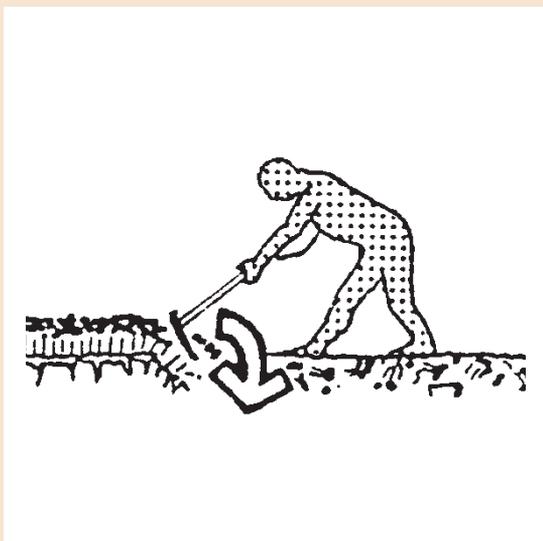
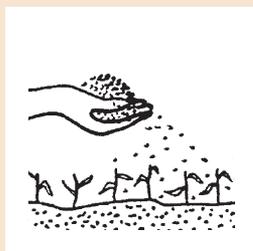


# Manejo da fertilidade do solo

Agrodok 2 -Manejo da fertilidade do solo



partageons les connaissances au profit des communautés rurales

sharing knowledge, improving rural livelihoods

# **Agrodok 2**

## **Maneio da fertilidade do solo**

Laura van Schöll  
Rienke Nieuwenhuis

© Fundação Agromisa, Wageningen, 2003.

*Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida qualquer que seja a forma, impressa, fotográfica ou microfilme, ou por quaisquer outros meios, sem autorização prévia e escrita do editor.*

Primeira edição em português: 2003

Autores: Laura van Schöll, Rienke Nieuwenhuis  
Ilustradores: Barbera Oranje, Daniel van Buren  
Tradução: Láli de Araújo  
Impresso por: STOAS Digigrafi, Wageningen, Países Baixos

ISBN: 90-77073-51-5

NUGI: 835

# Prefácio

Em primeiro lugar os nossos agradecimentos vão, especialmente, para Rob Leijder, Stephan Mantel e Jan Vlaar pelos seus preciosos comentários. Estendemos os nossos agradecimentos aos ilustradores, Barbera Oranje e Daniel van Buren.

Este Agrodok é uma edição revista que engloba o conteúdo de dois Agrodoks publicados previamente (Agrodok 2: “Fertilidade do solo” e Agrodok 28 “Adubação verde”). Decidimos reunir estes dois assuntos num só livrinho na medida em que a adubação verde oferece aos pequenos agricultores familiares uma possibilidade suplementar de melhorarem a fertilidade do solo. Para além do uso de estrume e de adubos químicos, práticas agrícolas como sejam a utilização de adubação verde podem contribuir enormemente para combater os problemas de fertilidade.

Esta série Agrodok é publicada pela Agromisa, sediada em Wageningen, Países Baixos. Estes livrinhos podem ser encomendados mas também é possível encetar uma correspondência directamente com o serviço de informação da Agromisa para encontrar respostas para questões específicas respeitantes à agricultura.

Rienke Nieuwenhuis  
Laura van Schöll  
Outubro de 1998

# Índice

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>7</b>
	<b>Parte I: A fertilidade do solo e práticas agrícolas</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Introdução</b>	<b>11</b>
2.1	Práticas agrícolas	11
2.2	A matéria orgânica	12
2.3	As queimadas	13
2.4	As condições locais	14
<b>3</b>	<b>Cobertura morta (mulch)</b>	<b>17</b>
3.1	As vantagens da cobertura morta	17
3.2	Os inconvenientes e limitações da cobertura morta	19
3.3	Métodos e recomendações	19
<b>4</b>	<b>A adubação verde</b>	<b>21</b>
4.1	As vantagens da adubação verde	21
4.2	Os inconvenientes e limitações da adubação verde	22
4.3	Métodos e recomendações	23
<b>5</b>	<b>A consociação de culturas</b>	<b>25</b>
5.1	As vantagens da consociação de culturas	25
5.2	Os inconvenientes da consociação de culturas	27
5.3	Métodos e recomendações	27
<b>6</b>	<b>Os períodos de pousio verde</b>	<b>28</b>
6.1	As vantagens dos períodos de pousio verde	28
6.2	Os inconvenientes dos períodos de pousio verde	28
6.3	Métodos e recomendações	29
<b>7</b>	<b>A agrossilvicultura</b>	<b>30</b>
7.1	As vantagens da agrossilvicultura	30
7.2	Os inconvenientes e limitações da agrossilvicultura	31

