2.1. Estrumes
- 4.3.1.2.2. Incorporação de resíduos de culturas
- 4.3.1.2.3. Compostagem de resíduos orgânicos
- 4.3.1.2.4. Sideração
- 4.3.1.3. Outros corretivos
- 4.3.1.4. Quantidades utilizadas
- 4.3.2. Corretivos do pH
 - 4.3.2.1. Necessidade de corrigir o pH do solo
 - 4.3.2.2. Tipo de corretivos
 - 4.3.2.2.1. Acidificantes
 - 4.3.2.2.2. Alcalinizantes
 - 4.3.2.3. Quantidade de corretivo a aplicar
- 4.4. Fertilizantes minerais
 - 4.4.1. Classificação
 - 4.4.1.1. Quanto ao estado físico
 - 4.4.1.2. Quanto à natureza
 - 4.4.1.3. Quanto à composição
 - 4.4.2. Propriedades
 - 4.4.2.1. Solubilidade
 - 4.4.2.2. Salinidade
 - 4.4.2.3. Higroscopicidade
 - 4.4.2.4. Reação fisiológica
 - 4.4.2.5. Mistura de Adubos
 - 4.4.3. Aplicação
 - 4.4.3.1. Profundidade de adubação
 - 4.4.3.1.1. Cobertura
 - 4.4.3.1.2. Fundo
 - 4.4.4. Precauções na aplicação dos adubos
 - 4.4.4.1. Efeitos no solo, na água e nas plantas
- 4.5. Cálculos de adubação
 - 4.5.1. Leitura e interpretação do resultado de uma análise
 - 4.5.2. Cálculos



INTRODUÇÃO

A ação direta do homem na intensificação dos processos erosivos verifica-se através de uma inconveniente técnica de utilização do solo. A presença humana determina quase sempre alterações no revestimento vegetal e se a sua influência é marcada continuamente pelo derrube e por queimadas, seguidas da realização de culturas que esquecem a conservação do solo, a degradação deste inicia-se, e a sua perda pode ser total.

Em Timor Leste, o terreno obriga à realização da queimada, mais vulgar na Costa Norte pela maior duração da estação seca, antecipada pelo derrube das árvores; a preparação do solo é efetuada com meios rudimentares, um pau ou ferro aguçado que picam o terreno, sendo a sementeira realizada aquando das primeiras chuvas. Constitui-se, assim, uma “horta” por vezes uns m² junto à habitação, cultivada durante um certo espaço de tempo que geralmente não ultrapassa 6 anos: o milho principalmente, o feijão, a batata, a mandioca muitas vezes misturados na mesma folha sucedem-se, enquanto a fertilidade acumulada ao longo dos anos pelo pousio, muitas vezes sob coberto florestal, não diminui, ou a infestação de gramíneas não vem tornar difícil a utilização do solo. Quando tal sucede o timorense procura outro local para nova “horta” preferindo áreas sob floresta mais férteis e ricas em matéria orgânica, e menos infestadas de espontâneas durante os primeiros anos (Gonçalves, 1993).

A preparação do solo compreende um conjunto de práticas simples e indispensáveis ao bom desenvolvimento das culturas e um conjunto de técnicas que, utilizadas racionalmente, proporcionam alta produtividade mas, se mal utilizadas, podem levar à destruição dos solos a curto prazo, podendo chegar à desertificação de áreas extensas (fig. 1).



Figura 1 - Desflorestação junto a Ramelau.



1. Produtividade de um solo

1.1. Conceito

A fertilidade dos solos depende de um conjunto de fatores, uns de natureza física, outros de natureza química. Da conjugação destes fatores, resulta a capacidade de produção do solo, que, dependendo do seu perfil (sucessão de horizontes) apenas atinge o seu máximo quando o nível de todos os fatores nutritivos e os meios técnicos de mobilização foram corretamente ajustados em função das necessidades dos sistemas culturais.

1.2. Condicionantes

As principais ameaças ao solo são a erosão, a mineralização da matéria orgânica, redução da biodiversidade, a contaminação, a impermeabilização, a compactação, a salinização, o efeito degradante das cheias e dos desabamentos de terras. A ocorrência simultânea de algumas destas ameaças aumenta os seus efeitos, apesar de haver diferentes intensidades regionais e locais (os solos não respondem todos da mesma maneira aos processos de degradação, dependendo das suas próprias características).

Cada área rural tem as suas peculiaridades e requer decisão própria. Para cada caso, dever-se-ão definir as técnicas, de acordo com: a textura do solo, o grau de infestação de invasoras, os resíduos vegetais que se encontram na superfície, a humidade do solo, a existência de camadas compactadas, pedregosidade e os riscos de erosão e máquinas, pelo que as técnicas de preparação do solo, a serem aplicadas em determinada área dependem destes fatores. O estudo do perfil do solo torna-se primordial; contudo, vale a pena lembrar que, sempre que possível, deve-se decidir pelos manejos conservacionistas e mesmo quando tal é impossível, elegerem-se as mobilizações que provoquem o menor revolvimento do solo.

1.3. Processos de melhoria da produtividade de um solo

Os objetivos de uma agricultura sustentável são o desenvolvimento de sistemas agrícolas que sejam produtivos, conservem os recursos naturais, protejam o ambiente e melhorem



as condições de saúde e segurança a longo prazo. Neste sentido, as práticas culturais e de preparação, como a rotação de culturas, a sementeira direta, e a preparação do solo conservacionista, são muito aceitáveis pois, além de controlarem a erosão do solo e as perdas de nutrientes, mantêm e/ou melhoram a produtividade do mesmo.

Nos melhores solos, que em geral são profundos, bem estruturados, possuem textura média, com uma boa drenagem ao longo do perfil, e de suaves inclinações, pode-se manter um alto nível de produtividade mediante a aplicação de escassas, mas bem estruturadas, práticas de conservação de solos; então, um verdadeiro sistema de agricultura sustentável é aquele em que os efeitos benéficos das diferentes práticas de conservação são iguais ou ultrapassam os efeitos adversos dos processos degradativos. O componente vital deste equilíbrio dinâmico é a matéria orgânica, a qual tem que ser mantida através de adições regulares de materiais orgânicos.

Uma das características do solo que mais sofre influência é a estrutura que pode ser considerada o componente básico de sua fertilidade física, ao condicionar o desenvolvimento da porosidade intra e inter-agregados, como a principal via de circulação da água e do ar no solo. A estrutura que envolve uma série de inter-relações muito subtis, estabelecidas entre os componentes minerais e orgânicos do solo e que resulta de uma série de processos físicos, químicos e biológicos, pode facilmente se deteriorar pela ação das forças de compressão derivadas do uso incorreto de máquinas e implementos agrícolas. Os restos vegetais deixados na superfície do solo nos sistemas de manejo conservacionistas (fig. 2),



repercutem-se muito no aumento e na conservação da estabilidade de agregados na superfície e na redução da compactação das camadas subsuperficiais.

Figura 2 - Restolhos no campo agrícola



Todos estes fatores incidem também sobre a capacidade de infiltração de água no solo que é resultante do balanço entre a quantidade de água que chega e a que sai. Neste balanço influi a taxa de infiltração, o escoamento superficial, a ascensão capilar, a drenagem e a evaporação. Do volume de água que cai na superfície, parte infiltra-se no solo e atinge o lençol freático, garantindo a perenização dos cursos de água, enquanto a parte infiltrada é retida pelo solo - constituindo-se em água disponível para as plantas, o que é de grande importância, pois o processo de nutrição das plantas depende da água disponível para a formação da solução do solo - as plantas podem absorver os nutrientes necessários ao seu pleno desenvolvimento.

Parte da água retida no solo é perdida por evaporação e/ou evapotranspiração e, em função da capacidade de infiltração e retenção de água do solo e da intensidade das chuvas, parte pode exceder e ser perdida por escoamento superficial; dependendo do volume e da velocidade deste escoamento, pode ocorrer o arrastamento de partículas de solo (lixiviação) e dos fertilizantes nele aplicados, sedimentando-se em zonas baixas, lagos e rios, o que afeta gradativamente a capacidade produtiva do solo, reduzindo entre outros fatores, a sua fertilidade, a capacidade de infiltração e a retenção de água. Além disso eleva a acidez e provoca irregularidade superficial, o que vem dificultar o uso agrícola, exigindo mais energia e fertilizantes para a manutenção de sua produtividade. Em todos os fatores citados, a matéria orgânica tem participação direta ou indireta, estando presente na atividade agrícola desde a sua origem e até a sua utilização, de maneira histórica, diretamente à fertilidade e à produtividade dos solos cultivados. Em muitos solos, a matéria orgânica humificada do horizonte superficial é o principal fator responsável pela «capacidade de troca de cátions» (CTC) verdadeira dispensa dos nutrientes, que podem ser libertados progressivamente e postos à disposição das culturas; logo, pode-se deduzir que é um componente do solo que tem papel fundamental nas perdas de nutrientes por lixiviação.

À parte desta relação direta há outras indiretas: o húmus, como referido anteriormente, é um dos principais condicionantes do desenvolvimento da estrutura do solo e da sua estabilidade; a degradação da estrutura incide sobre a distribuição do tamanho dos poros e da erodibilidade e perdas de solo da zona, que costuma ser a mais rica em húmus e nutrientes; por outro lado, os resíduos das culturas deixados na superfície pelos sistemas de preparação conservacionistas protegem a ação direta do impacto das



gotas de chuva (responsáveis pelo desaparecimento de poros e pela formação de crostas superficiais), incidem sobre a temperatura e a humidade do solo e, também, reduzem o escoamento superficial.

Assim, pode-se dizer que a proteção da superfície do solo nos sistemas de mobilização dos solos evita perdas de humidade por evaporação, o que, unido ao desenvolvimento de uma quantidade maior de macroporos aptos para a transmissão de água e de microporos para a sua retenção, proporcionam incremento significativo na capacidade de armazenamento de água e nutrientes e melhor disponibilidade destes para as culturas.



2. Mobilizações do solo

2.1. Objetivos

As operações de preparação do solo podem iniciar-se logo após a colheita, até poucos dias antes da sementeira, sendo que os principais objetivos são os seguintes:

- Eliminar e incorporar restos culturais e plantas daninhas para a limpeza da área e promover a decomposição da matéria orgânica. Esta operação deve ser feita preferencialmente com antecedência à época da sementeira, pois durante o processo de decomposição há formação de gases tóxicos que podem causar sérios problemas às plântulas.
- Promover a germinação de sementes de plantas daninhas e de sementes da cultura anterior que caíram ao solo. As plantas assim emergidas deverão ser destruídas periodicamente manualmente ou através de máquinas ou de herbicidas, para reduzir desta forma a população de plantas indesejadas entre colheitas (fig. 3).



Figura 3 - Preparação do solo

- Destruir insetos e outras pragas hibernantes, que ficam hospedados nos restolhos e nas plantas daninhas, aguardando a implantação de nova cultura.
- Eliminar plantas hospedeiras e focos iniciais de microrganismos patogénicos, operação particularmente importante, caso tenham ocorrido doenças na cultura anterior.



No sistema da cultura do arroz irrigado e até em outras culturas irrigadas com o emprego de sementes pré-germinadas, os métodos de preparação do solo diferem dos tradicionalmente utilizados na cultura de sequeiro, nomeadamente na fase de acabamento. A preparação do solo inicia-se no período de repouso, através da limpeza e manutenção dos canais de drenagem e irrigação. Os muros de suporte devem ser reparados e roçados.

Vários métodos de preparação do solo podem ser utilizados, sendo a escolha de um ou outro dependente das características da propriedade, tais como área cultivada, tipo de solo, características das máquinas e alfaias disponíveis. Os principais métodos são os seguintes:

- Logo após a colheita, eliminam-se os restos da cultura com uma roçadeira; seca a palha, esta é incorporada no solo com charrua e, posteriormente, o destorroamento que é feito com grade de discos ou enxada rotativa. Periodicamente, quando verificada a emergência das plantas daninhas, efetua-se a gradagem ou a fresagem, para destruí-las.
- Eliminados os restos culturais, efetua-se a gradagem, objetivando a incorporação parcial da matéria orgânica periodicamente, verificando-se a infestação da área por plantas daninhas; a operação é repetida se for necessário.

2.2. Mobilização convencional e mobilização mínima

De maneira geral, podem considerar-se, os seguintes tipos de preparação do solo:

Preparação convencional - provoca inversão da camada arável do solo, mediante o uso de charrua; a esta operação seguem-se outras, secundárias, com grade ou cultivador, para triturar os torrões; toda a superfície é removida. Este tipo de preparação só deve ser utilizado onde se necessite de incorporação de corretivos ou rompimento de camadas compactadas (fig. 4).



Figura 4 - Preparação do solo com grade pesada em sistema convencional.



Preparação mínima - Consiste no uso de máquinas próprias sobre os resíduos da cultura anterior, com o revolvimento mínimo necessário para a cultura seguinte. Geralmente é utilizado um escarificador pesado que mobiliza o solo a pelo menos 15cm de profundidade, o que é suficiente para romper a crosta (fig. 5).



Figura 5 - Preparação mínima com escarificador pesado.

Sementeira direta - Aqui, as sementes são semeadas através de semeadores especiais sobre a palhada da cultura anterior (fig. 6)



Figura 6 - Sementeira direta em palha de soja

2.3. Tipos de trabalho do solo

As ações de mobilização de solo conduzem à alteração de relevo natural ou das camadas do solo arável pelo que devem ser efetuadas de forma responsável e quando estritamente necessárias.



2.3.1. Nivelamento e regularização da superfície

Sistematização da área

Os solos de várzeas ocorrem, normalmente, em relevo plano a suavemente ondulado, apresentando desuniformidade ou microrrelevos na superfície que dificultam o uso adequado de práticas culturais. A correção dessas imperfeições é benéfica, independentemente do sistema de cultural a ser adotado, sendo a sistematização da superfície, a principal técnica utilizada para este fim.

A sistematização dos solos de várzea é um processo de adequação da superfície do terreno de forma a transformá-lo em um plano ou numa curva, que, entre outras vantagens, permite uma melhor gestão da água, tanto na irrigação como na drenagem.

2.3.1.1. Definição

A sistematização do terreno, em sentido amplo, consiste em se estabelecer um sistema funcional de manejo, que envolva drenagem, irrigação, remoção de detritos vegetais, locação e construção de estradas internas e canais, entaipamento e regularização da superfície do solo. De forma mais restrita, a sistematização envolve apenas o alisamento (regularização da superfície) para correção do microrrelevo, visando eliminar pequenas diferenças no nível do solo, tornando-o plano, mas com o declive natural do terreno. De modo geral, o alisamento, embora apresente menor movimentação de solo, menor custo de implantação e melhores condições de drenagem, é menos eficiente no controle da irrigação em relação ao nivelamento, que tem por objetivo adequar a superfície do terreno através da movimentação do solo, podendo este apresentar ou não declividade em função da cultura a ser implantada na área.

2.3.1.2. Objetivos

Num projeto de lavoura, é necessário ter em conta os aspectos referentes à drenagem e irrigação da área, a profundidade e fertilidade do solo, para dimensionar os cortes e aterros.



Para obter sucesso e eficiência num projeto de sistematização o produtor deverá estabelecer um planeamento com base em critérios técnicos bem definidos:

a) **Profundidade de corte** - a profundidade máxima depende do tipo de solo. Normalmente, os solos de várzeas, por serem rasos, com profundidade média em torno de 45 cm, não admitem cortes superiores a 10 cm. No caso de cortes superiores a 10 cm, recomenda-se uma análise química do solo detalhada para possível correção de seus elementos químicos via correção e adubação química e orgânica (fig. 7).



Figura 7 - Recetor de raios laser montado numa niveladora na execução da sistematização em solo seco.

Um dos métodos mais utilizados para a sistematização da área no sistema pré-germinado, é o chamado “Preparação com Água”, que consiste em utilizar a água como referência de nível. Inicialmente, após a preparação com grade niveladora ou enxada rotativa, o produtor deve colocar água em 1/3 da área e, então, remover a terra da parte alta, que não está submersa, para a parte baixa, até que toda a área apresente uma lâmina de água uniforme (fig. 8).



Figura 8 - Aspeto de lavoura para sistematização com água.

Para a movimentação do solo na água, deve ser utilizada uma lâmina (pá niveladora) traseira ou uma prancha de madeira, denominada alisadora (fig. 9). O produtor deve



considerar, ainda, que muitas vezes, em função da condição de alta humidade, pode ser necessário equipar os tratores com sobrerrodas ou rodas gaiolas (fig. 10).



Figura 9 - Processo de nivelamento do solo com água, com lâmina traseira ou pranchão e Operação com pá alisadora para acabamento da superfície do solo



Figura 10 - Utilização de sobrerrodas pé de pato para a formação de lama na preparação do solo e Trator equipado com rodas-gaiola para acabamento do solo com pá alisadora

2.3.2. Lavoura

A lavoura é o conjunto de operações primárias e secundárias realizadas para preparar uma cama de sementeira, para uma determinada cultura.

2.3.2.1. Definição

Lavoura primária é a destinada a abrir pela primeira vez o solo, é realizada com as charruas de relha e aiveca, charrua-grade (múltipla ou de aivequilhos) ou escarificador pesado. A lavoura secundária inclui as operações de refinamento e nivelação na preparação da cama de sementeira, é executada com diferentes tipos de grades de discos, grades de dentes, rolos desterroadores, escarificadores ou cultivadores e vibrocultores.



O solo é um corpo natural complexo, as suas propriedades são mutantes e evolui como tal.

2.3.2.2. *Objetivos*

Tende para um equilíbrio em que as mudanças são quase impercetíveis em solos virgens; colocados sob cultura, procuram um novo equilíbrio com bruscas mudanças e alterações das suas propriedades físicas, químicas e biológicas e as operações de lavoura geram profundas modificações que alteram o seu equilíbrio.

As charruas invertem as camadas de terra sobre os quais trabalham em maior ou menor grau, deixando a superfície exposta aos efeitos deteriorantes das altas temperaturas e chuvas. A charrua de relha e aiveca incorpora cem por cento dos restos existentes à superfície, a charrua de discos enterra cinquenta por cento e a grade trinta por cento. Estes valores podem ser modificados segundo o tipo de resto, velocidade de lavoura, inclinação dos discos, etc. (fig. 11).



Figura 11 - Charrua de aivecas e charrua de discos

Comportamento das diferentes ferramentas na lavoura secundária

Grade de discos - de uso frequente devido ao seu fácil manejo e versatilidade. A grade é uma ferramenta que se emprega para nivelar o terreno, romper os torrões, remover o solo e destruir ervas daninhas, gera um alto grau de erosão nos solos (fig. 12).





Figura 12 - Grade de discos

Grade de dentes - empregada para amolecer o terreno lavrado imediatamente antes da sementeira, de menor agressividade do que a alfaia anterior, resultar ser o complemento ideal da charrua e da grade, o seu grau de agressividade aumenta ao ser utilizada em tandem com a grade de discos (fig. 13).



Figura 13 - grade de dentes em madeira e grade de dentes acoplada ao trator

Rolo destorroador - é utilizado com o fim de completar a fratura de torrões, simultaneamente atua como compactador quando a quantidade de restolho é grande e o tempo de decomposição curto, melhorando as condições de uso para a sementeira e o contacto solo-semente. Nos solos de estrutura fraca a pressão é habitualmente excessiva, provocando a degradação da estrutura. Nos solos limosos e argilosos a sua ação provoca a formação de crostas duras (fig. 14).





Figura 14 - Rolo desterroador

Vibrocultor - cumpre a tarefa da grade de dentes. A sua diferença estrutural radica nos braços elásticos que o conformam. Este implemento produz com a sua vibração golpes secos sobre os torrões, partindo-os por impacto, e também descalça as ervas daninhas expondo-as ao sol. É uma alfaia que normalmente é usada a alta velocidade (9-12 Km/h) (fig. 15).



Figura 15 - Vibrocultor

2.3.2.3. Casos em que se recomendam a lavoura

- Vantagens
 - Mobilização do solo com equipamento pouco sofisticado e de potência relativamente baixa, em geral disponível nas explorações agrícolas



A **agricultura contemporânea** é caracterizada pela grande utilização de meios tecnológicos, que ampliaram a quantidade e a qualidade da produção.

Com máquinas potentes, e usufruindo de inovações tecnológicas, boa parte dos trabalhadores deixaram de empregar a força física de trabalho diretamente na preparação da terra, e agora exercem outras funções, tais como operar máquinas agrícolas, consertá-las e gerir a propriedade.

- inconvenientes / limitações da lavoura:
 - só é aplicável a solos com boa profundidade;
 - a época de execução deve limitar-se ao período de sação (nem seco, nem encharcado);
 - não deve ser aplicada em declives superiores a 35%;
 - pode provocar redução da fertilidade ao nível do sistema radical (devido à inversão de horizontes).

2.3.2.4. Fatores condicionantes

A lavoura produz modificações geralmente desfavoráveis do ponto de vista da conservação de algumas propriedades dos solos: Degradação integral do recurso solo (alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas), aumento de erosão hídrica e eólica das superfícies agrícolas e perda de produtividade dos solos.

Com a incorporação da maquinaria adequada, pretende-se encarar o crescente custo e escassez de mão-de-obra, aumentando a velocidade e eficiência do trabalho da lavoura de modo a melhorar a produtividade, mas tem que se contemplar uma atitude conservacionista dos recursos naturais, trabalhando cuidadosamente cada sistema de produção e aproveitando a evolução dos sistemas de agricultura, com tendência para a realização das tarefas com critérios de sustentabilidade.

2.3.3. Subsolação

Subsolação ou escarificação

Apesar dos muitos séculos passados, as preocupações dos agricultores da atualidade não têm sido muito diferentes daquelas que tinham os homens que iniciaram a sementeira



da cevada, trigo e milho, quando deixaram de ser nômadas. As primeiras ferramentas utilizadas na agricultura consistiam em hastes de madeira ou pedaços de ossos e tinham por principal finalidade o rompimento da camada superficial do solo, seca e compactada pela ação natural do tempo (ventos, impacto dos pingos de chuva e translocação de partículas do solo).

Hoje, a compactação do solo, devido à ação do homem, em decorrência da utilização e preparação intensiva do solo agrícola, valendo-se de máquinas, alfaías e tratores cada vez maiores e mais pesados e, considerando-se a intensificação da migração das partículas do solo, devido à sua mobilização, tem gerado graves problemas na agricultura moderna.

2.3.3.1. Definição

A utilização de máquinas tais como o arado, grade e enxada rotativa (fresa), resolve o problema da compactação do solo nas camadas superficiais; porém, na maioria dos casos, transfere-a para camadas mais profundas. A utilização dessas máquinas, quase sempre à mesma profundidade e por diversos anos consecutivos, tem contribuído para o surgimento das camadas compactadas logo abaixo da linha de ação dos órgãos ativos das mesmas, sendo denominada de compactação subsuperficial (conhecida também como calo de lavoura, soleira, pé de arado ou pé de grade) (fig. 16).



Figura 16 - Subsolador e Subsolador com aplicador de adubo

O interesse no projeto de equipamentos para romper as camadas compactadas do subsolo, principalmente aquelas oriundas da ação dos órgãos ativos das máquinas de preparação do solo, teve início em meados da década de cinquenta, nos Estados Unidos



da América, no Brasil e em Portugal, a partir da década de setenta do século XX. A máquina utilizada para romper essas camadas compactadas foi denominada subsolador (*subsoiler*) que também é conhecida como ripagem.

2.3.3.2. Objetivos

A primeira característica a considerar, antes de se optar pela subsolagem ou ripagem de uma área agrícola, é que esta é uma operação de alto consumo energético, provavelmente o maior dentre as operações agrícolas. Portanto, somente devem ser mobilizados os solos que realmente necessitem desse trabalho, devendo a profundidade de subsolagem ser compatível com a faixa compactada do solo. Levantamentos iniciais sobre o tipo de solo e suas condições (densidade do solo, resistência mecânica à penetração, teor de água e profundidade da camada compactada) são de extrema importância para a tomada de decisão.

Deve-se observar também que, apesar de onerosa, a operação de rompimento das camadas compactadas do solo, quando não realizada, representa uma sensível diminuição da produção para a maioria das culturas comerciais, gerando prejuízo para os agricultores. Nestas situações, a utilização dessa técnica torna-se necessária e a seleção adequada do equipamento pode representar um sensível aumento de produção.

É importante esclarecer que as conclusões de um diagnóstico para a subsolagem agrícola de certa área nunca devem ser extrapoladas para áreas de características diferentes, mesmo que sejam de uma mesma propriedade agrícola.

Finalmente deve-se salientar que os efeitos visuais que a compactação do solo provoca nas plantas muitas vezes podem advir da falta de água no solo, da toxicidade por alumínio ou por manganês ou pelo ataque de nemátodos.

Da mesma forma que a subsolagem do solo agrícola foi introduzida para resolver um problema específico, outro equipamento muito parecido com o subsolador passou a ser utilizado com bastante sucesso pelos agricultores, tendo sido denominado escarificador ou arado cinzel.

O escarificador tem o mesmo princípio de rompimento do solo por propagação das trincas, ou seja, o solo não é cortado como na lavoura ou gradagem e sim rompido nas suas linhas de fraturas naturais ou através das interfaces dos seus agregados (fig. 17).





Figura 17 - Escarificador

Desta forma, ambos os equipamentos utilizam hastes que são cravadas no solo e provocam o seu rompimento para frente, para cima e para os lados. É o chamado rompimento tridimensional do solo em blocos. Isto permite dizer que este tipo de mobilização é menos agressiva do que aquelas nas quais as lâminas cortam o solo de forma indiscriminada e contínua, destruindo a sua estrutura original.

Na agricultura moderna, os escarificadores vêm substituindo com grandes vantagens os arados, charruas e grades e, em muitas regiões, fizeram com que as outras alfaías passassem a fazer parte do passado histórico da agricultura.

As diferenças entre os subsoladores e os escarificadores são conceituais e funcionais, ou seja, o primeiro tem a função básica de romper camadas compactadas do solo e o segundo de preparar o solo. O subsolador trabalha a profundidade superior à do escarificador.

2.3.3.3. Casos em que se recorre às subsolagens

Estes equipamentos foram introduzidos na agricultura quase na mesma época da adoção de técnicas conservacionistas de preparação do solo, tais como a mobilização mínima e o sistema de sementeira direta. Essa coincidência na realidade não foi um mero acaso, pois os precursores dessas novas tecnologias ressentiam-se da falta de equipamentos específicos que mobilizassem de forma drástica e definitiva o solo anteriormente manipulado com as técnicas convencionais, rompendo assim as camadas compactadas do solo remanescentes para que pudessem implantar os sistemas conservacionistas sem sofrerem as consequências nocivas e duradouras das operações anteriormente adotadas.



Desta forma, a subsolagem do solo passou a ser uma operação obrigatória antes da implantação do sistema de sementeira direta e, hoje em dia, é uma recomendação fundamental para o sucesso desse sistema.

Operação e afinações

Para se realizar uma operação adequada de mobilização do solo são necessárias algumas escolhas e afinações:

a) Profundidade de subsolagem: deve ser escolhida em função da localização da camada compactada ou adensada no perfil do solo, adotando-se uma profundidade de subsolagem 5 a 10 cm mais profunda do que a parte inferior da camada compactada. Existe uma profundidade máxima de trabalho para cada geometria de haste, a partir da qual a área mobilizada do solo não apresenta aumentos significativos e a própria haste começa a provocar a compactação do solo, além de provocar um aumento significativo da resistência específica do solo (força de tração por unidade de área mobilizada). Essa profundidade apresenta grande correlação com a geometria da ponteira da haste e com as condições e tipo de solo, recebendo o nome de “PROFUNDIDADE CRÍTICA”.

O solo se compacta a partir da profundidade crítica (p_c) até à superfície, independentemente da profundidade da haste (p). A profundidade crítica é uma função direta da largura da ponteira (b) e, em função do tipo e condições dos solos ensaiados, ficou estabelecida a relação: $p = (5 \text{ a } 7) b$.

b) Número de hastes: o número de hastes a serem utilizadas num subsolador e num escarificador dependerá da disponibilidade de potência do trator para executar a tração.

c) Espaçamento entre hastes: influi diretamente na largura de corte total do implemento que, por sua vez, é diretamente proporcional à capacidade de campo.

SUBSOLADOR COM PONTEIRAS SEM ASAS:

Espaçamento entre hastes na faixa de 1,0 a 1,5 vezes a profundidade de trabalho.

SUBSOLADOR COM PONTEIRAS COM ASAS:

1,5 a 2,0 vezes a profundidade de trabalho.



2.3.3.4. Fatores condicionantes

Também, em função da forma como o sistema de plantação ou sementeira direta é conduzida, ou seja, como é gerido o tráfego de máquinas nos tratamentos culturais e na colheita, principalmente no tocante ao estado de humidade do solo durante essas operações e o tipo de rodado do trator utilizado, o agricultor vê-se obrigado a interromper o ciclo cultural sem mobilização do solo, sendo então recomendado o rompimento das camadas compactadas que passam a influir significativamente no crescimento das raízes, infiltração e capilaridade da água, absorção de nutrientes e troca catiónica e, finalmente, na produtividade das culturas.

A partir do diagnóstico da profundidade e intensidade da compactação existente na área, o agricultor poderá optar pela escarificação ou subsolagem e, caso a propriedade esteja georreferenciada e sendo gerida através da agricultura de precisão, decisões de adoção da subsolagem ou escarificação poderão ser tomadas para toda a área, para talhões ou de forma localizada e em profundidade variável.

Os semeadores utilizados atualmente nos sistemas de sementeira direta estão cada vez mais evoluídos e eficientes, graças às pesquisas realizadas por alguns pesquisadores, hoje em dia, pode-se dizer que o conceito de não mobilização do solo (no *tillage* ou zero *tillage*) não mais existe na área agrícola. O sistema de sementeira direta atual utiliza o conceito de preparação em faixa ou em linhas de plantação, uma vez que os semeadores são equipados com braços e bicos escarificadores em cada linha de sementeira e estes nada mais são do que hastes (cinzel) que chegam até a 35 cm de profundidade, dependendo do modelo e tipo de semeador. Portanto, este modelo de preparação se aproxima bastante da mobilização mínima ou da sementeira com operações conjugadas, ou seja, preparação com equipamentos múltiplos numa mesma passagem (mobilização do solo, sementeira, adubação e acabamento da superfície do solo).

Talvez um exemplo do sistema de sementeira sem mobilização do solo que ainda está sendo utilizado seja o coveamento direto na plantação de reflorestamento, principalmente quando se utilizam coveadoras mecanizadas com processo de trabalho contínuo, sem a necessidade de paragem do trator para abrir as covas. Já a subsolagem com adubação e posterior plantação nas entrelinhas das árvores anteriormente retiradas é, tipicamente, um caso de mobilização mínima no reflorestamento e não plantação direta.



2.3.4. Ripagem

É uma variante mais simples da subsolagem.

2.3.4.1. Definição

É uma preparação **mecanizada e linear** que provoca a **rutura de horizontes** do solo **num plano vertical, sem alterar a sua disposição** - realizada segundo linhas equidistantes paralelas entre si e à curva de nível, a uma profundidade de 50-70 cm (fig. 18).



Figura 18 - Ripper de um dente

2.3.4.2. Objetivos

Recorre-se à ripagem sempre que se pretende melhorar as condições de desenvolvimento do sistema radicular e de infiltração de água.

2.3.4.3. Casos em que se recorre às ripagens

Recorre-se sempre que se deseja provocar a rutura de horizontes impermeáveis (a profundidades <80-90 cm). Esta técnica:

- acelera processo de meteorização da rocha mãe;
- em regiões de pluviosidade elevada - > 1200mm, reduz a possibilidade de ocorrência de solos encharcados;



- quando a rocha mãe se encontra próximo da superfície e já está parcialmente meteorizada (litossolos de xisto)
- não promove a alteração relativa de horizontes, mantendo-se os mais ricos na proximidade do sistema radicular

2.3.4.4. *Fatores condicionantes*

Inconvenientes/limitações:

- não pode ser utilizada em terrenos com declives superiores a 35%, nem com elevada pedregosidade
- pode promover o transporte para a superfície de blocos provenientes de horizontes mais profundos
- não deve ser efetuada em estações com baixa pluviosidade, pois pode acentuar o *deficit* hídrico
- não é aconselhável:
 - em solos arenosos profundos
 - em solos em que o teor de argila é muito elevado
- Nestes casos o sulco deixado pelo ripper pode funcionar como chaminé para perda de água na estação seca

2.3.5. *Gradagem*

A Gradagem é um método que consiste em aplainar o solo por meio de grades puxadas por tratores ou animais; também pode ser utilizada no combate às plantas daninhas.

2.3.5.1. *Definição*

É uma técnica de limpeza de uma área efetuada com uma alfaia agrícola chamada grade que consiste em cortar e enterrar a vegetação e promover ligeira mobilização do solo. Obtêm-se bons resultados em quase todos os tipos de solos, com exceção dos oriundos de areias ou com elevada percentagem de afloramentos rochosos.



2.3.5.2. Objetivos

Este método permite aplainar o solo por meio de grades puxadas por trator; também pode ser utilizada no combate às plantas daninhas.

Grade - alfaia agrícola usada para o destorroamento, nivelamento e limpeza do solo já lavrado, constituído de uma armação com dentes rígidos ou flexíveis, de formas diferentes e feito de madeira ou metal (fig. 19).



Figura 19 - Gradagem com tração animal e grade de discos

2.3.5.3. Casos em que se recorre às gradagens

Obtêm-se bons resultados em quase todos os tipos de solos, com exceção dos oriundos de areias ou com elevada percentagem de afloramentos rochosos. Depois de lavrado ou ripado, o solo ainda poderá conter muitos torrões, o que dificultaria a emergência das sementes e o estabelecimento das culturas. Com a utilização da grade, os torrões são desfeitos e a superfície do solo torna-se mais uniforme. É uma alfaia agrícola que é mais utilizada em mobilização convencional, é utilizada para descompactação do solo e também controle de plantas daninhas, só remove a camada superficial do solo.

2.3.5.4. Fatores condicionantes

Vantagens:

- Desterroar o solo;
- Pulverizar o solo;
- Nivelar o solo;



- Destruição de ervas daninhas;
- Picar, misturar e incorporar restos de culturas e adubos verdes;
- Enterrar sementes, fertilizantes e corretivos;
- Escarificações superficiais e profundas.

Inconvenientes:

Muitas pessoas utilizam este método porque ainda não conhecem a sementeira direta, que é um meio bem mais económico e ecologicamente correto que o método convencional.

2.3.6. Escarificação

O escarificador é a alfaia responsável pela escarificação.

Escarificar significa romper o solo da camada arável de 15 a 30 cm com o uso de equipamentos denominados escarificadores. Esses são alfaias de braços que são utilizados na preparação primária do solo, e que apresentam vantagens sobre as grades de discos pelo fato de não promoverem uma inversão da camada de solo obtendo-se, com isto, maior capacidade operacional e principalmente menor alteração da estrutura do solo. Devem ser utilizados para descompactar o solo, rompendo camadas compactadas, facilitando a penetração das raízes e a infiltração da água no solo.

2.3.6.1. Definição

A alfaia de braços e bicos, em função do seu modo de ação rompe o solo nos seus pontos de resistência, pulverizando-o menos e afetando pouco os seus agregados, originando assim, maior porosidade e estabilidade estrutural a esse solo, reduzindo significativamente os problemas de erosão hídrica. A escarificação do solo pode ser adotada para reduzir a compactação em sementeira direta e, conseqüentemente, diminuir a densidade e principalmente a resistência mecânica à penetração das raízes no solo.



2.3.6.2. *Objetivos*

Ralisch *et al.* (2001) estudaram o efeito da escarificação sob um Latossolo Vermelho, de textura argilosa, tendo concluído que a operação de escarificação resulta em efeitos imediatos na redução da resistência do solo à penetração, porém os mesmos não perduram por mais de um ciclo cultural. Porém, Secco e Reinert (1997), comparando escarificadores com a sementeira direta, concluíram que o uso de escarificadores proporcionou uma maior porosidade total do solo e rugosidade superficial, e essas condições têm um efeito residual por pelo menos até 10 meses após a operação. Constataram efeito residual da escarificação num solo franco arenoso, após dois anos, concluindo que este efeito pode diminuir, mas persiste por anos. A escarificação é uma prática agrícola que pode ser utilizada para diminuir o estado de compactação em lavouras sob sementeira direta, ocasionando aumento de rendimento de grão na cultura do milho.

O escarificador tem o mesmo princípio de rompimento do solo por propagação das fraturas, ou seja, o solo não é cortado como na lavoura ou gradagem mas rompido nas suas linhas de fraturas naturais ou através das interfaces dos seus agregados. Desta forma, ambos os equipamentos utilizam hastes que são cravadas no solo e provocam o seu rompimento para a frente, para cima e para os lados. É o chamado rompimento tridimensional do solo em blocos. Isto permite dizer que este tipo de mobilização é menos agressiva do que aquelas nos quais as lâminas cortam o solo de forma indiscriminada e contínua, destruindo a sua estrutura original.

2.3.6.3. *Casos em que se recorre às escarificações*

Na agricultura moderna, os escarificadores vêm substituindo com grandes vantagens os arados e grades e, em muitas regiões, estes passaram a fazer parte do passado histórico da agricultura (figs. 20, 21 e 22).



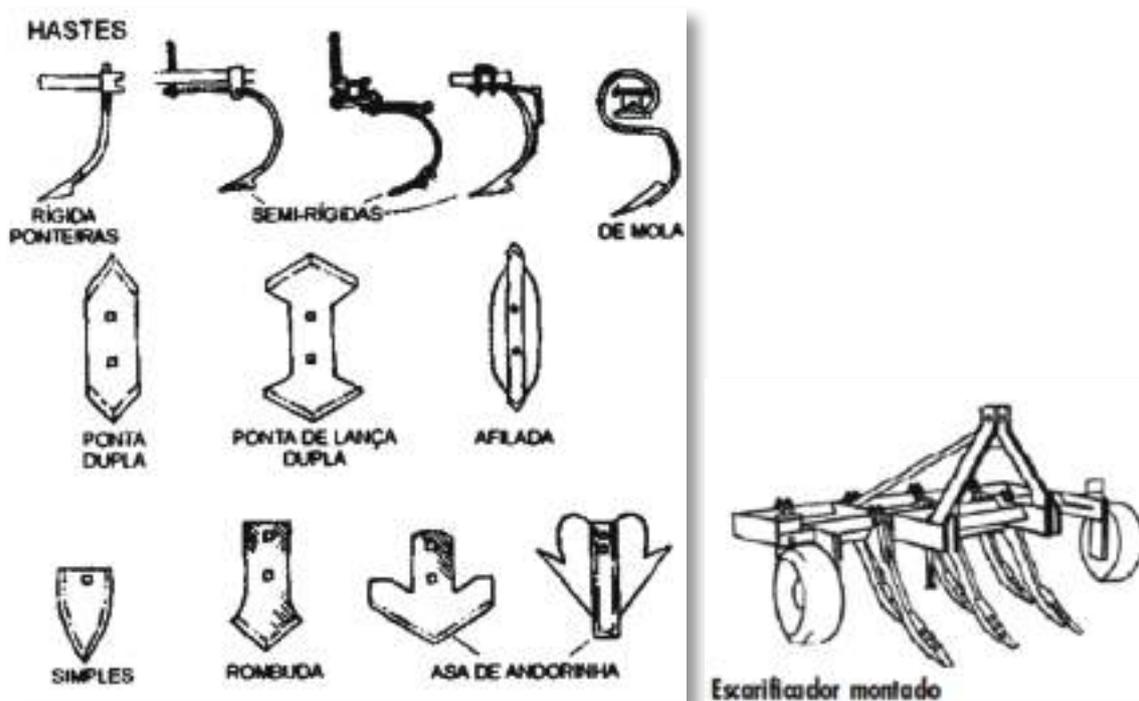


Figura 20 - Pontas de escarificadores



Figura 21 - Escarificador de arrasto com comando hidráulico remoto



Figura 22 - Escarificador montado



2.3.6.4. Fatores condicionantes

Estudos mostram que nas regiões tropicais, subtropicais e temperadas, os sistemas de preparação do solo para cultivo com revolvimento intensivo provocaram a rápida degradação da terra promovendo o surgimento de erosão, redução da matéria orgânica, perda das camadas superficiais mais férteis e compactação, que se reflete em problemas de natureza económica, social e ambiental. Nesse contexto, sistemas com mínima mobilização do solo apresentaram-se como práticas alternativas para a redução de sua degradação física, química e biológica. O uso da técnica de escarificação para revolver a terra e descompactar as áreas de cultivo deve ser realizado de forma planeada, sob condições de humidade adequadas.