7.3	Método e recomendações	31
7.4	Sistemas agrossilvícolas em zonas secas (áridas e semi-áridas)	32
7.5	Sistemas agrossilvícolas em áreas húmidas que beneficiam de pluviosidade quase durante todo o ano (zonas sub-húmidas e húmidas)	34
<b>Parte II: A fertilidade do solo e a fertilização</b>		<b>39</b>
<b>8</b>	<b>Introdução e equilíbrio dos nutrientes</b>	<b>39</b>
<b>9</b>	<b>Composto</b>	<b>41</b>
9.1	As condições locais	41
9.2	As vantagens da compostagem	42
9.3	Os inconvenientes e limitações da compostagem	43
9.4	Métodos e recomendações	43
9.5	Pontos importantes a considerar em relação ao composto	45
<b>10</b>	<b>Estrume</b>	<b>48</b>
10.1	As condições locais	49
10.2	As vantagens da conservação e maturação do estrume	49
10.3	Os inconvenientes da conservação e da maturação do estrume e precauções a serem tomadas	50
10.4	Métodos e recomendações	51
<b>11</b>	<b>A utilização de adubos químicos</b>	<b>55</b>
11.1	Métodos de aplicação	55
11.2	Tipos de adubos químicos	56
11.3	Momento e método de aplicação dos adubos por nutriente	57
11.4	A calagem	59
<b>Parte III: Quadro teórico</b>		<b>63</b>
<b>12</b>	<b>Nutrientes das plantas</b>	<b>63</b>

12.1 Os macro-nutrientes	64
<b>13 Características importantes do solo</b>	<b>68</b>
13.1 Estrutura do solo	68
13.2 As partículas sólidas do solo	69
13.3 Os agregados	70
13.4 A matéria orgânica no solo	70
13.5 Os organismos do solo	72
13.6 A imobilização do azoto (N) e a razão C:N	73
13.7 As características químicas do solo	74
<b>14 Diagnóstico do solo</b>	<b>78</b>
14.1 Textura e estrutura do solo	78
14.2 Conteúdo de matéria orgânica	81
14.3 Camadas impermeáveis	82
14.4 Fornecimento de nutrientes	83
<b>Leitura recomendada</b>	<b>86</b>
<b>Endereços úteis</b>	<b>88</b>
<b>Anexo 1: Alguns tipos relevantes de solos nas regiões tropicais</b>	<b>89</b>
<b>Glossário</b>	<b>93</b>

# 1 Introdução

A Agromisa deve responder a numerosas questões respeitantes a problemas agrícolas ligados quer directamente, quer indirectamente com problemas de fertilidade do solo. Por vezes os rendimentos provenientes da produção agrícola diminuíram e os agricultores procuram saber como recuperar o nível de produção das colheitas precedentes. A falta de fertilidade do solo causa uma diminuição dos rendimentos e favorece, igualmente, o desenvolvimento de numerosas doenças e pragas nas plantas. Caso a fertilidade do solo seja medíocre, as culturas não se desenvolvem em boas condições e tornam-se, portanto, mais sensíveis a doenças e pragas. A presença destas doenças e pragas provoca um declínio dos níveis de produtividade, ameaçando, por sua vez, os meios de existência das comunidades rurais. Tais situações podem ser evitadas melhorando a qualidade do solo.

A presença de matéria orgânica no solo é fundamental para se manter a sua fertilidade. Esta matéria orgânica é constituída por material orgânico fresco (resíduos de plantas e cadáveres de animais) e húmus. O material orgânico fresco é convertido em húmus pelos organismos no solo. Este húmus, que confere uma cor escura ao solo, permite reter muita água e nutrientes.

Isto significa que, para manter a fertilidade do solo, é preciso começar por preservar a matéria orgânica que o mesmo contém, o que pode ser feito através do uso de práticas agrícolas apropriadas e da aplicação de estrume e de composto. Caso os solos se encontrem muito deteriorados, pode ser que se tenha que aplicar adubos químicos. Os adubos químicos permitem restaurar muito rapidamente a fertilidade do solo, na medida em que a planta pode utilizar logo os nutrientes assim que os mesmos se encontrem dissolvidos no solo. Em contrapartida é necessário muito mais tempo para que o material orgânico seja transformado em húmus e liberte os seus nutrientes.

Este Agrodok fornecerá informações sobre práticas agrícolas apropriadas e sobre a utilização de fertilizantes, quer orgânicos, quer químicos, assim como informação básica e a definição de termos que são muitas das vezes, usados nas Ciências do Solo (Pedologia). Para terminar apresenta procedimentos que permitem avaliar a qualidade do solo.

Em conformidade com o seu conteúdo, o Agrodok encontra-se dividido em três partes: A parte I descreve as práticas agrícolas que permitem preservar e/ou melhorar as condições do solo.

A parte II descreve os fertilizantes, tanto orgânicos como químicos, que podem ser aplicados com o objectivo de se alcançar em resultados mais rápidos mas a um custo mais elevado.

A parte III explica alguns termos científicos que são utilizados frequentemente em textos sobre ciência do solo para ajudar quem pretende aprofundar mais esta temática. Também é apresentado um procedimento para avaliar a qualidade do solo.

#### Parte I – Fertilidade dos solo e práticas agrícolas

Após uma introdução sobre produção agrícola, material orgânico, queimadas e as condições locais dos sistemas agrícolas, descrevem-se, mais pormenorizadamente, as práticas agrícolas:

- a cobertura morta (*mulch*) é um método que consiste em colocar uma camada de matéria fresca orgânica na camada superior do solo;
- a adubação verde (também chamada sideração) consiste em incorporar no solo matéria verde fresca;
- o método de culturas associadas (consociação de culturas) consiste em cultivar duas ou mais culturas no mesmo campo/parcela;
- durante os períodos de pousio verde, são semeadas ou estimuladas espécies que possuem melhores qualidades do que as espécies que brotarão espontaneamente no período de pousio;
- A agrossilvicultura compreende todas as formas de uso da terra no qual se cultivam espécies lenhosas (árvores e arbustos) em combinação com outras culturas.

## Parte II – A fertilidade dos solo e os adubos

A utilização de estrume animal e de composto contribui para manter o conteúdo de matéria orgânica no solo. É possível que seja necessário o uso de adubos químicos (fertilizantes artificiais) para fornecer, rapidamente, os nutrientes de que a cultura necessita. Contrariamente aos adubos orgânicos, os adubos químicos agem rapidamente, fornecendo às plantas o que estas necessitam; os adubos orgânicos têm primeiro que se decompor em nutrientes antes de poderem ser utilizados pelas plantas. Tal significa que a matéria orgânica apenas tem um efeito a longo prazo, enquanto os adubos químicos contribuem imediatamente (no período que vai de alguns dias até semanas) para a fertilidade dos solo. Não obstante, o efeito dos adubos químicos apenas dura um período limitado (uma ou poucas campanhas agrícolas), enquanto a matéria orgânica continua a elevar a fertilidade do solo e a melhorar a sua estrutura. Para mais, a presença da matéria orgânica assegura que o adubo químico seja utilizado mais eficientemente pela cultura na medida em que impede a lixiviação do adubo. De facto constitui um desperdício de dinheiro aplicar adubos químicos num solo pobre em matéria orgânica se tal não é realizado em combinação com medidas para aumentar o conteúdo de matéria orgânica no solo.

## Parte III – Quadro teórico

Esta secção fornece informações básicas e gerais sobre terminologia técnica, tal como nutrientes e sobre conceitos importantes da Ciência do Solo, tais como textura, estrutura, matéria orgânica, organismos do solo, agregados e propriedades químicas, como pH (potencial de hidrogénio = grau de acidez) e CTC (capacidade de troca catiónica). No Glossário (Apêndice 2) também são apresentados estes termos. Para além do mais, a Parte III poderá ser utilizada como leitura preparatória para discussões com técnicos ou como uma base para a compreensão de literatura mais técnica sobre esta temática.