2.3.7. Rolagem

É executada com um rolo compactador de terra, fixado ao trator, com funções de compactar a terra na área trabalhada (fig. 23).



Figura 23 - Rolo compactador

2.3.7.1. Definição

A rolagem tem como objetivo a compactação de solos muito freáveis ou a incorporação no solo de manta morta.



2.3.7.2. Objetivos

A cobertura morta mantém a humidade do solo, controla o mato, evita a erosão e aumenta a atividade microbológica do solo.

Palha de feijão e de soja têm mostrado bons resultados para esse objetivo. Outra forma muito interessante de se obter cobertura morta, para evitar a concorrência de plantas daninhas nos períodos críticos do verão, é com a sementeira de aveia, durante a época seca, e sua rolagem com rolo canelado traçado por animal (fig. 24).



Figura 24 - Rolagem da palha

2.3.7.3. Casos em que se recorre à rolagem

Em solos arenosos, recomenda-se fazer uma compactação do solo com rolo compactador, após a sua preparação e após a sementeira da forrageira.

2.3.7.4. Fatores condicionantes

Uma das consequências é a compactação dos solos, se esta técnica for usada de modo impróprio.



3. Nutrição Vegetal

O crescimento vegetal não é função de um único fator, mas da ação interativa de muitos.

Os fatores que controlam o crescimento das plantas podem ser:

- a. Genéticos: a seleção de variedades mais resistentes ao ataque de pragas e doenças é facto conhecido e de grande importância no processo produtivo.
- b. Ambientais: a humidade, o arejamento, a energia solar, a temperatura, o solo, as pragas e doenças, os microrganismos do solo e as práticas culturais.

Estes fatores estão estritamente relacionados, mas podem ser agrupados em Clima, Solo, Vegetal e também o Homem que engloba nele todos os fatores que trabalhados são capazes de modificar a produção.

Cada fator afeta diretamente o crescimento das plantas e cada um está relacionado com os outros.

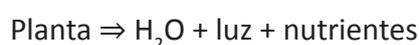
Exemplificando: a água e o ar ocupam o espaço poroso do solo, e os fatores que afetam as relações de água necessariamente influenciam o ar do solo. Por sua vez, mudanças no teor de humidade afetam a temperatura do solo. O crescimento de raízes é influenciado pela temperatura, água e ar.

Nutrientes essenciais para as plantas

Para que uma planta se desenvolva normalmente, ela necessita de alguns requisitos indispensáveis: local favorável à fixação das suas raízes; temperatura adequada, luz solar, ar, água, quantidade suficiente de elementos nutrientes, etc. Essas necessidades são atendidas, em maior ou menor proporção, pelas condições de clima e solo do local onde se encontra a planta.

Atendidas as necessidades básicas acima mencionadas, as plantas superiores providas de clorofila, partindo do carbono, oxigénio e hidrogénio, retirados do ar e da água e de diversos elementos minerais provenientes do solo, conseguem, com o auxílio da energia fornecida pela luz solar, sintetizar a matéria orgânica necessária à sua própria formação.

Resumidamente temos:



Assim, através da FOTOSSÍNTESE, as plantas têm a capacidade de formar nas suas células clorofilinas, inicialmente compostos orgânicos de estrutura simples (fig. 25); depois partem daí para compostos de estrutura mais complexa, como celulose, amido, açúcares diversos, ácidos orgânicos, gorduras, proteínas, enzimas, vitaminas, etc. Relembrando a equação geral da fotossíntese:

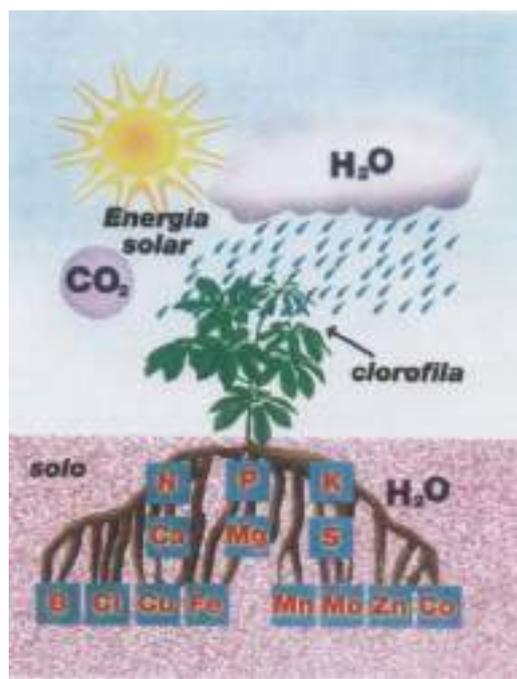
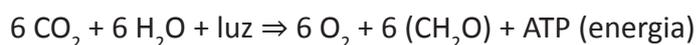


Figura 25 - Nutrientes essenciais às plantas

Para sintetizar todas estas substâncias, as plantas utilizam 18 elementos considerados indispensáveis ao seu metabolismo e que são denominados, nutrientes de plantas, e são agrupados ou classificados da seguinte forma:

- a. Orgânicos: carbono (C), hidrogénio (H) e oxigénio (O), que são elementos originados da água e ar. São responsáveis pela formação de cerca de 90 a 96% dos tecidos vegetais.
- b. Minerais: Macronutrientes (primários e secundários) e Micronutrientes, que são elementos originados do solo e responsáveis por cerca de 10 a 4% dos tecidos vegetais. Os macronutrientes são requeridos em maiores quantidades pela planta, e os micronutrientes são aqueles requeridos em menores quantidades.



É importante ressaltar que embora sejam requeridos em menor quantidade, os micronutrientes são tão necessários à planta quanto os macronutrientes, sendo esta separação meramente quantitativa (pelos teores encontrados nas plantas), podendo variar entre as diferentes espécies.

- Macronutrientes primários: azoto (N), fósforo (P) e potássio (K).
- Macronutrientes secundários: cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S).
- Micronutrientes: boro (B), cloro (Cl), cobalto (Co), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), silício (Si) e zinco (Zn).

A separação entre macronutrientes primários e secundários é apenas didática, uma vez que eles são igualmente essenciais.

3.1. Classificação dos nutrientes

Por definição, nutrientes minerais têm funções específicas e essenciais no metabolismo das plantas. Eles podem ser classificados, de acordo com as suas quantidades relativas requeridas pelas plantas, em Micro e macronutrientes.

A maioria dos micronutrientes é, via de regra, constituinte de enzimas e são utilizados somente em pequenas quantidades. Os macronutrientes, por sua vez, participam da estrutura de compostos orgânicos tais como proteínas e ácidos nucleicos, ou atuam como solutos osmóticos. As diferenças quanto à função dos elementos minerais refletem-se, pois, nas suas concentrações médias adequadas ao crescimento da planta. Esses valores podem variar apreciavelmente, dependendo da espécie, da idade e da disponibilidade do elemento mineral. Como regra, N, P, K, S, Ca e Mg são necessários em concentrações relativamente elevadas, da ordem de $1 \text{ g } [\text{kg (MS)}]^{-1}$ ou mais, são considerados macronutrientes; Zn, B, Mn, Fe, Cl, Cu, Mo e Ni, utilizados em concentrações normalmente $\leq 100 \text{ mg } [\text{kg (MS)}]^{-1}$, são classificados como micronutrientes. Esses limites de concentração são uma mera referência prática, uma vez que as plantas podem acumular nutrientes numa extensão superior à das suas necessidades e, em alguns casos, o teor de um determinado micronutriente pode até mesmo ser maior que o de um macronutriente.



Cada planta cultivada absorve, para constituição dos seus diversos órgãos, uma determinada quantidade de elementos do solo. A parte da planta usada para a produção razão pela qual é cultivada, sai do campo. O resto, geralmente, volta a ser nele incorporado, no todo ou em parte, quer diretamente, pelas lavouras, quer indiretamente, por ser usado como leito nas camas dos animais dando origem a estrume. Nalgumas culturas, como as arbóreas, pouco regressa, pois as árvores florestais são todas colhidas e as fruteiras, depois de envelhecidas, são arrancadas.

Assim, uma grande parte, por vezes quase tudo o que a planta retirou do solo, não regressa. A meteorização química, em solos de fertilidade normal, reconstitui uma certa porção dos elementos consumidos, mas não a totalidade. De resto, as elevadas produções possíveis com a técnica atual e exigidas pelo aumento populacional, não podem ser mantidas com a reconstituição natural. Por isso, é necessário devolver ao solo parte do que as culturas gastam, mas essa devolução tem de ser em excesso, pois há muitas causas de perdas, principalmente o facto de parte dos elementos fornecidos pelos adubos ser arrastada pelas águas para fora do alcance das raízes e outra parte, por reações químicas no solo, deixar de ser assimilável.

3.3.1. *Macronutrientes*

Os macronutrientes são os elementos básicos necessários em maior volume às plantas. São: Carbono, Oxigénio, Hidrogénio, Azoto, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio e Enxofre. A disponibilidade dos nutrientes para as plantas vai depender das entradas e saídas dos elementos no solo e das transformações que aí ocorrem. A conversão entre formas orgânicas e minerais, imobilização e mineralização, operada por organismos do solo, é uma componente importante do ciclo do azoto, fósforo, enxofre e micronutrientes. A taxa de mineralização depende das condições de vida dos organismos em termos de características do solo (pH, arejamento, temperatura, e teor de água) e dos resíduos orgânicos (granulometria, teores de lenhina e fenóis, e equilíbrio entre o carbono por um lado, e o azoto, o fósforo e o enxofre por outro).

A mineralização de moléculas azotadas dá origem ao ião amónio, que é absorvido pelas plantas e organismos do solo, fixado em minerais argilosos, adsorvido no complexo de troca, perdido por volatilização do amoníaco, ou convertido a ião nitrato (nitrificação). O ião nitrato



é também absorvido pelas plantas e organismos do solo. É facilmente perdido por lixiviação, por não ser adsorvido na matriz nem formar compostos insolúveis. Em condições redutoras sofre desnitrificação, dando origem à formação de azoto elementar e óxido nitroso.

As principais entradas de azoto no solo provêm da fixação biológica do azoto atmosférico, da deposição a partir da atmosfera, e da aplicação de fertilizantes e água de rega. As principais saídas resultam da remoção do nutriente nas culturas, de perdas gasosas, e de perdas por lixiviação, escoamento superficial e erosão.

O fósforo encontra-se no solo como componente da matéria orgânica e de argilas cristalinas e amorfas, adsorvido na matriz do solo e em solução. Os iões fosfato são absorvidos pelas plantas e organismos do solo, adsorvidos na matriz, precipitados, e perdidos por escoamento superficial e erosão. Em solos ácidos, o fósforo encontra-se precipitado com ferro, alumínio e manganésio, ou adsorvido a minerais argilosos e óxidos e hidróxidos de ferro, alumínio e manganésio. Em solos calcários, grande parte do fósforo é precipitado pelo cálcio ou encontra-se adsorvido à superfície das partículas de calcário. A disponibilidade de fósforo é estudada recorrendo a isotérmicas de adsorção, e traduzida pelos conceitos de intensidade (quantidade de nutriente em solução), capacidade (quantidade de nutriente retido na matriz) e poder tampão (capacidade do solo para se opor à variação da intensidade).

O enxofre encontra-se em formas minerais e orgânicas. Grande parte do enxofre pode provir da deposição atmosférica, sobretudo em regiões costeiras ou perto de indústrias. As formas minerais de enxofre dependem do estado redox do solo, podendo o nutriente sofrer oxidações ou reduções realizadas por bactérias. O ião sulfato é absorvido pelas plantas e organismos do solo, adsorvido na matriz, precipitado, reduzido a ácido sulfídrico em solos alagados, e perdido por lixiviação, escoamento superficial e erosão.

O potássio encontra-se na estrutura de minerais, fixado em minerais argilosos, no complexo de troca e em solução. A disponibilidade do potássio para as plantas depende do poder tampão do solo e do nível do nutriente em solução. O cálcio e o magnésio encontram-se na estrutura de minerais ou da matéria orgânica, adsorvidos no complexo de troca e em solução. O ião cálcio é normalmente o primeiro catião de troca, o magnésio o segundo e o potássio o terceiro. A proporção entre iões adsorvidos e em solução depende sobretudo do teor de cada elemento e da capacidade de troca catiónica do solo, sendo o cálcio adsorvido preferencialmente ao magnésio.



3.3.2. Micronutrientes

A disponibilidade dos micronutrientes catiões (ferro, manganésio, zinco, cobre e níquel) depende do pH, do potencial redox e do teor de matéria orgânica dos solos. As deficiências de ferro, manganésio e zinco são vulgares em solos calcários, enquanto que a toxicidade de manganésio é frequente em solos ácidos ou alagados.

Os micronutrientes catiões fazem parte da estrutura de várias enzimas e são importantes para vários processos metabólicos, como a fotossíntese, a respiração celular, a lenhificação dos tecidos e a frutificação. A deficiência de ferro em solos calcários - a clorose férrica - desencadeia mecanismos de resposta nas plantas designados por estratégia I (dicotiledóneas e monocotiledóneas não gramíneas) ou estratégia II (gramíneas). As plantas eficientes conseguem mobilizar o ferro do solo, enquanto que as ineficientes apresentam menor crescimento e clorose entre as nervuras das folhas mais jovens. Os micronutrientes catiões podem ser fornecidos ao solo ou às plantas, por aplicação foliar, na forma de sais minerais ou de quelatos.

Os micronutrientes aniões incluem o boro, o molibdénio e o cloro. O boro é normalmente absorvido na forma de ácido bórico e reage com grupos hidroxilo presentes em moléculas orgânicas. Influencia o metabolismo e transporte dos glúcidos, metabolismo dos ácidos nucleicos e a lenhificação das paredes celulares. A deficiência de boro surge em solos sujeitos a intensa lixiviação e nos solos calcários. A toxicidade do boro está associada a solos de origem marinha, a água de rega rica no elemento, ou à aplicação ao solo de resíduos sólidos urbanos.

O molibdénio faz parte de enzimas associadas ao metabolismo do azoto e fixação do azoto atmosférico pelo rizóbio e microrganismos afins. A deficiência do micronutriente pode surgir em solos ácidos.

O cloro é absorvido na forma de ião cloreto e está presente na estrutura duma fitohormona. O cloro participa na fotossíntese, na osmorregulação, e no mecanismo de abertura e fecho dos estomas. A toxicidade do cloro é vulgar em solos salinos.



4. Fertilidade

A fertilidade do solo é parte da ciência do solo que estuda a capacidade em suprir (ter e fornecer) nutrientes às plantas. Ela estuda quais os elementos essenciais, como, quando e quanto eles podem interagir com o vegetal; o que limita sua disponibilidade e como corrigir deficiências e excessos. Cada nutriente é estudado profundamente para entender melhor as transformações, a mobilidade e a “disponibilidade” de cada um para as plantas.

Consequentemente há necessidade de se avaliar a fertilidade do solo sob uma visão integral e dinâmica, têm-se empregado os termos: a) Fertilidade natural: é a fertilidade decorrente do processo de formação do solo (material de origem x ambiente). b) Fertilidade atual: é a fertilidade do solo após ter sofrido a ação do homem. É a fertilidade que o solo apresenta após receber práticas culturais para satisfazer as necessidades das culturas; dá a ideia da fertilidade de um solo já trabalhado. c) Fertilidade potencial: é aquela que pode ser manifestada sob determinadas condições. Nestes casos, evidencia-se a existência de algum elemento ou característica que impede o solo de mostrar sua capacidade real de ceder nutrientes. Ex: solos ácidos, onde a concentração de Alumínio (Al) é alta e a de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Fósforo (P) são baixas.

Alguns outros conceitos importantes em fertilidade são: Solo fértil: é aquele que contém todos os nutrientes em quantidades suficientes e balanceadas em formas assimiláveis; possui boas características físicas e microbiológicas e é livre de elementos tóxicos. Solo produtivo: é um solo fértil situado em regiões com condições favoráveis. Ex: clima, declive, pedregosidade, alta compactação.

Importante: Um solo fértil não é necessariamente um solo produtivo, mas todo solo produtivo é um solo fértil. Porquê? Alguns fatores como drenagem (humidade), insetos, doenças, entre outros, limitam a produção mesmo com fertilidade adequada. É importante destacar que através dos conhecimentos gerados pela pesquisa em fertilidade, solos aparentemente improdutivos podem se tornar grandes produtores de alimentos. A aplicação dos conhecimentos de fertilidade do solo pode conciliar a economicidade da atividade agrícola com a preservação do meio ambiente.



Fertilidade do solo x outras disciplinas:

Para melhor compreensão dos fenômenos que ocorrem na área da fertilidade do solo, é necessário o conhecimento de gênese, morfologia, física e classificação de solos, além de conhecimentos básicos de química, biologia, estatística e fisiologia de plantas, principalmente nutrição e microbiologia do solo.

4.1. Leis da fertilidade

DIFERENÇA ENTRE FERTILIDADE E PRODUTIVIDADE

Considera-se fértil um terreno que tem elevada percentagem de elementos nutritivos. Contudo, isso não basta para fazer dele um terreno capaz de dar boas colheitas. É necessário, também, que esses elementos estejam sob forma assimilável, por um lado, e que as condições físicas permitam um bom desenvolvimento das plantas. Chama-se produtividade do solo à capacidade que ele tem de dar uma certa produção.

Portanto, interessa que os solos sejam muito produtivos. Durante bastante tempo, pensou-se que a fertilidade era uma das condições necessárias para boa produtividade. Modernamente, o conhecimento das técnicas de adubação tomou a fertilidade um fator secundário. Se o terreno é fértil, tanto melhor. Caso contrário, se as outras condições físicas e químicas forem boas, não impede a obtenção de produções satisfatórias.

Os fatores que favorecem a boa capacidade produtiva são, entre os físicos, a textura, estrutura e profundidade adequadas às culturas e ao clima, a boa permeabilidade e grande capacidade de campo. Nos fatores químicos, temos boa capacidade de troca, ausência de sais tóxicos e acidez reduzida.

Leis da fertilidade, também chamadas leis das adubações.

Para a maximização da produtividade vegetal, há necessidade de uma adequada disponibilidade de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn. Senão, a produção será limitada pelo nutriente que estiver em menor disponibilidade.

Diversos princípios ou leis tem sido propostos para o estabelecimento matemático das relações entre crescimento de uma planta e da qualidade e proporção dos elementos essenciais a ela fornecidos. A importância do conhecimento dessas leis está na recomendação equilibrada, em termos quantitativos e qualitativos, pois afetam o uso eficiente de fertilizantes.



Os princípios da adubação são provenientes de três leis fundamentais: lei da restituição, lei do mínimo e lei do máximo e, duas derivações da lei do mínimo: lei dos incrementos decrescentes e lei da interação e uma derivada da lei do máximo: lei da qualidade biológica.

4.1.1. Lei da restituição natural

Lei da Restituição:

Baseia-se na necessidade de restituir ao solo aqueles nutrientes absorvidos pelas plantas e exportados com as colheitas, ou seja, aqueles que não foram reciclados. Essa lei considera o esgotamento dos solos em decorrência de cultivos sucessivos, como uma das origens da redução da produtividade. “É indispensável, para manter a fertilidade do solo, fazer a restituição, não só dos nutrientes exportados pelas colheitas, mas, também daqueles perdidos do solo, por erosão, lixiviação, fixação, volatilização, etc.”(Voisin, 1973).

Algumas limitações desta lei:

- Muitos solos são naturalmente pobres num ou mais nutrientes, ou apresentam problemas de acidez ou salinidade, portanto, o primeiro objetivo será corrigir as deficiências ou excessos existentes.
- Os solos estão submetidos à perda de nutrientes por lixiviação e mesmo por erosão, perdas que muitas vezes são intensificadas pela adição de corretivos e fertilizantes, por exemplo, pelo uso do gesso, que aumenta a mobilidade de cátions em profundidade, no perfil do solo. Em geral, essas perdas são insignificantes para P, mas para N, K, S, Ca e Mg podem ser muito importantes.

4.1.2. Restituição natural dos nutrientes do solo

Cada planta cultivada absorve, para constituição dos seus diversos órgãos, uma determinada quantidade de elementos do solo. A parte da planta, que sai do campo geralmente devido a ser a razão pela qual ela é cultivada, leva consigo certas quantidades de nutrientes. Algumas dessas partes, com nutrientes, voltam a ser nele incorporadas, no todo ou em parte, quer diretamente, pelas lavouras, quer indiretamente, por serem



usadas nas camas dos animais dando origem a estrume. Nalgumas culturas, como as arbóreas, pouco regressa, pois as árvores florestais são todas colhidas e as fruteiras, depois de envelhecidas, são arrancadas.

Assim, uma grande parte, por vezes quase tudo o que a planta retirou do solo, não regressa. A meteorização química, em solos de fertilidade normal, reconstituiria certa porção dos elementos consumidos, mas não a totalidade. De resto, as elevadas produções possíveis com a técnica atual e exigidas pelo aumento populacional, não podem ser mantidas com a reconstituição natural. Por isso, é necessário devolver ao solo parte do que as culturas gastam, mas essa devolução tem de ser em excesso, pois há muitas causas de perdas principalmente o facto de parte dos elementos dos adubos ser arrastada pelas águas para fora do alcance das raízes e outra parte, por reações químicas no solo, deixar de ser assimilável.

4.1.3. Implicações da quebra da restituição dos nutrientes nos solos agrícolas

Se ocorrer quebra da restituição dos minerais nos solos agrícolas, esses solos tornar-se-ão estéreis, e será muito difícil, depois, a sua utilização.

4.1.4. Lei do Mínimo

Foi o químico alemão Liebig que, depois de estudar este assunto, o exprimiu na famosa lei **do mínimo**:

As colheitas são proporcionais à quantidade do elemento nutritivo, na forma assimilável, existente no solo em menor quantidade relativamente às necessidades da planta.

Em consequência desta regra, as adubações, hoje, são estabelecidas atendendo à proporção entre os adubos mais indicada para cada cultura ou sucessão de culturas.

Lei do Mínimo (Justus Von Liebig): O rendimento de uma colheita é limitado pelo nutriente que estiver em menor disponibilidade para as plantas. Esta lei indica-nos os princípios do equilíbrio nutricional para o bom desempenho agrário (fig. 26).



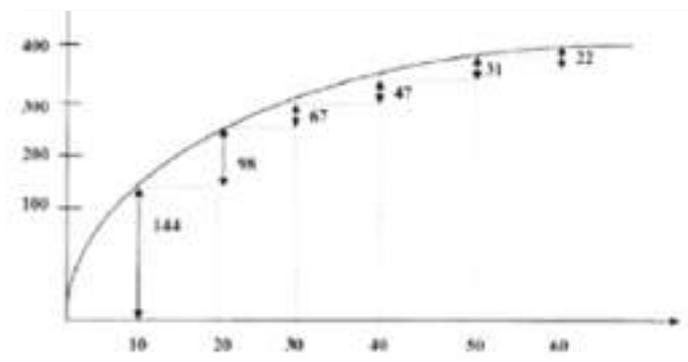


Figura 26 - Lei do mínimo

4.1.5. Lei dos Acréscimos Decrescentes

Lei dos Acréscimos Decrescentes (Mitscherlich): À medida que elevamos a dose do nutriente aplicado reduzimos o Acréscimo gerado na produtividade.

Aumento da produção em kg/ha



Azoto aplicado em kg/ha

4.2. Processos para a avaliação da fertilidade

Ensaio de campo

Neste processo, escolhe-se uma parcela de terreno que seja típica daquele onde se faz a cultura, marcam-se vários talhões e, em cada um, aplicam-se diferentes quantidades de adubos, para ver qual a dose mais indicada. Indiretamente avalia-se a fertilidade, mas



o mais importante é que ficamos logo a saber a quantidade de adubo a usar, enquanto, pelos métodos analíticos ainda a teríamos de ir calcular.

Como há sempre imprevistos que podem afetar um talhão, estragando o ensaio ou induzindo-nos em erro, usam-se vários talhões para cada tipo de adubação (ou de operação, caso seja outro o fim da experiência).

Estes talhões devem ficar misturados. Para evitar a influência desses imprevistos, e devem ter, pelo menos, 10 metros de lado.

Há vários métodos de dispor os talhões, estabelecidos por estudos de acordo com o cálculo das probabilidades, a fim de diminuir a importância do fator sorte nos resultados de algum talhão. Em regra, cada talhão deve ser repetido tantas vezes quantas são as diferentes adubações. Isto é, se ensaiarmos 4 tipos de adubação, cada tipo é repetido em 4 talhões.

Análise Química

Os Laboratórios de Fertilidade do Solo realizam análises químicas de solo para determinação de acidez e teores de macro e micronutrientes, com vista à recomendação de correção e adubação. As análises são realizadas como apoio aos trabalhos de pesquisa desenvolvidos e como prestação de serviço para produtores e demais interessados.

A realização das análises e a emissão do relatório demora mais de quinze dias, sendo o seu pagamento efetuado à vista, por ocasião da entrega das amostras.

Alguns dos serviços prestados são análises de rotina: pH, acidez ativa, acidez potencial, teores de macronutrientes e teores de micronutrientes

Para que a análise química do solo seja um instrumento eficaz na recomendação de correção e adubação é necessário que a amostra seja representativa da área. Assim, a amostragem é uma operação muito importante, pois uma pequena quantidade de solo recolhida deverá representar a fertilidade média de toda a área amostrada. Recomenda-se, portanto, que os procedimentos para a recolha das amostras sejam rigorosos, pois as análises laboratoriais não conseguem corrigir as falhas de uma amostragem mal feita. Os chineses da antiguidade diziam que “o solo é a mãe de todas as coisas”. É a mãe que em seu ventre gera a vida e nos dá o alimento que nos sustenta. Mas é preciso lembrar que os solos também precisam de cuidado. Eles se desgastam com o tempo, se tornam inférteis e são erodidos dependendo das condições a que são submetidos.



É preciso usar práticas culturais conservacionistas de manejo do solo e fazer análises químicas regularmente. A adubação em excesso acarreta em redução da produtividade e um desequilíbrio no solo. Além de ser um desperdício de recursos financeiros, é um desperdício de fertilizantes, sejam eles orgânicos ou minerais (químicos). Portanto, para utilizarmos o solo de forma sustentável, ou seja, para que ele seja nossa fonte de alimentos hoje e amanhã, é preciso cuidado constante.

Observação de Campo

Um técnico experiente, conhecedor da região onde trabalha pode avaliar, de modo aproximado, a capacidade produtiva dos solos por observação de certas características: *Textura do solo* - A fertilidade aumenta com a percentagem de argila. Pois é nesta que reside o poder adsorvente para os elementos nutritivos. Contudo, outros fatores influem na capacidade produtiva. Os solos arenosos, por exemplo, são bem drenados, mas secos. Aquecem facilmente e são bons de mobilizar. Sendo possível regá-los e fertilizá-los, sem esquecer o potássio, têm boa capacidade produtiva.

Os solos argilosos em contra partida, são mal drenados, exigindo uma rega cuidadosa mas produzem melhor em sequeiro, por terem grande capacidade de campo. São difíceis de trabalhar e fendem muito quando secos.

Os solos francos têm características intermedias.

A presença de húmus também é importante, pois permite corrigir parte dos defeitos de cada tipo de solo, desde que não se permita a acidificação.

O calcário é bastante benéfico em solos argilosos pois também lhes aumenta a permeabilidade, embora os torne mais secos.

Vegetação espontânea - Há muitas plantas com exigências particulares, por isso chamadas indicadoras, por aparecerem onde o solo reúne essas condições.

Os terrenos encharcados, por exemplo, cobrem-se de juncos, caniços, etc. Os ácidos não apresentam leguminosas mas estas abundam nos solos calcários.

Culturas e seu aspeto - Do mesmo modo. As culturas, conforme o aspeto, informam-nos sobre o terreno onde vegetam. Se as plantas são exigentes em humidade, só podem ter bom aspeto em solos frescos. Se não gostam de acidez, o facto de se apresentarem bem desenvolvidas diz-nos que o solo é neutro ou calcário.



Quanto à riqueza em elementos nutritivos, o bom aspeto nada quer dizer, pois pode resultar de adubação correta, mas, no caso inverso, já podem denunciar a pobreza do solo, pois uma cultura amarelada, em geral, tem falta de azoto (se não for grande a secura) e, portanto o solo não é rico nesse elemento.

A falta de azoto também produz paragem ou redução de crescimento e mau afilhamento nos cereais.

A falta de fósforo dá origem a manchas vermelhas ou bronzeadas nas folhas, maturação atrasada e, nos cereais, baixo peso específico. Além disso, o desenvolvimento também é pequeno.

A falta de potássio diminui a resistência às pragas e doenças, causa amarelecimento das folhas a partir das margens e má formação de sementes e frutos.

A falta de outros elementos também produz sintomas característicos, mas de mais difícil interpretação. Só é de suspeitar dela, contudo, se as adubações em azoto, fósforo e potássio forem abundantes.

Análise Folhear

O método atualmente mais usado para determinar as necessidades de fertilizantes para as culturas é o da análise das folhas, para determinar a quantidade de sais minerais nelas existentes.

Este método corresponde a uma importante alteração nos conceitos de produtividade e fertilidade do solo. Não interessa medir a riqueza da solução do solo. Interessa, sim, saber qual a quantidade de elementos absorvidos pela planta. Se é suficiente, muito bem. Se não o é, fertilizamos. O solo é encarado apenas como suporte, veículo para a nutrição da cultura, e, às vezes, nem isso, pois a fertilização pode ser feita diretamente sobre as folhas, que tem capacidade para absorver os nutrientes.

Este ponto de vista deve ser encarado com prudência, pois o solo, como vimos, não é simples veículo para fornecer nutrientes. A sua ação é muito mais complexa, e aspetos como o pH, a estrutura, o arejamento, etc., são importantes.

Se não esquecermos estes aspetos, a análise foliar é um método de controlo importante e já generalizado em muitos países. Como se verá, os minerais devem encontrar-se em certas proporções nos compostos formados pelas plantas, e falta de um impede a utilização de outros, mesmo que sejam absorvidos.



Assim, a análise foliar permite verificar o valor absoluto da absorção e eventuais deficiências, indicando, imediatamente, se um dado elemento escasseia.

No caso de se suspeitar de carências, o processo consiste em colher folhas com aspeto normal, e folhas com aspeto anormal, em separado, para análise também em separado. A análise é simples. Basta incinerá-las e determinar o teor das cinzas nos diversos elementos nutritivos. As diferenças entre umas e outras tornam-se imediatamente aparentes.

Se se dispõe de dados sobre os valores normais, para aquela variedade, naquele solo, é fácil indicar a dose de fertilizantes a aplicar, determinada por meios experimentais.

Na colheita das folhas há precauções a tomar, evidentemente. Deve-se procurar que sejam retiradas de sectores da planta previamente definidos. Ou são da parte superior, ou da base, ou do meio. Salvo indicação contrária, devem colher-se do meio dos ramos. A utilização de folhas, que tem vindo a ser referida, destina-se particularmente, ao caso de árvores de fruto. Outros métodos de colheita podem ser usados, conforme as culturas. Neste caso não se analisam as cinzas, para evitar a dificuldade de fazer esse trabalho sem equipamento adequado, mas sim o suco celular. Cortam-se os órgãos em bocadinhos com uma lâmina de barbear e esmagam-se os detritos num almofariz em conjunto com o reagente destinado a fazer a extração. A seguir filtra-se o extrato e procede-se de acordo com as instruções.

4.2.1. Análises de plantas

De acordo com alguns autores avaliar o estado nutricional consiste em comparar a amostra ou o indivíduo (planta isolada ou população) com um padrão. Padrão, no caso, seria um indivíduo ou uma população normal. Pode-se aceitar, como normal, uma planta que apresenta, no seu tecido, todos os macro e micronutrientes em quantidades e proporções não limitantes para o seu crescimento e produção.

O estado nutricional das plantas pode ser avaliado através da sintomatologia visual, análise do solo, análise foliar e exportação de nutrientes, que são métodos úteis para determinar a necessidade de nutrientes das plantas. Normalmente, as decisões são mais acertadas quando os métodos são avaliados em conjunto.



O grau de segurança de um diagnóstico depende de uma componente de ordem técnica ou científica e de uma componente de ordem subjetiva. A componente de ordem técnica consiste no conhecimento de várias fases do processo usado e, a de natureza subjetiva, da experiência de quem usa o processo, pois este está intimamente relacionado com a observação do comportamento da planta.

Métodos de diagnóstico

O caminho mais adequado, para serem tomadas as decisões convenientes, situa-se no âmbito da análise dos fundamentos e limitações da metodologia a ser utilizada e, assim procedendo-se, ajustá-la a cada circunstância.

Diagnóstico visual

Baseia-se no facto de que cada elemento exerce a mesma função em todas as plantas, ou seja, o que o elemento provoca na cultura da macieira, provoca também na cultura do milho e a manifestação visível de anormalidade, seja por falta ou por excesso, será sempre a mesma.

Na tabela seguinte **são apresentados os principais sintomas manifestados pelas plantas quando na deficiência de determinado nutriente.**

A manifestação externa de uma carência ou excesso tóxico pode ser concebida como último passo de uma sequência de eventos, por exemplo, com a deficiência de Zn; a falta de Zn provoca:

- ✓ Modificação molecular - diminuição do ácido indolacético (AIA) e de proteínas;
- ✓ Modificação subcelular - diminuição das proteínas rígidas;
- ✓ Alteração celular - células menores;
- ✓ Manifestação visível do sintoma - entrenós curtos



Tabela - Principais sintomas de deficiência mineral nas folhas

NUTRIENTE	SINTOMA NAS FOLHAS VELHAS
Azoto	Clorose, talo fino, raquitismo
Fósforo	Manchas necróticas, coloração verde-escura, folhas mais estreitas.
Potássio	Necrose nos bordos das folhas, folhas em forma de concha.
Magnésio	Clorose na folha com nervuras verdes.
NUTRIENTE	SINTOMA NAS FOLHAS NOVAS
Cálcio	Encurtamento e morte das gemas terminais.
Ferro	Amarelecimento da zona terminal.
Boro	Amarelecimento do broto terminal
Zinco	Tamanho reduzido das folhas e amarelecimento internervural.
Enxofre	Clorose geral.
Cobre	Distorção das folhas em forma de "S" e clorose internervural, morte da ponta dos ramos.
Manganês	Pontiado de manchas amarelas, estrias amarelas ocupando parte da lâmina (tamanho normal).
Molibdênio	Manchas amareladas, margens crespas, folhas encurvadas

FONTE: Adaptado de JORGE (1983)



Sintomatologia das carências ao nível das folhas	
	
Carência de azoto em milho	Em citrinos
	
Carência de fosforo em citrinos	Carência de potássio (à esquerda, fruto normal)
	
Carências em magnésio	
	
Carências de cálcio	





Carência de ferro



Carência em zinco



Carências em boro



Carência de cobre



Carência de manganês em mandioca



Carência de molibdênio



Apesar de ser possível o diagnóstico visual da maioria das deficiências nutricionais que ocorrem em plantas frutíferas, a sua utilização não tem grande importância, tendo-se em vista que, ao se identificar a deficiência no campo, a produção já está seriamente afetada há algum tempo.

4.2.2. Análises de terra

Colheita de amostras de terra antes da instalação das culturas (ar livre)

A colheita de amostras de terra e o seu envio ao laboratório deverão ser efetuados com bastante antecedência relativamente à aplicação dos fertilizantes a fim de permitir o bom planeamento desta operação.

O operador deve ter alguns dos utensílios apropriados (fig. 27)

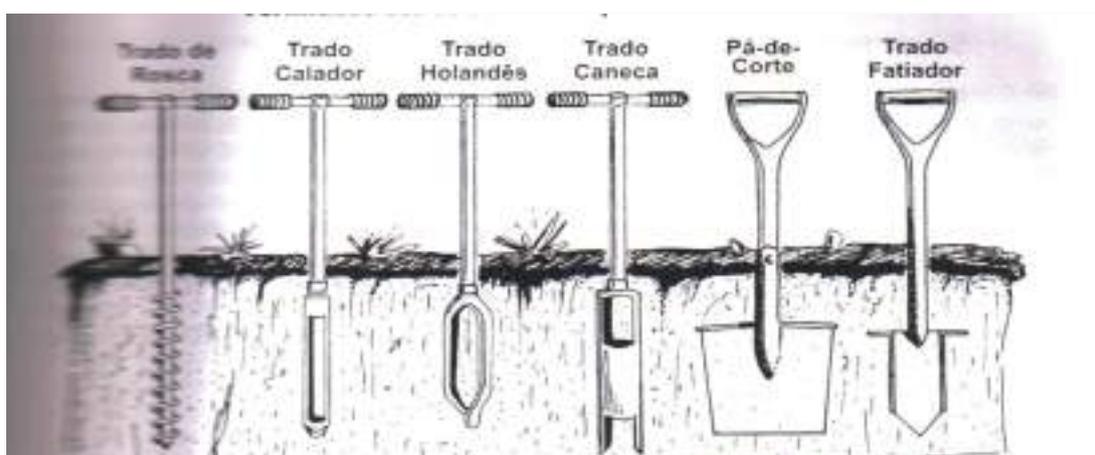


Figura 27 - Amostradores de solo

Como colher

Se o terreno não for uniforme, deve ser dividido em parcelas relativamente homogêneas no que respeita à cor, textura, declive, drenagem, últimas culturas realizadas, etc.

Em cada parcela deve ser colhida uma amostra de terra. Recomenda-se que cada parcela homogênea não possua uma área superior a 5 hectares.

Percorre-se em ziguezague cada uma das parcelas homogêneas, colhendo ao acaso, em pelo menos 15 a 20 pontos diferentes, subamostras de terra que se colocam num balde bem limpo (ver esquema abaixo) (fig. 28). Para o efeito pode utilizar uma pá ou, de preferência, uma sonda própria (fig. 29).



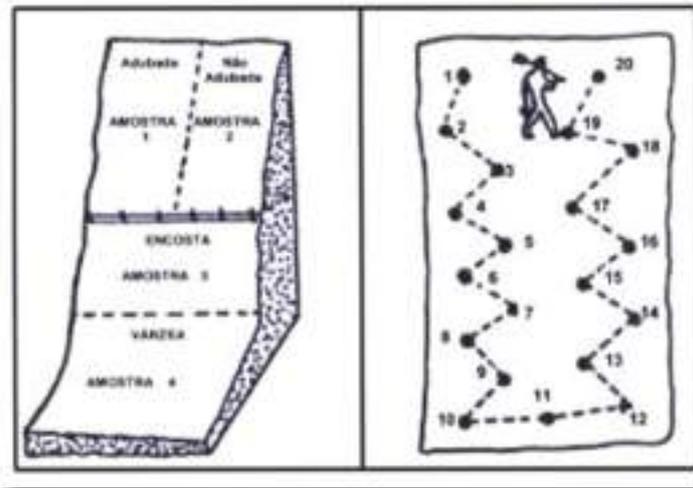


Figura 28 - Representação esquemática da colheita de amostras de terra antes da instalação das culturas

As infestantes, pedras e outros detritos à superfície do terreno devem ser removidos antes de colher cada subamostra no ponto em que se introduz a sonda ou se abre a cova para a colheita da terra.

Devem ser evitadas colheitas de terra em locais encharcados, próximos de caminhos, de habitações, de estábulos ou anteriormente ocupados com montes de estrume, adubos, cinzas ou outros produtos.