É descrito, também, um procedimento para avaliar a qualidade do solo, o que inclui a possibilidade de determinar uma série de factores importantes tais como sejam a textura e a estrutura do solo, a presença de camadas impermeáveis, o conteúdo de matéria orgânica e de maté-

ria viva no solo, o fornecimento (aplicação) de nutrientes e a acidez do solo.

Também incluímos uma bibliografia para todos os que querem aprofundar a sua informação sobre a problemática da Ciência dos Solos.

No Anexo 1 é apresentada uma listagem dos principais tipos de solos nas regiões tropicais e o Anexo 2 inclui o glossário.

# Parte I: A fertilidade do solo e práticas agrícolas

## 2 Introdução

### 2.1 Práticas agrícolas

As práticas agrícolas são métodos que o agricultor pode utilizar antes, durante e depois do período de crescimento que não exigem a adição de um novo componente para a sua exploração nem a compra de muitos insumos suplementares (apenas materiais para semear e para plantação). Estes métodos englobam a cobertura morta (*mulch*), a adubação verde, a consociação de culturas, os períodos de pousio verde e a agrossilvicultura.

O objectivo de todos os métodos acima mencionados é de alcançar e preservar as condições óptimas na zona radicular, onde a planta obtém os nutrientes e a humidade que necessita para se desenvolver bem. As raízes também devem poder penetrar no solo. Métodos como sejam a cobertura morta, a consociação de culturas e a agrossilvicultura visam conservar uma boa cobertura do solo, a fim de se evitar a evaporação e a desidratação. A consociação de culturas e a agrossilvicultura também permitem o desenvolvimento da ramificação dos sistemas radiculares no solo. O plantio de culturas diversas com sistemas radiculares diferentes e que necessitam de nutrientes diversos, contribui para um melhor uso dos nutrientes e da água disponíveis. As árvores que integram uma parte dos sistemas agrossilvícolas também garantem que os nutrientes sejam utilizados nas camadas mais profundas do solo.

A adubação verde e os períodos de pousio verde contribuem especialmente para o aumento do teor de matéria orgânica e para uma maior disponibilidade dos nutrientes que são libertados a partir da matéria orgânica decomposta no solo. A utilização de leguminosas intensifica esta função.

## 2.2 A matéria orgânica

A matéria orgânica desempenha um papel importante no manejo de uma melhor fertilidade do solo, porque possui numerosas propriedades que permitem aumentar a fertilidade do solo e melhorar a sua estrutura. A matéria orgânica tem uma grande capacidade para reter nutrientes; tal é particularmente importante no caso dos solos arenosos, que retêm muito poucos nutrientes. A matéria orgânica também pode reter muita água o que significa que em épocas de seca haverá mais água disponível para as plantas, durante um período mais longo. Também neste caso esta propriedade é particularmente importante para os solos arenosos, pois estes retêm pouca água. A matéria orgânica pode melhorar a estrutura do solo o que é importante tanto no caso dos solos arenosos como no dos solos argilosos, na medida que a sua estrutura é pobre. Para finalizar, a matéria orgânica estimula o crescimento dos organismos do solo, que favorecem a assimilação pela planta dos nutrientes existentes na matéria orgânica.

A matéria orgânica do solo é composta de material orgânico fresco e de húmus. O material orgânico fresco é constituído por restos de plantas e de animais que ainda não se encontram decompostos, tais como sejam raízes, resíduos de culturas, excrementos e cadáveres animais. Os organismos do solo transformam o material fresco em húmus, a que também se chama matéria orgânica do solo. No decorrer deste processo são libertados nutrientes; a matéria orgânica faz, portanto, com que os nutrientes fiquem disponíveis para as plantas. O húmus, ou seja a matéria orgânica do solo, é um material que se encontra completamente decomposto, de tal maneira que não se consegue identificar o material fresco original. Confere ao solo uma cor escura. O húmus é, por sua vez, decomposto por organismos do solo, o que liberta ainda mais nutrientes, mas este processo é muito mais demorado.

As práticas agrícolas que contribuem para um equilíbrio positivo da matéria orgânica a longo prazo são essenciais para uma boa fertilidade do solo. O equilíbrio da matéria orgânica tem que ser ou neutro ou positivo, isto é, a quantidade de matéria orgânica que é adicionada deve ser igual ou superior à quantidade que é decomposta e, portanto,

perdida. Mas é difícil obter um equilíbrio positivo da matéria orgânica. Isto significa que se se perde uma grande quantidade de matéria orgânica (por exemplo, através da erosão), é difícil de aumentar a sua quantidade no solo. Mesmo em condições favoráveis e com um bom manejo das culturas, isto pode levar algumas décadas, particularmente se durante esse tempo se produzem culturas que são praticamente removidas na sua totalidade por ocasião da colheita.

A rapidez com que a decomposição da matéria orgânica se dá depende, em grande parte, do clima. Se é quente e húmido, a matéria orgânica decompõe-se mais rapidamente que se for frio ou seco.

### **2.3 As queimadas**

A queima da vegetação com vista a preparação da terra para ser cultivada é uma prática comum. As vantagens são grandes porque ao se queimar, para pousio, a terra em que se encontram resíduos de plantas e ervas daninhas, poupa-se muito trabalho. A vegetação ou as ervas daninhas na terra para pousio desaparecerão em grande parte, não sendo, portanto, necessário proceder-se à monda ou à sacha. A cinza contém muitos nutrientes numa forma em que podem ser utilizados directamente. A primeira colheita que se segue à queimada da terra em pousio é geralmente boa.

Contudo, após algumas campanhas agrícolas pode-se constatar um efeito negativo das queimadas sobre o teor de nutrientes e a fertilidade do solo. As causas são várias: durante a queimada são libertadas grandes quantidades de azoto (nitrogénio=N) e de enxofre (S) e, portanto, as plantas não os poderão obter (para mais informação sobre a importância destes nutrientes, ver Parte III, Capítulo 12).

Após se proceder à queimada, todos os nutrientes que estavam armazenados na vegetação são libertados de uma vez e aparecem disponíveis na humidade do solo, mas não podem ser, de imediato, completamente absorvidos pela planta. Com chuvadas fortes dar-se-á a lixiviação de grandes quantidades de azoto. Por outro lado, o fosfato na

forma mineral será fixado pelas partículas do solo e, desse modo, as plantas não o poderão obter.

As queimadas regulares dos resíduos das culturas faz diminuir a reserva de matéria orgânica fresca e, portanto, do teor de matéria orgânica no solo, o que tem efeitos negativos a longo prazo para a fertilidade do mesmo. Depois da queimada, o solo fica desprotegido e, por isso, susceptível à formação de crostas (incrustação) e à erosão da água e do vento. Os nutrientes são levados juntamente com a cinza, deixando o solo sem reservas para a cultura seguinte.

Na medida em que o solo se encontra descoberto, a sua temperatura durante o dia pode ser muito elevada, o que é desfavorável para os organismos do solo e para a germinação das sementes. O solo também seca muito mais rapidamente. Consequentemente, o solo ressecará com maior rapidez e ficará quente e seco e sem organismos, enquanto as plantas para se desenvolverem têm necessidade de um solo fresco, húmido e rico em organismos.

## **2.4 As condições locais**

Antes de se escolher a prática agrícola mais eficaz, é importante considerar as condições climáticas e as eventuais encostas do terreno. Nas zonas húmidas em que há chuva durante todo o ano, muitas vezes é preferível uma cobertura viva do solo, - sob a forma de adubação verde - a uma cobertura morta. A adubação verde retém os nutrientes que a chuva arrastará (lixiviação) se não se proceder à produção de uma cultura principal.

Nas zonas sub-húmidas, nas quais a chuva é sazonal e existem períodos de seca facilmente reconhecíveis, a adubação verde também poderá ser uma prática agrícola a adoptar. Contudo, nessas áreas pode-se colocar o problema de competição pela água entre a adubação verde e a cultura principal. Caso a estação das chuvas seja tão curta que a adubação verde pode tomar o lugar de uma cultura alimentar ou de rendimento, o agricultor poderá perder a sua alimentação ou a sua fon-

te de renda. O agricultor avaliará a situação e apenas utilizará o adubo verde se este for tão eficaz que conduza a um aumento considerável dos rendimentos das culturas seguintes.