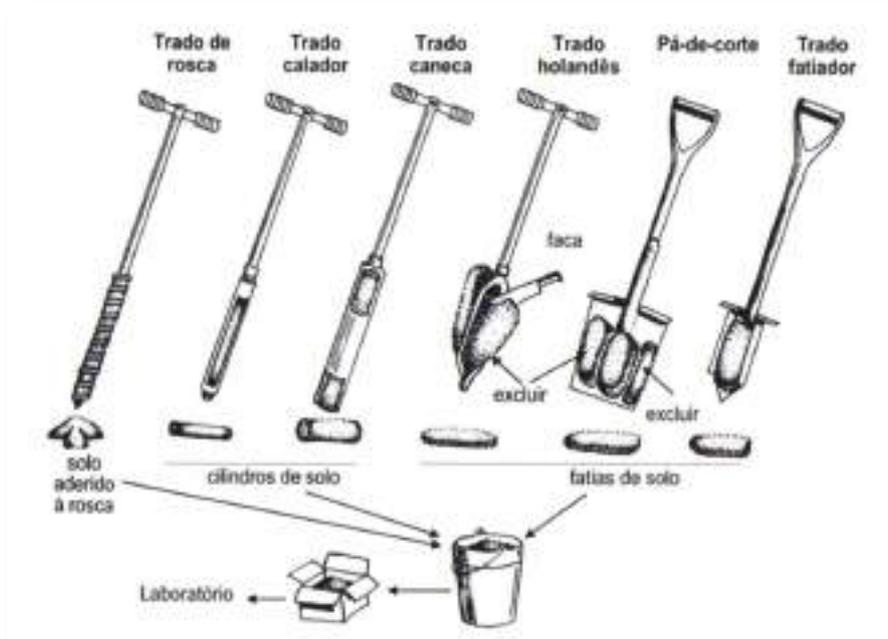


Figura 29 - Procedimentos de amostragem no sistema convencional com diferentes amostradores de solo



Profundidade de colheita

A profundidade de colheita das amostras depende da cultura a instalar:

- 0 a 10 cm - pastagens
- 0 a 20 cm - outras culturas anuais
- 0 a 50 cm - arbóreas e arbustivas

Recomenda-se a colheita de duas amostras de terra, às profundidades de 0-20 cm e 20-50 cm no caso de solos ácidos ou nas situações em que se esperam diferenças acentuadas de fertilidade entre as duas camadas de terra.

Quantidade de terra necessária para análise

Misturar bem a terra resultante das 15 a 20 subamostras no balde e eliminar pedras, detritos e resíduos vegetais. Retirar cerca de 0,5 kg de terra para um saco de plástico limpo, identificar com duas etiquetas, uma colocada dentro do saco e outra por fora atada a este com um cordel (fig. 30).



Figura 30 - Procedimento para recolha de amostras de solo

Enviar a amostra para o laboratório acompanhada de uma ficha informativa devidamente preenchida.

Colheita de amostras de terra em parcelas com culturas arbóreas e arbustivas

As amostras de terra podem ser colhidas em qualquer época do ano, desde que o estado de humidade do solo o permita.

Para acompanhar a evolução do estado de fertilidade do solo de uma parcela ao longo do tempo, as colheitas devem ser efetuadas na mesma época do ano.



Recomenda-se que a colheita e análise de amostras de terra, para avaliação do estado de fertilidade do solo e recomendações de fertilização, seja efetuada de quatro em quatro anos.

O pomar deve ser dividido em parcelas homogéneas no que respeita ao tipo de solo, topografia, exposição, cultivar, porta-enxerto, idade e técnicas culturais anteriormente praticadas.

Em cada uma das parcelas devem ser marcadas de forma permanente:

- Pomares - 15 árvores ao acaso;
- Culturas permanentes em linhas - 40 plantas distribuídas, por exemplo em duas linhas contínuas (fig. 31).

Cada um destes conjuntos constitui uma unidade de amostragem, onde serão efetuadas periodicamente as colheitas de amostras de terra para análise. Cada unidade de amostragem não deve ser representativa de mais de 5 hectares.

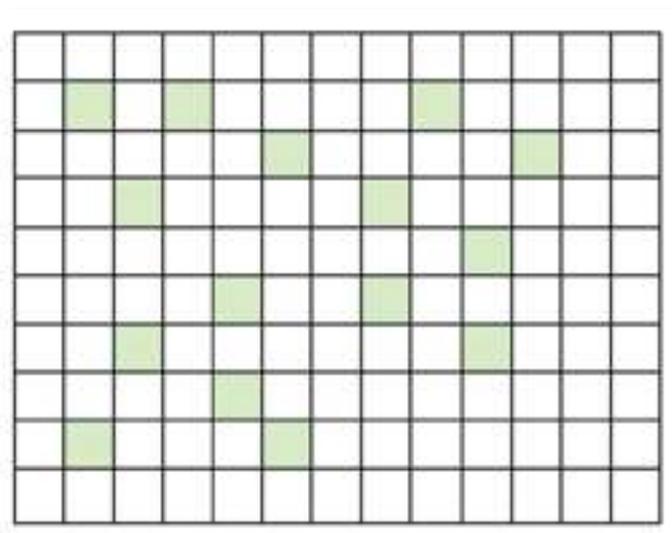


Figura 31 - Marcação das 15 árvores da unidade de amostragem

Devem ser evitadas as colheitas de terra em locais encharcados, próximos de caminhos, de habitações, de estábulos ou anteriormente ocupados com montes de estrume, adubos, cinzas ou outros produtos.



Ainda Como colher uma amostra de terra**Culturas de sequeiro**

Em cada unidade de amostragem efetuar a colheita de uma amostra composta de terra, à profundidade de 0 a 50 cm, constituída por:

- em pomares - 15 a 20 subamostras obtidas na zona de projeção da copa das árvores marcadas;
- em culturas em sebe - 15 a 20 subamostras, tendo o cuidado de colher pelo menos 5 subamostras em cada uma das três entrelinhas que constituem a unidade de amostragem.
- Recomenda-se a colheita de duas amostras de terra, às profundidades de 0-20 cm e 20-50 cm, no caso de solos ácidos ou nas situações em que se esperam diferenças acentuadas de fertilidade entre as duas camadas de terra.

Culturas com rega localizada ou fertirrega:

- Colher duas amostras de terra em cada unidade de amostragem;
- Uma das amostras é obtida a partir de 15 a 20 subamostras, colhidas na camada de 0-30 cm, na zona humedecida pelos gotejadores correspondentes às plantas marcadas;
- A outra amostra é obtida a partir de 15 a 20 subamostras, colhidas na camada de 0-50cm, na zona fora da influência dos gotejadores;
- As infestantes, pedras e outros detritos à superfície do terreno devem ser removidos antes de colher cada subamostra.

Quantidade de terra necessária para análise:

- Misturar bem a terra resultante das 15 a 20 subamostras no balde e eliminar pedras, detritos e resíduos vegetais;
- Retirar cerca de 0,5 kg de terra para um saco de plástico limpo, identificar com duas etiquetas, uma colocada dentro do saco e outra por fora atada a este com um cordel;
- Enviar a amostra para o laboratório acompanhada de uma ficha informativa devidamente preenchida.



Sequência de operações para colheita de amostras de terra (duas profundidades)		
		
1. Introduzir a sonda no solo	2. Rodar a sonda	3. Retirar a terra da sonda (1ª e 2ª prof.)
		
4. Misturar a terra de cada profundidade	5. Ensacar a terra de uma profundidade	6. Ensacar a terra de outra profundidade e eliminar pedras ou outros detritos
		7. Identificar as duas amostras de terra (fig. 32).

Figura 32 - Amostras etiquetadas



4.3. Corretivos

Os corretivos são substâncias químicas ou orgânicas que adicionadas ao solo em proporções corretas regulam as características do solo em função da sua gênese e da relação biótica com as culturas que pretendemos implementar nesse terreno que se incorporam no solo com o fim de corrigir defeitos (físicos, químicos e biológicos).

Convém não confundir os corretivos com os adubos. Os corretivos servem, como acabamos de ler, para corrigir aqueles defeitos, ao contrário os adubos servem unicamente, para fornecer ao solo os elementos nutritivos azoto, fosforo, potássio, cálcio, etc. Uns e outros melhoram a fertilidade do solo por isso se chamam fertilizantes.

Como as propriedades físicas e químico-biológicas dos solos dependem, essencialmente, da sua constituição física, e natural que, para se corrigirem os defeitos das propriedades acima referidas, se empreguem substâncias que contenham areia, argila, calcário e húmus. Por esta razão, os corretivos contêm, sempre, um destes quatro elementos.

Antes da plantação são feitas análises laboratoriais do solo, para definir a quantidade de corretivos e fertilizantes necessários para que a cultura possa expressar todo o seu potencial

4.3.1. Orgânicos

Estes corretivos, de origem orgânica, (animal ou vegetal), são utilizados com o objetivo de aumentar, ou pelo menos manter, o teor de matéria orgânica do solo, a qual desempenha uma função de primordial interesse em todos os aspetos (físicos, químicos e biológicos), da sua fertilidade.

Os corretivos orgânicos foram durante séculos os únicos fertilizantes usados. Foram perdendo, grande parte da sua importância quando aparecerem, os adubos minerais. Hoje em dia, sobretudo por razões, ecológicas, voltam a ser alvo de uma crescente atenção.

Até há relativamente pouco tempo, os corretivos orgânicos eram quase sempre identificados com os estrumes. Hoje em dia, porém, vários outros produtos, embora de um modo geral com aplicações mais restritas, podem e devem ser utilizados como fertilizantes.



- **Adbos orgânicos** - são produtos de natureza orgânica, provenientes de resíduos de plantas e/ou animais (exemplos: farinha de peixe - com mais de 6% de azoto e 6% de fósforo, ossos moídos - com mais de 27% de fósforo, sangue seco e pulverizado - com mais de 10% de azoto, ou outros resíduos orgânicos, desde que satisfaçam os seguintes teores: matéria orgânica 50%, azoto 2%, fósforo 3% e total de azoto + fósforo + potássio 6%).
- **Adbos minero-orgânicos** - obtidos por mistura de adubos minerais com adubos orgânicos ou corretivos orgânicos, (exemplos: adubos obtidos a partir da mistura de adubos minerais e estrumes de aviário ou outros produtos com origem similar, desde que satisfaçam as seguintes condições: teor de matéria orgânica 25%, total de azoto + fósforo + potássio =15% e qualquer destes macronutrientes com teores superiores a 5%).

4.3.1.1. Importância dos corretivos orgânicos

A utilização de composto orgânico na atividade agrícola é uma prática antiga, em que os agricultores convertiam e valorizavam os resíduos agrícolas em corretivos orgânicos que providenciavam nutrientes para as culturas e acrescentavam benefícios ao solo, aumentando a sua fertilidade, produtividade e biodiversidade.

O composto, como fator de produção agrícola é um corretivo orgânico, ou seja, um material que, pela sua riqueza em matéria orgânica, pode ser aplicado ao solo para melhorar ou conservar as suas características físicas, químicas e biológicas, potenciando a suas características de substrato para a melhoria da produção das culturas agrícolas.

Através da aplicação de compostos orgânicos ao solo obtêm-se benefícios para a atividade agro-florestal, nomeadamente através da melhoria das características químicas e biológicas dos solos e conseqüente produtividade das culturas.

A utilização de composto como corretivo orgânico é altamente vantajosa nos principais sistemas agroflorestais, nomeadamente nos pomares, culturas arvenses (cereais como o milho e o arroz, tabaco, pastagens, etc.) hortícolas, nomeadamente ao:

- Promover a agregação dos minerais do solo e conseqüentemente uma melhoria da sua estrutura, aumentando a resistência aos processos de erosão;



- Aumentar o arejamento e a capacidade de absorção e retenção de água, regulando o fluxo hídrico do solo e prevenindo fenômenos de compactação e alagamento;
- Aumentar a eficiência da utilização de fertilizantes, permitindo a redução da sua aplicação e ao potencializar a absorção de nutrientes, em particular do fósforo e cálcio;
- Melhorar o desenvolvimento do sistema radicular das plantas;
- Estimular o desenvolvimento da fauna e flora favorável no solo;
- Aumentar a capacidade tampão do solo regulando as variações de pH e amenizando os efeitos da salinidade sobre as plantas, nomeadamente devido ao excesso de sódio.

4.3.1.2. *Corretivos orgânicos obtidos na exploração*

Alguns corretivos orgânicos podem ser obtidos na exploração, resultado de outras produções agrícolas.

4.3.1.2.1. *Estrumes*

Estrumes orgânicos

O estrume de estábulo, o estrume das galinhas e o composto são três tipos de estrumes orgânicos. Os tipos mais comuns do estrume de estábulo são estrume dos cavalos, estrume das vacas e estrume dos porcos. Entre estes três tipos, o estrume dos cavalos tem o melhor equilíbrio de nutrientes. O estrume das vacas contém relativamente pouco fosfato. O estrume dos porcos é, geralmente, rico em minerais mas contém relativamente pouco potássio.

O estrume das cabras e ovelhas também é um estrume orgânico de boa qualidade. É preferível usar o estrume de estábulo em solos arenosos em vez de em solos argilosos, visto que este estrume é muito pegajoso. A aplicação do estrume a solos arenosos faz com que estes já não se desagreguem tão facilmente e, por conseguinte, serão capazes de reterem uma maior quantidade de água. Se apenas se usar estrume de estábulo, será razoável aplicar uma quantidade de 12,5-25 toneladas/ha/ano. Caso as condições



de cultivo não sejam tão apropriadas ou se se aplicarem também fertilizantes químicos, a aplicação de menores quantidades de estrume poderá ser suficiente. O estrume das galinhas tem, geralmente, um vigor que iguala 3, até 4 vezes a do estrume de estábulo. O estrume de galinhas é um tipo de estrume muito valioso, visto as plantas poderem absorver facilmente os nutrientes procedentes do mesmo. Um modo adequado de utilizar o estrume das galinhas implica misturá-lo com uma quantidade igual de solo friável ou de areia antes da sua aplicação. Pode-se espalhar esta mistura entre as fileiras e recomenda-se, depois, revolvê-lo levemente com um ancinho ou um sacho. Ao contrário do estrume de estábulo, o estrume das galinhas pode ser usado em solos argilosos, visto que não é muito pegajoso. Também é apropriado para ser usado em solos ácidos, visto que este tipo de estrume contém um alto nível de cálcio. Recomenda-se que o estrume esteja seco ao incorporá-lo no solo, visto que o estrume fresco é demasiadamente vigoroso e, por conseguinte, pode danificar as plântulas tenras.

O composto é fácil de preparar à base de vários tipos de materiais orgânicos. Exemplos de materiais que podem ser utilizados são: restos vegetais de culturas, lixo da cozinha, ramos e folhas do jardim e estrume. O composto é uma fonte abundante de micro e macronutrientes. Fornece nutrientes no momento apropriado e nas quantidades requeridas. É particularmente útil para melhorar a estrutura do solo e aumentar a fertilidade. É importante dispor dum estrume bem decomposto, que não seja muito pegajoso nem esteja muito húmido. Contudo, não deve estar demasiadamente seco, visto que o re-humedecimento do estrume pode ser muito difícil.

Vantagens do composto e do estrume

Melhoram a fertilidade e a estrutura do solo, e reduzem a necessidade de aplicar fósforo (P), azoto (N) e potássio (K). Fornecem um leque de nutrientes para as culturas e podem ser preparados num período de 2,5 - 3 meses.

Fertilizantes químicos

Os fertilizantes químicos (com exceção do cálcio) não melhoram a estrutura do solo mas enriquecem o solo fornecendo nutrientes. Os fertilizantes químicos são relativamente dispendiosos mas, desde o ponto de vista de teor de nutrientes, em algumas zonas o fertilizante é menos dispendioso do que o estrume. Num sistema de agricultura em



pequena escala (minifúndio) e em situações de preços variáveis e rendimentos limitados (devido à presença de doenças, um clima desfavorável ou solos deficientes) não vale a pena usar grandes quantidades de fertilizantes

Estrume

O Estrume é o mais importante de todos os corretivos humíferos. É constituído pelos dejetos sólidos e líquidos (urina) dos animais e pelas suas camas, misturados em proporções muito variáveis.

Os excrementos dos animais (sólidos e líquidos) contêm os quatro elementos principais (azoto, fosforo, potássio e cálcio) mas a composição dos excrementos sólidos não é igual ao dos excrementos líquidos.

Assim, os excrementos sólidos contêm todo o fósforo e quase todo o cálcio, ao passo que, pelo contrário, os excrementos líquidos contêm quase todo o azoto e quase todo o potássio.

O quadro seguinte mostra bem as diferenças de composição de duas amostras analisadas:

	Azoto	Acido Fosfórico	Potássio	Cálcio
Excrementos sólidos	3,5%	3,0%	1,5%	5,0%
Excrementos líquidos	11,0%	0,1%	15%	1,2%

Daqui se conclui que o estrume só tem ação fertilizante completa, quando na sua composição entrarem, conjuntamente, excrementos sólidos e excrementos líquidos.

Infelizmente, em muitas das nossas explorações agrícolas, a urina é desprezada e, portanto, os estrumes são, a maior parte das vezes, pobres em azoto e em potássio. Atualmente, isto importa menos, pois os adubos substituem o papel fertilizante do estrume, que interessa, principalmente, pelo valor da matéria orgânica. Contudo, não se deve desperdiçar.

A composição química quantitativa dos excrementos é muito variável e depende da espécie, da idade, da alimentação e do modo de utilização dos animais que os produzem.

Espécie animal - A composição dos excrementos depende essencialmente da espécie animal que os produz, como se vê pelo quadro seguinte:



	EXCREMENTOS SÓLIDOS			EXCREMENTOS LÍQUIDOS		
	Azoto %	Ácido Fosfórico	Potássio	Azoto %	Ácido Fosfórico	Potássio
Equinos	5,9	3,8	4,2	15	Vestígios	10
Ovinos	7,0	8,6	3,3	17,2	0,5	18,6
Bovinos	3,2	2,1	1,5	8,5	0,3	14
Suínos	6,5	5,3	5,0	2,6	0,8	2,0

Os equinos e os ovinos produzem excrementos secos e de fermentação rápida (os chamados estrumes quentes).

Os bovinos e suínos, pelo contrário, produzem excrementos aquosos de difícil fermentação (estrumes frios).

Idade - Os animais novos assimilam maior quantidade de azoto e fósforo que os animais adultos e velhos, porque, estando em crescimento, necessitam de maior quantidade daqueles elementos para formação dos seus tecidos (músculos e ossos).

Por esta razão os excrementos produzidos pelos animais novos são mais pobres em azoto e fósforo do que os dos animais adultos e velhos.

A alimentação - Quanta mais rica for a ração dada aos animais, tanto mais ricos serão os excrementos por eles produzidos.

Por isso os animais que se alimentam de forragens criadas em solos férteis e ricos produzem estrumes ricos. Se, pelo contrário, são alimentados com forragens criadas em solos pobres, produzem estrumes pobres.

Assim, se numa exploração agrícola todas as terras forem, por exemplo, pobres em fósforo, as forragens criadas nesses terrenos e os estrumes produzidos pelos animais que as consomem, serão igualmente, pobres neste alimento. Eis a razão porque, modernamente o estrume não tem importância como adubo.

Modo de utilização do animal - Nos animais, há funções que exigem mais elementos nutritivos do que as outras. Assim, por exemplo, a produção de leite exige mais elementos nutritivos do que a produção de força. Sendo assim, é fácil de concluir que a vaca leiteira produz excrementos mais pobres do que o boi de trabalho, no caso de Timor Leste temos o búfalo que pertence à classe dos bóvidos.



4.3.1.2.2. Incorporação de resíduos de culturas

Camas

As camas têm por fim:

- a. Fornecer aos animais uma camada tão fofa e macia quanta possível onde eles se possam deitar confortavelmente para descansar sem se sujarem nem se ferirem.
- b. Absorver os excrementos líquidos (urinas) expelidas pelos animais.

Uma boa cama deve, portanto, ser constituída por substâncias fofas e macias e ter um grande poder de absorção para as urinas. Além destas duas condições convém, ainda, que as camas sejam constituídas por substâncias que, decompondo-se, possam fornecer bastante húmus e sejam, já de si, ricas em elementos nutritivos.

As palhas dos cereais dão boas camas, tem um grande poder de absorção, mas são pobres em nutrientes e fornecem pouco húmus.

A serradura do corte das madeiras aplicado nas camas tem grande poder de absorção mas fornece pouco húmus e é muito pobre em elementos nutritivos.

A escolha da cama deve recair sobre a substância ou substâncias que melhor satisfizerem as condições requeridas. Assim, as camas que melhores condições apresentam são as de culturas herbáceas ou semilenhosas.

Infelizmente, a maioria das vezes o agricultor não pode escolher, tem que utilizar as substâncias mais baratas, de mais fácil aquisição ou as que a própria exploração lhe dá.

Fabricação e conservação do estrume

É necessário cuidar dos estrumes para evitar a perda de elementos nutritivos por infiltração. Grande parte (azoto e potássio, principalmente) encontra-se no estrume no estado solúvel e, portanto, sujeita a perder-se por infiltração, se não for cuidada convenientemente.

Também é preciso atenuar a perda de azoto por evaporação, pois, sob a ação das bactérias, a ureia, em contacto com o ar, transforma-se em carbonato de amónio o qual se evapora rapidamente. Estas perdas podem atenuar-se se tratarmos convenientemente o estrume.



Por outro lado, há que ativar a curtimenta do estrume. À saída do estábulo, o estrume não é mais do que uma mistura de camas e de excrementos. O estrume neste estado (estrume fresco) não está em condições de ser incorporado na terra, porque os seus elementos nutritivos não estão em estado facilmente assimilável, e porque as substâncias orgânicas que o compõem ainda não estão transformados em húmus. Depois de sofrer uma fermentação é que o estrume se transforma, tornando-se assimilável e originando-se o húmus. O estrume neste estado (estrume curtido) encontra-se em condições de ser lançado à terra como adubo e como corretivo.

Há dois modos de cuidar do estrume, que poderemos chamar de clássico, que consiste em retirá-lo do estábulo, levá-lo para um local adequadamente preparado e deixá-lo fermentar até se transformar numa massa escura, com aspeto característico, em que quase não se distinguem as matérias originárias, espalhando-o no terreno. Outro, usado modernamente, é misturá-lo com água, tritura-lo até ficar transformado numa espécie de sopa grossa, e aplicá-lo depois como rega, geralmente por aspersão.

Os estábulos devem ter construção diferente conforme usamos um método ou outro. Em qualquer caso, devem ter:

- Pavimentos impermeáveis, para evitar as perdas de nutrientes por infiltração;
- Valetas e canalizações por onde escorram os líquidos, para evitar que estejam muito tempo em contacto com o ar, o que pode causar perdas de azoto por evaporação.

No caso particular dos estábulos modernos, não há camas e os animais estão sobre plataformas perfuradas, de madeira, cimento ou outro material adequado. Também se usam tapetes de materiais semelhantes a borracha. As lavagens, com água sob pressão, fazem os dejetos sólidos passar para baixo da plataforma ou escorrer superficialmente e, pelas valetas, levam-nos a misturar-se com os líquidos em fossas.

Nos estábulos clássicos, os dejetos sólidos são removidos, com as camas, à mão ou mecanicamente, conforme as instalações são antiquadas ou mais recentes. Em todos os sistemas deve haver valetas para as urinas, que vão dar a uma fossa. Esta deve ficar, no método clássico, junto ao local onde se empilham os estrumes para fermentar.



a) Tratamento do estrume para aplicar como rega

Neste caso, a fossa deve ter dimensões adequadas, em função das quantidades de dejetos e de água usada nas lavagens durante os períodos entre os quais se vão fazer as regas. Há um agitador triturador, comparável a um batedor elétrico de cozinha em ponto grande, acionado por motor próprio ou pela TDF do trator, o qual faz a trituração das matérias sólidas obtendo-se um líquido pastoso. Depois, é bombeado diretamente para um sistema de aspersores apropriado ou para um tanque rebocável, donde é distribuído por gravidade, usando-se tubos ou caleiras perfurados, ou por aspersores, se dispusermos de pressão.

O tanque torna-se necessário para transportar o estrume liquefeito, se o local de distribuição é afastado dos estábulos.

Este método permite resolver as dificuldades causadas pelo método clássico descrito a seguir, resultantes da necessidade de preparar, renovar e substituir as camas, e de submeter as medas de estrume a diversas manipulações, como cargas, descargas e regas, além da escassez de materiais ou, da necessidade de os preparar e transportar para os estábulos. Todas estas operações exigem tempo e pessoal, podendo tornar o método antieconómico.

b) Tratamento do estrume na estrumeira

À saída do estábulo o estrume é conduzido para uma estrumeira que deve satisfazer as seguintes condições:

1. Ter os pavimentos impermeáveis, para evitar a perda de elementos por infiltração.
2. Ser munida de valetas e canalizações necessárias para conduzir os líquidos que escorrerem dos montes de estrume (chorume) para uma fossa fechada, com capacidade de 1 m³ por cabeça de gado.
3. Ser coberta por um telheiro para evitar que os raios de sol, aquecendo as medas (pargas ou montes), vão aumentar as perdas de azoto por evaporação. Esta cobertura nem sempre é económica, mas pode ser substituída por árvores de sombra de rápido crescimento.



4. Ser munida de uma bomba para elevar as urinas e chorumes que se acumulam nas fossas e que se destinam a regar o estrume. O material da bomba deve ser resistente à ação das urinas (bronze, madeira, aço, etc.).

É preciso arrumar os estrumes em montes (medas ou pargas) regulares, dispendo-os em camadas para evitar a entrada do ar no interior do estrume e assim atenuar a perda de azoto. As medas devem ser regadas com chorume, duas vezes por semana, para facilitar o calcamento, evitar o excesso de ar no interior e ativar a fermentação, enriquecendo assim o estrume em azoto e potássio.

Na falta de chorume ou de chuva, deve-se regar com água que, não sendo tão boa para o efeito, é contudo útil.

Os efeitos do estrume sobre os solos dependem do seu fabrico. O estrume palhoso, mal curtido, é particularmente indicado para solos argilosos, pois é um material grosseiro, que ajuda a manter o arejamento e cria espaços para infiltração da água. Como o meio é pouco arejado, a sua decomposição pelos microrganismos é lenta, e as estrumações podem ser feitas com dois ou três anos de intervalo. Os estrumes curtidos são mais indicados para solos ligeiros, pois fornecem mais húmus, que lhes vai dar maior coesão, devem ser aplicados anualmente, pois a decomposição é rápida.

As quantidades de nutrientes, no estrume mal curtido, são $1/3$ do total inicial e, se for bem curtido, ainda tem metade.

Tipos de estrumeira

Há três tipos de estrumeiras. Umas são escavadas, ou fundas, outras superficiais ou em plataforma, e as mistas.

Dá-se o nome de estrumeiras escavadas às que se encontram abaixo do nível do solo, formando uma cova. As vantagens são evitar, em parte, os prejuízos causados pelo vento e pelo sol, porque os estrumes ficam abrigados de todos os lados, não sendo, portanto, necessário ter tantos cuidados com eles, depois de depositados.

Os inconvenientes são a construção mais cara, pelos desaterros, muros de suporte, etc., que se tem de construir e a extração do estrume ter de ser feita por camadas horizontais, de forma que o primeiro estrume extraído é muito mais pobre que o último, dando como resultado fazerem se estrumações muito irregulares.



Além disso, o carregamento torna-se muito difícil, sendo necessário tirar-se o estrume para fora da estrumeira, depois para o distribuidor, o que obriga a dois trabalhos em vez de um, e a cisterna ou fossa tem de ser mais profunda, para ficar abaixo do fundo da estrumeira, de modo a poder receber os líquidos, o que obriga a maior despesa.

As estrumeiras superficiais ou em plataforma são as que se encontram ao nível do solo. São de construção económica, a extração do estrume pode fazer-se por camadas verticais, de modo que o estrume extraído tem sempre a mesma composição e a carga faz-se facilmente.

Os inconvenientes são expor mais o estrume à ação do ar e exigir mais cuidados (calcamento e regas). Estes inconvenientes evitam-se, em parte, com a construção dum muro de resguardo em volta da meda.

A estrumeira de encosta ou mista combina as vantagens de uma e outra (carrega-se por cima, descarrega-se por baixo) (fig. 33).

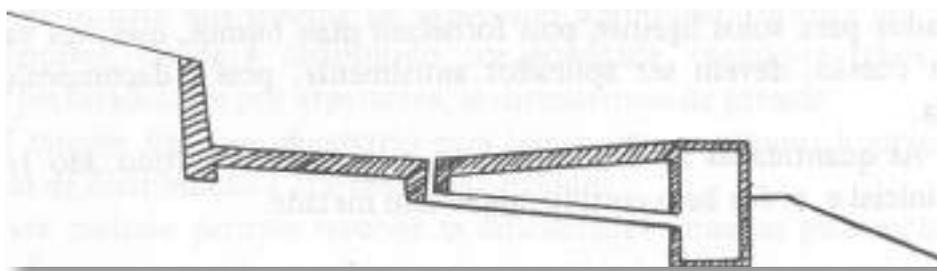


Figura 33 - Estrumeira de encosta

Estrumes artificiais

Quando não se dispõe de estrume de curral, tal falta pode corrigir-se ou atenuar-se pela transformação de detritos vários, como os matos, palhas, folhas, cascas, bagaços, etc.

Sobre a superfície da estrumeira amontoam-se então as camadas de material a decompor, com a espessura de 20 cm cada, que se vão calcando ligeiramente uma a uma e regando abundantemente. Após o espalhamento de cada camada distribui-se 25 a 35 Kg de cianamida cálcica por tonelada de material.

Pela sobreposição das várias camadas vai-se, desta forma, constituindo uma pilha (monte, meda ou parga) que não deverá exceder 2,5 metros de altura. Passados alguns dias o material entra em fermentação, convindo regar-se a meda de quando em quando, a fim de se manter um grau de humidade conveniente, utilizando-se para esse fim o líquido que escorre para a fossa e ainda a água necessária. Haverá, contudo, que ter o



cuidado de não encharcar demasiadamente a pilha, para não paralisar a fermentação. A melhor maneira de controlar esta última, consiste em determinar de tempos a tempos a temperatura da fermentação, introduzindo na pilha um termómetro cuja escala atinja os 100 °C; não convirá que aquela temperatura exceda os 65-70 °C, e quando tal tende a suceder efetuar-se-á uma rega acompanhada de uma ligeira compressão da pilha.

A temperatura vai baixando à medida que a fermentação se aproxima do fim, dependendo a duração total da curtimenta do tipo de material que se pretende transformar. Assim, por exemplo, com palha de cereais consegue-se estrume bem curtido ao fim do quarto ou quinto mês.

4.3.1.2.3. *Compostagem de resíduos orgânicos*



Figura 34 - Compostagem

Poderá parecer estranho iniciarmos este tema com um esquema e uma foto, mas este conceito de compostagem é hoje bastante divulgado em países quer da Europa, quer da América (fig. 34).

Os fertilizantes naturais são cada vez mais uma mais-valia para o ambiente e ao mesmo tempo ajudam na produção agrícola, e como aqui se constata é no próprio jardim caseiro já utilizado. Logo será de toda a importância na agricultura de qualquer país e Timor Leste não está de modo algum inadaptada a tal, pelo contrário é a grande forma barata



e ecológica de obter fertilizante, pena é que para grandes áreas as coisas se tornem mais difíceis, mas não impossíveis (fig. 35).



Figura 35 - Compostagem industrial

A compostagem é um processo de decomposição controlada de matéria orgânica (ramos, folhas, restos de alimentos, etc.) feita através de microrganismos (fungos e bactérias) (fig. 36).



Figura 36 - Degradação de uma garrafa de plástico

Esta decomposição pode ser feita num compostor (recipiente apropriado para a compostagem), em pilhas de compostagem ou simplesmente amontoando a matéria orgânica num local em contacto com a terra.

O produto resultante da compostagem é denominado de composto e pode ser aplicado no solo como adubo natural, apresentando vantagens monetárias e ambientais comparativamente aos fertilizantes químicos (fig. 37).





Figura 37 - Ciclo da matéria orgânica

O QUE É A COMPOSTAGEM?

A compostagem é um processo que transforma a matéria orgânica do lixo em adubo. Todo o processo acontece em etapas, nas quais a temperatura, a humidade, fungos, aranhas, minhocas, bactérias, besouros e formigas, decompõem as fibras vegetais e animais. As substâncias orgânicas transformam-se em substâncias mais simples e, depois, em substâncias minerais que podem ser utilizadas pelas plantas.

Parecem dois conceitos de certo modo diferentes, pois um fala em lixo o outro não, mas se analisarmos com atenção verificamos que se trata da mesma afirmação (fig. 38).



Figura 38 - “Na Natureza nada se perde... tudo se transforma” Lavoisier



OBJETIVO

Para além de proteger o ambiente por produzir menos lixo orgânico, fazer compostagem ainda permite obter um produto de grande valor - o composto - que se pode colocar em vasos e canteiros pois é um ótimo fertilizante natural.

A compostagem doméstica permite ao cidadão proceder à valorização dos seus resíduos orgânicos, em casa ou no quintal sendo uma forma de evitar a poluição. A compostagem promove a decomposição de resíduos domésticos orgânicos por ação de microrganismos, evitando custos ambientais (poluição) e económicos (transporte e deposição desses resíduos num aterro).

Quem pratica a compostagem tem muito menos lixo para despejar no contentor.

CURIOSIDADE:

Uma família (4 pessoas), fazendo uma alimentação tradicional, produz uma média de 700 a 800 kg de resíduos orgânicos provenientes da alimentação, por ano. A esta quantidade acrescentam-se os resíduos resultantes da limpeza do jardim (ramos, folhas secas, ervas daninhas, etc.). Já imaginaram a quantidade de vezes que evitamos ir “despejar o lixo”? Com tudo isto ainda obtemos o composto que utilizamos em vasos e canteiros. Não usamos fertilizantes nem adubos, e as plantas estão sempre bem verdinhas.

COMO FAZER

A forma ideal de fazer compostagem doméstica é utilizando um pequeno espaço no quintal, mas quem vive em cidades também a pode fazer. Em várias cidades já são disponibilizados equipamentos (compostores) e até os colocam nas ruas para que as pessoas aí possam depositar os restos vegetais que se produzem na confeção das suas refeições (fig. 39).



*Figura 39 -
Compostor*



O QUE COMPOSTAR

Muitas pessoas não sabem que o lixo orgânico também pode - e deve - ser transformado. Ao apodrecerem dentro de sacos plásticos, cascas, talos, restos de frutas e verduras, geram gás metano (CH_4), 21 vezes mais prejudicial para a camada de ozono do que o dióxido de carbono (CO_2). Se for corretamente compostado, todo esse material pode ser transformado num bom adubo natural para jardins e floreiras.

COMO SE FAZ A COMPOSTAGEM

Em casas com quintal:

Num canto do seu quintal, faça um buraco quadrado com as dimensões entre 1 a 1,5 metro de lado e com 30 a 50 centímetros de profundidade. Após isso, cerque o espaço com uma cerca de madeira ou de outro material. A terra retirada do buraco será usada para adicionar mais tarde, em camadas, ao composto.

Coloque nesse espaço os restos de legumes e verduras, cascas de frutas, borras de café, cascas de ovos, ervas arrancadas do jardim, restos da poda das árvores, relva, etc...

Não colocar alimentos cozinhados nem dejetos de animais pois atraem roedores e provocam mau cheiro.

Por cada camada de detritos que colocar, espalhe por cima alguma da terra que retirou. Isto ajuda a acelerar o processo de compostagem.

Os seres vivos que participarão na transformação dos materiais depositados serão naturalmente atraídos para esse espaço pela presença de alimento. Periodicamente revire o composto para o arejar.

Nota: O espaço da compostagem pode ser um simples contentor de lixo (ver imagem) ao qual se tenha cortado o fundo e enterrado cerca de 20 cm num canto do seu quintal. Se optar por esta forma, deve adicionar água com alguma frequência para que o composto não seque (fig. 40).



Figura 40 - Compostor simples



Em apartamentos ou casas sem quintal:

O primeiro passo é arranjar um recipiente de plástico ou de outro material em que o fundo tenha alguns furos de modo a permitir a entrada de oxigénio e para não deixar acumular líquidos no nosso composto. Se verificar demasiada acumulação de líquidos, devemos corrigir isso com terra seca. O segundo passo é, justamente, cobrir o fundo do recipiente com a terra seca. Essa terra permite absorver a humidade produzida pela matéria orgânica, o que nos leva ao terceiro passo: formar uma camada por cima da terra, composta por cascas de alimentos, folhas, caules ou restos de legumes, cortando-os em bocados para que demorem menos tempo a decompor. Não se devem colocar alimentos cozidos nem de origem animal, pois isso dificulta a decomposição e provoca cheiros que atraem animais, por exemplo, as moscas. Por cima desta camada devemos colocar algum estrume como fonte de microrganismos. Depois fazemos uma nova camada de terra. Por último, espalha-se um pouco de borra de café com o objetivo de evitar o mau cheiro e de afastar os insetos. Se possível, adicione algumas minhocas.

E pronto, agora só resta fechar a caixa e a cada três dias, remexer o composto. Ao final de mais ou menos dois meses, obtemos uma terra ótima, completamente adubada e repleta de nutrientes.

Como saber se o composto está pronto

O tempo de decomposição/maturação depende da temperatura, da humidade, da quantidade e do tipo de material a ser compostado. Se o material em processo de compostagem estiver nas condições ideais pelos parâmetros anteriormente mencionados, especialmente a humidade e a temperatura são bons indicadores do fim do processo. Quando a temperatura se estabilizar de acordo com a temperatura ambiente, isso será um indicativo de que o processo está concluído. O composto, quando pronto, tem as partículas soltas, cor escura, cheiro de terra e quando o esfregamos nas mãos elas não se sujam. Normalmente, o composto obtido por meio de compostagem doméstica leva entre 6 meses e 1 ano a estar pronto (fig. 41).



Figura 41 - O composto



Fatores que interferem na compostagem

- a. Seres Vivos: A conversão da matéria orgânica bruta ao estado de matéria humidificada é um processo realizado por bactérias, fungos, minhocas, etc...
- b. Humidade: A presença de água é fundamental para o bom desenvolvimento do processo. No entanto, a escassez ou o excesso de água pode desacelerar a compostagem.
- c. Arejamento: A compostagem feita num ambiente aeróbio (presença de oxigénio), além de mais rápida, não produz odores nem atrai moscas ou formigas.
- d. Temperatura: O processo da compostagem liberta calor. O metabolismo exotérmico dos microrganismos, durante a fermentação aeróbia, produz um rápido aquecimento da massa.
- e. Relação Carbono / Azoto (C/N): Os microrganismos absorvem os elementos carbono e azoto numa proporção ideal. O carbono é a fonte de energia para que o azoto seja assimilado na estrutura.
- f. Preparação prévia da matéria-prima: O tamanho das folhas, cascas e outros é muito importante uma vez que interfere diretamente no arejamento da massa original. Partículas maiores promovem melhor arejamento, mas o tamanho excessivo é menos adequado à decomposição e o processo será mais lento.
- g. Dimensões e formas dos recipientes: Quanto ao comprimento, este pode variar em função da quantidade de materiais, do tamanho do quintal e do método de arejamento. Já a altura do recipiente depende da largura da base. Recipientes muito altos submetem as camadas inferiores aos efeitos da compactação. Por outro lado, se forem muito baixos, perdem calor mais facilmente ou nem aquecem o suficiente para destruir os organismos patogénicos.

São produzidos atualmente toneladas de resíduos sólidos, muito deles são orgânicos, como papel, plásticos, vidros, borracha, embora a maioria dos resíduos sólidos já possa ser reciclado e transformado em materiais úteis para matérias prima e aparecerem no mercado de outras formas e usos, no caso dos resíduos orgânicos, podem ser tratados e transformados em adubos orgânicos muito úteis para os solos, mais ainda muitos desses resíduos são depositados em aterros, mas com a sensibilização já se começa a



ter cada vez mais ações mais razoáveis na defesa do ambiente, as empresas cada vez mais já exigem que os seus resíduos sejam tratados e promovem a recolha seletiva dos seus resíduos, para que sejam reciclados e não sejam encaminhados simplesmente para aterros. É necessário que países em franco desenvolvimento, como é o nosso caso em Timor Leste se adotem posturas como esta e se iniciem estas atividades, as pessoas ganham, o ambiente ganha, enfim todos ganhamos.