O grau de aumento dos rendimentos dependerá da situação e será, pois, necessário proceder a ensaios de campo, por região. É importante ter em mente que se economizará com a utilização de adubos verdes, que substituem os fertilizantes químicos e que evitam, a longo prazo, perda da fertilidade do solo (e, portanto, de rendimentos), impedindo a erosão. Estas vantagens nem sempre se tornam directamente aparentes. A cobertura morta é uma boa alternativa nas zonas sub-húmidas porque não compete com a cultura principal. Muitas das vezes também é praticada a consociação de culturas porque a água e os nutrientes são melhor utilizados, impede a erosão e ajuda a diluir os riscos de uma má campanha agrícola.

Nas zonas de savana semi-áridas e secas em que a estação das chuvas é muito curta, a água constitui o factor limitante mais importante. A erosão, quer através do vento (erosão eólica) quer da água (erosão hídrica) constitui uma grave ameaça. Nestas áreas a cobertura morta é uma prática muito importante porque aumenta o conteúdo de humidade do solo através do melhoramento da infiltração e impedindo a desidratação. O problema nessas áreas reside em como obter material orgânico suficiente para usar como cobertura morta. Também se utiliza a prática de consociação de culturas, especialmente como uma maneira de diluir os riscos. Os rendimentos totais das várias culturas nem sempre são mais elevados do que num sistema de monocultura na mesma área. Isto porque as plantas produzidas num sistema de consociação de culturas não podem ser cultivadas mais perto umas das outras ( a sua densidade não pode ser mais elevada) do que num sistema de monocultura, devido à falta de água. A utilização de adubação verde não é adequada em zonas secas pois tal requer muita água.

Nas zonas montanhosas é importante impedir a erosão provocada pelo escoamento de água. É por esta razão que é tão importante manter, o mais possível, o solo coberto. Nas zonas em que a pluviosidade é sufi-

ciente, pode-se utilizar adubação verde e consociação de culturas, mas nas áreas secas a melhor alternativa é a cobertura morta.

## 3 Cobertura morta (mulch)

Definição: a cobertura morta consiste em cobrir o solo com material orgânico, como por exemplo resíduos de plantas, palha ou folhas ou de outros materiais: como sejam o plástico ou cascalho.

O objectivo da cobertura morta é:

- o melhoramento da infiltração;
- a protecção do solo contra a erosão pela água (hídrica) e pelo vento (eólica) e da desidratação;
- a prevenção de temperaturas elevadas do solo;
- o aumento do teor de humidade no solo.

E, quando a cobertura morta é efectuada com material orgânico, para:

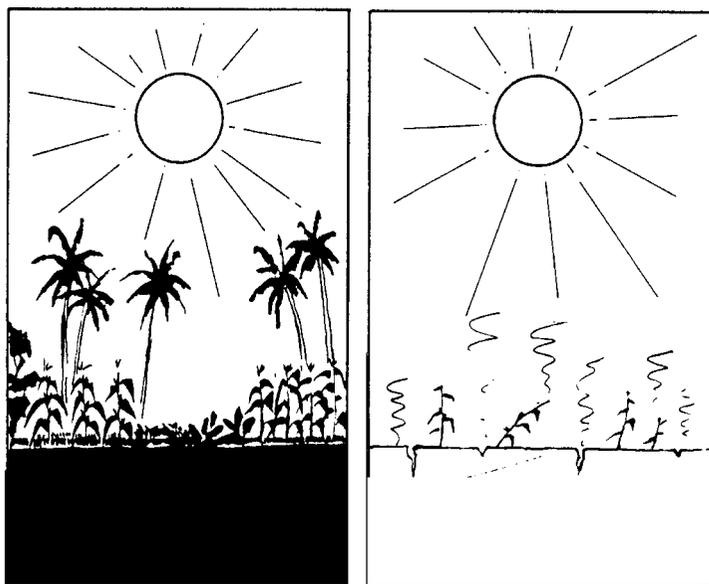
- aumentar ou preservar o conteúdo de matéria orgânica no solo;
- utilizar melhor os nutrientes contidos nos adubos químicos;
- estimular o desenvolvimento dos organismos do solo.