Caso os resíduos orgânicos sejam encaminhados para aterros continuam a ser um problema para o ambiente, esses resíduos contém uma grande quantidade de água e decompõem-se, o grau de humidade que se encontra nesse tipo de resíduos orgânicos, passa a ser também uma fonte de problemas ambientais, infiltração dos líquidos nos solos o aparecimento da produção de metano, pode acontecer uma contaminação dos lençóis freáticos e outros tantos problemas.

Mas em contrapartida, o tratamento dos resíduos por compostagem industrial trás muitos aspetos positivos para o tratamento desse tipo de resíduos, quem vem das empresas.

Atualmente já se valoriza a recolha dos resíduos para que sejam reciclados, como os aparelhos elétricos, sucatas, papel, plásticos, e mesmo os entulhos já se realiza a reciclagem para aproveitamento desse tipo de resíduos em lugar de irem para aterro.

Os resíduos sólidos orgânicos, com o aumento da população e de empresas de transformação são cada vez mais. As empresas de recolha de resíduos pastosos e resíduos sólidos orgânicos que já os encaminham para compostagem começam a ganhar importância.

A compostagem industrial surge cada vez mais como uma das melhores formas de tratar os resíduos orgânicos, por isso cada vez mais os resíduos orgânicos, são encaminhados para essa forma de tratamento biológico, já que é uma forma eficiente e eficaz de tratar todo o tipo de resíduos orgânicos, e permite ainda fazer o seu aproveitamento para solos agrícolas

Os resíduos sólidos orgânicos e resíduos líquidos e pastosos que podem ser tratados por compostagem, podem ser provenientes das atividades das empresas privadas e empresas municipais e atividades domésticas, os resíduos sólidos sejam do tratamento de jardins, relvados como folhas, relva, ramos, empresas como aviários, e empresas de transformação ou criação de animais (estrume diversos) cascas, empresas de



transformação de produtos alimentares, e outros resíduos como restos de hortícolas, relva, batatas, resíduos de refeitórios, restaurantes, tudo o que seja resíduo, produtos alimentares fora de prazo, ou resíduos em forma pastosa provenientes das limpezas de diversos equipamentos de retenção ou tratamento de resíduos existentes em empresas e outras unidades de tratamento e retenção públicas e privadas, como areias, lamas de “estações de tratamento de resíduos” e cinzas.

Nem todos os centros de compostagem podem realizar o tratamento de resíduos sólidos e pastosos, já que exige muitos conhecimentos técnicos e uma grande tecnologia, há centros de compostagem que só aceitam resíduos vegetais, outros conseguem tratar uma grande variedade de resíduos líquidos não perigosos e resíduos sólidos através da compostagem.

Nos centros de compostagem transformam-se esses resíduos orgânicos num composto para fertilização dos solos, para isso recorre-se a equipamentos tecnológicos dos mais avançados que atualmente existem ao dispor em processos de compostagem, e uma equipa técnica bem experiente e com conhecimentos técnicos já que é necessário observar muitos parâmetros antes de qualquer composto ser colocado nos solos, com uma boa equipa técnica aliada à tecnologia consegue-se dar resposta ao tratamento a todo tipo de resíduos líquidos não perigosos e resíduos sólidos através da compostagem.

A Compostagem de resíduos industriais e urbanos é um processo de tratamento eficaz de reciclagem de resíduos orgânicos em composto para a fertilização dos solos, a compostagem de resíduos orgânicos torna-se cada vez mais importante no tratamento dos resíduos líquidos e sólidos, transforma os resíduos, num composto de alta qualidade para fertilizar os solos, o que significa menos resíduos para os aterros.

O Processo de compostagem utilizado para a produção do composto é um processo de oxidação biológica, aeróbio, do qual resulta um produto estabilizado e higienizado, benéfico para a produção vegetal.

Existem sistemas de compostagem de pilhas com revolteamento mecânico, os resíduos a compostar, são colocados em pilhas alongadas revolteadas periodicamente com uma revolteadora automotriz, de modo a aumentar o arejamento da pilha e aumentar a celeridade da fermentação.



Alguns sistemas de compostagem possuem tecnologia que permitem acelerar o processo de compostagem natural, aumentando a capacidade de fermentação do material, consegue-se a compostagem pela multiplicidade de organismos, bactérias, minhocas, insetos e fungos que reciclam os resíduos para um composto garantindo a eliminação de microrganismos patogênicos e simultaneamente impedindo a libertação de odores, permite a libertação de CO₂ resultante do processo de decomposição, impedindo a saída das moléculas de compostos orgânicos responsáveis pelos odores desagradáveis inerentes ao processo e, constituindo também uma barreira à pluviosidade e ocorrência de pragas, como moscas e ratos.

A compostagem é um processo de reciclagem de resíduos naturais, produzindo-se um composto rico, adubo orgânico para espalhar em terrenos agrícolas.

Transformação dos resíduos orgânicos líquidos e sólidos orgânicos por compostagem, produz um composto com nutrientes ricos para os solos, uns fertilizantes naturais para aplicação na área agrícola. Todo o processo é muito controlado e claro otimizado para que se consiga uma conversão rapidamente, nunca se pode esquecer de se controlar os resíduos que entram no processo, os efluentes e os resíduos sólidos biodegradáveis, para que a qualidade do composto passe nos testes exigidos que são realizados pelas entidades competentes antes de poderem ser encaminhados.

Os centros de compostagem transformam os resíduos orgânicos num composto para utilização nos solos agrícolas, o que faz acontecer um ciclo de vida útil do material orgânico, os resíduos voltam ao seu lugar de origem a Terra, sobre a forma de substâncias fertilizantes e que mantêm e ajudam a fertilizar a terra, pode por isso impedir a erosão dos solos, reduzir em muito a aplicação dos fertilizantes inorgânicos, alguns dos aspetos mais positivos quando se aplica e utiliza este tipo de compostos orgânicos.

A reciclagem é muito importante, mas o reaproveitamento é sempre preferível.

Dar um destino correto aos resíduos, como reciclar os resíduos (urbanos e industriais) é uma atitude consciente para o bem-estar do maior lar de todos nós: A Terra.

Os recursos naturais do planeta não são infindáveis, por conseguinte, há cada vez mais necessidade de novos espaços para aterros sanitários, os quais poluem o ar, os rios.

Reciclar é um benefício inegável tanto no aspeto ambiental como energético. Primeiro, porque fabricar materiais com o aproveitamento de resíduos consome menos energia do que fabricá-los a partir de novas matérias-primas virgens. Segundo, porque muitos



dos recursos energéticos são fontes de energia não renováveis, ainda, como é evidente, a não necessidade de se recorrer aos recursos da natureza implica que se poupe também energia e água, que se polua menos (tanto o ar como a água) com os resíduos das fábricas, por outro lado, a necessidade premente de se construírem novos aterros sanitários poderá ser minimizada, se houver uma escolha seletiva da recolha de resíduos. Reciclagem é um ciclo de tratamentos e transformação que tem por finalidade aproveitar os resíduos, produzidos pelo Homem e reutilizá-los num ciclo vida, os resíduos são separados e processado em vários processos para serem usados como matéria-prima na manufatura de novos produtos.

Na maior parte dos processos, os resíduos reciclados são completamente diferentes do produto inicial. Reciclar é poupança económica, é economizar energia, é poupar recursos naturais e trazer de volta ao ciclo produtivo o que é considerado lixo banal.

4.3.1.2.4. Sideração

A sideração consiste no enriquecimento e melhoria do solo, através da incorporação de plantas que crescem no próprio local. Estas plantas captam das camadas inferiores do solo e da atmosfera os elementos que serão úteis às culturas seguintes. A sideração também protege o solo, ao trabalhar em profundidade, através do desenvolvimento da raiz. Algumas espécies produzem húmus e podem substituir parcialmente estrume e composto, tal como a aveia, a facélia e os trevos.

Uma das plantas que podem ser utilizadas para sideração, é a urtiga-maior (*Urtica dioica*) (fig. 42). Esta infestante cresce em locais ricos em matéria orgânica. Em termos de uso agrícola, esta planta é utilizada para regular o ferro e o azoto do solo, para estimular o crescimento das plantas, para proteger contra as doenças e para favorecer a transformação de matéria orgânica em húmus. Com todas estas qualidades, será mesmo uma «erva daninha»?!





Figura 42 - Urtiga dioica

As utilizações agrícolas da urtiga são as seguintes:

- cobertura do solo com as plantas inteiras ou cortadas;
- fertilização e proteção das plantas contra as doenças (utilização direta da urtiga fracionada nas covas de plantação como na batateira e tomate);
- chorume de urtiga para pulverizar e regar certas plantas;
- compostagem para ativar a formação do húmus.

Ao fim de algum tempo, num canteiro com urtigas plantadas foram das poucas infestantes que sobreviveram (fig. 43).

Não se deve apanhar urtigas que estejam a menos de 50 metros de estradas com grande circulação porque captam o chumbo lançado pelos canos de escape.



Figura 43 - Urtiga com flor



4.3.1.3. Outros corretivos

Corretivos de Carências

Vários outros produtos, embora de um modo geral com aplicações mais restritas, podem e devem ser utilizados como fertilizantes a que se dá a designação de corretivos agrícolas.

Elementos %	Corretivos	
	Super Fe	Super Mg
Mg	-	15
Fe	10	-
Extrato Húmico Total	5	5
M.O.	25	25
N	2	2
SO ₂	5	3
CaO	5	5
pH	5 a 6	
Humidade Máxima	6	
M.O. - Matéria Orgânica		

4.3.1.4. Quantidades utilizadas

As culturas só poderão produzir plenamente em quantidade e qualidade se, para além de outras condições ambientais favoráveis, tiverem à sua disposição durante todo o período de crescimento os diversos nutrientes minerais (azoto, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês, cobre, zinco, níquel, boro, molibdénio e cloro) nas quantidades e proporções mais adequadas.

- As exigências quantitativas de nutrientes minerais variam com a natureza da cultura e, dentro desta, com a cultivar e o respectivo nível de produção.
- O solo continua a ser o principal meio em que as culturas crescem e se desenvolvem e onde vão buscar a água e os nutrientes de que necessitam.
- A capacidade para fornecer nutrientes minerais às plantas varia enormemente com o tipo de solo e, dentro deste, com o seu nível de fertilidade.



- A fertilidade de um solo pode degradar-se quando este for sujeito a técnicas culturais incorretas ou, pelo contrário, pode aumentar quando cultivado de forma adequada de maneira a melhorar as suas características físicas, químicas e biológicas.
- Um solo naturalmente fértil e produtivo pode, assim, tornar-se praticamente estéril por esgotamento de um ou mais dos seus nutrientes ou por degradação de alguma das suas propriedades ou ser mesmo completamente destruído por ação de fenómenos erosivos; e um solo com uma fertilidade natural muito baixa pode tornar-se altamente produtivo após correção dos fatores limitantes, designadamente de carências ou de excessos minerais, impeditivos do normal crescimento e desenvolvimento das plantas.
- Numa agricultura tecnicamente evoluída, a preservação e melhoramento da fertilidade do solo e do seu potencial produtivo constitui uma norma básica cujo respeito garante a sustentabilidade dos sistemas culturais e a salvaguarda da qualidade do ambiente.
- A preservação e melhoria da fertilidade de um solo e a criação de condições adequadas para a nutrição mineral da cultura ou culturas a fazer nesse solo só poderão conseguir-se através da prática da fertilização racional do sistema solo-cultura ou solo-rotação de culturas.
- Através da fertilização racional procura-se aplicar corretamente ao solo e ou às plantas, nas épocas apropriadas e sob as formas mais adequadas, os nutrientes que nele escasseiam face às necessidades da(s) cultura(s).
- Haverá, por um lado, que conhecer as necessidades de nutrientes da cultura relativamente ao nível de produção que realisticamente pretende atingir-se e, por outro, conhecer a disponibilidade do solo em nutrientes. A partir do balanço necessidades - disponibilidades poderão determinar-se os nutrientes e respectivas quantidades que será necessário fornecer ao solo para garantir uma adequada nutrição da cultura.
- A fertilização racional será, pois, uma fertilização por medida, indispensável à obtenção da melhor rentabilidade económica da produção agrícola e à preservação da qualidade do ambiente, nomeadamente a proteção das águas superficiais e das águas subterrâneas contra a poluição (eutrofização) com nutrientes minerais veiculados pelos fertilizantes.



- A prática da fertilização racional pressupõe, por conseguinte, a existência de informação técnico-científica que permita responder com segurança às seguintes questões:
 - Que nutrientes é necessário aplicar ao solo e/ou à cultura?
 - Quais as quantidades mais adequadas desses nutrientes?
 - Quais os fertilizantes tecnicamente mais favoráveis para aplicar esses nutrientes tendo em conta as condições de solo, de clima e da própria cultura?
 - Quais as épocas mais apropriadas para proceder à sua aplicação?
 - Quais as técnicas de aplicação a adotar de forma a obter-se uma melhor eficácia no aproveitamento desses nutrientes pela cultura?

A maioria dos agricultores não dispõe, no todo ou em parte, deste tipo de informação, necessitando, por isso, do apoio de serviços técnicos especializados que, com base na análise de amostras representativas de terra e/ou de amostras foliares e noutros conhecimentos relativos aos hábitos e necessidades nutritivas das culturas, às características dos fertilizantes e do seu comportamento no solo, às condições climáticas e a outros fatores, formulam as recomendações de fertilização.

A formulação das recomendações de fertilização é habitualmente feita pelos laboratórios que realizam as análises de terra e/ou as análises foliares. Tais recomendações poderão, localmente, ser melhor detalhadas, adaptadas ou complementadas com o contributo de técnicos dos serviços regionais de agricultura em função de um conhecimento mais completo das realidades locais e do próprio agricultor.

Nos planos de fertilização que se estabeleçam a nível de uma exploração agrícola deverão procurar utilizar-se de forma sistemática todos os subprodutos da exploração que possuam valor fertilizante, tais como estrumes, chorumes, resíduos das culturas, lamas e águas residuais, etc., recorrendo a outros fertilizantes obtidos no exterior, nomeadamente adubos químicos, adubos orgânicos e adubos organominerais, apenas para satisfazer o défice da exploração em nutrientes.



4.3.2. Corretivos do pH

Conforme foi mostrado, uma base é considerada forte ou fraca pela intensidade com que coloca o íon OH^- no meio: uma base forte coloca, de imediato, todos os seus íons OH^- no meio, enquanto uma base fraca, devido ao equilíbrio químico, coloca mais lentamente e em pequenas quantidades esse íon.

Pela ação neutralizante dos corretivos de acidez, fica claro que o cálcio e o magnésio não são neutralizantes; são nutrientes vegetais. As bases químicas efetivas são CO_3^{2-} , OH^- e SiO_3^{2-} . Isso significa que carbonatos, hidróxidos e silicatos solúveis corrigem a acidez, como BaCO_3 , $\text{Li}(\text{OH})$, Na_2SiO_3 , mas não são corretivos da acidez “dos solos”. Devido à existência, em abundância, de materiais que associam essas bases químicas aos nutrientes cálcio e magnésio, estes são os indicados para corrigir a acidez “dos solos”, ou seja, são os corretivos da acidez “dos solos”;

O gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) não é corretivo de acidez; isto porque embora o SO_4^{2-} seja uma base química, sua força é extremamente pequena conforme mostra o diminuto valor de sua constante ($K_b = 8,3 \times 10^{-13}$): essa força é quase nula, de nenhuma efetividade prática; Há no mercado o produto conhecido como calcário “filler”: é um calcário que se caracteriza por apresentar granulometria fina.

CARACTERÍSTICAS

1. Natureza química dos constituintes: Conforme visto, os corretivos de acidez diferem entre si pela natureza química de seus constituintes e, de acordo com essa natureza, os constituintes podem ser ou originar bases fracas, como os carbonatos e silicatos, de ação mais lenta, ou base forte como o hidróxido, de ação mais rápida e enérgica. Por isso, os corretivos devem ser comercializados com a sua correta denominação, o que é exigido pela legislação de alguns países, a fim de que o consumidor, conhecendo-os, saiba como utilizá-los corretamente.

2. Poder de neutralização (PN): O poder de neutralização de um corretivo de acidez é determinado analiticamente, fazendo-se uma amostra do mesmo reagir com uma quantidade conhecida e em excesso de ácido clorídrico relativamente diluído (0,5N) e a quente. Dessa forma, é dada oportunidade ao corretivo de exercer toda a sua capacidade



de neutralizar o ácido. Posteriormente, determina-se o excesso de ácido e, por diferença, calcula-se a quantidade de ácido neutralizado pelo corretivo. De acordo com o princípio da equivalência química, a quantidade de ácido neutralizada equivale à quantidade de constituinte neutralizante contido na amostra. Ainda pelo princípio da equivalência, seja qual for o constituinte da amostra, considera-se como sendo o CaCO_3 , que é tomado como padrão. Assim, calcula-se a quantidade de CaCO_3 que deveria existir na amostra e o resultado é expresso em “percentagem equivalente em carbonato de cálcio”.

3. Teores de cálcio e de magnésio: A identificação de um produto como corretivo de acidez dos solos é feita determinando-se os teores de cálcio e de magnésio. A ausência ou teores muito baixos desses elementos indicam que o produto não é corretivo de acidez dos solos. Essa determinação fornece os teores desses constituintes na forma elementar, isto é, Ca e Mg; mas são expressos, por convenção, como CaO e MgO em todos os corretivos.

4. Solubilidade: A solubilidade em água dos corretivos é baixa: CaCO_3 : 0,014 g/L a 25°C; MgCO_3 : 0,106 g/L a 25°C; Ca(OH)_2 ; 1,85 g/L a 0°C; Mg(OH)_2 : 0,009 g/L a 18°C; CaSiO_3 : 0,095 g/L a 17°C. O CaO e o MgO reagem com a água produzindo os respectivos hidróxidos. As impurezas presentes nos materiais corretivos concorrem para dificultar a solubilidade desses constituintes.

5. Granulometria: Devido à baixa solubilidade das substâncias neutralizantes, a ação dos corretivos nos solos depende, além da humidade, do contato do corretivo com o solo. E esse contato, por sua vez, depende:

- a. Da moagem do corretivo: quanto mais moído, maior é o contato e mais rápida será sua ação no solo e vice-versa;
- b. Da mistura do corretivo com o solo: quanto mais misturado, maior é o contato e mais rápida será sua ação no solo e vice-versa. Para uma boa mistura do corretivo com o solo é necessário que ele seja distribuído uniformemente e também bem incorporado, isto é, é necessário que o corretivo seja bem aplicado. Pode-se afirmar com segurança que perde-se muito do efeito dos corretivos devido a imperfeições na aplicação. Deve ser lembrado que o aumento do



grau de finura aumenta também as dificuldades de aplicação, tanto em relação aos equipamentos aplicadores quanto às perdas em consequência do vento, e também há maior contato do corretivo com o operador.

6. Reatividade e efeito residual: Reatividade de um corretivo é a velocidade de sua ação no solo, ou seja, a rapidez com que corrige a acidez. A reatividade depende:

- Das condições de solo e de clima: quanto maiores forem a acidez do solo, a temperatura e a humidade, maior é a reatividade, razão porque nas regiões tropicais os corretivos são mais reativos do que nas regiões temperadas e frias.
- Da natureza química: as bases fortes são mais reativas do que as bases fracas;
- Da granulometria: quanto mais fino for o corretivo, maior é a reatividade.

Ressalve-se que:

- a. reatividade significa a percentagem do corretivo que reage no solo dentro de um período de 3 meses;
- b. exigir garantia de reatividade mínima para os calcários não é interessante do ponto de vista agrícola: os calcários B e C apresentam a mesma reatividade, porém 33% do calcário B não terá qualquer efeito enquanto apenas 5% do calcário C não terá efeito. Portanto, é mais interessante exigir-se garantia mínima de granulometria, o que é adotado pela legislação de vários países: os calcários devem passar no mínimo 95% na peneira Nº 10 (ABNT), 70% na peneira Nº 20 (ABNT) e 50% na peneira Nº 50 (ABNT) (Brasil, 1986). O calcário C atende exatamente a esses mínimos. Deve-se notar então que a legislação tolera até 5% do material que não terá reação no solo;
- c. o calcário “filler” por ter granulometria bem mais fina que 0,30 mm (peneira Nº 50), deve ter reatividade superior a 100%;
- d. a cal (virgem e hidratada), além de apresentar granulometria bastante fina, tem suas reatividades aumentadas devido à natureza química (bases fortes): portanto suas reatividades são bastante superiores a 100%, podendo-se dizer que a ação desses produtos é quase “imediate” (10 a 15 dias).



Efeito residual de um corretivo é o tempo de duração da correção da acidez, ou seja, é a duração da calagem. O efeito residual depende de vários fatores: dosagem de corretivo usada na calagem, tipo de solo, adubações (os adubos nitrogenados acidificam o solo), intensidade cultural, dentre outros. Porém um fator também importante no efeito residual é a reatividade do corretivo: quanto maior a reatividade, menor o efeito residual, isto é, quanto mais rápida a ação do corretivo, menor é a duração da calagem e vice-versa. Portanto, reatividade e efeito residual são duas características antagônicas.

7. Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT): A ação de um corretivo depende fundamentalmente das características: poder de neutralização (PN) e reatividade (RE). Isoladas, essas duas características não possibilitam uma adequada avaliação da ação do corretivo; por isso foram associadas, dando origem ao índice denominado Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT).

O aumento do PRNT dos corretivos pode ser conseguido pela moagem mais fina ou pela calcinação (transformação do carbonato em óxido ou hidróxido): no primeiro caso ocorre somente aumento de reatividade e no segundo ocorre aumento de PN e reatividade. Por isso, pode-se concluir que, em geral, quanto maior o PRNT maior é a reatividade do corretivo.

A rigor, o conceito de eficiência está ligado à lucratividade, isto é, o corretivo mais eficiente é aquele que proporciona maior lucro. Para isso é necessário levar em conta aspectos técnicos e econômicos.

Quanto aos aspectos técnicos, deve-se considerar existirem situações que necessitam de corretivos com maior reatividade, como no caso de atraso na calagem, calagem em terrenos arrendados temporariamente, hortas, solos muito ácidos; há situações que necessitam de efeito residual como no caso de calagem para implantação de culturas perenes, semi-perenes e pastagens; muitas situações necessitam de corretivos com reatividade e efeito residual em níveis intermediários.

Deve-se considerar também a natureza química do produto e a granulometria, porque exigem diferentes cuidados na aplicação: cal virgem, cal hidratada e calcário calcinado devem ser incorporados logo após a aplicação para não se empedrarem, assim como exigem maior proteção das pessoas que os aplicam quanto ao contato com a pele e



os olhos; e produtos de granulometria fina exigem equipamentos adequados para aplicação, assim como podem apresentar acentuadas perdas devido ao vento.

Não se pode definir o melhor corretivo apenas pelas suas características. Há diferentes situações agrícolas que exigem corretivos com diferentes características: cabe ao técnico indicar o corretivo mais adequado a cada situação; e cabe aos produtores de corretivos colocar no mercado produtos com características especificadas e garantidas.

4.3.2.1. Necessidade de corrigir o pH do solo

Os solos são ácidos quando apresentam grande concentração de íões hidrogénio e/ou alumínio no solo. A acidez dos solos promove o aparecimento de elementos tóxicos para as plantas além de causar a diminuição da presença de nutrientes para as mesmas. As consequências são os prejuízos causados pelo baixo rendimento produtivo das culturas. Portanto, a correção é considerada como uma das práticas que mais contribui para o aumento da eficiência dos adubos e conseqüentemente, da produtividade e da rentabilidade agropecuária.

A correção adequada do pH do solo é uma das práticas que mais benefícios trazem ao agricultor, sendo uma combinação favorável de vários efeitos dentre os quais mencionam-se os seguintes:

- eleva o pH;
- fornece Cálcio e Magnésio como nutrientes;
- diminui ou elimina os efeitos tóxicos do Alumínio, Manganês e Ferro;
- diminui a «fixação» de fósforo;
- aumenta a disponibilidade do NPK, cálcio, magnésio, enxofre e Molibdénio no solo;
- aumenta a eficiência dos fertilizantes;
- aumenta a atividade microbiana e a libertação de nutrientes, tais como azoto, fósforo e boro, pela decomposição da matéria orgânica;
- aumenta a produtividade das culturas como resultado de um ou mais dos efeitos anteriormente citados.



Muitos materiais podem ser utilizados como corretivos da acidez do solo. Os principais são: cal virgem, cal apagada, calcário calcinado, conchas marinhas moídas; cinzas; calcário (sendo este o mais utilizado, etc.). Tanto a eficiência como o preço é bastante variado para cada tipo de corretivo.

Corretivos com qualidade baixa são em geral mais baratos mas em compensação, devem ser usados em quantidades maiores para corrigir a acidez dos solos. O aumento da quantidade também aumenta o custo do transporte até à propriedade, bem como o custo da aplicação por área de terra corrigida. Assim, o custo final da correção da acidez do solo com um corretivo barato, mas de baixa qualidade, pode ser maior do que com um corretivo mais caro, mas de melhor qualidade. Portanto o corretivo mais vantajoso para o agricultor e que deverá ser o escolhido, é aquele que corrige a acidez dos seus solos pelo menor custo. Assim, a qualidade e o custo posto na lavoura são os dois pontos fundamentais que o agricultor deve considerar na escolha do corretivo.

A efetividade do corretivo é dada pelo valor do PRNT, ou seja, poder relativo de neutralização total. Quanto maior for o seu PRNT, ou quanto mais próximo de 100 ele for, mais rápido e mais efetivo este corretivo será.

Somente através da análise química do solo pode-se chegar à quantidade de calcário a aplicar, portanto a falta ou o excesso podem prejudicar as plantas.

Para obtermos os efeitos esperados, o calcário deverá ser aplicado, três meses, ou mais, antes de qualquer cultura para que o corretivo tenha o tempo necessário para neutralizar a acidez do solo com eficácia.

Recomendamos efetuar a distribuição o mais uniforme possível, prática que muito depende da maquinaria disponível. Porém, a distribuição com distribuidores que aplicam o calcário em linhas próximas sobre o solo representam, atualmente, a melhor alternativa.

Uma boa incorporação do calcário no solo é fundamental para que seja eficiente, ou seja, reaja com a maior quantidade possível de solo em menor tempo.

Dependendo das condições de tempo e da maquinaria disponível, recomendamos ainda, fazer a incorporação do calcário das seguintes formas:

Para quantidades iguais ou inferiores a 4 toneladas por hectare (t/ha), fazer a aplicação toda de uma só vez, e logo em seguida gradar o solo. Em seguida escarificar e novamente gradar.

Para quantidades superiores a 4 t/ha recomenda-se dividir a aplicação, colocando-se a metade no primeiro ano de cultivo e o restante no ano seguinte.



Quando utilizadas as doses recomendadas, o efeito da calagem é igual ou superior a 5 anos.

Isto quer dizer que novas aplicações de calcário só deverão ser feitas após este período, mediante nova análise de solo.

Devemos observar que o calcário é apenas um corretivo da acidez do solo e não adubo.

4.3.2.2. Tipo de corretivos

Os corretivos melhoram as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo

Podem-se classificar em:

- corretivos acidificantes - enxofre;
- corretivos alcalinizantes - calcário e cal.

4.3.2.2.1. Acidificantes

Vários fatores contribuem para acidificar o solo. A acidez do solo é um limitante ao desenvolvimento dos vegetais e à produtividade das culturas. A calagem torna-se obrigatória em solos com pH ácido. O alumínio (Al) e o manganés (Mn) são tóxicos para as plantas. Em condições de pH maior que 5,5 não há presença de Al^{3+} tóxico. A disponibilidade dos nutrientes essenciais às plantas é reduzida em pH baixo. A melhor disponibilidade dos nutrientes, para as plantas, ocorre em solos com pH 6 a 6,5. Por isto, busca-se na calagem atingir esta faixa de pH. A acidez é prejudicial não só para as plantas como para a atividade dos microrganismos do solo.

As leguminosas têm problemas na fixação simbiótica, que é reduzida em solos com pH menor que 6,0 a 6,5. Além disto, nos solos ácidos a capacidade de troca de catiões é baixa, limitação de Ca e Mg e baixa disponibilidade de fósforo (P). A calagem neutraliza a acidez, mas o solo continua sofrendo processos de acidificação. Por isto, a recomendação de analisar o solo a cada 2 ou 3 anos, para acompanhar a necessidade de refazer a calagem, em quantidades menores. Ou quando constatar uma queda de produtividade da planta cultivada.



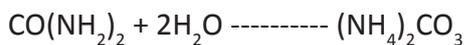
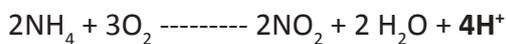
A acidificação do solo ocorre de várias maneiras:

Dissociação do CO₂

O dióxido de carbono que se encontra presente no solo reage com a água libertando HCO₃⁻ e H⁺. Por sua vez, H⁺ liberta um catião trocável na fase sólida do solo. Este catião trocável é lixiviado com o HCO₃⁻. Isto contribui para aumentar a acidez do solo. Quanto mais baixo for o pH do solo maior é a concentração de iões H⁺.

Fertilizantes nitrogenados acidificam o solo

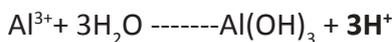
Os fertilizantes nitrogenados amoniacais e a ureia libertam H⁺ pela reação do NH₄⁺ com o solo. H⁺, por sua vez, liberta um catião trocável para a solução do solo. Este catião libertado é lixiviado, favorecendo a acidificação do solo. As reações são:



Acidificação do solo pelos adubos nitrogenados

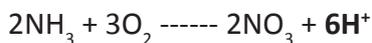
Hidrólise do alumínio (Al³⁺)

O alumínio reagindo com a água do solo, dá origem à formação de hidróxido de alumínio e libertação de H⁺.



Decomposição da matéria orgânica do solo

A decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos do solo liberta amónia (NH₃) que passa a nitrato libertando H⁺



Secreções ácidas das raízes

As raízes libertam secreções ácidas que contêm H⁺ que substitui um catião adsorvido pelo coloide do solo, por exemplo o cálcio (Ca). Este catião pode ser absorvido pela planta ou ser lixiviado.

Leguminosas podem acidificar o solo

Trabalhos de pesquisa têm demonstrado que a utilização de leguminosas em rotação



de culturas ou adubação verde, de modo contínuo e por muito tempo, podem acidificar o solo. A calagem deve ser feita em espaços menores de tempo, com análises de solo mais frequentes. Outros fatores como a **água das chuvas e a erosão do solo provocam a acidificação do solo**. A água da chuva lixivia cátions trocáveis como Ca e Mg sendo substituídos por Al, Mn e H na solução do solo.

4.3.2.2.2. Alcalinizantes

Corretivos da acidez dos solos são produtos capazes de neutralizar (diminuir ou eliminar) a acidez dos solos e ainda adicionar nutrientes vegetais ao solo, principalmente cálcio e magnésio. A acidez de um solo é devida à presença de H^+ livres, gerados por componentes ácidos presentes no solo (ácidos orgânicos, fertilizantes nitrogenados, etc.). A neutralização da acidez consiste em neutralizar os H^+ , o que é feito pelo anião OH^- . Portanto, os corretivos de acidez devem ter componentes básicos para gerar OH^- e promover a neutralização.

Os corretivos de acidez são classificados em:

Calcário: produto obtido pela moagem da rocha calcária. Seus constituintes são o carbonato de cálcio ($CaCO_3$) e o carbonato de magnésio ($MgCO_3$). Em função do teor de $MgCO_3$, os calcários são classificados em: calcíticos, com teor de $MgCO_3$ inferior a 10%; magnesianos, com teor mediano de $MgCO_3$ entre 10% e 25%; e dolomíticos, com teor de $MgCO_3$ acima de 25%. Em função da natureza geológica, os calcários são também classificados em sedimentares e metamórficos. Os primeiros são mais friáveis ou “moles” e os últimos são mais “duros”, porém, quando bem moídos apresentam comportamento agronômico semelhante.

Cal virgem agrícola: produto obtido industrialmente pela calcinação ou queima completa do calcário. Seus constituintes são o óxido de cálcio (CaO) e o óxido de magnésio (MgO), e se apresenta como pó fino.

Cal hidratada agrícola ou cal extinta: produto obtido industrialmente pela hidratação da cal virgem. Seus constituintes são o hidróxido de cálcio [$Ca(OH)_2$] e o hidróxido de magnésio [$Mg(OH)_2$] e também se apresenta na forma de pó fino.



Calcário calcinado: produto obtido industrialmente pela calcinação parcial do calcário. Seus constituintes são CaCO_3 e MgCO_3 não decompostos do calcário, CaO e MgO e também Ca(OH)_2 e Mg(OH)_2 resultantes da hidratação dos óxidos pela umidade do ar. Apresenta-se na forma de pó fino. Sua ação neutralizante é devida à base forte OH^- e a base fraca CO_3^{-2} .

Escória básica de siderurgia: subproduto da indústria do ferro e do aço. Seus constituintes são o silicato de cálcio (CaSiO_3) e o silicato de magnésio (MgSiO_3).

Carbonato de cálcio: produto obtido pela moagem de margas (depósitos terrestres de carbonato de cálcio), corais e sambaquis (depósitos marinhos de carbonato de cálcio, também denominados de calcários marinhos). Sua ação neutralizante é semelhante à do carbonato de cálcio dos calcários.

4.3.2.3. Quantidade de corretivo a aplicar

Antes de se aplicar qualquer tipo de corretivo de solo, deve-se antes fazer uma análise química do solo e em seguida encaminhá-la a um técnico agrícola, para que, dessa forma, não haja desperdícios e compras desnecessárias, ou ainda uso incorreto dos corretivos podendo acarretar perdas na produtividade com o uso desequilibrado dos nutrientes (o excesso de um nutriente e a falta de outro pode deixar a planta muito suscetível a doenças).

4.4. Fertilizantes minerais

Em geral, os fertilizantes minerais são sais inorgânicos de diferentes solubilidades. A eficiência agrônômica depende da sua solubilidade e das reações químicas com os solos. Os fertilizantes azotados, por exemplo, são totalmente solúveis no solo, podendo ser lixiviados parcialmente. Os fertilizantes potássicos são também solúveis, apresentando, porém, menores perdas por lixiviação pois o íon K^+ é retido no complexo de troca das partículas do solo, sendo retirado pela água somente aquela parcela presente na solução do solo. Já os fertilizantes fosfatados apresentam solubilidade bastante variável, em



função do tipo de fosfato, do tratamento térmico ou químico dado à rocha fosfatada e do tipo de partícula predominante no solo (areia, limo ou argila).

4.4.1. Classificação

Os fertilizantes minerais subdividem-se em três classes segundo sua composição: fertilizante simples formado por um composto químico, sem ser misturado com outro material fertilizante, contendo um ou mais nutrientes como a rocha fosfatada. O fertilizante misto é a mistura de dois ou mais elementos simples, contendo pelo menos dois dos três nutrientes primários (N, P e K). Fertilizante complexo é formado pela mistura de fertilizantes resultantes de processo tecnológico em que se formam dois ou mais compostos químicos. São misturas produzidas a partir de matérias-primas dando origem a compostos químicos.

4.4.1.1. Quanto ao estado físico

Os fertilizantes podem ser sólidos, líquidos ou gasosos. Os fertilizantes minerais apresentam uma fórmula ou concentração, que expressa, em percentagem, a quantidade de nutrientes contidos no fertilizante e é representada por três números em linha horizontal e separados por um traço. O primeiro corresponde à percentagem de N, o segundo à percentagem de P_2O_5 e o terceiro à percentagem de K_2O .

Os fertilizantes minerais podem ter a forma de pó ou farelo e granulados. Pó quando as partículas são de pequenas dimensões, e granulados quando as partículas são de dimensões que permitem caracterizar um grânulo. As misturas de granulados são obtidas pela simples mistura de dois ou mais fertilizantes simples granulados, caracterizam-se por apresentar os nutrientes diferentes nos grânulos; as misturas granuladas são obtidas pela mistura de dois ou mais fertilizantes simples em pó e sua posterior granulação, contendo todos os nutrientes referenciados na fórmula em cada grânulo.

A influência do tamanho das partículas nas características dos fertilizantes sólidos ocorre porque a subdivisão de um material aumenta sua superfície de exposição por unidade de massa. Características dos fertilizantes como dissolução, higroscopicidade e outras,



são aumentadas ou reduzidas em função do tamanho das partículas componentes do fertilizante. Os fertilizantes solúveis em água e higroscópicos, como nitrato de amônio, ureia, nitrato de cálcio, são mais eficientes com granulometria grosseira, fertilizantes pouco solúveis em água, como os fosfatos naturais, devem ser preferencialmente usados com granulometria fina.

Um único produto pode apresentar um, dois ou mais macronutrientes primários, podendo conter, também, macronutrientes secundários e micronutrientes. Na maioria das condições de cultivo mais de um macronutriente primário é necessário, o que fez crescer o uso de fertilizantes com vários nutrientes, especialmente o azoto, o fósforo e o potássio, obtido através da mistura de fertilizantes. Entretanto os fertilizantes que contêm apenas um ou dois nutrientes (fertilizantes simples) permitem a preparação de misturas específicas pelo consumidor e o fracionamento na aplicação de certos nutrientes em várias fases da cultura.

4.4.1.2. Quanto à natureza

Fertilizante é definido como sendo toda substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes para as plantas.

- Fertilizante Mineral - Produto de natureza fundamentalmente mineral, natural ou sintético, obtido por processo físico, químico ou físico-químico, fornecedor de um ou mais nutrientes de plantas (fig. 44).



Figura 44 - Fertilizante mineral



- Fertilizante Orgânico - Produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não com nutrientes minerais.

4.4.1.3. Quanto à composição

Os fertilizantes minerais subdividem-se em três classes segundo a sua composição

- Fertilizante Mineral Simples - Produto formado, fundamentalmente, por um composto químico, contendo um ou mais nutrientes de plantas;
- Fertilizante Mineral Misto - Produto resultante da mistura física de dois ou mais fertilizantes simples, complexos ou ambos;
- Fertilizante Mineral Complexo - Produto formado de dois ou mais compostos químicos, resultante da reação química de seus componentes, contendo dois ou mais nutrientes.

4.4.2. Propriedades

As características de qualidade dos fertilizantes são as condições naturais ou artificiais que esses produtos apresentem, e têm relação direta ou indireta com a sua eficiência, são de natureza física, química ou físico-química.

4.4.2.1. Solubilidade

Quando se aplica um fertilizante ao solo pretende-se que ele consiga estabelecer uma concentração adequada de nutrientes na solução do solo. Já nas primeiras observações relacionadas à nutrição mineral de plantas constatou-se que os fertilizantes solúveis em água eram mais eficientes que fertilizantes orgânicos tradicionais como estrumes (esterços), por exemplo. Mas há que se considerar o outro lado desta questão, ou seja, a perda de eficiência na adubação determinada pela lixiviação de nutrientes presentes em fontes solúveis.



Qualquer fertilizante que liberte os seus nutrientes no decorrer de um período relativamente longo pode ser considerado, em princípio, como sendo de solubilidade controlada e, neste aspeto, os fertilizantes nitrogenados foram os mais estudados. O baixo custo dos fertilizantes potássicos desestimularam esforços de se aumentar sua eficiência e com relação aos adubos fosfatados a tendência é justamente a oposta, ou seja, pesquisas são dirigidas para obtenção de fontes mais solúveis.

Produto de solubilidade de diferentes fertilizantes utilizados na agricultura.

Fertilizantes	Produto da solubilidade (1)
Ácido fosfórico	45,7
Ácido bórico	5,0
Cloreto de cálcio	60
Cloreto de potássio	34
Gesso	0,241
Nitrato de amónia	190
Nitrato de potássio	31
Sulfato de amónia	73
Sulfato de potássio	11
Superfosfato simples	2
Superfosfato triplo	4
Sulfato de manganés	105
Sulfato de zinco	75
Sulfato de cobre	22
Ureia	100

(1) O produto de solubilidade pode ser definido como a quantidade do fertilizante que pode ser dissolvida em 100 mL de água.



4.4.2.2. Salinidade

Índice salino é um parâmetro do fertilizante que informa sobre sua capacidade em aumentar a pressão osmótica da solução do solo. As plantas, sobretudo as mais novas, sofrem problemas com o aumento de salinidade do solo, pois existe a tendência da água caminhar para fora da célula do vegetal, causando a murchidão das plantas.

Índice salino de fertilizantes, determinado em relação ao nitrato de sódio, tomado como padrão com índice 100.

Fertilizantes	Produto da solubilidade (1)
Nitrato de sódio	100
Nitrato de amônio	105
Sulfato de amônio	69
Nitrato de cálcio	61
Ureia	75
Amônio anidro	47
Superfosfato simples	8
Superfosfato triplo	10
Cloreto de potássio	116
Sulfato de potássio	46

4.4.2.3. Higroscopicidade

É a tendência que os materiais apresentam em absorver água do ar atmosférico. É expressa pelo parâmetro *humidade relativa crítica*, definida como a humidade relativa máxima a que o produto pode ser exposto sem absorver humidade.

A mistura de dois fertilizantes apresenta maior higroscopicidade que a dos componentes envolvidos, o que dificulta a elaboração de misturas. Uma mistura de ureia e cloreto de potássio, por exemplo, apresenta humidade relativa crítica de 60,3%.



4.4.2.4. *Reação fisiológica*

Os adubos minerais são divididos em elementares (azotados, fosfatados ou potássicos), compostos (binários ou ternários) e especiais. Os adubos podem ser sólidos ou líquidos. As unidades fertilizantes (NPK) indicam a percentagem de azoto, de fósforo expresso em P_2O_5 , e de potássio expresso em K_2O , presentes num adubo. A reação fisiológica dos adubos traduz a alteração na reação do solo em resultado da sua aplicação e é quantificada pelos equivalentes de acidez e basicidade.

Os corretivos são as substâncias que são adicionadas ao solo com a finalidade de modificar ou melhorar algumas das suas características ou propriedades, como a reação, a estrutura, ou a capacidade de retenção de água. Os principais corretivos alcalinizantes são os calcários, destinados a elevar o pH dos solos ácidos. Os sulfatos de ferro ou de alumínio e o enxofre elementar podem ser usados para baixar o pH dos solos alcalinos. A aplicação de fertilizantes e corretivos exige tomadas de decisão em relação à quantidade e tipo de produto a utilizar, e quando e como se deve realizar a sua aplicação. Os fertilizantes podem ser aplicados em fundo, quando distribuídos antes ou com a sementeira ou plantação, ou em cobertura. Podem ser aplicados a lanço ou localizadamente - em faixas, com a semente, junto às árvores, etc. Os nutrientes podem ainda ser fornecidos por aplicação foliar ou por cobertura da semente.

Impactos Ambientais e Remediação do Solo

Diz-se que um local está contaminado quando a concentração de alguma substância (o contaminante) é superior ao que seria de esperar, sem que no entanto esta cause necessariamente danos. Se tiver consequências negativas para algum organismo a substância é designada por poluente. A contaminação (ou poluição) pode ter origem pontual ou tópica - quando pode ser identificada de um modo preciso - ou difuso.

É necessário desenvolver processos que conduzam a um uso mais eficiente do azoto e fósforo na exploração agrícola, tanto ao nível dos animais como do sistema solo - planta. O azoto, o fósforo e os sedimentos provenientes da erosão dos solos contaminam os meios aquáticos e dão origem ao fenómeno de eutrofização. A contaminação das águas potáveis com nitratos, agroquímicos e organismos patogénicos está associada a impactos negativos na saúde humana.



O uso de vários elementos vestigiais causou a sua dispersão no ambiente desde o início da civilização. Os elementos vestigiais mais frequentemente associados a intoxicações no Homem são o chumbo, o cádmio, o mercúrio e o arsénio. Os solos são contaminados com estes elementos em resultado da extração e uso de minérios e combustíveis fósseis, da utilização de veículos automóveis, do uso de tintas com chumbo, e da aplicação de fertilizantes e agroquímicos.

A produção de compostos orgânicos sintéticos aumentou enormemente no século passado, sendo usados diariamente mais de 70000 compostos diferentes. O uso destes compostos está associado a efeitos adversos nas plantas, organismos do solo e aquáticos, animais e Homem.

A composição da atmosfera tem vindo a ser modificada em consequência das atividades industriais e intensificação da produção agrícola. A atmosfera está a ser enriquecida em dióxido de carbono, metano, óxidos de azoto e enxofre, e alguns compostos orgânicos. Vários destes gases absorvem a radiação emitida pela terra, sendo designados por gases de estufa.

As chuvas ácidas (ou deposição acídica) correspondem à deposição de partículas sólidas ou à precipitação (chuva, neve, granizo, etc.), de natureza acídica. As causas primárias das chuvas ácidas são as emissões de óxidos de azoto e enxofre provenientes sobretudo dos combustíveis fósseis. As chuvas ácidas afetam a saúde animal e humana, corroem edifícios, danificam a vegetação, e acidificam os solos e os sistemas aquáticos.

4.4.2.5. *Mistura de Adubos*

Em virtude das possíveis reações físicas, químicas e físico-químicas que podem ocorrer na mistura de fertilizantes, pode-se dizer que existem três tipos de misturas entre eles, de acordo com a compatibilidade das mesmas:

Misturas compatíveis: Não ocorre nenhuma reação na mistura dos fertilizantes que possam promover alterações nas suas características.

Exemplo: mistura de ureia e cloreto de potássio



Misturas semi-compatíveis: A mistura deve ser feita pouco tempo antes da aplicação para evitar a ocorrência de reações entre os fertilizantes.

Exemplo: mistura de ureia e superfosfato

Misturas incompatíveis: São misturas de fertilizantes que não podem ocorrer, porque são incompatíveis e podem prejudicar a eficiência dos fertilizantes.

Exemplos: mistura de ureia e termofosfato, fertilizantes contendo cálcio e fertilizantes que contenham sulfato, ureia e nitrato de amônio, nitrato de cálcio e cloreto de potássio e DAP + MAP.

Na Figura 45 são apresentadas as possíveis combinações entre fertilizantes ilustrando a compatibilidade entre possíveis misturas.

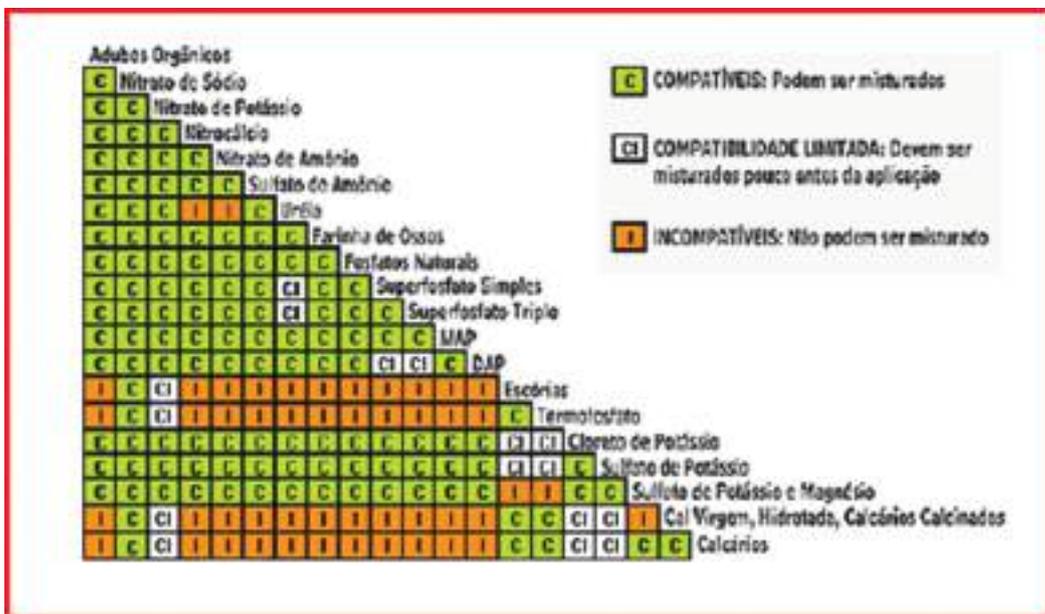


Figura 45 - Compatibilidade entre fertilizantes e corretivos para misturas a serem aplicadas no solo

O que é uma fórmula de fertilizante?

É habitual para se referir uma determinada fórmula de fertilizante mineral utilizar uma série de números separados por traços. Essa série de números é chamada de “fórmula do fertilizante”. Cada um dos números representa a quantidade de nutrientes que o fabricante garante ter no fertilizante comercializado. Esse número inclui o total de nutriente encontrado em análise analítica oficial, excluindo qualquer nutriente que é considerado indisponível para a nutrição da planta. O conteúdo de cada nutriente



na mistura é expresso em porcentagem, ou por outras palavras, em quilogramas de nutrientes por 100 kg de peso do fertilizante mineral. Essas porcentagens são o mínimo garantido pelo fabricante e, às vezes, podem ser ligeiramente maiores.

Normalmente, três números são usados para representar a concentração dos nutrientes nos fertilizantes e estes três números sempre se referem, na ordem, à concentração dos macronutrientes primários: azoto, fósforo e potássio. Se houver outros nutrientes, a sua concentração, também, pode ser indicada na fórmula do fertilizante; cada número adicional é seguido pelo símbolo do elemento químico considerado nutriente. Muitos países indicam a concentração de fósforo e potássio no fertilizante, não na sua forma química, mas na forma de óxido, P_2O_5 e K_2O .

Quando são feitas referências à concentração de fósforo no fertilizante é usual chamá-lo de fosfato, que é a forma de fósforo presente na maioria dos fertilizantes, apesar de todos os cálculos e formulações serem apresentadas na forma de óxidos (P_2O_5) ou na forma elementar (P).

A seguir são apresentados alguns exemplos de fórmulas de fertilizantes e suas garantias de concentração de nutrientes:

Um fertilizante com uma fórmula 18-46-0 tem a garantia do fabricante de ter a seguinte concentração de nutrientes: 18% de N ou 18 kg de N por 100 kg de fertilizante; 46% de P_2O_5 ou 46 kg de P_2O_5 por 100 kg de fertilizante; 0% de K_2O , ou seja, sem K_2O na fórmula do fertilizante. Um fertilizante com uma fórmula 12-6-22 + 2% de MgO tem a garantia do fabricante de ter a seguinte concentração de nutrientes: 12% de N ou 12 kg de N por 100 kg de fertilizante; 6% de P_2O_5 ou 6 kg de P_2O_5 por 100 kg de fertilizante; 22% de K_2O ou 22 kg de K_2O por 100 kg de fertilizante; 2% MgO ou 2 kg de MgO por 100 kg de fertilizante.

Os fertilizantes mistos ou compostos (misturas) são produtos que contêm NPK, NP, NK ou PK.

4.4.3. Aplicação

A escolha do modo de aplicação é importante porque o fertilizante precisa ser colocado na distância e profundidade corretas. Se ele ficar concentrado muito próximo às plantas ou às sementes, pode haver falha na germinação ou queima das plantas; por outro lado,



se for colocado muito distante delas, pode não ser bem aproveitado. Em ambos os casos, o rendimento obtido é reduzido.

A escolha do método de aplicação do fertilizante depende de vários fatores, destacando-se:

- a. características do adubo - o tipo e a quantidade a ser aplicada;
- b. características da cultura - o desenvolvimento do sistema radicular e sua capacidade de extrair nutrientes;
- c. características do solo - a textura, o teor de humidade e a capacidade de fixação dos nutrientes.

Fatores que afetam a escolha do modo de aplicação dos fertilizantes

Os principais fatores que afetam a escolha do modo de aplicação são aqueles que estão relacionados com o tipo de nutriente a ser aplicado, com a fonte do nutriente a ser usada e a quantidade do adubo a ser aplicado. Os fatores relacionados com o solo, como a textura, o teor de humidade e a capacidade de fixação, assim como os relacionados com a cultura, como o desenvolvimento do sistema radicular, a capacidade de extrair nutrientes e as épocas de maior absorção, são fatores que ajustam a aplicação do nutriente ao solo para a obtenção do objetivo esperado: nutrir a planta de forma equilibrada, no momento certo e na quantidade adequada, para que ela possa crescer vigorosa e saudavelmente e expressar todo o seu potencial genético em produtividade. Aplicar o fertilizante no lugar certo é quase tão importante como usar a fórmula de adubação e a quantidade adequadas (Malavolta, 1989a); a sua localização correta pode provocar grande aumento de produção, enquanto a colocação do adubo de modo errado pode ser mais prejudicial que a não adubação.

Fatores relacionados com o adubo:

a) Tipo de nutriente a ser utilizado - a planta precisa encontrar o nutriente na solução do solo nas vizinhanças das raízes para que possa absorvê-lo, transportá-lo internamente e utilizá-lo onde for necessário. Assim, o nutriente aplicado precisa de se deslocar até à raiz ou ser interceptado por ela para que possa ser absorvido. Os três processos de contato íão-raiz básicos são o fluxo em massa, a intercepção radicular e a difusão (Barber, 1995; Malavolta, 1989).



A maior parte dos nutrientes (N - azoto, S - enxofre, Ca - cálcio, Mg - magnésio, B - boro, Cl - cloro, Fe - ferro, Mn - manganés e Mo - molibdénio) deslocam-se facilmente, ou são arrastados pela água que caminha em direção à raiz, em resposta à sua absorção pelas plantas, à medida que elas transpiram. Este fluxo convectivo é chamado fluxo em massa. Este grande movimento dos nutrientes no solo possibilita sua aplicação a maior distância do sistema radicular (aplicação a lanço), assim como determina a necessidade de fracionamento da adubação (aplicação em cobertura) para que o nutriente não percole com a água que desce para o lençol freático e fique fora da zona de absorção radicular. Esta perda é chamada lixiviação. As adubações com N, K e B são as que usam mais comumente este processo.

Alguns nutrientes (como Ca - cálcio e Mg - magnésio) normalmente alcançam grandes concentrações no solo. Assim, à medida que o sistema radicular cresce, ele vai interceptando quantidades crescentes e suficientes do nutriente para a planta, cujo processo é chamado intercepção radicular e pode atingir até 3%.

4.4.3.1. Profundidade de adubação

A forma correta de se aplicar os nutrientes alcançados por intercepção radicular é distribuí-los e incorporá-los de 0-20 cm ou 0-30 cm de profundidade. A calagem e a gessagem são os principais exemplos do uso deste princípio, enquanto a fosfatagem, a potassagem e a adubação verde ou orgânica incorporada localmente, fazem uso significativo de parte desse processo.

Os nutrientes que são adsorvidos pelo solo com maior força, como o fósforo-P, o zinco-Zn, o cobre-Cu e o potássio-K são rapidamente diluídos na solução do solo nas vizinhanças das raízes absorventes. Em consequência, cria-se um gradiente de concentração entre a região próxima às raízes e aquela mais distante. Em resposta a esse gradiente, os nutrientes se deslocam da região mais concentrada e distante das raízes para as suas proximidades. Este processo é chamado difusão e a forma correta de se aplicarem os nutrientes por ele afetados é distribuindo-os de forma localizada, nas proximidades do sistema radicular, seja no sulco de plantação / sementeira, seja no fundo da cova, 5 cm abaixo e 5 cm ao lado da plantinha ou da semente. A adubação de fundo com fósforo,



potássio e micronutrientes metálicos (Cu, Fe, Mn e Zn) é o exemplo mais clássico do uso deste processo.

Os adubos mais utilizados são solúveis em água e rapidamente se dissolvem na solução do solo, tornando os nutrientes nele contidos disponíveis para as plantas. A sua aplicação deve ser na cova ou sulco de planação ou em cobertura incorporada ou não, próximo ao caule da planta ou na projeção da copa. Os adubos fosfatados pouco solúveis, os adubos orgânicos, o calcário e o gesso devem ser aplicados em toda a área e incorporados na camada arável para aumentar sua solubilização (ou decomposição) e a eficiência de uso dos nutrientes pelas plantas. Os adubos de alto índice salino (como KCl, NaNO_3 , NH_4NO_3) devem ser usados sem contato com a semente ou planta e em dosagem baixa. Os adubos que têm reação ácida ($[\text{NH}_4]_2\text{SO}_4$ e ureia) acidificam o solo e devem ser usados levando-se em conta uma correção futura do seu pH.

4.4.3.1.1. Cobertura

O fertilizante é aplicado após a emergência ou quando a cultura está implantada. Pode ser:

a) Cobertura lateral - Quando o adubo é colocado ao lado da linha de cultivo, como para algodão, gergelim, milho, cana-de-açúcar etc. Pode ser feita com equipamentos conjugados ou não com cultivadores ou escarificadores e pode permanecer sobre o solo ou ser incorporado ligeiramente, através de discos ou enxadas curtas (fig. 46).

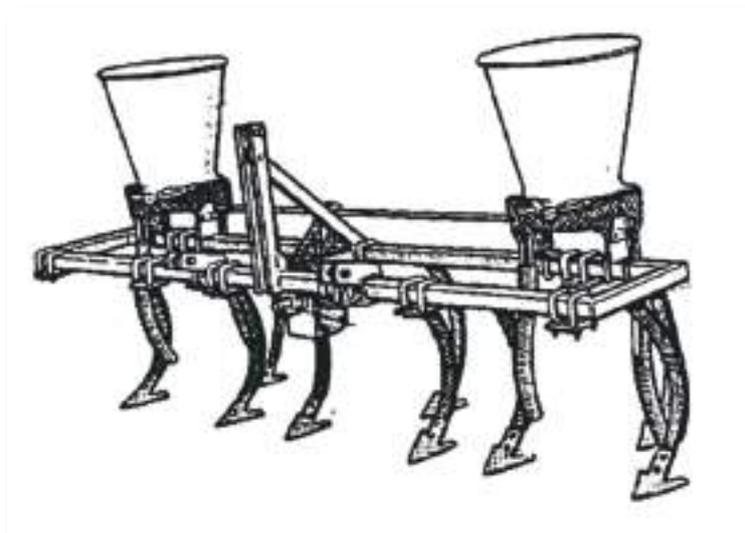


Figura 46 - Adubador montado num cultivador mecânico (escarificador) para culturas anuais



Em pequenas propriedades e onde o custo com mão-de-obra não for muito elevado, a adubação de cobertura em linha ou coroa pode ser feita em culturas anuais e perenes. Pode-se fazer a distribuição em sulcos previamente abertos ou em cobertura, misturando-se o adubo com a terra dos 1-3 cm superficiais.

b) Cobertura superior - Quando o adubo é colocado sobre a cultura já estabelecida, como as pastagens. Neste caso, não se deve aplicar o fertilizante quando as folhas estiverem molhadas, para evitar o risco de queimá-las. Este risco é maior nos adubos nitrogenados e potássicos que nos fosfatados. O fertilizante mais usado na adubação de cobertura é o azoto. Pequena parte da dose é aplicada por ocasião da semeadura ou plantio e a maior parte é aplicada ao longo do ciclo, que pode ser nas primeiras semanas após a emergência (4-5 semanas, no caso do algodão e o milho) ou após meses (3-4 meses, na cana-de-açúcar). Como o azoto é facilmente levado pelas águas de chuva ou irrigação, sua aplicação fracionada em cobertura (repartida em várias coberturas) é muito importante, pois evita perdas. Para o potássio, o fracionamento em cobertura é indicado, principalmente, em solos arenosos e para altas taxas de aplicação. O fósforo não está sujeito a esse tipo de perda.

4.4.3.1.2. Fundo

O fertilizante é aplicado diretamente no interior do solo. Neste tipo de distribuição, a distância da semente ou da planta é praticamente desconsiderada.

- a. Distribuição no fundo do sulco - O adubo é colocado diretamente no fundo do sulco aberto pelo arado ou cultivador com aivequilhos, ou abre regos. Ao ser aberto o sulco seguinte, cobre-se a faixa de fertilizante aplicado, e assim, sucessivamente. Este método de aplicação apresenta certas vantagens, como: o adubo permanece na zona mais profunda do solo e, portanto, mais húmida, durante o crescimento da planta; a fixação do fósforo e do potássio é reduzida graças à aplicação concentrada; os danos causados por concentração salina elevada praticamente não ocorrem por causa da distância a que o adubo fica da semente.
- b. Aplicação de fertilizantes líquidos - O principais fertilizantes líquidos aplicados ao solo são os azotados, que se apresentam com 20 a 45% de



azoto na sua composição (soluções amoniacais, ureia, nitrato de amónia ou misturas de dois ou três desses compostos). As soluções têm que ser enterradas sempre que houver emissão de amónia livre (nota-se isto pelo cheiro característico).

4.4.4. Precauções na aplicação dos adubos

Quantidade usada

Em geral, as quantidades recomendadas de micronutrientes e do fósforo podem ser aplicadas em parcela única no solo. As quantidades de N, K e B devem ser, eventualmente, divididas em fundo e cobertura para evitar perdas, danos químicos às plantinhas e fornecer os nutrientes na época de maior procura.

Fatores relacionados com a cultura:

- a. Capacidade de extrair nutrientes - as plantas possuem capacidades diferenciadas de extrair nutrientes do solo, tanto em quantidade como em qualidade. Assim, as plantas oleícolas (inclusive o tomate e a batatinha) e as frutíferas têm maior necessidade geral de nutrientes que as demais culturas comerciais. As gramíneas têm maior necessidade de N e as fruteiras, de potássio. Já as leguminosas podem suprir parte do N necessário pela fixação simbiótica com bactérias do género *Rizobium*. Essas diferentes necessidades impõem a diferentes formas de aplicação dos adubos, seja para otimizar a eficiência do nutriente específico aplicado, seja para facilitar a aplicação e evitar perdas e danos à planta das altas quantidades recomendadas.
- b. Sistema radicular - as plantas possuem variadas formas de distribuição do sistema radicular e de sensibilidade aos estresses hídrico, químico e mecânico, entre outros. As plantas dotadas de sistema radicular fasciculado ou em cabeleira, das quais as gramíneas são o exemplo mais comum, tendem a desenvolver suas raízes mais superficialmente, apesar de serem vigorosas. Se por um lado, isto facilita o aproveitamento dos nutrientes aplicados de forma localizada, pode haver muita sensibilidade a perdas por percolação do N da adubação nitrogenada, se o fracionamento for mal feito. As plantas com raiz aprumada,



por outro lado, tendem a procurar o nutriente a maior profundidade, porém têm menor volume de raízes superficiais para otimizar o aproveitamento dos nutrientes pouco móveis.

- c. Época de maior necessidade - as plantas precisam de maior quantidade de nutrientes em certos períodos do seu crescimento vegetativo. Esta é a melhor época para se fornecer os nutrientes móveis, em especial N e K. No geral, isto ocorre a partir dos 20 a 30 dias após a sementeira ou imediatamente antes do florescimento nas culturas anuais. Adubações além desse período podem piorar a qualidade da produção, aumentar o ciclo da cultura e os custos das práticas culturais, reduzir a eficiência da adubação e, até mesmo, reduzir a produtividade

Fatores relacionados com o solo:

O solo é o substrato no qual se depositam os adubos e é através dele que a planta terá acesso aos nutrientes aplicados. Assim, as diferentes características e propriedades do solo afetam a eficiência da adubação. As características que influem mais diretamente na adubação são:

- a. Teor atual de nutriente no solo - a adubação é a diferença entre a necessidade da planta em dado nutriente e o que o solo consegue suprir após superar as perdas por lixiviação, volatilização, fixação etc. (Malavolta, 1989). Em solo muito pobre pode ser mais vantajoso fazer a aplicação tanto da calagem e da gessagem, como do P e do K em área total, pois assim todo o sistema radicular da planta entrará em contato com níveis adequados de nutrientes e possibilitará melhor resposta em produtividade (SILVA, 1999). Entretanto em solos já corrigidos e cultivados, ou naqueles naturalmente férteis, a adubação deve ser localizada, para diminuir as perdas por fixação, reduzir a dose a ser aplicada e aumentar a eficiência de uso pelas plantas.
- b. Textura do solo - os solos arenosos têm baixos teores de matéria orgânica e baixa capacidade de troca de cátions (CTC) e, assim, exigem maior cuidado para evitar perdas de nutrientes, em especial N, K, S e B, que são móveis. Daí que o fracionamento deve ser maior e a quantidade a ser usada na sementeira deve ser menor, para evitar perdas e queima das plantinhas. Do mesmo modo,



a calagem e, principalmente, a gessagem devem ser criteriosas, pois existe o risco de aumento exagerado do pH e de perda de bases trocáveis (K, Ca, Mg) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) pela percolação com sulfatos. Por outro lado, solos argilosos podem conduzir a perdas de N (caso haja alagamento temporário)

- c. Fixação - em solos tropicais, com altos teores de óxidos de Al e Fe e de caulinite na fração argila, a fixação de P, Zn e Cu é alta. O controle adequado da calagem e a adubação localizada minimizam o problema. Em solos mais jovens, com argila silicatada de tipo 2:1, pode haver fixação de NH_4^+ e K^+ . Tanto neste caso como no anterior, torna-se necessário o uso de maior dosagem do nutriente que o requerido pelas plantas.
- d. Humidade - a água é o meio no qual o nutriente se move e é absorvido pela planta. À medida que a humidade decresce, diminui a disponibilidade de nutriente para a planta. Não se deve adubar em solo sob *deficit* hídrico, pois o potencial osmótico pode aumentar e desidratar a planta, além de incrementar, também, as perdas do azoto. É preferível esperar as primeiras chuvas.

4.4.4.1. Efeitos no solo, na água e nas plantas

A procura crescente em relação à produção de alimentos tem levado o homem à busca incessante de produtos orgânicos e inorgânicos que possam, de alguma forma, aumentar a produtividade agrícola - os fertilizantes.

Por outro lado, os fertilizantes podem ser considerados contaminantes, por causarem desvios na composição normal do meio ambiente, quando fornecem quantidades variáveis de elementos (Malavolta, 1994), muitos deles reconhecidos como metais pesados e outros como micronutrientes para plantas e animais (fig. 47).



Figura 47 - Aplicação de fertilizantes



Entre os macronutrientes agrícolas, o fósforo é frequentemente limitante à produtividade nos mais diversos ambientes. Além disso, em agroecossistemas há perda constante de fósforo pela exportação de alimentos e fibras, sendo necessária a reposição do elemento via adubação. Atualmente, as principais fontes de fósforo são os superfosfatos, os quais são obtidos após o tratamento ácido de rochas fosfatadas, como a apatita por exemplo. Mas nas rochas fosfatadas ocorre a presença de cádmio, metal pesado prejudicial à saúde, o qual pode estar presente como contaminante - indesejável do ponto de vista ambiental - em variadas proporções. Além do cádmio, tais fertilizantes constituem-se, ainda, em fontes potenciais de urânio, segundo Santos e outros (1995), e de outros elementos radioativos aos quais os agricultores ficam expostos, normalmente por inalação ou por contato direto com a pele, quando há aplicação manual. Em seu estudo em Santa Catarina, ao comparar grupos de pessoas expostas a estes fertilizantes, esses autores observaram contaminação em relação aos agricultores não expostos.

A avaliação da poluição de um solo, curso de água ou contaminação de plantas é dificultada nas condições tropicais devido às poucas referências/pesquisas científicas de teores toleráveis de metais contaminantes que tenham sido obtidas nesses ambientes. A adaptação de normas estabelecidas para outros ecossistemas (por exemplo de outros países) não é de inteira confiabilidade frente à variedade de combinações possíveis dos fatores ambientais como chuva, temperatura, humidade, tipo de solo, manejo da cultura, espécie e variedade cultivada, dentre outros. Por outro lado, uma determinada espécie química contaminante pode não ser detetada com as técnicas analíticas atuais, mesmo estando presente em qualquer dos compartimentos do agroecossistema. Assim, vêm sendo desenvolvidos equipamentos que detetam baixíssimas concentrações desses metais, na faixa de partes por bilhão (ppb) ou mesmo partes por trilião (ppt), com o intuito de precisar, da melhor forma possível, a presença dos elementos ou compostos indesejáveis. Também acompanhando o desenvolvimento tecnológico, a área de toxicologia humana tem obtido avanços consideráveis, conseguindo relacionar um sem número de sintomas orgânicos à presença de diversas substâncias tóxicas no organismo, dentre elas muitos metais pesados.



4.5. Cálculos de adubação

É com base nos resultados analíticos de uma amostra de solo que se obtêm as recomendações para uso dos fertilizantes e corretivos. Depreende-se, pelo exposto, que todo o sucesso dessas recomendações fica, em última análise, na dependência da amostragem bem feita.

A análise de solo é, dessa maneira, indispensável para que se tire o maior proveito possível do adubo aplicado e sejam usadas a fórmula e a quantidade adequadas para cada cultura.

4.5.1. Leitura e interpretação do resultado de uma análise

Uma análise de terra pressupõe que se recolheu uma amostra e se enviou para o laboratório específico e se obteve um resultado.

O resultado só é credível e seguro se a ficha que acompanha a amostra tem todos os dados necessários para um resultado coerente e que satisfaça o objetivo do agricultor.

O objetivo primeiro é que a quantidade por hectare de adubo indicada seja a mínima necessária para se obter naquele solo uma produção máxima com o menor custo possível, só tendo este princípio presente é possível ser um agricultor de sucesso.

Em seguida sugerimos que se analise a ficha e o resultado de uma amostra, não específica de uma cultura.



FICHA QUE DEVE ACOMPANHAR CADA AMOSTRA

Amostra n°: _____ Data: ____/____/____

Identificação da amostra: _____

Nome do Produtor: _____

Nome da Propriedade: _____

Endereço: _____

Município: _____ UF: _____ CEP: _____

Remetente: _____

Endereço: _____

Município: _____ UF: _____ CEP: _____

Cultura a ser adubada: _____

Área a ser amostrada (em ha): _____

Vegetação original: campo cerrado mata

Topografia da área amostrada: baixada meia encosta
 chapada mal drenada bem drenada

Há quanto tempo a área vem sendo usada: _____ anos

Cultivo anterior: _____

Foi adubada? sim não Quantidade: _____ t/ha

Fórmula usada: N: _____ P₂O₅: _____ K₂O: _____ Micronutrientes: _____

Usou Calcário? sim não Quando? _____ Quantidade: _____ t/ha

Outras informações que julgar importante: _____



A Tabela 1 apresenta os intervalos médios para interpretação de análises do solo.

Análise do solo	Intervalos médios
Matéria orgânica (g/dm ³)	15 - 25
pH	5,1 - 5,5
Fósforo (mmolc/dm ³)*	13 - 30
Cálcio (mmolc/dm ³ **	4 - 7
Magnésio (mmolc/dm ³ **	5 - 8
Potássio (mmolc/dm ³ ***	1,6 - 3,0
CTC [Ⓣ] (mmolc/dm ³)	80 - 150
V (%) [Ⓢ]	51 - 70
Zinco (mmolc/dm ³ ****	0,6
Cobre (mmolc/dm ³ ****	0,3
Boro (mmolc/dm ³ *****	0,2

4.5.2. Cálculos

Para os cálculos das adubações devemos ter em conta a origem dos adubos, pois os seus teores variam de produtor para produtor, no entanto isso não é impeditivo de uma boa adubação, pois desde que façamos os cálculos em função das percentagens dos seus componentes tudo dará certo.

A seguir apresentam-se alguns exercícios para que melhor se possa entender como se faz um cálculo de adubação (sempre baseado numa análise de terra), caso contrário podemos estar a deitar dinheiro à rua e a prejudicar o solo e as plantas.

A classificação dos superfosfatos que se apresenta a seguir refere-se à situação brasileira, no entanto em Portugal o mais comum é o superfosfato a 18%, sendo diferente de país para país.

Apresenta-se a seguir um quadro de adubações recomendadas e um diagrama de incompatibilidades.

Dá-se um exemplo de como proceder para 5 ha de arroz num solo de riqueza mediana.

Exemplo:

Se a indicação é 700 a 900 kg/ha de um adubo composto 7-14-7, então podemos simplesmente decidir que vamos aplicar 800 kg/ha e temos que regular o nosso



distribuidor para debitar os 800 kg / ha e já sabemos que temos que ter disponível 800kg x 5 ha = 4.000 kg de adubo 7-14-7.

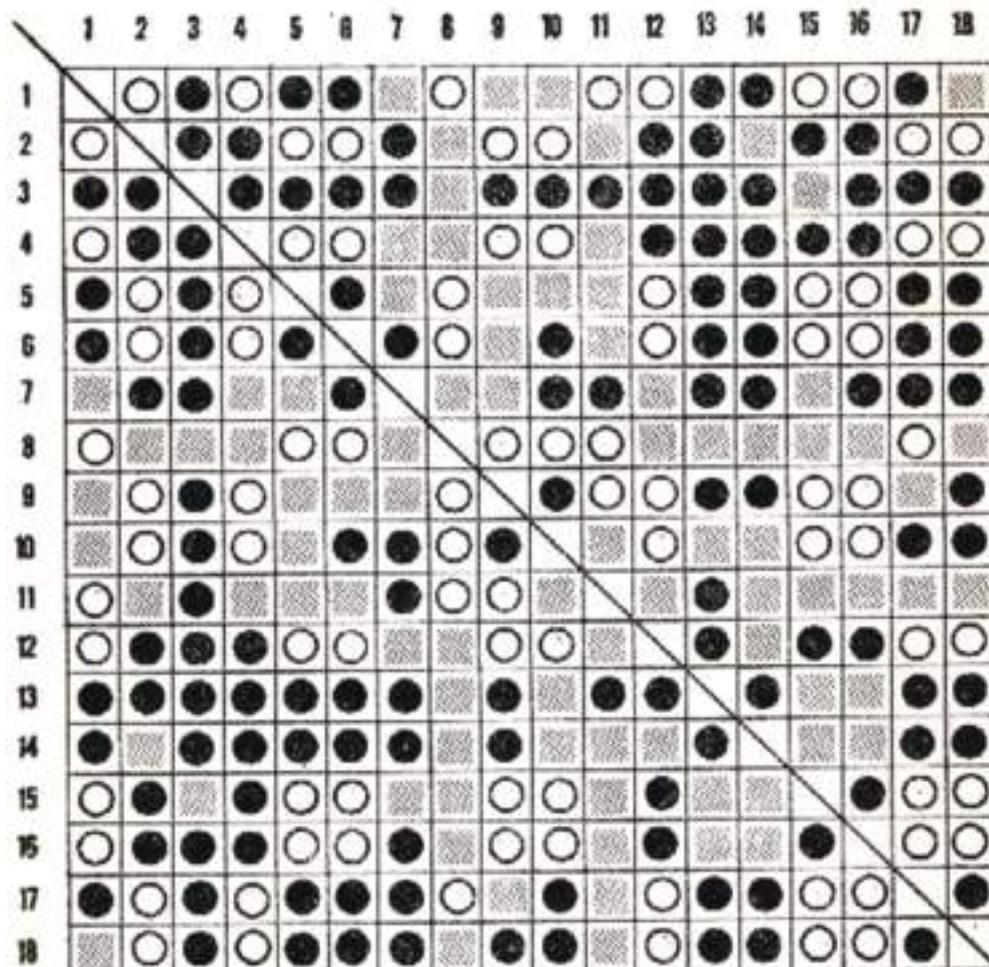
No entanto podemos também reduzir a quantidade de adubação de fundo e aplicar um outro adubo em cobertura, (Ureia) perfazendo a nossa adubação em matéria total de exigência da cultura de arroz.

Quanto ao quadro de incompatibilidades ele serve essencialmente de consulta e para evitar que cometamos erros prejudiciais à cultura, e, claro está à carteira do agricultor.

ADUBOS COMPOSTOS				
CULTURAS	FORMULAS (N-P-K) %	Kg/ha		
TRIGO	Terras pobres e ligeiras	3-18-0 7-21-0	300 a 600 *	
	Terras de riqueza mediana	7-21-0	300 a 500	
		7-21-7	>	
		12-11-8	>	
		12-24-8	250 a 400	
	Terras fortes a medianas	10-20-0	300 a 500	
	Terras fortes de barro	14-14-0	300 a 500	
		20-20-0	200 a 300	
	GENTEIO CEVADA AVEIA	Para a maioria dos solos	7-21-0 7-21-7	300 a 500 *
		MILHO	Solos de riqueza mediana a ricos	10-20-0
7-14-7	700 a 1000			
12-11-8	*			
12-24-8	300 a 600			
Solos de riqueza mediana a pobres	7-21-0	500 a 800		
	7-21-7	*		
ARROZ	Solos de riqueza mediana	7-14-7	700 a 900	
	Solos ricos de potássio	10-20-0	600 a 800	
		14-14-0	500 a 800	
		20-20-0	350 a 550	



DIAGRAMA DA MISTURA DE FERTILIZANTES



  Podem misturar-se em qualquer altura
  Só podem misturar-se no momento da aplicação
  Não podem misturar-se

- | | | |
|--|---|---------------------------------------|
| 1 - Superfosfatos | 7 - Nitrato de sódio; nitrato de potássio | 11 - Ureia |
| 2 - Fosfato Thomas | 8 - Nitrato de cálcio | 12 - Cianamida cálcica |
| 3 - Fosfatos precipitados bicálcicos | 9 - Nitrato de amónio e suas diluições (nítrico-amoniacais) | 13 - Sulfato de potássio |
| 4 - Fosfatos naturais | 10 - Sulfonitrato de amónio | 14 - Cloreto de potássio |
| 5 - Fosfato de amónio | | 15 - Cal |
| 6 - Sulfato de amónio; cloreto de amónio | | 16 - Calcário e margas |
| | | 17 - Estrumes |
| | | 18 - Guanos e outros adubos orgânicos |



Atividade nº1 - Ensaio de Adubação

Trabalho de Grupo (3 alunos).

A adubação mais conveniente não é a que dá produção máxima, mas a que dá a receita líquida máxima. Assim sendo, os ensaios de adubação são essenciais para evitar que sejam recomendadas práticas culturais técnicas e economicamente desastrosas.

Modo de proceder:

1. Escolher uma cultura, por grupo. Deverá ser uma cultura de crescimento rápido, por exemplo uma hortícola, (couve, alface, espinafre, etc.). Cada grupo deverá escolher uma cultura diferente para que a variedade de resultados seja maior.
2. Escolher um tipo de solo (o solo utilizado deve ser o mais pobre possível para que não exista fertilidade que possa influenciar os resultados).
3. Definir áreas de 1m² para cada cultura.
4. Após a escolha da cultura, criar 5 tipos de adubação + 1 testemunha (T):
 - A. 1/2 da quantidade indicada para a cultura
 - B. 1/3 da quantidade indicada para a cultura
 - C. A correta para a cultura
 - D. Aumentar + 1/3 de C
 - E. Aumentar +1/2 de C
 - F. T- Testemunha (areia inerte)
5. Calcular o valor de adubo a aplicar a uma determinada área.
Ex: dosagem recomendada: 300kg por ha; para 1m²
 $X = (300 \times 1) / 10000 = 0,03 \text{ kg};$
aplicar no solo 0,03kg de adubo



6. Numa caixa de madeira, cujas medidas são 1 x 1 x 0,40m, misturar homogeneamente o adubo e a terra de modo a formar 5 lotes (A,B,C,D e E); esta caixa pode não ter fundo rígido, ou a mistura pode ser feita um plástico preto existente na exploração agrícola.

7. Encher 4 vasos com a terra de cada lote, identificando-os do seguinte modo:
 - A 1; A2; A3; A4
 - B 1; B2; B3; B4
 - C1.....
 - D1...
 - E1....
 - T1

8. Obtém-se assim vinte vasos perfeitamente identificados onde colocamos a terra dos A,B,... das misturas que fizemos.

9. Após esta operação, procedemos à casualização dos vasos:
 - Criamos um pequeno jogo de sorte.
 - Numa bolsa colocamos pequenos papéis fechados com as identificações dos vasos, e à medida que vamos tirando vamos colocando no quadro por ordem de saída.

I	II	III	IV
A2	E3	E2	T2
B3	C4	B4	D2
D1	T1	C2	A4
T3	B2	A1	E1
E4	D3	T4	B1
C1	A3	D4	C3

Como se pode verificar em cada coluna I,II ... encontramos sempre as várias adubações + a testemunha T.