### 3.1 As vantagens da cobertura morta

- Cobrindo-se o solo com uma camada de cobertura morta impede-se a formação de uma crosta na sua superfície. Isto permite a infiltração da água das chuvas, reduzindo, portanto, a erosão hídrica.
- Ademais, a camada de cobertura morta protege as partículas de solo de serem levadas por rajadas de vento, ou seja, reduz a erosão pelo vento (eólica).
- A camada de cobertura morta evita a desidratação do solo. Conjuntamente com o aumento da infiltração, tal permite manter no solo um teor em humidade superior ao dos solos desporvidos de uma camada de cobertura morta. Graças a esta camada de cobertura morta, as culturas serão, portanto, menos rapidamente afectadas pela falta de água durante a estação seca.
- Um solo que não se encontra coberto pode atingir temperaturas muito elevadas durante o dia. Uma camada de cobertura morta assegura uma protecção do solo contra o sol e reduz a temperatura du-

rante o dia, o que é propício à germinação das sementes e ao desenvolvimento das raízes e dos micro-organismos.

- A camada de cobertura morta impede o fosfato contido nos fertilizantes químicos de entrar em contacto com as partículas do solo que fixam o fosfato, não sendo, portanto, fixado por elas. Os adubos fosfatados são, pois, mais eficazes se forem aplicados sobre uma camada de cobertura morta que quando são aplicados num solo que não se encontra protegido (ver, também, Parte III, Capítulo 11). Uma outra vantagem da cobertura morta com materiais orgânicos comparada com a cobertura morta sem materiais orgânicos é que a decomposição da cobertura morta aumenta o conteúdo da matéria orgânica do solo.



*Temperatura do solo 25-30 °C!      Temperatura do solo 40-45 °C!*

*Figura 1: A diferença entre um solo protegido e um desprotegido. (Fonte: Wijewardene & Waidyanatha, 1984)*

## 3.2 Os inconvenientes e limitações da cobertura morta

- Alguns organismos do solo podem beneficiar a tal ponto do aumento do teor de humidade do solo e da protecção contra temperaturas elevadas que proliferam sob a camada de cobertura morta. Os caracóis, por exemplo, podem multiplicar-se de forma extremamente rápida debaixo de uma camada de cobertura morta. Nas zonas sub-húmidas de África, a cobertura morta causou um aumento de térmitas. As térmitas podem causar estragos nas culturas, por exemplo, do café. Em tais circunstâncias é melhor procurar-se uma alternativa que combine o uso de composto (ver Parte II, Capítulo 11) com medidas específicas para proteger o solo da erosão hídrica e eólica (ver, também, Agrodok 11 ‘Luta anti-erosiva nas regiões tropicais’’).
- A utilização de resíduos de culturas (restolhos) como cobertura morta pode intensificar o risco de pragas. Este é o caso principalmente com restolhos de milho, sorgo (mapira), cana de açúcar e algodão, sobretudo se não forem cultivados alternadamente com uma outra cultura. Os organismos nocivos como as brocas do caule podem sobreviver nos caules e criarem problemas na estação seguinte. Pode-se minimizar este risco incorporando os resíduos das plantas no solo, fazendo o gado pastar, juntando composto ou praticando a rotação de culturas.

## 3.3 Métodos e recomendações

É preciso aplicar a cobertura morta antes do início da estação das chuvas pois nessa altura o solo encontra-se menos vulnerável. A sementeira pode ser efectuada através da camada de cobertura morta, fazendo pequenos orifícios na cobertura morta nos quais se colocam as sementes. Após se proceder à deposição da semente, os orifícios devem ser fechados, pois de contrário os pássaros podem aperceber-se da existência dessas sementes. A camada de cobertura morta não deve ser muito espessa, apenas sendo suficiente que não se possa ver o solo. Caso a camada seja muito espessa, os rebentos terão dificuldade em brotar à superfície. As sementes também podem ser colocadas em li-

nhas que foram abertas pelo arado ou pela remoção da cobertura morta.

## 4 A adubação verde

Definição: este método consiste em incorporar no solo, por meio da lavoura, plantas verdes, não-lenhosas (ou partes dessas plantas). Pode tratar-se de plantas que cresceram depois ou ao mesmo tempo que a cultura principal, de uma erva daninha que se desenvolveu durante o período de pousio, ou também de folhas de uma árvore ou de uma planta de sombra que caíram no solo.