10. A mistura para a testemunha é feita com areia inerte (areia lavada) e deve ser incorporada na terra (solo) para esse fim em igual quantidade da do adubo, (volume ou peso), conforme for o mais próximo da igualdade.
11. Plantar as plantinhas da cultura escolhida, sendo estas as mais uniformes, quer em tamanho, aspeto e idade. Caso seja necessário, proceder ao combate de alguma praga e ou doença (o tratamento escolhido será aplicado no mesmo dia e na mesma quantidade em todas as plantas).
12. Ter sempre presente que todas os cuidados culturais, (Regas, Tutoragem, Arejamento do solo, etc.), prestados devem ser efetuados por igual e nas mesmas condições temporais em todas as plantas.
13. Semanalmente devem ser observadas as plantas e registados os valores.

Resultados

MAPA de OBSERVAÇÃO

	Bloco I	Bloco II	Bloco III	Bloco IV
Tamanho da planta				
Cor da planta				
Tamanho das folhas				
Desenvolvimento Geral da planta				
Aspetos estranhos				
Pragas				
Doenças				
Casos anómalos				



TRATAMENTO de DADOS RECOLHIDOS

1. Analisados os valores registados e retirar as devidas conclusões.

Em princípio os valores deverão ser idênticos em cada grupo, mas diferentes entre eles.

NOTA FINAL: O Professor pode propor diferentes hipóteses de análise, desde que mantenha a hegemonia de critérios.



Exercícios

1. Existem várias condicionantes que alteram a produtividade de um solo.
 - 1.1. Enumere as principais.
2. Refira os processos de melhoria da produtividade de um solo.
3. Indique a diferença entre mobilização convencional e mobilização mínima.
4. Defina nivelamento de um solo em termos agrícolas.
5. Defina lavoura.
6. Refira situações em que se recomendam a lavoura.
7. Diga o que entende por grade.
8. Indique dentro dos macronutrientes três importantes nutrientes que estão quase sempre presentes nos adubos compostos.
9. Descreva a diferença entre **FERTILIDADE E PRODUTIVIDADE**.
10. Indique a diferença entre Lei do mínimo e Lei dos Acréscimos Decrescentes
11. Indique a carência de um nutriente apresentada pela folha da fig. 1.



Figura 1



12. Analise a figura 2 e indique qual o processo que se está a realizar.



Figura 2

13. Descreva sucintamente como deve proceder a uma recolha de terra para análise.
14. Descreva o processo de compostagem.
15. Uma sideração é um enriquecimento do solo
- 15.1. Em que consiste.
16. Indique um exemplo de uma fórmula de fertilizante.
17. Indique a diferença entre adubação de fundo e de cobertura
18. Após a receção da análise de terra para a cultura de trigo, verificamos que a indicação é a seguinte: incorporar 350 kg/ha de adubo 20-20-00 em adubação de fundo. Acontece que temos em armazém 5000 kg de adubo 14-14-00 e temos 10 ha preparados para a cultura.
- 18.1. Será que podemos optar por este adubo 14-14-00 e cumprirmos a indicação referida.
19. Na cultura de arroz a análise de solo indica-nos que o solo é carente em potássio.
- 19.1. Indique dos adubos indicados qual escolheria para adubação de fundo:
- a) 20-20-00
 - b) 20-20-20
- 19.2. Explique a sua escolha.



Bibliografia

CERQUEIRA, J. M. C., *Agricultura Geral*. Coleção Agros, n.º 14. Lisboa: Francisco Franco, 1982.

CORREIA, A. A. D., *Bioquímica nos Solos, nas Pastagens e Forragens*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1980.

COSTA, A. S. V., *Elementos sobre Fertilidade do Solo e Fertilização*. Lisboa: Edição do Direcção Geral de Planeamento e Agricultura, 1988.

ÉLIARD, J. L., *Manual Geral de Agricultura*. 2.ª ed. Coleção Euroagro, n.º 9. Mem Martins: Publicações Europa América, 1979.

LOPEZ, C. C., *Fertirrigacion: Cultivos Hortícolas y Ornamentales*. 2ª ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2000.

Manual de Adubação. 2.ª ed. Setúbal: SAPEC - AGRO, 1980.

MAROTO, J. V., *Elementos de Horticultura General*. 2.ª ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2000.

PONTAILLE, S., *Adubos e Adubações*. Coleção Euroagro, n.º 37. Mem Martins: Publicações Europa América, 1995.

RESH, H. M., *Cultivos Hidropónicos. Nuevas Técnicas de Producción*. Madrid: Mundi-Prensa Libros S.A., 2001.

SAMOUCO, R., *Dicionário de Agronomia*, Lisboa: Plátano Editora, 1998.

SANTOS, J. Q., *Fertilização*. 2.ª ed. Coleção Euroagro, n.º 30. Mem Martins: Publicações Europa-América, 1996.

VARENNE, A., *Produtividade dos Solos e Ambiente*. Lisboa: Escolar Editora, 2003

VELOSO, J. C. S.; GARRIDO, J.; BETTENCOURT, J. M., *Factores da Produção Agrícola*. Coleção Rústica, n.º 1. Lisboa: Editorial Notícias, 1982.

Sites consultados:

<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/meio-ambiente-solo/erosao-5.php#ixzz1viES9aPi>

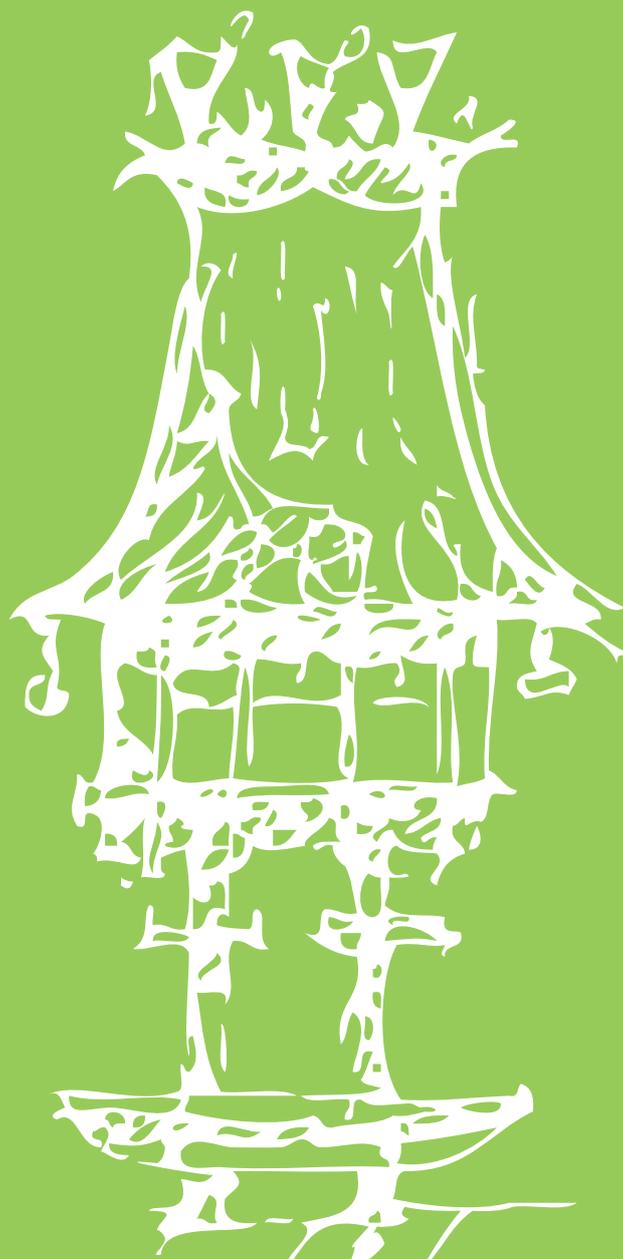


<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoCerrado/solos.htm>

<http://maosahorta.files.wordpress.com/2009/05/dsc00110.jpg>

http://www.gpp.pt/RegActividade/CBP_Agricolas.pdf







Rega e Drenagem

Módulo 4

Apresentação

É um módulo teórico-prático que deve ser lecionado após os módulos de Solos e Clima e Preparação do Solo e que servirá de suporte às culturas a estudar subsequentemente. Tem por objetivo dotar o aluno de conhecimentos e competências no fornecimento adequado de água às culturas e à drenagem dos solos.

Objetivos da aprendizagem

- Identificar a necessidade de água para a realização dos processos metabólicos;
- Descrever os sistemas de rega mais utilizados;
- Propor o método mais adequado a cada cultura;
- Identificar as características da água a utilizar nas regas;
- Determinar o débito e intervalos de rega mecânica, de acordo com o sistema usado;
- Reconhecer a necessidade da drenagem;
- Identificar os sistemas de drenagem.

Âmbito dos conteúdos

1. Rega

1.1. Finalidades da rega

1.2. Sistemas de rega

1.2.1. Rega por gravidade

1.2.1.1. Canteiros

1.2.1.2. Sulcos

1.2.1.3. Escorrimento superficial

1.2.1.4. Caldeiras

1.2.2. Rega mecânica

1.2.2.1. Rega por aspersão

1.2.2.2. Rega gota a gota

1.2.2.3. Fertirrigação



- 1.2.3. Origem e qualidade da água
- 1.2.4. Unidades hidráulicas
- 1.2.5. Dotações de rega e sua distribuição
- 2. Drenagem
 - 2.1. Finalidade da drenagem
 - 2.2. Sistemas e técnicas de drenagem
 - 2.3. Manutenção dos sistemas de rega e drenagem



Introdução

Água é vida, traduz vida, gera vida. Qualquer ser vivo necessita de água para sobreviver, desenvolver-se e reproduzir-se. Os vegetais são seres que possuem cerca de 80% do seu peso em água. Ela é parte integrante das células e entra em todos os processos do metabolismo animal e vegetal (Guyton, 1988; Paiva, 2000).

Na sua relação histórica com a água, o homem viveu momentos de extrema importância, em que a própria sobrevivência e a viabilização da vida em sociedade estiveram em jogo ou foram aprimoradas. Segundo Bruno Kaiser (1952), alguns destes momentos e passos decisivos foram:

- Na Idade Antiga, há 5.000 anos ou mais, a irrigação artificial foi registada no rio Eufrates, na China, na Índia e no Egito, criando condições para uma agricultura sustentável que fixou o homem ao solo e viabilizou núcleos populacionais. Em particular, o aproveitamento do rio Nilo no Egito como “dádiva celestial” possibilitou aos egípcios promover uma agricultura modelar, base fundamental para o desabrochar de uma grande civilização.
- O abastecimento urbano (e eventualmente rural) com água em abundância, entre os antigos, foi altamente beneficiado com o desenvolvimento da construção de aquedutos, sendo dos primeiros registados o aqueduto de abastecimento de Roma, construído em 305 anos a.C.. Traziam água geralmente de montanhas às vezes situadas a dezenas de quilómetros, havendo ainda hoje aquedutos que funcionam há mais de 2.000 anos.
- O emprego da força da água em movimento, para as mais diversas finalidades, surgiu com as primeiras rodas d’água, também em Roma, mais ou menos 230 a.C..
- Já no final da Idade Média, ao início da modernidade e da viabilização de grandes centros urbanos, emerge na Europa uma política florestal de longo prazo. Esta objetivava não somente a produção de madeira, mas também a conservação do meio ambiente e a retenção natural de água (especialmente sob forma de chuva e orvalho), impedindo ainda a formação de torrentes destruidoras, as inundações e a desertificação do solo.



No plano geográfico-ambiental, a água recobre dois terços da superfície de nosso planeta e circula permanentemente, através da evaporação, formação de nuvens, precipitação sob a forma de chuva, neve, etc., e alimenta os rios, lagos e mares. Seu ciclo desempenha importante papel na forma da superfície do planeta, no condicionamento do clima, na manutenção da biosfera e na distribuição geográfica das espécies vegetais ou animais (Darwin, 1779; Gillon *et al.*, 1986; Paiva, 2000; Bastos & Carvalho, 2002).

No âmbito da biologia, pelas suas propriedades físicas e químicas, além de ter sido o meio abundante em que se originaram os seres vivos mais primitivos, e onde vive a maioria das espécies atualmente existentes, representa o constituinte mais importante do meio interno de todos os organismos. Nos seres vivos em geral, sob a forma de soluções e suspensões diversas (líquido intersticial, seiva, sangue, linfa, citoplasma, etc.), a água transporta oxigênio e alimentos, remove dióxido de carbono e outros resíduos.

O equilíbrio hidroeletrolítico é função essencial para cada organismo e sua manutenção condição básica para a vida. (Enc. Britannica, 1951, Guyton, 1988; Paiva, 2000).

No âmbito prático de sua utilização, água potável é aquela que está de acordo com os padrões do consumo humano (potabilidade), quando não oferece riscos para a saúde. As qualidades organolépticas da água são indicadoras da sua pureza percebida pelos recetores sensoriais do homem, isto é, cheiro (inodoros), sabor (insípida), transparência (totalmente límpida) e ausência de espuma. O homem, desde tempos imemoriais, valorizou a água como fonte de vida e saúde, atribuindo-lhe significados reais e simbólicos da maior importância como “pureza”, “cristalinidade”, “limpidez”, “brilho”, “lustro” e “preciosidade”(Enc. Britannica, 1951).

Pode-se resumir o ciclo hidrológico da seguinte maneira:

- Circulação da água, do oceano, através da atmosfera, para o continente, retorno, após detenção em vários pontos, para o oceano, através de escoamentos superficiais ou subterrâneos e, em parte por evaporação para a própria atmosfera.
- Curtos-circuitos que excluem segmentos diversos do ciclo completo, como por exemplo a movimentação da água do solo e da superfície terrestre para a atmosfera, sem passar pelo oceano.



A característica de renovabilidade das águas da terra está intimamente ligada ao seu permanente mecanismo de circulação do ciclo hidrológico. Neste quadro, a energia termal de origem solar e a transpiração dos organismos vivos transformam parte da água dos oceanos e continentes (rios, lagos e humidade do solo) em vapor. Este sobe à atmosfera, criando condições propícias à vida na Terra, condensando-se e formando as nuvens. Sob a ação da energia gravitacional, a água atmosférica volta a cair na forma de chuva, neblina, neve, principalmente, indo alimentar o fluxo dos rios, a humidade do solo e as reservas de água subterrânea (Rebouças, 1997).



1. Rega

De acordo com Macedo (2000), a evapotranspiração é a soma da perda de água de um ecossistema pelos processos de evaporação (das superfícies de água e solo) e de transpiração (das plantas principalmente e animais) em área (mm ou cm) por tempo (dia). A evapotranspiração potencial é um índice da taxa máxima teórica na qual a água do *deficit* de pressão de vapor no ar, a velocidade do vento e a temperatura. A floresta é fundamental para o ciclo hidrológico, processo de circulação das águas composto por: evaporação, precipitação, transporte, escoamento superficial, infiltração, retenção e percolação porque a “produção” de água é uma das principais funções da floresta (fig. 1).



Figura 1 - Circulação da água

O balanço hídrico é a diferença entre a água absorvida e a água perdida por um ser vivo, num determinado espaço de tempo. Os processos básicos envolvidos no balanço hídrico de uma planta são: a absorção, a condução e a perda de água. Para que o balanço hídrico de uma planta seja mantido a níveis razoáveis, ou seja, positivo, é necessário que as taxas relativas a estes três processos básicos se ajustem (Costa, 2001).

Segundo Lancher (1995), o balanço torna-se negativo sempre que a absorção de água for inferior à transpiração. Se os estomas diminuírem a sua abertura devido a este *deficit*, então a transpiração pode diminuir sem que haja alteração na absorção e um



balanço próximo de zero pode ser restabelecido após uma passagem transitória por valores positivos. Assim, o balanço hídrico dum planta está continuamente a oscilar entre desvios positivos e negativos. Estas oscilações podem ser de curta ou de longa duração:

- **As oscilações de curta duração** refletem a ação combinada dos vários mecanismos reguladores do estado hídrico, particularmente mudanças na abertura estomática.
- **As oscilações ao longo do dia** afastam-se mais do equilíbrio, particularmente na mudança entre o dia e a noite. Durante o dia o balanço hídrico vai ficando quase sempre, gradualmente negativo. Durante a noite, se houver água no solo, o balanço hídrico é restaurado para valores próximos de zero.

Quando se começa a desenvolver um balanço negativo nas folhas, ocorre imediatamente uma medida regulatória de curta duração que consiste numa transferência de água dos tecidos que a têm, como sejam os parênquimas cortical e floémico (Costa, 2001).

As oscilações sazonais. Durante os períodos de seca o conteúdo hídrico frequentemente não é totalmente restabelecido durante a noite, de modo que o *deficit* acumula-se de dia para dia até que volte a chover (Larcher, 1995).

1.1. Finalidades da rega

As plantas vivas necessitam absorver água pelas raízes, salvo quando estão em repouso vegetativo, como as plantas de folha caduca durante a época seca, por exemplo: Ai nitas (*Sterculia foetida*).

Quer dizer, as culturas precisam de dispor sempre de água, embora exijam mais água em certos momentos - chamados momentos críticos - do que noutros.

A rega serve para fornecer água às culturas quando o solo não tiver a suficiente.

Quanto à sua necessidade, podemos distinguir dois tipos de regadio:

- **Regadio obrigatório:** utiliza-se nas culturas que não crescem sem rega, porque o solo nunca tem reservas suficientes.



Tal situação ocorre nos climas áridos, onde não chove ou chove pouco, e nos climas não áridos quando a cultura se desenvolve numa época de poucas chuvas, como é o caso do milho nas regiões mediterrâneas.

- **Regadio complementar:** utiliza-se quando a cultura pode crescer sem regas, mas a produção é bastante variável porque as chuvas são muito irregulares.

Neste caso apenas se rega se não chover ou se chover pouco; mas não se faz a rega se chover bem; este pode ser o caso das culturas no período das chuvas.

A rega apresenta vários problemas, os quais resultam das seguintes questões:

- É necessário regar? Isto é, a cultura vai produzir mais ou melhor com a rega?
- É possível regar? Ou seja, temos água, mão-de-obra e equipamento suficientes?
- Como regar? Ou seja, quais as doses, a frequência e a intensidade das regas?
- A rega é rentável? Isto é, a rega origina um ganho superior ao custo acrescido?

1.2. Sistemas de rega

Rega ou Irrigação é uma técnica utilizada na agricultura que tem por objetivo o fornecimento controlado de água para as plantas em quantidade suficiente e no momento certo, assegurando a produtividade e a sobrevivência da plantação. Complementa a precipitação natural, e em certos casos, enriquece o solo com a deposição de elementos fertilizantes.

1.2.1. Rega por gravidade

O método de rega por gravidade é um dos processos de que se dispõe para distribuir a água às plantas. Neste método, a água é canalizada para as cabeceiras de pequenos canais em terra, chamados - sulcos - ou de uma determinada parcela - faixas - previamente adaptados ao regadio. Após a sua entrada, a água escoar-se-á, pela ação da gravidade, no sentido dos pontos de cotas mais baixas (fig. 2).





Figura 2 - Sistema de rega por gravidade

A água é normalmente fornecida a uma das cabeceiras da parcela, por intermédio de regadeiras em terra, ou de tubos. Ao entrar nas faixas a água espraia-se por toda a largura da mesma, de modo a permitir uma boa uniformidade de distribuição em todos os seus pontos.

Durante o escoamento, há uma parte da água que se vai infiltrando no solo. Nestas condições, inicialmente o caudal tem tendência a diminuir no sentido de jusante.

Contudo, como a infiltração vai decrescendo com o tempo de permanência da água no mesmo ponto, se o caudal de entrada na faixa, ou no sulco, permanecer constante, o escoamento e a sua profundidade terão tendência a aumentar gradualmente com o tempo de rega.

Se o comprimento das faixas, ou dos sulcos, for demasiado grande, o escoamento tem tendência a diminuir com o tempo de rega, tendência essa que é, tanto maior quanto maior for a taxa de infiltração dos solos, ou seja, quanto mais arenosos eles forem.

Em qualquer destas variantes e suas subvariantes, a rega normalmente processa-se com a entrada da água numa das cabeceiras até que atinja a outra extremidade do sulco, ou da faixa. A partir desse momento, e consoante a variante em causa, o escoamento sai para fora da parcela, ou acumula-se nesta, no caso de a sua extremidade estar bloqueada.

Esta operação continua até que seja dada a dotação total de rega. A partir desse momento, a entrada da água é fechada e o volume de água acumulado no sulco, ou na faixa, escoam-se no sentido de jusante. À medida que tal acontece, a água vai desaparecendo da superfície do solo no sentido de montante para jusante.



Ao desaparecimento da água da superfície do solo, após esta ter sido fechada na entrada, chama-se normalmente - recessão -, em oposição ao fenómeno de avanço da água no sulco, ou na faixa, no início da rega, normalmente designado por - avanço.

A recessão da água continuará até ter atingido o fim da faixa, ou do sulco. Nesse momento, a água desaparecerá da superfície do solo e a rega considera-se terminada.

Durante a rega, e à medida que a água avança, há uma parte desta que se vai infiltrando no solo. A quantidade de água que se infiltra vai aumentando durante a rega, embora, a uma taxa cada vez menor, até se atingir um estágio tal que se pode considerar praticamente constante, normalmente designado por - infiltração básica.

Percebe-se assim facilmente que, durante a rega, os pontos situados mais próximos da entrada da água estarão em contacto com esta durante mais tempo o que fará com que a quantidade aí infiltrada seja maior que nos pontos situados na extremidade oposta.

Devido a este facto, e para que os pontos situados na zona oposta à entrada da água recebam a quantidade de água necessária para satisfazer a dotação total de rega, haverá certamente pontos em que a quantidade de água entrada no perfil do solo ultrapassará a zona considerada para exploração das raízes. O excesso de água que ultrapassa essa zona é considerado como perda de água por infiltração profunda.

Quanto maiores forem essas perdas menor será a eficiência associada ao método de rega (fig. 3).



Figura 3 - Esquemática da rega por gravidade em planta (cima/esquerda), em perfil durante a fase de avanço (cima/direita) e no final da rega (baixo)



No sentido de diminuir essas perdas, e consequentemente, aumentar a eficiência da rega, a evolução na rega de superfície tem caminhado no sentido de tentar que todos os pontos ao longo do sulco, ou da faixa tenham o mesmo - tempo de oportunidade -, ou seja, tenham o mesmo tempo de infiltração (fig. 4).



Figura 4 - Canal de irrigação com sistema de sifão

Nos pontos seguintes analisar-se-ão alguns mecanismos que poderão ser utilizados com esse fim.

Para tentar clarificar os diversos termos usados neste tipo de rega definir-se-ão seguidamente alguns dos conceitos mais generalizados, de acordo com Basset *et. al* 1981, Merriam 1976 e 1978, e Walker e Skogerboe 1987, Burt 1995 e com a ajuda do diagrama apresentado na figura 5.

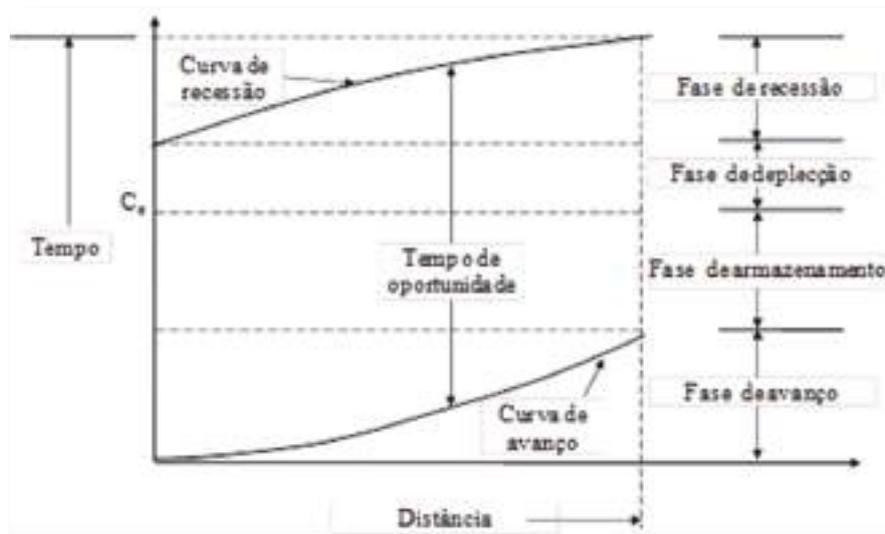


Figura 5 - Diagrama elucidativo dos principais termos usados na rega por gravidade



Fases da rega:

Avanço - é o espaço de tempo que corresponde ao avanço da água desde a fronteira superior até à inferior.

Armazenamento - corresponde ao espaço de tempo entre o fim da fase de avanço e o tempo de corte da entrada de água no sulco ou na faixa.

Depleção - corresponde ao espaço de tempo entre o fim da fase de armazenamento e o início da fase de recessão.

Recessão - corresponde ao espaço de tempo que medeia entre o início do desaparecimento da água nas fronteiras superior e inferior.

Fronteiras da parcela a regar:

Superior - parte superior da parcela a regar por onde a água é normalmente introduzida.

Inferior - parte inferior da parcela a regar, situada no extremo oposto à entrada da água, por onde se verifica o escoamento terminal, quando existe.

Movimento da água

Frente de avanço - corresponde à linha de fronteira entre as superfícies molhada e seca quando se processa o avanço da água numa zona inicialmente livre de água.

Frente de recessão - corresponde à linha de fronteira entre as superfícies livre de água e molhada quando se processa a recessão da água.

Taxa de avanço - é a velocidade com que a frente de avanço se move ao longo da superfície do solo.

Taxa de recessão - é a velocidade com que a frente de recessão se move ao longo da superfície do solo.

Taxa de entrada - caudal entrado através da fronteira superior para a parcela a regar.

Taxa de saída - caudal saído através da fronteira inferior da parcela a regar.

Tempos de rega:

Tempo de avanço (Tav) - tempo entre o início da admissão de água à parcela e o momento em que a frente de avanço atinge o final das mesmas.

Tempo de recessão - tempo entre o início da rega e o início do desaparecimento da água da superfície do terreno



Tempo de aplicação (Ta) - tempo durante o qual a água está a entrar na parcela a regar.

Tempo de oportunidade (To) - tempo durante o qual em cada ponto a água tem oportunidade para se infiltrar.

Tempo de rega (Tr) - tempo necessário para que a água esteja em cada ponto a fim de que a mesma se infiltre na quantidade suficiente para satisfazer a dotação total de rega.

Tempo de corte de admissão de água à parcela (Tcr) - Tempo entre o início da admissão de água e o seu corte

Tempo de depleção (Td) - Tempo entre o corte de admissão de água à parcela e o início da recessão

Infiltração:

Curva de infiltração acumulada (Icum) - curva que relaciona a quantidade de água infiltrada ao longo do tempo.

Curva de infiltração - curva que relaciona a quantidade de água infiltrada com a distância percorrida

Eficiência e uniformidade da rega:

Eficiência real de aplicação (Era) - eficiência real verificada na aplicação da água nas parcelas dada pela equação:

$$Era = \frac{\text{Volume mínimo armazenado}}{\text{Volume médio aplicado}}$$

ou seja, é a razão entre a quantidade mínima de água armazenada no perfil do solo explorado pelas raízes e a quantidade média de água aplicada (mede a eficiência do uso do método de rega pelo regante).

Eficiência potencial de aplicação (Epa) - eficiência que devia ser obtida na aplicação da água, por um determinado método de rega, se ele estivesse a ser usado corretamente (mede a capacidade do método de rega).

Representa a relação entre a quantidade mínima de água armazenada no perfil do solo explorado pelas raízes, quando este valor é igual ao défice de gestão permissível e a quantidade média de água aplicada. Pode ser determinada pela equação:

$$Epa = \frac{\text{Volume mínimo armazenado quando igual ao DGP}}{\text{Volume médio aplicado}}$$



Uniformidade de distribuição (UD) - indica a uniformidade da infiltração da água durante a rega. Representa a razão entre a quantidade mínima de água infiltrada e a infiltração média de água verificada.

$$UD = \frac{\text{Volume mínimo infiltrado}}{\text{Infiltração média verificada}}$$

A quantidade mínima de água armazenada, ou infiltrada, referida nas equações anteriores é normalmente considerada como o valor médio dos valores mais baixos registados e correspondentes a 1/4 da área da parcela.

Coefficiente de uniformidade (CU) - representa uma medida estatística da uniformidade das quantidades de água captadas (infiltradas), expressa em termos de altura, numa série de pequenas áreas de igual dimensão dentro da área de rega. Pode ser definida com a altura média menos o desvio médio a dividir pela altura média:

$$CU = \frac{\text{altura média} - \text{desvio médio}}{\text{altura média}}$$

Durante a fase de implementação de um projeto de rega por gravidade, há determinados parâmetros que irão variar ao longo da operação designada rega. Sobre eles, o regante terá que tomar atenção, a fim de os ajustar às necessidades do momento.

Contudo, há outros que têm que ser analisados antes do estabelecimento do projeto, pois são eles que vão definir as condições de instalação e de operação. Entre eles, poder-se-ão referir: a dotação de rega (quantidade de água aplicada), o caudal de entrada, o declive da parcela, o coeficiente de rugosidade e as características de infiltração da água no solo.

A dotação de rega é normalmente expressa em termos de altura média de água uniformemente distribuída sobre a parcela de terreno, tendo em conta a capacidade de armazenamento do solo para a água e a sua gestão, em termos de produção.

O caudal de entrada representa as características do escoamento à entrada da parcela na sua fronteira superior. Assim, se a rega for efetuada pelo método das faixas, o caudal de entrada é expresso em m³/s e por unidade de largura da faixa, ou seja, em m²/s.

Nestas condições, a regadeira de abastecimento da faixa deve proporcionar um múltiplo do caudal de entrada em função da largura da faixa. Se a rega for efetuada por sulcos, ou



regos, o caudal de entrada é expresso em caudal por sulco, ou seja, em m^3/s por sulco, ou em L/s por sulco.

O declive da parcela deve ser uniforme ao longo desta e tanto pode ser positivo, ou seja, descer no sentido da fronteira superior para a inferior, como ser igual a zero. Nestas condições, a parcela é horizontal.

O declive da parcela depende, assim, da variante que se considera mais ajustada ao terreno.

Na rega por faixas, considera-se normalmente que o declive desta, no sentido perpendicular ao escoamento, deve ser igual a zero.

O coeficiente de rugosidade expressa a resistência da superfície do terreno ao escoamento.

A seleção do coeficiente de rugosidade depende, no caso da rega por gravidade, não só da rugosidade do terreno, mas também, nos casos em que tal se verifique, da resistência da vegetação. A seleção deste coeficiente é difícil, pois ele vai depender de vários fatores. Basset *et. al* 1981 aconselha, contudo, que a escolha do coeficiente deva ser feita com bom senso, e dependente da experiência.

As características de infiltração da água no solo necessitam de ser conhecidas previamente, pois são elas que vão influenciar, em grande medida, o dimensionamento do método de rega escolhido.

Como foi dito anteriormente, a finalidade da rega é aplicar a dotação de rega ao solo. Esta aplicação da água deve ser feita tendo em conta a taxa com que o solo a pode absorver, pois, se a taxa de aplicação for superior à taxa de infiltração, uma parte da água escoar-se-á superficialmente para fora da parcela, e conseqüentemente, perder-se-á.

1.2.1.1. Canteiros

A rega por canteiros consiste em distribuir a água por parcelas, geralmente retangulares, com declive quase nulo, circundadas por pequenas barreiras de terra (valados, combros ou cômoros), que impedem que a água passe para outros campos. Os canteiros podem ser à rasa ou armados em camalhões. Este método é utilizado, por exemplo, para a rega do arroz, por alagamento permanente, ou para a rega de outras culturas, como pomares,



por alagamento temporário, ainda que em produção integrada não seja um método a privilegiar, pela grande quantidade de água exigida (fig. 6).



Figura 6 - Reparação dos canteiros de arroz e canteiros alagados

A água é aplicada nos canteiros através de estruturas hidráulicas que asseguram o controlo dos caudais, como canais revestidos equipados com comportas, ou tubos a baixa pressão com válvulas adequadas.

Através do tempo de aplicação e do caudal, estabelece-se a dotação aplicada. Neste tipo de rega, os caudais devem ser suficientemente grandes para que o avanço seja rápido, geralmente, superiores a dois litros por segundo, por metro de largura. A rega por canteiros só é apropriada para solos com taxa de infiltração baixa e capacidade de armazenamento elevada, onde a água cobre rapidamente o canteiro e se infiltra uniforme e lentamente.

Os sulcos são pequenos canais equidistantes, abertos no sentido do maior comprimento do terreno, a distâncias determinadas pela largura de trabalho das máquinas e condicionadas pela capacidade da água se infiltrar (fig. 7). Os sulcos devem ter declive suave e uniforme e comprimento, geralmente, entre 200 e 400 metros. No sistema de rega por sulcos, a água desloca-se e infiltra-se lentamente ao longo do sulco. Para tal, a duração da rega tem de ser muito longa e com pequenos caudais. Os sulcos devem ser abertos na extremidade jusante, para que o excesso de água aplicada que não se infiltrou (entre 10 e 40% da dotação aplicada) possa drenar livremente.

Caso contrário, o excesso de água origina problemas de encharcamento e *stress* da cultura, e arrasta fertilizantes e pesticidas para além da zona radicular. Os caudais em



excesso podem retornar à rede de drenagem natural, serem armazenados e reutilizados em campos a jusante, ou bombeados para uso na mesma parcela.



Figura 7 - Rega por sulcos

A rega por sulcos utiliza-se, principalmente, em culturas em linha, semeadas ou plantadas nos camalhões, todavia, em produção integrada, devem ser consideradas outras alternativas com maior eficiência na utilização da água. Na rega por faixas, a água é distribuída por parcelas retangulares estreitas e compridas, semelhantes a canteiros ladeados por pequenas barreiras de terra. É utilizada em terrenos de declive suave e com infiltração média a baixa. A água aplicada escorre ao longo do seu comprimento, ao mesmo tempo que se infiltra.

1.2.1.2. Sulcos

Usa o método de irrigação por superfície. A distribuição da água dá-se por gravidade através da superfície do solo. Tem menor custo fixo e operacional, e consome menos energia que os métodos por aspersão. É o método ideal para culturas em linhas. Deve ser feito em áreas planas. Exige investimento de mão-de-obra. Possui baixa eficiência, em torno de 30 a 40% no máximo. Atualmente, devido à escassez de água no mundo e problemas ambientais, inclusive para a irrigação, esse método tem recebido várias críticas devido à baixa eficiência conseguida (fig. 8).

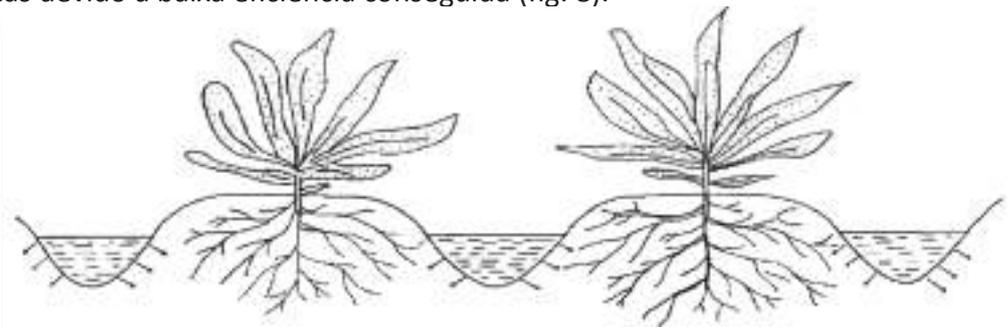




Figura 8 - Rega por sulcos

Subirrigação

O lençol freático é mantido a certa profundidade, capaz de permitir um fluxo de água adequado à zona radicular da planta. É comumente associado a um sistema de drenagem subsuperficial. Em condições satisfatórias, pode ser o método de menor custo (fig. 9).

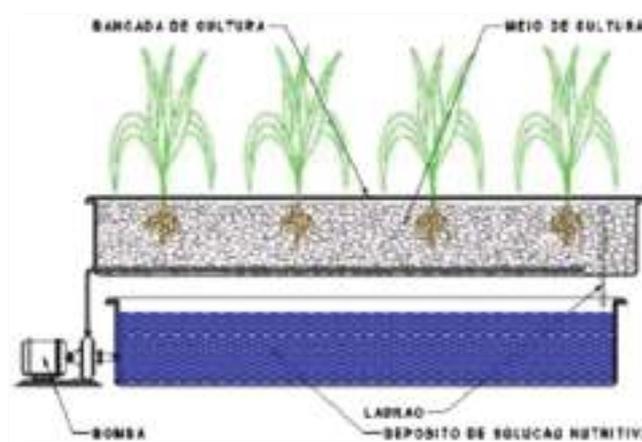


Figura 9 - Subirrigação

Porosidade do solo:

A porosidade mede-se pelo quociente entre o volume que está ocupado pelos poros e o volume total aparente do solo (fig. 10):

$$P = \frac{V_p}{V_t} \times 100,$$

Sendo:

- P = porosidade do solo (%)
- V_p = volume de poros do solo (cm³)
- V_t = volume total aparente do solo (cm³)



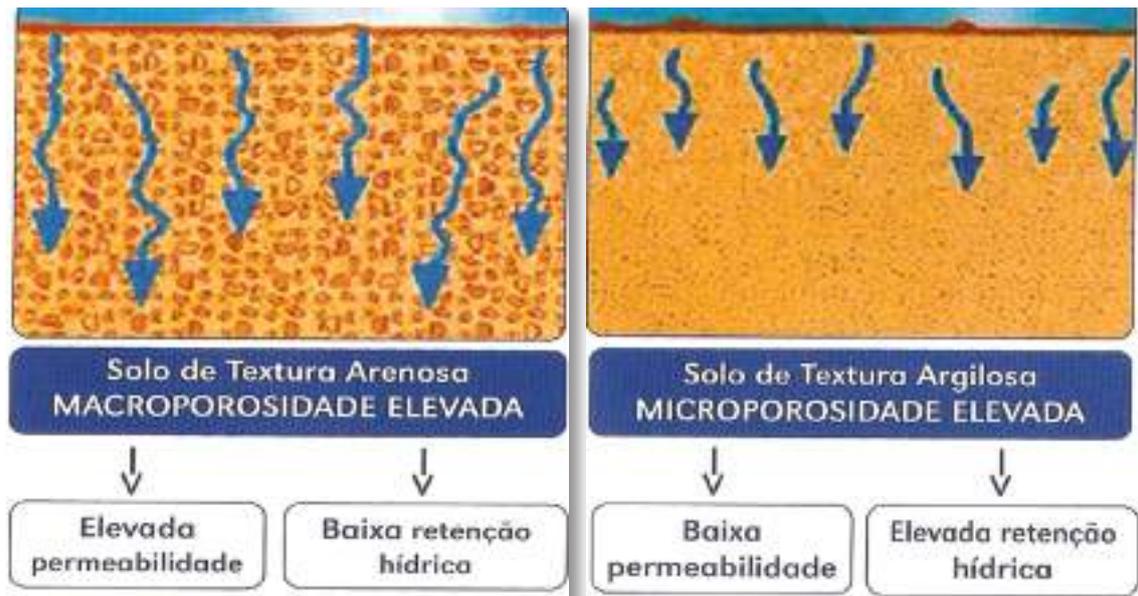


Figura 10 - Relação entre a porosidade, permeabilidade e retenção em solos arenosos e argilosos

Macroporosidade do solo - volume ocupado pelos macroporos. Estes são de elevada dimensão, com diâmetro superior a $0,6 \mu\text{m}$; a água circula facilmente, sendo neles que se escoam a água livre. Nos macroporos podem entrar e crescer as raízes, inclusive as mais finas.

Microporosidade do solo - volume ocupado pelos microporos; estes são de dimensões reduzidas, com diâmetro menor que $0,6 \mu\text{m}$.; a água disponível para as plantas, a chamada água capilar. Nos microporos não entram geralmente as raízes, mas entram os pelos absorventes.

1.2.1.3. Escorrimento superficial

O objetivo é regar de forma a humedecer todo o volume de solo explorado pelas raízes e só voltar a regar quando os primeiros sintomas de emurchecimento se tornam evidentes, desta forma iremos promover o aumento do sistema radicular e a lixiviação de sais que inibiam o desenvolvimento da planta (fig. 11).





Figura 11 - Rega por escoamento superficial

É necessário verificar o potencial de água no solo utilizando tensiómetros e calcular a evapotranspiração. Deve-se regar antes do amanhecer, pois os ventos são mais calmos, a temperatura é mais baixa logo perde-se menos H_2O por evaporação (fig. 12).



Figura 12 - Verificação da humidade do solo

Devem-se evitar escoamentos superficiais e melhorar a taxa de infiltração do solo através de operações culturais de manutenção (ex.: *arejamentos*, *escarificações*). A utilização de “*wetting agent*” (agentes molhantes) reduz a tensão superficial o que faz com que a água penetre mais rapidamente e mais profundamente.

1.2.1.4. Caldeiras

Método de rega por alagamento que consiste em inundar pequenas parcelas que circundam, em geral, uma árvore, parcelas essas delimitadas por armações de terra que obrigam a água a manter-se no seu interior.



A água que é necessária para as plantas é principalmente tirada do solo pelas radículas, isto é, pelas raízes mais novas (fig. 13).



Figura 13 - Caldeira em árvore de pomar

Para se regar uma árvore, deve-se fazer a caldeira a certa distância do tronco e regar aí. Quanto mais grossa for a árvore, tanto mais afastada deve estar a caldeira do seu centro (fig. 14).

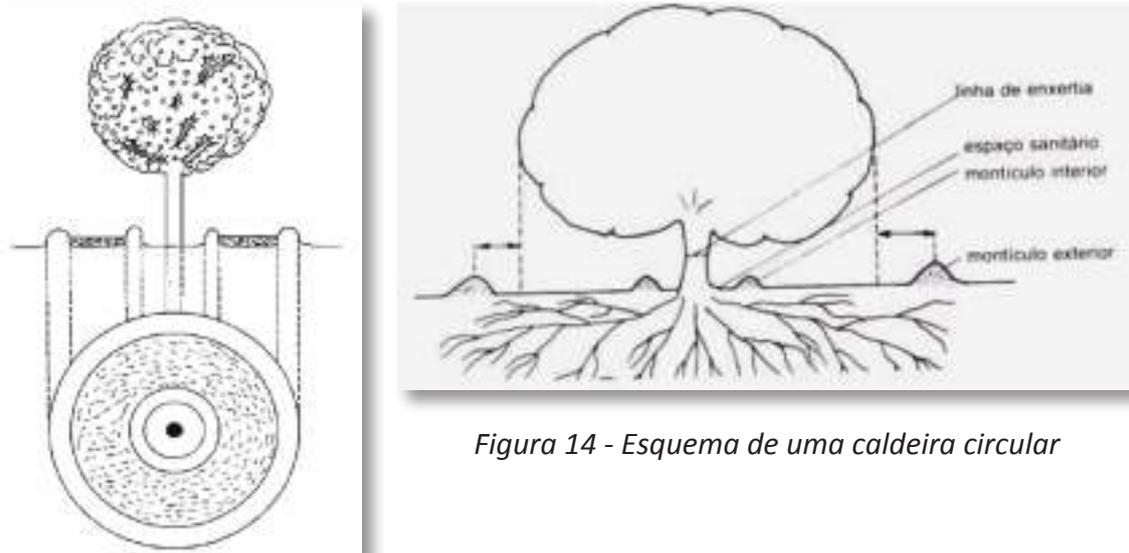


Figura 14 - Esquema de uma caldeira circular

1.2.2. Rega mecânica

A rega mecânica é aquela em que há utilização, como o nome diz, de algo mecânico, isto é, incorpora no seu método máquinas que ajudam e maximizar esse processo ancestral de dosear água às plantas, em suma REGAR.

Assim, vamos analisar alguns dos métodos mais utilizados hoje em dia.



1.2.2.1. Rega por aspersão

Aspersão convencional

Nos métodos de aspersão, são lançados jatos de água ao ar que caem sobre a cultura na forma de chuva. Existem sistemas inteiramente móveis, com a mudança de todos os seus componentes até aos totalmente automatizados (fixos) (fig. 15).

No método convencional, a linha principal é fixa e as laterais são móveis. Requer menor investimento de capital, mas exige mão-de-obra intensa, devido às mudanças da tubagem. Uma alternativa extremamente interessante que tem sido utilizada pelos agricultores é uma modificação na aspersão convencional, a chamada aspersão em malha, onde as linhas principais, de derivação e laterais ficam fixas, sendo móveis somente os aspersores. Esse tipo de sistema tem sido bastante utilizado principalmente para a irrigação de pastagem, cana-de-açúcar e café.



Figura 15 - Rega por aspersão

Uma deficiência do sistema de irrigação por gotejamento, e a ocorrência de enovelamento das raízes, uma vez que a água tende a ser disponibilizada num único local, e na zona da raiz, fazendo com que a mesma cresça ao redor do local irrigado constantemente, acarretando perdas económicas na atividade.

Micro-aspersão

A micro-aspersão possui uma eficiência maior que a aspersão convencional (90%), sendo muito utilizada para a irrigação de culturas perenes. Também é considerada irrigação localizada, porém, os chamados microaspersores regam uma área maior que os gotejadores (fig. 16).





Figura 16 - Micro aspersão

Pivô central

O sistema consiste basicamente numa tubagem metálica onde são instalados os aspersores. A tubagem que recebe a água de um dispositivo central sob pressão, chamado de ponto do pivô, apoia-se em torres metálicas triangulares, montadas sobre rodas, geralmente com pneu. As torres movem-se continuamente acionadas por dispositivos elétricos ou hidráulicos, descrevendo movimentos concêntricos ao redor do ponto do pivô. O movimento da última torre inicia o movimento, seguindo-se a outra logo que deixe de estar alinhada com a da extremidade e assim sucessivamente, havendo uma reação de avanço em cadeia de forma progressiva para o centro (fig. 17).



Figura 17 - Pivô irrigando uma plantação de feijão

Em geral, os pivôs são instalados para irrigar áreas de 50 a 130 ha, sendo o custo por área mais baixo à medida que o equipamento aumenta de tamanho.

Para otimizar o uso do equipamento é conveniente, além da aplicação de água, aproveitar a estrutura hidráulica para a aplicação de fertilizantes, inseticidas e fungicidas.



Canhão hidráulico

Em geral, o aspersor é de grande porte (denominado canhão) é manobrado manualmente (fig. 18). Por aplicar água a grandes distâncias, a eficiência do canhão é prejudicada pelo vento, não sendo indicado para regiões com alta incidência de ventos. É geralmente utilizado em plantações de cana-de-açúcar.



Figura 18 - Canhão hidráulico

1.2.2.2. Rega gota a gota

Nesse sistema, a água é levada sob pressão por tubos, até ser aplicada ao solo através de emissores diretamente sobre a zona da raiz da planta, em alta frequência e baixa intensidade. Possui uma eficiência na ordem de 90%. Tem no entanto um elevado custo de implantação. É utilizado maioritariamente em culturas perenes e em fruticultura, embora também seja usado por produtores de hortaliças e flores, em especial pela reduzida necessidade de água, comparado aos demais sistemas de irrigação. Pode ser instalado à superfície ou enterrado, embora esta decisão deva ser tomada analisando-se criteriosamente a cultura a ser irrigada (fig. 19).



Figura 19 - Sistema de rega gota-a-gota



Além de apresentar uma boa eficiência o gotejamento também se destaca na questão do manejo da irrigação, onde tem um menor gasto de água, economizando o recurso que em algumas regiões do nordeste é escasso. Por ser um sistema de irrigação localizada, a cultura que é irrigada terá uma zona molhada maior, apresentando boas produções.

1.2.2.3. Fertirrigação

Fertirrigação é uma forma eficiente e eficaz para fertilizar as plantações, economizando tempo e dinheiro, melhorando a produtividade. Sistemas de fertirrega trabalham com planos de irrigação e de nutrientes para melhorar as pastagens.

Apresenta como vantagens reduzir a compactação do solo; aumentar os níveis de carbono dos solos; fornecem mais controle sobre quando e onde são aplicados nutrientes; é uma maneira eficiente de aplicar nutrientes (fig. 20).



Figura 20 - Doseador para fertirrigação

1.2.3. Origem e qualidade da água

A correta exploração dos recursos naturais pode tornar-se uma significativa fonte de receitas para Timor Leste, levando à construção de infraestruturas, criação de empregos, aparecimento de classes mais empreendedoras e criando novas receitas financeiras. Quanto aos recursos hídricos, a maioria das linhas de água têm um carácter temporário, enchendo-se de água na época das chuvas mas escoando rapidamente para o mar (fig. 21).





Figura 21 - Ciclo hidrológico

Devido a uma precipitação elevada, é possível aumentar os recursos hídricos disponíveis, estabilizar a torrencialidade de alguns cursos de água e assim possibilitar outras utilizações, como a rega e a produção de energia hidroelétrica e desenvolver o abastecimento de água às populações.

A exuberância da paisagem e a qualidade das praias poderão ser exploradas pela indústria turística.

Quando se fala da qualidade da água de irrigação refere-se à qualidade em relação à salinidade no sentido amplo do termo. Neste caso, a qualidade da água define-se em função de três critérios básicos: salinidade em sentido restrito, teor de sódio e toxidade. O regadio surge, na generalidade das condições edafo-climáticas das regiões, como a única forma de ultrapassar a característica irregularidade pluviométrica (entre anos diferentes e ao longo do mesmo ano) e tirar partido do potencial de temperaturas e insolação de que dispomos, dentro dos vários períodos anuais.

Na cultura do milho, por exemplo o pleno aproveitamento das potencialidades e minimização das condicionantes negativas, implica, na maior parte do contexto climático, uma opção pelo regadio, que permite à planta uma expressão produtiva elevada e a desejada competitividade do seu cultivo.



Conceitos gerais:

O milho ocupa um dos primeiros lugares entre as culturas arvenses regadas. Com a rega, o produtor dispõe de uma importante ferramenta para tornar regular a produção das suas culturas, na condição de a gerir de uma forma correta.

A cultura do milho é sensível ao *stress* hídrico a partir da fase das 10 folhas e até à fase caracterizada pelo estado pastoso do grão.

Se ocorrer “*stress*” durante o período de floração, o número de flores por espiga diminui e a sua fecundação é afetada, originando um menor número de grãos por m².

Se ocorrer “*stress*” mais tardiamente, na fase de enchimento do grão, o peso médio dos grãos diminui.

A rega permite reduzir a variação interanual das produtividades, o que facilita o estabelecimento de uma conta de cultura previsional bastante aproximada da realidade e também a aplicação de fertilizantes azotados adequada às necessidades da cultura:

- As necessidades de água da cultura do milho dependem das condições climáticas e o seu fornecimento pode ser planeado de modo a valorizar ao máximo os recursos de água disponíveis;
- A rega bem conduzida melhora a eficiência da adubação azotada. Um fornecimento de água correto promove a absorção do azoto disponível (proveniente da mineralização da matéria orgânica e dos fertilizantes) e a sua utilização eficaz no fabrico de matéria seca, permitindo produtividades ao nível dos objetivos propostos.
- Se as características do solo forem bem conhecidas e o objetivo de produtividade estabelecido de forma realista, a rega permite gerir a adubação azotada, limitando os teores residuais de azoto no solo na altura da colheita.
- Uma cultura bem regada assegura uma disponibilização regular do azoto existente no solo. No entanto, uma má gestão da rega pode implicar dois riscos em relação à utilização do azoto, o primeiro inerente à lixiviação e perdas por escorrimento e o segundo, diretamente decorrente deste, relacionado com o não atingir do objetivo de produtividade esperado.
- É, pois, conveniente conhecer e dominar bem a situação, de forma a minimizar as perdas de nitratos devidas à infiltração excessiva e aos escorrimentos.



É particularmente necessário definir com rigor:

- A dotação de rega - função das condições de solo.
- As necessidades de água - função do clima, da produtividade esperada e da fase de desenvolvimento da cultura;
- As datas de início e de fim da rega - o desencadeamento ou uma paragem da rega demasiado precoce ou demasiado tardia podem provocar riscos, quer de lixiviação, quer de “*stress*” hídrico, penalizadores da produtividade a obter. A fixação da data de início e fim da rega deve ser estabelecida localmente, de acordo com as variedades de milho cultivadas, com o tipo de solo, e com o decorrer climático do ano.
- O objetivo de produtividade - deve estar baseado numa referência local, de modo a poderem definir-se produtividades coerentes com as potencialidades do solo, as disponibilidades de temperatura, as capacidades do sistema de rega e as disponibilidades hídricas do ano.

A rega é uma prática complexa, pois as quantidades corretas de água a fornecer ao solo e à cultura do milho, estão muito dependentes do modo como decorre o ano climaticamente (insolação, radiação, precipitação, etc.) e são, por isso, muito variáveis de ano para ano.

O equipamento de rega terá que estar dimensionado de acordo com as necessidades da cultura, e adaptado a outras condicionantes ligadas às características do solo onde está implantado. A conjugação destes elementos implica que os conselhos de rega a dar aos produtores de milho, devam ser baseados num conhecimento do solo e clima locais, e também em referenciais já existentes.

Práticas aconselhadas:

- Estabelecer, consoante a origem da água (subterrânea ou superficial) e a sua disponibilidade, uma estratégia de rega;
- Se houver limitação de volume: estabelecer um calendário previsional enquadrando as fases mais sensíveis, fazendo recurso à utilização de contadores (conhecer os volumes aplicados face aos volumes previsivelmente disponíveis);



- Se o débito (caudal) for limitante: começar suficientemente cedo para evitar uma degradação rápida das reservas do solo, continuando a regar em função do balanço hídrico e utilizando o melhor possível o débito disponível durante o período mais sensível;
- Se o recurso água for abundante: seguir um balanço hídrico e evitar dotações excessivas, prestando atenção ao estado hídrico do solo;
- Acompanhar o evoluir do estado hídrico do solo através de medições por tensiómetros ou outros medidores de humidade do solo;
- Aplicar em cada rega quantidades de água ligeiramente inferiores às que o solo é capaz de armazenar. Deste modo, evitam-se as perdas por drenagem e escorrimento;
- Adaptar o ritmo de dotação-frequência das regas ao débito disponível, às condições climáticas verificadas, e à contribuição da água proveniente do solo (balanço hídrico, sistema de avisos local);
- Quantificar e gerir convenientemente as quantidades de água aplicadas, dominando todas as regulações e controlos do equipamento e material de rega;
- Procurar a melhor disposição dos equipamentos e adequar as suas regulações, de modo a garantir a melhor uniformidade possível na distribuição de água à parcela;
- Determinar a paragem da rega de acordo com o estado fisiológico da planta (no geral, maturação fisiológica ou “ponto negro”), das reservas de água existentes no solo e das necessidades de preparação da cultura que se seguirá ao milho;
- Ter em conta o impacto da rega sobre a fertilização e sobre o solo;
- Tomar em consideração a interação entre rega e o risco de salinização do solo, em condicionalismos a isso propício.

Práticas a evitar:

- Evitar regar de forma sistemática, conduzindo a desperdícios de água, sem ter em conta a disponibilidade do recurso, os conselhos técnicos de especialistas, o sistema de avisos, a informação meteorológica e o estado hídrico do solo;



- Evitar aplicar quantidades excessivas, não quantidades ao solo e à dotação de rega calculada, originando perdas por drenagem e escoamento superficial;
- Evitar aplicar quantidades insuficientes, que podem causar “*stress*” hídrico e consequentes baixas de produção;

A água é um recurso essencial à vida, indispensável para a humanidade mas também para os outros organismos e para a manutenção das funções e da integridade dos ecossistemas (Mendes, 2010).

A água é um elemento fundamental para o desenvolvimento sustentável dos países, pelo que a falta de água ou a falta de água com qualidade diminuem a qualidade de vida das populações. Devido ao aumento da população humana as necessidades de água têm vindo a aumentar; no entanto, as atividades humanas direta ou indiretamente podem diminuir a qualidade da água, tornando-a imprópria para determinados fins, ou seja, podem diminuir a quantidade de água com qualidade para ser utilizada nalgumas atividades.

Em determinados países existe regulamentação própria, no entanto são princípios que deverão ser seguidos, pois trata-se de princípios gerais de utilização da água.

Os parâmetros que se apresentam são baseados nesse princípio.

Gestão das águas superficiais, designadamente as águas interiores, de transição e costeiras, e das águas subterrâneas, de forma a:

- a. Evitar a continuação da degradação e proteger e melhorar o estado dos ecossistemas aquáticos e também dos ecossistemas terrestres e zonas húmidas diretamente dependentes dos ecossistemas aquáticos, no que respeita às suas necessidades de água;
- b. Promover uma utilização sustentável de água, baseada numa proteção a longo prazo dos recursos hídricos disponíveis;
- c. Obter uma proteção reforçada e um melhoramento do ambiente aquático, nomeadamente através de medidas específicas para a redução gradual e a cessação ou eliminação por fases das descargas, das emissões e perdas de substâncias prioritárias;
- d. Assegurar a redução gradual da poluição das águas subterrâneas e evitar o agravamento da sua poluição;



- e. Mitigar os efeitos das inundações e das secas;
- f. Assegurar o fornecimento em quantidade suficiente de água de origem superficial e subterrânea de boa qualidade, conforme necessário para uma utilização sustentável, equilibrada e equitativa da água;
- g. Proteger as águas marinhas, incluindo as territoriais;
- h. Assegurar o cumprimento dos objetivos dos acordos internacionais pertinentes, incluindo os que se destinam à prevenção e eliminação da poluição no ambiente marinho.

O conceito de qualidade da água

O conceito de qualidade da água é relativo, já que depende do uso a que se destina ou do objetivo do seu utilizador. Assim, a qualidade da água pode ser definida, para fins específicos, como o conjunto de características físicas, químicas e biológicas adequadas à sua utilização para determinado uso. Para cada uso da água é pois necessário estabelecer as exigências relativas à sua qualidade, isto é, definir parâmetros de qualidade e estabelecer os seus valores-limite (Mendes, 2010).

Águas de Rega

A água de rega é a água superficial ou subterrânea ou a água residual, que visa satisfazer ou complementar as necessidades hídricas das culturas agrícolas ou florestais.

Os limites paramétricos estabelecidos na legislação são principalmente desenvolvidos para a prevenção da ocorrência de surtos sanitários, fornecendo uma informação limitada sobre a proteção do ambiente e da saúde. Os limites paramétricos podem definir-se como:

- (i) a concentração de uma substância ou organismo que não representa um perigo significativo para a saúde de um número significativo de utilizadores;
- (ii) as condições nas quais a exposição a essa substância ou organismo não são prováveis, ou
- (iii) uma combinação de ambos (Mendes, 2010).

Assim, são normalmente dois limites paramétricos, o valor máximo recomendável (VMR) e o valor máximo admissível (VMA). O VMR é o valor de norma de qualidade



que não deverá ser ultrapassado e garante a manutenção da saúde do consumidor e a cobertura das suas necessidades alimentares. O VMA é o valor da norma de qualidade que, de preferência, deve ser respeitado ou não excedido; ou seja, como nem sempre os valores obtidos são \leq VMR, toma-se em conta o VMA, na perspectiva de que nesse intervalo de valores (VMR-VMA) não se verificarão riscos significativos para a saúde dos consumidores.

O conceito de poluição/contaminação da água

A poluição da água pode ser definida como:

- (i) a inadequação da sua aplicabilidade para algum objetivo considerado;
- (ii) qualquer modificação natural ou artificial que direta ou indiretamente modifique, altere ou destrua o equilíbrio dos ecossistemas e dos recursos naturais de tal modo que traga perigo para a saúde pública, diminua a sua adequabilidade ou eficiência e o bem-estar do Homem e das suas comunidades;
- (iii) a alteração da composição ou do estado da água de tal forma que se torne menos adequada para todas ou algumas das funções e fins a que pode ser adequada no seu estado natural. O conceito de contaminação é definido como a introdução ou descarga na água de organismos patogénicos ou de substâncias tóxicas que a tornem imprópria para consumo público e/ou usos domésticos, ou seja, a contaminação pode ser considerada como um aspeto específico da poluição.

Os microrganismos como poluentes

Os poluentes podem ser inorgânicos, organismos e biológicos, incluindo-se os microrganismos neste último grupo. Os perigos mais significativos da poluição biológica por microrganismos devem-se à contaminação das águas por resíduos fecais ou urinários, provenientes do metabolismo dos animais homeotérmicos. Embora muitos microrganismos associados a este tipo de resíduos sejam inofensivos para pessoas saudáveis, alguns são agentes patogénicos.

Quando existe contaminação da água por fezes, as bactérias de origem fecal (associadas às fezes) são uma causa potencial de várias doenças que podem ocorrer sob a forma epidémica - doença que afeta simultaneamente muitos indivíduos, por contágio - ou sob



a forma endêmica - doença que se verifica permanentemente numa dada região. Para além das bactérias fecais, outros microrganismos presentes na água - vírus, helmintas, protozoários, ... - podem representar perigos para as populações humanas, mas não fazem em geral parte da análise sistemática incluída nas normas legais da maioria dos países não tropicais.

Os critérios e normas de qualidade das águas de rega visam proteger a saúde pública, a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, as culturas que podem ser afetadas pela má qualidade das águas de rega e os solos cuja aptidão para a agricultura pode ser degradada pelo uso sistemático de águas de rega de má qualidade. Nas águas de rega, os parâmetros microbiológicos a considerar são os indicados na Tabela.

Tabela - Parâmetros microbiológicos e valores máximos recomendáveis para a água de rega

Parâmetro	Unidade	VMR	VMA
Coliformes fecais	Número/100 ml	100	-
Ovos de parasitas intestinais	Número/L	-	1

Métodos analíticos de referência

Coliformes totais, coliformes fecais e estreptococos fecais

Podem usar-se dois métodos analíticos: filtração por membrana ou inoculação de tubos múltiplos. A temperatura de incubação é 37 °C a 1 °C para os coliformes totais e para os estreptococos fecais e 44,5 °C a 0,5 °C para os coliformes fecais.

Na filtração por membrana, a inoculação é feita em meio sólido específico adequado para o efeito e contagem das colónias (UFC). As amostras devem ser diluídas ou, quando apropriado, concentradas a fim de que o número de colónias fique compreendido entre 10 e 100.

Na inoculação de tubos múltiplos, para os coliformes totais e fecais utiliza-se o método de diluição com fermentação em substratos líquidos em pelo menos três tubos em 3 diluições, com subcultura dos tubos positivos em meios de confirmação e contagem



em número mais provável (NMP). Para os estreptococos fecais, utiliza-se o método de diluição em caldo de azoteto de sódio em pelo menos três tubos para cada uma das três diluições e contagem em NMP.

Salmonelas

Concentração por filtração (através de membrana ou filtro apropriado). Sementeira em meio de pré-enriquecimento. Enriquecimento, subcultura em meio de isolamento. Identificação.

Ovos de parasitas intestinais

Contagem ao microscópio

1.2.4. Dotações de rega e sua distribuição

Apresentam-se alguns aspetos, mas deve-se ter sempre em conta o seguinte:

- Características do solo
- Temperatura e humidade do solo
- Intensidade do vento
- Duração da rega
- Hora da rega
- Custos com a rega

Aspetos gerais

Melhorar o uso da água de rega depende não só da aplicação de dotações de rega adequadas e da sua correspondente duração, mas também dos desempenhos dos sistemas de rega instalados, principalmente da uniformidade de distribuição e da capacidade efetiva para controlar as alturas de água aplicadas.

Visando uma análise global da avaliação da rega por aspersão nos Aproveitamentos Hidroagrícolas, apresenta-se uma análise de resultados de campo relativos a vários indicadores de desempenho dos sistemas de rega na parcela.

Por existirem grandes diferenças na qualidade de serviço e de funcionamento entre Aproveitamentos Hidroagrícolas, é necessário observar condições diversificadas de funcionamento dos sistemas de rega por aspersão, o que permite formular considerações gerais e aconselhamentos extrapoláveis. Assim, tanto para os sistemas de aspersão



estacionários, como para os canhões com enroladores e as rampas pivotantes, a avaliação consiste na recolha de informação sobre:

- Bares de pressão - pressão e caudal ao longo das rampas e sistemas em funcionamento simultâneo;
- Variações espaciais da pressão e caudal;
- Taxas de aplicação;
- Velocidade do vento;
- Uniformidade de distribuição da água no setor regado;
- Eficiência potencial e outros indicadores relevantes

Os dados recolhidos foram utilizados para o cálculo de alguns indicadores de desempenho, nomeadamente a uniformidade de distribuição, o coeficiente de uniformidade, a eficiência potencial do quartil mínimo, bem como para obter dados sobre a altura média fornecida e perdas por evaporação e arrastamento pelo vento, entre outros.

Aspersão fixa (fig. 22)



Figura 22 - Sistema de Aspersão fixa

Vantagens:

- Redução dos espaçamentos quer entre aspersores, quer entre rampas (no caso de tubagens desmontáveis);
- utilização de tubagens com um diâmetro adequado (um diâmetro maior leva a que ocorram menores perdas de carga dentro do sistema);



- os sistemas devem ser objeto de projeto e os projetos devem ser elaborados de forma cuidada recorrendo-se, por exemplo, a modelos como o Avasper.

Canhões com enrolador (fig. 23)



Figura 23 - Sistema com canhão com enrolador

Regras de utilização:

- Aumentar a sobreposição entre faixas adjacentes, ou seja, reduzir o espaçamento entre passagens;
- regular o ângulo de sector do canhão para 270º, o que permitirá melhorar as uniformidades de distribuição;
- a velocidade de deslocamento deverá estar de acordo com as dotações a aplicar. A utilização de um modelo como o Dotmm_horas, permite determinar o tempo de rega em horas e/ou a velocidade de deslocamento do canhão, de acordo com a dotação em mm a aplicar;
- a rega não deverá ser efetuada em condições de vento forte em virtude da grande suscetibilidade a este fator;
- a pressão deverá ser a adequada a cada situação, recorrendo-se a reguladores ou a sobrepessores, consoante a pressão seja, respectivamente, muito elevada ou insuficiente.

Rampas pivotantes (fig. 24)

- Um projeto elaborado cuidadosamente, não só tendo em conta a escolha adequada da carta de aspersores mas também a taxa de infiltração de água no solo, permitirá solucionar grande parte dos problemas identificados;



- de forma a evitar as grandes perdas por evaporação e contrariar a ocorrência de escoamento e consequente erosão, poderiam utilizar-se aspersores de impacto ou os modernos aspersores do tipo rotator em vez de difusores de placa plana, uma vez que estes últimos pulverizam excessivamente as gotas de água e, tendo um reduzido diâmetro molhado, produzem taxas de aplicação muito elevadas;
- os agricultores deveriam adotar medidas de conservação da água, tais como o encovachamento do terreno ou a utilização de “mulches” em sementeira direta, de forma a melhorar a fração de água infiltrada, contrariando assim o escoamento superficial e, consequentemente, a erosão do solo.



Figura 24 - Sistema com rampas pivotantes



2. Drenagem

A drenagem sempre foi uma preocupação dos agricultores, pois desde tempos antigos verificaram que as plantas, salvo raras exceções, morriam quando havia água a mais nos solos.

Hoje temos o conhecimento que o ar no solo é importante, quer para a planta, quer para o próprio solo, e sem a presença deste e no seu lugar exista água provocando o seu excesso, a planta morre por asfixia radicular.

Drenagem é o ato de escoar as águas de terrenos encharcados, por meio de tubos, túneis, canais, valas e fossos sendo possível recorrer a motores como apoio ao escoamento. Os canais podem ser naturais (rios ou córregos) ou artificiais de betão ou concreto simples ou armado ou de gabião. Os sistemas de drenagem, que compreendem além das condutas forçadas e das condutas livres podem ser urbanos e/ou rurais e visam escoar as águas de chuvas e evitar enchentes.

2.1. Finalidade da drenagem

Para que as culturas se desenvolvam, o solo deve conter alguma humidade. Quando não chove o suficiente e há carência de humidade no solo, pode corrigir-se essa falta de água por meio de regas. Mas não deve haver humidade em excesso, pois isso também prejudica as plantas.

Considera-se excessiva toda a água que ultrapassar a água capilar, ou seja, aquela que o solo consegue reter. Essa água excessiva é desnecessária para as culturas e em geral prejudica estas. Quando os excessos de água não têm saída natural, uma parte preenche em maior ou menor grau os espaços vazios de maior dimensão do solo, os chamados macróporos. O solo fica assim mais ou menos saturado de água e deficientemente arejado. O mau arejamento do solo origina a asfixia radicular (das raízes) das plantas (fig. 25).

O excesso de humidade no solo origina diversos problemas:

- prejudica a vida microbiana do solo e os processos biológicos que dela dependem;



- prejudica o desenvolvimento das culturas e origina quebras de rendimento;
- impede diversas operações culturais, ou dificulta-as, obrigando a adiá-las.

Os principais sintomas do excesso de água são os seguintes:

- na fase inicial as culturas desenvolvem-se mais tardiamente e mais lentamente;
- as plantas apresentam-se geralmente amarelcidas ou com cores verde-pálido;
- abundam as plantas higrófilas, como juncos, ranúnculos, *Phalaris*, etc..

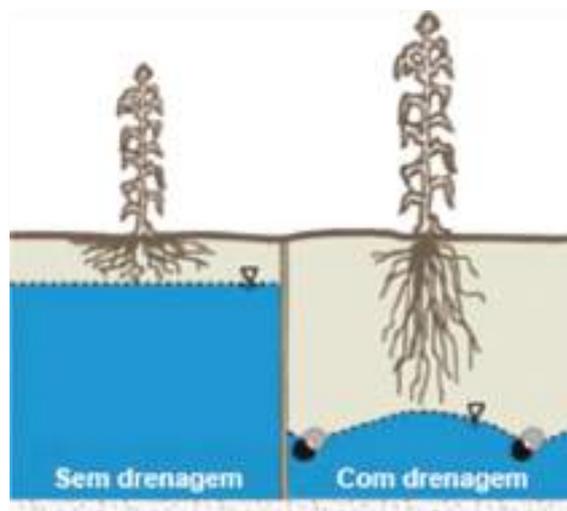


Figura 25 - Planta em solo sem drenagem e com drenagem

Mas para determinar com rigor se o solo tem má drenagem deve verificar-se o nível da água da toalha freática do terreno. Para isso abrem-se furos em diferentes épocas e em vários locais do terreno.

O excesso de humidade no solo pode resultar de, em todo o ano ou em parte dele, a precipitação ultrapassar o consumo de água do solo. O consumo representa a evapotranspiração e a capacidade de retenção do solo.

Quer dizer, existirá um excesso de água no solo quando:

$$\text{Precipitação} > \text{ETP} + \text{Retenção pelo solo.}$$

Mas o excesso de água também pode resultar de certas condições topográficas que originem a invasão do terreno por águas vindas de outro lugar, como nestes casos:

- terrenos baixos que recebem os escorrimentos superficiais vindos das encostas;
- terrenos que recebem águas vindas de zonas onde se fazem regas excessivas;



- terrenos onde sobem à superfície as correntes subterrâneas de água;
- zonas baixas próximas do mar e invadidas pelas marés, denominadas sapais;

Para combater os excessos de água procede-se à drenagem ou enxugo do solo.

A drenagem é um conjunto de técnicas e trabalhos que se destinam a eliminar ou a reduzir os excessos de água do solo.

Para sanear um terreno húmido existem duas vias de atuação fundamentais:

- Terminar com a invasão de águas exteriores, senão de nada serve a drenagem;
- Evacuar os excessos de água do terreno, ou seja, drenar o solo.

Muitas vezes atua-se nas duas vias, mas deve sempre começar-se pela primeira.

2.2. Sistemas e técnicas de drenagem

Antes de drenar um terreno húmido devemos saber primeiro quais são as causas do excesso de água, pois as soluções podem ser diferentes consoante essas causas.

Vejamos quais as principais causas do excesso de água:

❖ Terreno que recebe água das encostas

É o caso em que o terreno está situado numa baixa, de modo que recebe as águas de escoamento superficial das encostas que a envolvem, situações muito frequentes em Timor Leste, em especial durante a monção (fig. 26).



Figura 26 -
Escoamento
de águas
superficiais



Neste caso, e qualquer que seja a solução, antes de mais tem de se impedir que as águas continuem a afluir das encostas para a baixa.

Por exemplo, pode abrir-se uma vala de proteção a envolver o terreno pelo lado de cima, chamada “guarda-mato”, que recebe a água e a encaminha para outro local.

❖ Terreno com deficiente drenagem externa

O terreno não tem um declive suficiente para dar saída rápida às águas das chuvas ou de escoamento. Quer dizer, o terreno é plano ou tem declive muito suave e a água escorre mal. Neste caso a solução passa por melhorar a saída da água, modificando a superfície do terreno, ou seja, melhorando a drenagem superficial.

Assim, por exemplo:

- podemos armar a superfície em talhões largos ou em talhões estreitos;
- podemos abrir uma rede de valas para escoamento das águas, etc.

❖ Terreno com deficiente drenagem interna

Em geral isto resulta da textura do solo, muitas vezes limoso ou argilo-limoso e com má estrutura, infiltrando-se a água muito lentamente e circulando mal no solo.

A melhoria da infiltração da água apenas se consegue modificando as propriedades físicas do solo, nomeadamente da sua estrutura.

A estrutura do solo pode ser melhorada recorrendo a certas práticas:

- por meio de calagens, ou seja, de aplicações de calcário moído;
- pela cultura de plantas com raízes abundantes e finas, sobretudo gramíneas.

Estas duas práticas favorecem a formação e a estabilidade dos agregados, principalmente quando são feitas simultaneamente (fig. 27).



Figura 27 - Vala de drenagem e açoreamento do rio



Métodos de drenagem

Há duas categorias de métodos de drenagem: a drenagem superficial e a subterrânea.

Drenagem superficial

São os métodos mais antigos. Nestes métodos a água é escoada por valas ou regos abertos no terreno, em geral com pequeno declive para não originar problemas de erosão.

Nestas valas a água encaminha-se até outras valas mais largas, chamadas valas coletoras, saindo destas para um emissário que, muitas vezes, é um curso de água (fig. 28).



Figura 28 - Valas de drenagem superficial

Vantagens da drenagem superficial:

- o seu custo é geralmente moderado;
- são valas relativamente fáceis de limpar;
- podem evacuar grandes volumes de água, se o seu declive for suficiente.

Inconvenientes da drenagem superficial:

- as valas constituem obstáculos para a mecanização das culturas;
- as valas podem dividir as parcelas de forma pouco conveniente.

A drenagem superficial é aconselhada quando existem problemas de escoamento superficial, causados por precipitações fortes e associadas a má permeabilidade do solo.



Métodos de drenagem superficial

1. Talhões estreitos

Trata-se de um método de armação do terreno; este é dividido em faixas paralelas, geralmente com largura até 10 m, ficando separadas por regos para escoar as águas (fig. 29).

Em cada faixa a terra fica mais elevada, formando uma espécie de tabuleiro ou camalhão. Para armar o terreno nestes talhões podem empregar-se máquinas que existem na maioria das explorações agrícolas, nomeadamente um trator e uma charrua.

Primeiro marcam-se as faixas no terreno e depois procede-se do seguinte modo:

- Para fazer um talhão lava-se ao longo do comprimento da faixa, começando pelo eixo central e voltando a terra para dentro, isto é, para o lado do centro da faixa; nas voltas seguintes vira-se a terra sempre para dentro; as passagens afastam-se cada vez mais do centro, ou seja, faz-se lavoura “à volta”, de dentro para fora e voltando a terra para dentro.
- Quando termina a lavoura da faixa ficam 2 regos em aberto de cada um dos lados.
- Estes regos funcionam como valas que separam o talhão dos talhões vizinhos.



Figura 29 - Método de drenagem superficial por talhões estreitos

As vantagens do método dos talhões estreitos são as seguintes:

- podem executar-se com máquinas vulgares na maioria das explorações;
- têm custos reduzidos, sobretudo quando comparado com outros métodos;

A armação em talhões estreitos tem os seguintes inconvenientes:

- diminui a superfície cultivada do terreno, que fica sulcado de regos;
- os talhões estreitos acabam por impossibilitar a mecanização na prática;
- a espessura do solo acima do nível da água aumenta relativamente pouco.

Por esses motivos, os talhões estreitos empregam-se apenas nos terrenos que se destinam a pastagens à base de plantas com raízes superficiais e resistentes à humidade.



2. Talhões largos

É também um método de armação do terreno.

O terreno divide-se em faixas paralelas, mas agora com largura de 30-40 m. As faixas são separadas por valas em forma de V aberto para escoar as águas (fig. 30). Mas a superfície dos talhões fica abaulada e não plana como no caso anterior; esta superfície fica com um declive crescente (cada vez maior) na direção das valas laterais.

O declive progressivo dos talhões facilita o escoamento em direção às valas. Se existir uma camada impermeável, o fundo das valas deve atingir essa camada.

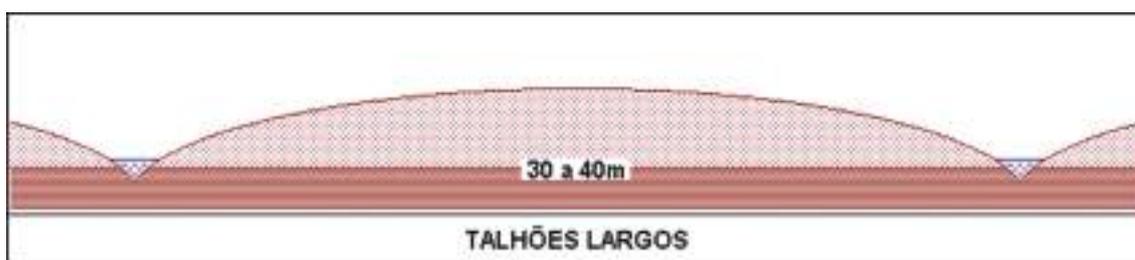


Figura 30 - Método de drenagem superficial por talhões largos

A armação do terreno em talhões largos pode realizar-se com máquinas agrícolas ou industriais, como tratores, pás e lâminas niveladoras.

Os talhões largos têm algumas vantagens sobre o método dos talhões estreitos:

- diminuem menos a superfície cultivada do terreno;
- podem mecanizar-se as operações culturais;
- a espessura do solo acima do nível da água aumenta mais.

Os inconvenientes são os mesmos dos talhões estreitos, mas menos acentuados.

A implantação é mais complexa e exige o emprego de algumas máquinas especiais.

3. Valas a céu aberto

Estas valas podem ter secções com 2 formas:

- em V aberto, a forma mais apropriada para solos leves e mais sensíveis à erosão;
- em trapézio com a base menor no fundo da vala, que é mais adequada para solos de textura média ou pesada e também menos sensíveis à erosão (fig. 31).



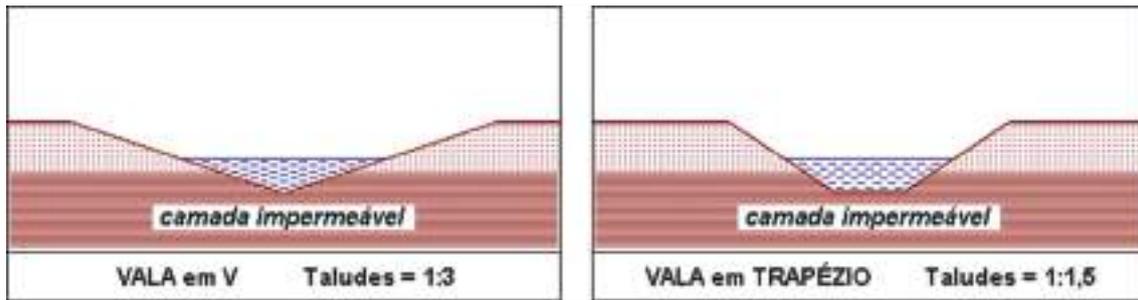


Figura 31 - Método de drenagem superficial por valas a céu aberto

O declive dos taludes também depende da textura do solo:

- nos solos de textura grosseira os taludes devem formar um V mais aberto, a fim de evitar que desmoronem, podendo ficar com declives entre 1:2 e 1:3;
- nos solos de textura média ou fina os taludes podem formar um V menos aberto e podem ficar com declives de 1:1 a 1:2.

A profundidade das valas é geralmente inferior a 2 metros.

Quando há uma camada impermeável, o fundo das valas deve atingir essa camada.

As valas seguem direções próximas das curvas de nível do terreno, mantendo um declive suave, de 0,5 a 1,0 %, de modo a escoar a água, mas suavemente.

A distância entre as valas deve variar com o declive do terreno e a textura do solo, segundo estas regras gerais:

- textura pesada → menor distância entre as valas
- textura grosseira → maior distância entre as valas
- declive menor → menor distância entre as valas
- declive maior → maior distância entre as valas

Vantagens do método das valas a céu aberto:

- embora tenha custos, é menos caro que os métodos de drenagem subterrânea;
- permite escoar das parcelas grandes volumes de água com facilidade;
- origina poucos riscos de erosão, desde que os taludes sejam corretos.

Inconvenientes do método das valas a céu aberto:

- prejudica a mecanização das culturas, pois o terreno fica dividido pelas valas;



- as valas exigem manutenção, sendo necessário realizar periodicamente a limpeza da vegetação que nelas se desenvolve.

Drenagem subterrânea

A água proveniente das chuvas toma caminhos diferentes: uma parte infiltra-se no solo, podendo formar lençóis subterrâneos, outra permanece sobre a superfície do solo (da qual uma fração evapora) (fig. 32).

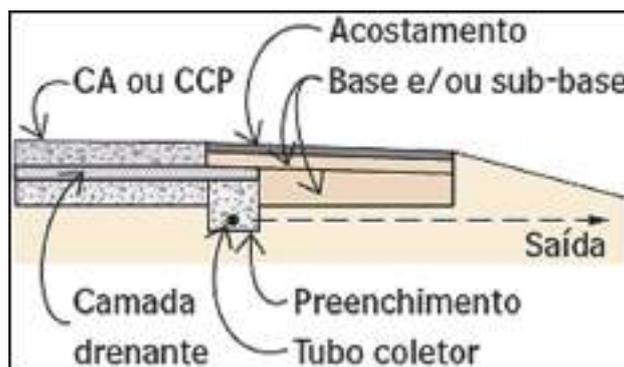


Figura 32- Drenagem subterrânea

Estes destinos não são dicotômicos, havendo variações de condições que tornam os solos mais - ou menos - permeáveis, e sendo tais condições função do clima, da topografia e da natureza do solo.

A água subterrânea pode prejudicar a estrutura das estradas, devendo ser eliminada ou reduzida por rebaixamento dos lençóis freáticos, que devem ser mantidos pelo menos a uma profundidade de 1,5 a 2 metros do subleito das rodovias, dependendo do tipo de solo da área considerada.

Os modernos métodos de drenagem subterrânea visam evitar os inconvenientes da drenagem superficial.

A drenagem subterrânea consiste em implantar no terreno:

- uma rede de tubos ou drenos enterrados no subsolo;
- ou uma rede de galerias abertas e moldadas no próprio subsolo.

Nos métodos de drenagem subterrânea a água deve primeiro infiltrar-se no solo.

A uma certa profundidade a água encontra uma rede de galerias ou canalizações que a recolhem e enviam para um coletor, que é uma canalização mais larga.



Os vários coletores do sistema de drenagem vão dar saída para um emissário, que também pode ser um curso de água.

Vantagens da drenagem subterrânea:

- os drenos não dificultam a mecanização das culturas;
- os drenos não ocupam espaço na superfície do terreno.

Inconvenientes da drenagem subterrânea:

- os métodos de drenagem subterrânea são caros e apenas se aplicam quando a terra tem grande valor ou alta produtividade potencial, pois só assim se justifica a despesa.

Os métodos de drenagem subterrânea também necessitam de alguns canais a céu aberto para recolher a água dos drenos, servindo assim de coletores ou de emissários.

A drenagem subterrânea é mais indicada quando a água se infiltra com facilidade, quer dizer, quando o solo tem uma boa drenagem interna e apenas se necessita escoar as águas que o saturam temporariamente.

Métodos de drenagem subterrânea

1. Valas cegas

As valas cegas são um método antiquíssimo.

Consiste em implantar no terreno um conjunto de valas para escoar as águas. Mas o fundo destas valas é preenchido com materiais não maciços que permitem o escoamento subterrâneo da água.

Começa-se pela marcação e abertura das valas até à profundidade a drenar.

Ao contrário do que sucede com as valas a céu aberto, as paredes das valas cegas podem ficar verticais ou quase verticais, desde que a textura do terreno as permita fazer sem que desmoronem logo.

Depois o fundo das valas preenche-se com pedras grandes. Por cima destas pedras do fundo colocam-se outras pedras mais pequenas, sobre estas outras ainda mais pequenas, e assim sucessivamente. Para terminar preenche-se o resto da vala com a terra que dela se retirou (fig. 33).



Esta camada de terra da parte superior das valas cegas deve ser mais espessa que a profundidade máxima das mobilizações, para que estas não alcancem as pedras.

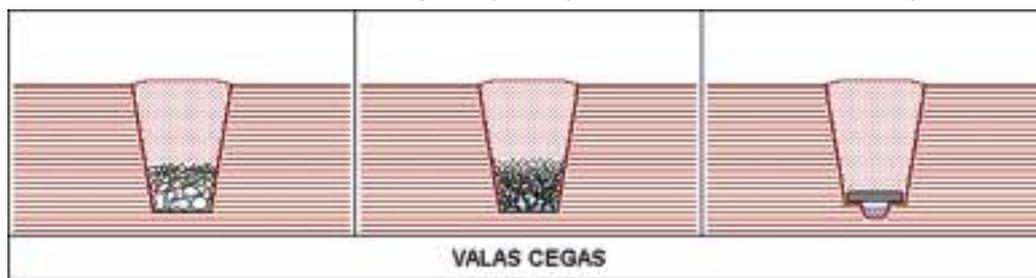


Figura 33 - Sistema de drenagem subterrânea por valas cegas

Uma variante de vala cega consiste em preencher o fundo das valas com ramagens ou com matos em vez de pedras.

Por cima tapa-se a vala com terra, tal como na variante anterior. A decomposição dos materiais orgânicos das ramagens e dos matos origina o total entupimento da vala, a médio prazo.

Noutra variante rasga-se um canal no fundo da vala, para escoar a água. Depois cobre-se o canal com pedras achatadas, com lousas ou mesmo com tijolos deitados, impedindo que a terra possa entupir rapidamente o canal. Por fim tapa-se a vala com terra, tal como nas outras variantes. Esta variante faz a transição para o método dos drenos.

Vantagens das valas cegas:

- tal como todos os outros métodos de drenagem subterrânea, as valas cegas não originam obstáculos para a mecanização;
- os materiais utilizados (pedras, ramagens, matos, tijolos) encontram-se geralmente disponíveis para o agricultor.

Inconvenientes das valas cegas:

- é um método que requer muito trabalho e por isso pode sair bastante caro;
- com o tempo, a terra vai gradualmente preenchendo os espaços entre as pedras e por fim a vala pode deixar de funcionar.

2. Drenos tubulares

Este método consiste em implantar uma rede de tubos, chamados drenos, a uma certa profundidade, para recolher e escoar a água que se infiltra no terreno.



A água é encaminhada para umas valas ou para drenos coletores, que são apenas drenos mais largos.

Das valas ou dos drenos coletores a água segue depois para um emissário que a evacua para fora do terreno.

Para instalar uma rede de drenos marcam-se no terreno as respectivas linhas.

Depois de abertas as valas até à profundidade desejada, colocam-se no fundo os tubos alinhados e justapostos uns aos outros.

As uniões dos tubos nunca se vedam, para que a água possa entrar no seu interior através das juntas entre cada dreno e o dreno seguinte.

Os diâmetros dos tubos são variáveis, mas costumam situar-se:

- entre 5cm e 15cm no caso dos drenos;
- entre 15cm e 25cm para os coletores.

O comprimento de cada tubo individual costuma variar entre 30cm e 100cm. Os drenos podem ser de cerâmica (barro), de betão ou de plástico. Os tubos de cerâmica funcionam bem e são duradouros, mas são caros.

Quando o terreno é instável, por deslizar, perdem o seu alinhamento inicial.

Os tubos de betão são construídos com cimento, água e areia. A areia deve ser grossa e sem limo nem argila para dar porosidade aos tubos.

Os tubos de plástico podem fabricar-se:

- em policloreto de vinilo (PVC);
- em polietileno (PE);
- em poliestireno.

Os que mais se utilizam são os tubos de PVC rígido e liso.

Certos modelos têm perfurações ou ranhuras para facilitar a entrada da água; essas ranhuras podem ser longitudinais ou transversais (fig. 34).



Figura 34 - Modelos de drenos



Vantagens do método dos drenos:

- permitem escoar a água com mais facilidade que as valas cegas;
- os drenos funcionam por muito mais tempo que as valas cegas.

Inconvenientes do método dos drenos:

- a instalação do sistema é bastante trabalhosa e por isso cara;
- os drenos também costumam sair bastante caros.

É por estes motivos que se emprega o método dos drenos apenas quando o terreno tem alto valor potencial, ou seja, o solo tem grandes perspectivas de rentabilidade.

Instalação mecanizada da tubagem

Hoje utilizam-se tubos flexíveis e colocam-se mecanicamente no fundo da vala.

A máquina possui um grande ferro subsolador, tendo um molde atrás do bico ou da relha. O ferro rasga uma fenda no solo a cerca de 1-1,5m de profundidade. Os tubos constam de uma manga de PVC, semi-flexível, que está dobrada. Esta manga é obrigada a passar pelo molde e sai deste com uma certa rigidez, para suportar o peso do solo, ficando logo colocada no fundo da fenda aberta pelo subsolador.

Estas máquinas exigem uma boa potência de tração: cerca de 100 CV. Mas o seu rendimento de trabalho é bem superior ao dos sistemas de tubos rígidos.

Também se podem colocar com esta máquina tubos rígidos mas mais curtos, com comprimento até 10m, os quais podem ser de plástico, de cerâmica ou de betão. Neste caso o rendimento de trabalho é inferior ao da manga semi-flexível.

3. Drenagem-toupeira

Consiste em moldar no próprio solo as galerias onde a água que se infiltra pode escorrer com alguma facilidade.

Executa-se com uma subsoladora-toupeira, que consta de um ferro subsolador com a relha substituída por uma espécie de obus ou bala de canhão, para abrir as galerias (fig. 35).

As paredes das galerias são alisadas por um cilindro ligado atrás do obus.



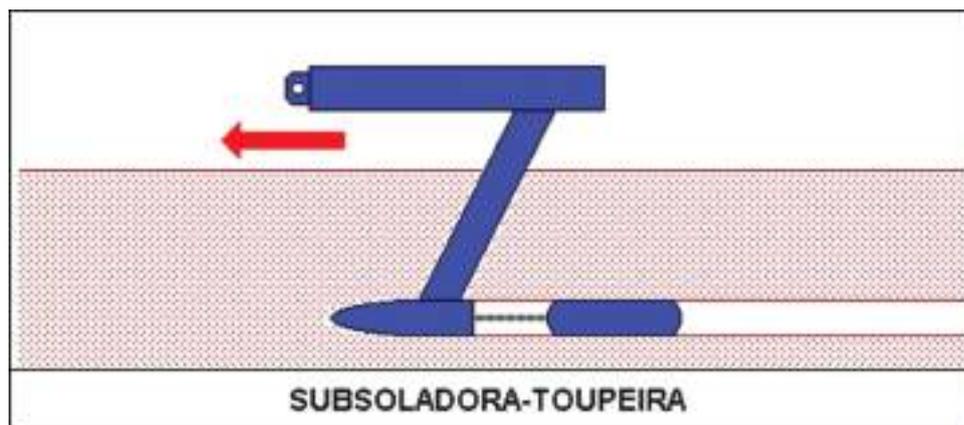


Figura 35 - Drenagem -toupeira

As galerias ficam com um diâmetro compreendido entre 5cm e 10cm. A profundidade das galerias costuma andar por 40cm a 60cm.

O afastamento entre as galerias depende sobretudo da permeabilidade do solo:

- ronda os 2m nos solos mais impermeáveis;
- anda por 4m nos solos mais permeáveis.

A drenagem-toupeira não se pode aplicar em solos de textura grosseira, nos quais a terra não se consegue moldar. Os solos devem ter 20% de argila no mínimo e 20% de areia fina no máximo.

Estas galerias duram pouco, tendendo a fechar com o tempo; por isso a operação deve repetir-se periodicamente, mas é pouco rentável com intervalos inferiores a 5 anos.

O desaparecimento das galerias pode ser acelerado por certas causas:

- as máquinas pesadas, passando sobre solo húmido, provocam compactação;
- alguns solos (barros) fendilham no Verão com a secura e incham com a água;
- as raízes das plantas também entopem progressivamente as galerias.

Planos de drenagem

Para elaborar um plano de drenagem e escolher os métodos a empregar, deve fazer-se um estudo prévio para obter informações importantes, tais como (fig. 36):

- qual a origem das águas: chuvas, escorrimento, toalha freática, mar, etc.;
- qual a textura das diferentes camadas do solo: leve, média, pesada;
- que estrutura têm as camadas do solo e qual a sua estabilidade;



- qual a permeabilidade das camadas do solo: das superficiais e das profundas;
- qual a topografia do terreno, e em particular que declives existem: planos, suaves, moderados, moderadamente acentuados, etc.;
- que sistema cultural se vai usar após implantar a drenagem e com que plantas;
- qual a intensidade da mecanização e que tipos de máquinas se irão empregar;
- mão-de-obra disponível: que quantidade e qual o nível de formação;
- que volumes de água se terão de evacuar, os quais dependem da precipitação na região, da bacia de alimentação e da área de terreno a drenar.

Uma vez conhecidos estes dados, pode então elaborar-se o plano de drenagem do terreno que necessita de saneamento.

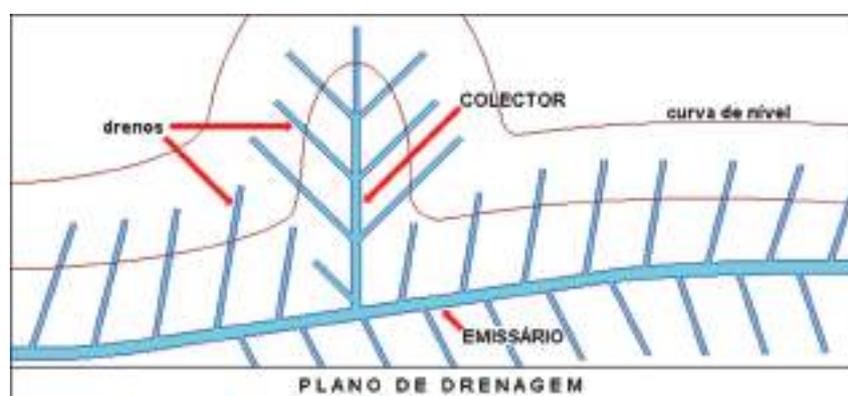


Figura 36 - Plano de drenagem

Um plano de drenagem deve incidir sobre as seguintes questões:

- proteção da parcela a drenar contra as águas provenientes do exterior;
- direção que devem tomar as linhas de drenos;
- comprimento que devem ter as linhas de drenos;
- afastamentos que devem ter as linhas de drenos;
- declive ou inclinação que devem ter as linhas de drenos;
- profundidade a que devem colocar-se os drenos;
- diâmetros que devem possuir os drenos;
- características e localização dos coletores;
- características e localização dos emissários;
- arranjos que os emissários eventualmente necessitem.



Proteção da parcela a drenar

Quando a parcela a drenar é invadida por águas de escoamento superficial vindas de zonas situadas a montante, é necessário impedir que continuem a afluir essas águas.

Para isso abre-se uma vala em volta da parte superior da parcela, ou seja, do lado de montante, chamada “guarda-mato”; este “guarda-mato” serve para recolher as águas e conduzi-las a um emissário que sai para o exterior da parcela.

O “guarda-mato” deve ter:

- secção e declive suficiente para evacuar toda a água;
- declive relativamente suave para evitar os riscos de erosão.

Direção das linhas de drenos

A direção das linhas de drenos deve afastar-se das curvas de nível do terreno. Quer dizer, as linhas de drenos devem ser oblíquas em relação às curvas de nível. Quanto mais oblíquas forem, maior declive tem os drenos e melhor escoam a água. Quanto menos oblíquas, menor declive têm os drenos e mais devagar corre a água.

Por outro lado, cada linha de drenos deve fazer um ângulo agudo com a direção do seu coletor, para facilitar a entrada de água neste coletor.

Comprimento das linhas de drenos

O comprimento das linhas de drenos não deve ser exagerado, porque:

- as linhas de drenos devem ter um declive uniforme;
- esse declive deve ser suficiente para escoar bem a água.

Em condições favoráveis, ou seja, quando o declive do terreno é mais ou menos constante, as linhas de drenos podem atingir comprimentos de 100m ou 150m, no máximo.

Afastamento das linhas de drenos

O afastamento entre as linhas de drenos depende sobretudo da permeabilidade do solo, quer dizer, em última análise depende da textura e da estrutura do solo:

- as linhas de drenos ficam mais afastadas em terrenos permeáveis, podendo neste caso situar-se a distâncias até máximos de 15m;
- as linhas de drenos ficam mais próximas em terrenos impermeáveis; caso em que as distâncias entre linhas são normalmente inferiores a 10m.



Mas o afastamento entre as linhas de drenos também depende da profundidade:

- ficam mais afastadas entre si quando estão a maior profundidade;
- ficam menos afastadas entre si quando estão a menor profundidade.

Profundidade das linhas de drenos

Deve ser a suficiente para drenar a espessura do solo que se pretende, a qual varia com as culturas:

- pode ser tão pequena como 50 cm em certas pastagens;
- pode atingir 1,5m ou mais na maioria das árvores de fruto.

Na prática a profundidade dos drenos costuma variar de 0,8m a 1,5m.

Note-se que a espessura de terra efetivamente drenada não é uniforme, pois ela é maior junto aos drenos e menor no meio das entrelinhas de drenos.

A espessura de solo efetivamente drenada é menos uniforme:

- nos solos menos permeáveis;
- com as linhas de drenos muito afastadas.

Declive das linhas de drenos

O declive da linha de drenos deve facilitar o escoamento da água.

A água escoar-se bem quando atinge velocidades de 0,2m/s a 1,0m/s, ou seja, de 0,7km/h a 3,5km/h. Para isso o declive da linha de drenos costuma situar-se entre 0,2% e 6,0%.

Por outro lado, as linhas de drenos devem ter declives uniformes, para escoar água com regularidade.

Nunca deve haver diminuições do declive, pois isso vai estancar a água.

O declive pode aumentar ligeiramente à saída dos drenos para facilitar a entrada da água nos coletores ou no emissário.

Diâmetro dos drenos

Deve ser suficiente para escoar a água com facilidade.

Portanto, o diâmetro deve ser tanto maior:

- quanto menor o declive da linha de drenos;
- quanto maior o comprimento da linha de drenos;
- quanto maior o volume de água a escoar.



Na prática o diâmetro dos drenos costuma variar de 5cm a 15cm.

Coletores

Os coletores obedecem aos mesmos princípios gerais dos drenos, mas diferem dos drenos em alguns aspetos, porque têm de evacuar maior volume de água, já que recolhem águas provenientes de vários drenos.

Os coletores apresentam as seguintes características especiais:

- diâmetro compreendido entre 15cm e 25cm, portanto, maior que nos drenos;
- seguem as linhas de maior declive, para facilitar um escoamento rápido da água;
- devem situar-se ligeiramente abaixo das bocas de saída dos drenos, para recolher melhor as águas que saem desses drenos.

Emissários

Servem para dar saída às águas do sistema de drenagem. Pode servir de emissário um curso de água já existente no local. Mas, em muitos casos, é necessário abrir uma ou mais valas para esse fim.

Tanto num como no outro caso, o emissário deve permitir:

- evacuar com facilidade e rapidez os caudais máximos de água da drenagem;
- evitar qualquer fenómeno de erosão.

Por isso, devemos ter cuidados na abertura, arranjos e manutenção do emissário:

- a secção do emissário deve ser bem dimensionada, para escoar com facilidade os caudais máximos de água do sistema;
- o declive da linha de fundo deve permitir escoar com facilidade, mas sem exagero, para que as águas não atinjam velocidade excessiva;
- o declive dos taludes deve ser moderado, para não originar desmoronamentos;
- devem regularizar-se as margens e os taludes, para facilitar o escoamento;
- devem manter-se limpos as margens e taludes, para facilitar o escoamento;
- para evitar a erosão, podem revestir-se as margens e os taludes com alvenaria de pedra solta ou com vegetação, embora esta não se deva deixar crescer demasiado.



2.3. Manutenção dos sistemas de rega e drenagem

Gastar algumas horas a tratar do sistema de rega poderá ajudá-lo a poupar água, dinheiro e, MAIS IMPORTANTE AINDA, evitar uma catástrofe. Aqui ficam algumas sugestões para ajudar a preparar o sistema para mais uma estação de rega inteligente.

Manutenção do sistema de Rega gota à gota

Pelo menos 2 vezes por ano limpar o sistema de rega fazendo passar a água no seu interior durante alguns minutos depois de ter aberto as extremidades.

Desta forma elimina os possíveis resíduos que se depositam nos tubos. Limpar também os filtros.

Controlar periodicamente as extremidades em cada planta e assegurar que deitam água.

Verificar também que não há fugas ao longo do circuito, sobretudo nos pontos de união ou nas torneiras. As fugas se as houver devem ser vedadas com fita isolante.



Figura 37 - Sistema de rega gota a gota

Manutenção do sistema de Rega por aspersão

1. Atualize a programação

Verifique o estado dos seus comandos e programas de rega. Isto inclui limpar as teias de aranha do temporizador, verificar se as definições se adequam às atuais necessidades de água, tendo em conta precipitação sazonal esperada.



Figura 38 - Sistema de rega por aspersão

2. Limpe as cabeças

Verifique a existência de pedras, sujidade, areia e resíduos de outros tipos que possam estar a bloquear o fluxo de água proveniente das cabeças dos aspersores, já que uma distribuição de água irregular pode levar a demasiada água em alguns locais e água insuficiente em outros, tendo como consequência um espaço verde descolorado e pouco saudável.



3. Dê uso às latas

Faça o “teste da lata” para verificar a uniformidade da rega. Espalhe latas abertas e vazias, ou copos de papel, a uma distância de 3 ou 4 metros entre si por todo o relvado e a seguir ligue o sistema de rega. Compare o nível de água de cada recipiente. Se o nível de água apresentar diferenças significativas, regule conforme necessário o caudal e o padrão de pulverização dos aspersores.

4. Tempo de renovação

Substitua os bicos de plástico que estejam rachados, lascados ou gastos. Os bicos e as cabeças dos aspersores são concebidos para suportar o desgaste normal do processo de rega, mas dificilmente conseguem defender-se de cortadores de relva com rumo incerto, do cão do vizinho ou mesmo de crianças curiosas. Um aspersor partido pode descontrolar as contas da água e causar inúmeros prejuízos em relvados e jardins, sendo por isso tão importante que se efetue regularmente a sua verificação e substituição.

5. A temperatura elevada demora mais a chegar ao solo

No se deixe enganar pelas temperaturas. Uma temperatura do ar mais elevada não significa necessariamente que a temperatura do solo seja também elevada. Use uma pequena pá para verificar se o solo sob o relvado, a uma profundidade de 30 cm, se encontra gelado. A rega enquanto o solo ainda se encontra gelado pode resultar no rebentamento de canos.

6. Siga a regra dos quinze centímetros

Regue o solo o tempo suficiente para o saturar até quinze cm de profundidade. Insira uma chave de fendas no solo para ver até que profundidade a água é absorvida. Se a chave de fendas se deparar com resistência de solo seco e endurecido a menos de 15 cm da superfície, regule os tempos de rega para aumentar a saturação do solo.

7. Passeie por entre os aspersores

Já que a melhor altura para regar os relvados e jardins é nas primeiras horas da manhã, os problemas existentes poderão não ser detetados até ser demasiado tarde. Ligue o sistema de rega, e certifique-se de que tudo está a funcionar corretamente.



8. Lave à pressão

Basta retirar dois aspersores e ligar o sistema de rega durante dois ou três minutos. Isto deve eliminar todos os resíduos que se terão acumulado durante o período de repouso e libertar a pressão de ar nos tubos subterrâneos.

9. Dê o devido valor às válvulas

As válvulas regulam a distribuição de água por todo o sistema. Uma válvula que tenha fugas vai desperdiçar água e aumentar as suas contas. Inspeccione visualmente cada uma das válvulas para se certificar de que estão a funcionar corretamente. Zonas do relvado demasiado molhadas que resultem em poças de lama e/ou em pedaços de terreno estéril, poderão ser consequência de uma válvula com fugas.

10. Esteja preparado

Substitua a pilha de reserva do temporizador/programador cada 6 meses e tenha por perto uma cópia da programação de rega. Um corte ou uma pequena interrupção no fornecimento de energia durante a noite poderia provocar a reinicialização do temporizador/programador e apagar todos os programas de rega configurados, problema que poderá passar despercebido até a relva começar a ficar acastanhada. Uma pilha nova de reserva fornecerá energia suficiente para manter os programas configurados guardados até à reposição do fornecimento de energia.

Instalação do sistema de rega e drenagem



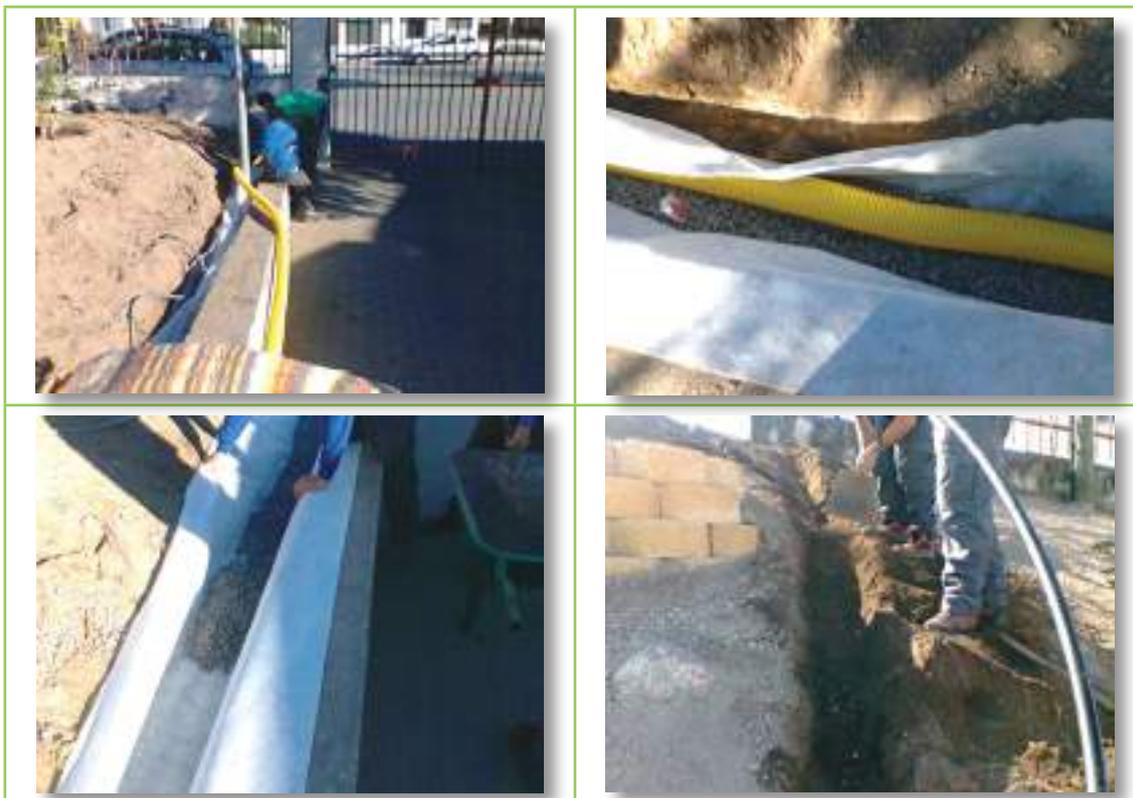


Figura 39 - Fases da instalação do sistema de rega e de drenagem



Sugestões de atividades práticas

Sugestão nº 1

Os alunos deverão praticar a montagem e desmontagem dos vários sistemas de rega, nomeadamente:

- gota-a-gota
- aspersão
- rega por gravidade

Durante este processo aproveitam para ensaiar o que melhor se adapta à cultura.

Sugestão nº 2

Em atividades de grupo os alunos podem construir modelos de rega utilizando para isso as culturas existentes na escola.

Sugestão nº 3

Um grupo de 3 ou 5 alunos idealiza uma rega para uma cultura hipotética.

Exemplo:

Faz o projeto de rega para 2.500 m² de alface (ou outra cultura).

1. Determinar a quantidade de água necessária para a cultura em tempo de seca, (fazer pesquisa desses valores).
2. Idealizar o tipo de rega mais conveniente à cultura tendo em conta a situação de rega.

Nota: Este estudo pode ser enquadrado simultaneamente nas actividades da Disciplina de Economia Agrária, fazendo também os cálculos do custo do equipamento proposto.

Em suma é planear uma rega para a cultura da alface. Há que ter alguma atenção, pois o sistema deve ser polivalente, isto é, servir a outras culturas, pois a rentabilidade está no aproveitamento máximo dos equipamentos.



Exercícios Resolvidos

Exercício 1

Sabendo que a CU exprime-se em volume de água por unidade de superfície.

Usam-se geralmente as seguintes unidades: mm, litros/m² ou m³/ha

As equivalências são as seguintes 1 mm = 1 l/m² = 10 m³/ha

A RU que o solo pode conter pode calcular-se do seguinte modo:

$$RU = CU \times \text{Peso do solo seco}$$

$$\text{mas } \text{Peso do solo seco} = Dap \times V$$

$$\text{e } V = S \times E$$

CU = Capacidade utilizável do solo (%)

Dap = Densidade aparente do solo (não tem unidades)

V = volume do solo que se tomou (dm³)

S = superfície do solo que se tomou (dm²)

E = espessura efectiva do solo - ou profundidade explorada pelas raízes (dm)

Então, se combinarmos as 3 fórmulas anteriores, obtém-se:

$$RU(\text{dm}^3) = CU(\%) \times Dap \times S(\text{dm}^2) \times E(\text{dm})$$

Se tomarmos 1 m² de superfície, podemos usar uma fórmula simplificada:

$$RU(\text{mm}) = CU(\%) \times Dap \times E(\text{mm})$$

Exercício 2

Sabendo que:

Déficé de Gestão Permissível (DGP):

Num regadio não devemos permitir que a reserva de água utilizável do solo se reduza a valores muito próximos do ponto de emurchecimento.

Perto do ponto de emurchecimento as forças de retenção do solo para a água são muito fortes, a cultura tem grande dificuldade em absorver água e é prejudicada por isso.

Então na reserva de água utilizável não deverá faltar mais do que uma certa proporção, a qual recebe o nome de déficé de gestão permissível - DGP.



O DGP é a % de água utilizável que o solo pode perder sem que a cultura sofra quebras de produção importantes. Exprime-se, portanto, em percentagem.

O DGP depende sobretudo dos seguintes fatores:

- da natureza das culturas: certas culturas são mais sensíveis ao “stress” hídrico que as outras; assim, as culturas hortícolas têm DGP pequenos (15-45%); os DGP das culturas arvenses e das árvores de fruto são maiores (45-55%); as culturas muito resistentes, tal como o algodão, a cana do açúcar e a laranjeira, têm DGP próximos de 65%.
- da fase do ciclo vegetativo em que as plantas se encontram (germinação e nascença, abrolhamento, floração, vingamento dos frutos, maturação, etc.);
- dos níveis de produção que se pretendem obter; assim, quanto mais alto for o nível de produção da cultura, menor será o seu Déficit de Gestão Permissível.

Exemplos:

Défices de Gestão Permissíveis aproximados de algumas culturas:

Morango: 15%	Espinafre: 20%	Batata: 25%	Cebola: 25%	Pimento: 25%
Alface: 30%	Cenoura: 35%	Ervilha: 35%	Melão: 35%	Trevo: 35%
Tomate: 40%	Couve: 45%	Feijão: 45%	Girassol: 45%	Beterraba: 45%
Citrinos: 50%	Pepino: 50%	Soja: 50%	Milho-silagem: 50%	Milho-grão: 60%
Cevada: 55%	Algodão: 65%	Cana-açúcar: 65%	Sorgo: 55%	Trigo: 55%

Reserva Facilmente Utilizável (RFU):

A RFU é o volume de água que corresponde ao Déficit de Gestão Permissível (DGP).

Quer dizer:

$$RFU = RU \times DGP$$

Então também é:

$$RFU(mm) = CU(\%) \times Dap \times E(mm) \times DGP(\%)$$



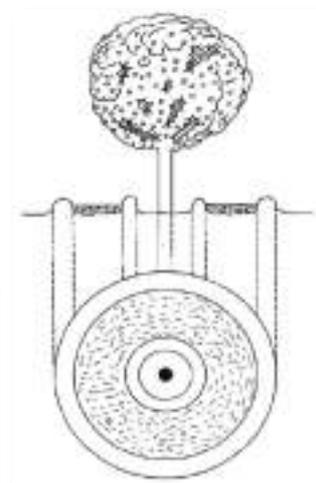
As noções de DGP e de RFU podem ser muito úteis:

- para escolher o momento certo para a rega das culturas - quando se deve regar;
- para calcular a quantidade de água a fornecer nesse momento - a dotação de rega



Exercícios

1. Podem-se classificar os solos, consoante o seu Nível de Humidade, em Saturado ou Seco.
 - 1.1. Defina Saturação do solo.
 - 1.2. Indique 2 fatores que contribuem para a saturação dos solos.
 - 1.3. Defina Solo seco.
2. Explique o conceito de ponto de emurchecimento (PE) ou coeficiente de emurchecimento permanente (CE).
3. Explique os objetivos da rega e as suas consequências para a planta.
4. Distinga a rega por gravidade da rega por canteiros.
5. Identifique o tipo de rega representado em cada um dos esquemas.



6. Defina a Capacidade para água utilizável ou capacidade útil para a água (CU).
7. Refira como varia a CU em função do teor em argila e em matéria orgânica.
8. Certo solo argiloso tem as seguintes constantes de humidade:
 - capacidade de campo: 43%
 - coeficiente de emurchecimento: 21%



- 8.1. Determine a capacidade para água utilizável deste solo.
9. Certo solo arenoso tem as seguintes constantes de humidade:
- capacidade de campo: 11%
 - ponto de emurchecimento: 5%
- 9.1. Determine a capacidade para água utilizável deste solo.
10. Que diferenças são de salientar entre os dois solos?
11. Defina Reserva de água utilizável (RU).
12. Certo solo possui uma CU de 20 % e uma Dap de 1,25. Que volume de água útil ou reserva de água utilizável pode o solo armazenar dentro de uma espessura de 40 cm?
13. Certo solo possui uma CU de 20 % e uma Dap de 1,25. Que volume de água útil ou reserva de água utilizável pode o solo armazenar dentro de uma espessura de 40 cm?
14. Determinado solo, cultivado com cereais, tem as seguintes características:
- Capacidade de campo: 38%
 - Ponto de emurchecimento: 18%
 - Densidade aparente: 1,25
 - Espessura efectiva: 60cm
 - DGP da cultura: 55%
- 14.1. Calcule o valor da RFU deste solo e para uma destas culturas.
15. Determinado solo, cultivado com laranjal, tem as seguintes características:
- Capacidade de campo: 28%
 - Ponto de emurchecimento: 13%
 - Densidade aparente: 1,40



- Espessura efetiva: 160cm
- DGP da cultura: 50%

15.1. Calcule o valor da RFU deste solo e para esta cultura.

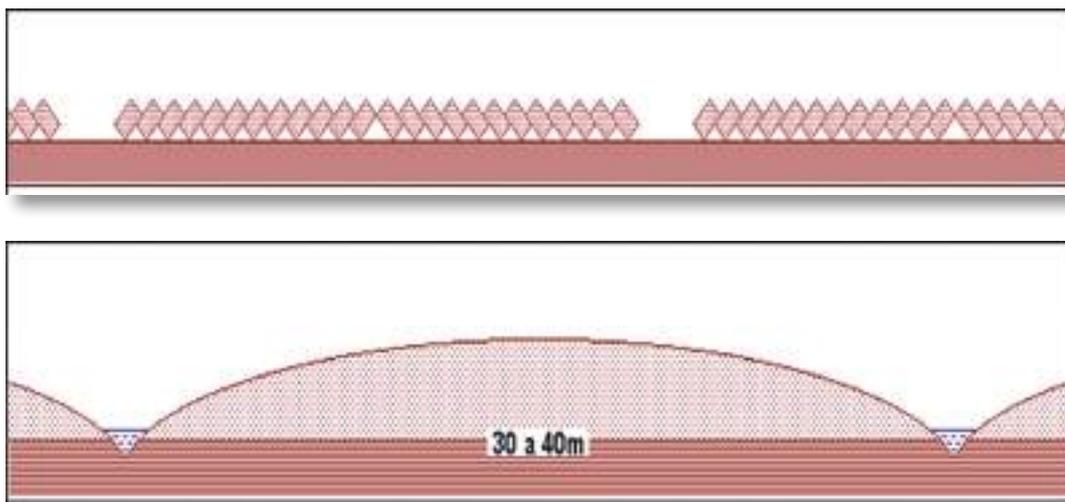
16. Distinga rega por Aspersão do sistema de gota a gota

17. Explique o conceito de fertirrigação.

18. Indique as suas vantagens.

19. Explique os objetivos da drenagem.

20. Identifique os métodos de drenagem exemplificados na figura seguinte.



21. Indique as vantagens do sistema de drenagem subterrânea



Bibliografia

- BELTRÃO, J., *A Rega Gota a Gota*. Lisboa: Livraria Clássica Editora, 1979.
- DAKER, A., *A Água na Agricultura: Manual de Hidráulica Agrícola: Irrigação e drenagem*. 4.ª ed. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos, 1973.
- DIAS, L. (2008). *Água nas plantas*, Universidade Federal de Lavras (in http://www.ceapdesign.com.br/pdf/monografias/monografia_agua_nas_plantas_lucia.pdf)
- LOPEZ, C. C., *Fertirrigacion: Cultivos Hortícolas y Ornamentales*. 2ª ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2000.
- MAROTO, J. V., *Elementos de Horticultura General*. 2.ª ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2000.
- RAPOSO, J. R., *A Rega*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996.
- RESH, H. M., *Cultivos Hidropónicos. Nuevas Técnicas de Producción*. Madrid: Mundi-Prensa Libros S.A., 2001.
- SAMOUCO, R., *Dicionário de Agronomia*, Lisboa: Plátano Editora; 1998.
- WOODSON, R D., *Sistemas de Rega para Relvados, Jardins e Hortas*. Coleção Euroagro, n.º 51. Mem Martins: Publicações Europa América. 1999.

Sites consultados:

- http://www.isa.utl.pt/der/TecnicasRegadio/slides_rega_superficie_classificacao.pdf
- [http://www.waternetonline.ihe.nl/challengeprogram/B10%20Tamele%20Drip%20Irrigation%20\(final%20full%20report_portuguese\).pdf](http://www.waternetonline.ihe.nl/challengeprogram/B10%20Tamele%20Drip%20Irrigation%20(final%20full%20report_portuguese).pdf)
- <http://www.draalg.min-agricultura.pt/downloads/projectos/Trabalhos%20%20sobre%20Rega%20e%20Fertirrega/Rega%20localizada%20em%20horticultura%20-%20Guia%20do%20Extensionista.pdf>
- <http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Folegatti/leb1571/Irrigacao%20localizada.pdf>