São os seguintes os objectivos da adubação verde:

- pôr os nutrientes à disposição da cultura principal;
- melhorar a estrutura do solo;
- aumentar ou preservar o conteúdo da matéria orgânica no solo;
- aumentar a capacidade do solo de reter humidade;
- proteger o solo contra a erosão hídrica e eólica, a desidratação e as fortes flutuações de temperatura, em períodos de pousio (quando não estão plantadas culturas);

e, caso sejam utilizadas plantas leguminosas como adubo verde:

- fixar mais azoto do ar que em seguida ficará disponível para a cultura principal, depois do adubo verde ter sido incorporado no solo, com a lavoura.

### 4.1 As vantagens da adubação verde

- No decorrer do seu período de crescimento, os adubos verdes conferem os mesmos benefícios que a cobertura morta. Por vezes são denominados “cobertura viva”.
- A vantagem que possuem em relação à cobertura morta é que absorvem nutrientes de modo que estes não podem ser lixiviados durante o período em que não se praticam culturas. Depois dos adubos verdes terem sido incorporados no solo, com a lavoura, estes libertam nutrientes quando se decompõem.
- Os adubos verdes também têm um efeito positivo sobre a estrutura do solo pois, graças à penetração dos seus sistemas radiculares,

acrescentam matéria orgânica e estimulam o desenvolvimento de organismos do solo. A matéria orgânica alimenta os organismos do solo que também beneficiam do aumento do teor em humidade e da protecção contra as temperaturas extremas ao longo do dia.

## 4.2 Os inconvenientes e limitações da adubação verde

- Caso os agricultores não estejam acostumados a cultivarem adubos verdes, pode ser que não aceitem de imediato esta prática. São realizados investimentos em tempo e em trabalho que não fornecem vantagens evidentes como seja rendimentos monetários ou alimentos. Por outro lado também não se nota de imediato um aumento da produção. Ademais, o trabalho de incorporar o adubo verde no solo é árduo, sobretudo quando é realizado manualmente.



*Figura 2: Consociação de milho e de adubo verde*

- Uma alternativa que é mais fácil de introduzir é de fazer a consociação (ver Capítulo 5) com o adubo verde. Desta maneira o adubo verde cresce conjuntamente com a cultura principal. Para evitar que entrem em competição por nutrientes, planta-se o adubo verde posteriormente à cultura principal. Isto também é possível num período mais curto, pois o adubo verde não tem que amadurecer completamente. Uma planta que tem sido usada com bons resultados é a mucuna em associação com o milho.

### 4.3 Métodos e recomendações

- É importante escolher uma espécie de planta que cubra rapidamente o solo e produza um sistema radicular profundo e ramificado, o que permite transportar os nutrientes desde as camadas profundas do solo até à superfície. Uma planta que cobre rapidamente a superfície também impede o crescimento de ervas daninhas, pois faz-lhes sombra.
- No entanto o adubo verde não deverá proliferar demasiado rápida e facilmente de tal forma que se possa estender a outros campos onde se cultiva um outro tipo de planta. Também não deve ser demasiado resistente ao ponto de continuar a crescer depois de ter sido introduzido no solo, com a lavoura.
- As seguintes espécies são usadas frequentemente como adubos verdes: *Crotalaria juncia*, *Sesbania aculeata*, *Vigna unguiculata* (feijão frade, feijão nhemba), *vigna mungo* (feijão mungo) e *vigna radiata*. Caso não se possam obter estas espécies, poderão usar-se outras espécies que se desenvolvem bem na região, caso satisfaçam as exigências que anteriormente foram mencionadas.

Os adubos verdes geralmente são incorporados no solo com a lavoura quando ainda são muito tenros e sumarentos (ricos em água). Isto permite aos organismos do solo decompor o material vegetal rapidamente, o que liberta nutrientes. Dentro de um período de alguns meses, o material encontra-se completamente decomposto. Deste modo, não se verifica, portanto, realmente um aumento do conteúdo de matéria orgânica no solo. É necessário introduzir as plantas jovens e suma-

rentas pelo menos dois meses antes de se semear a nova cultura, porque durante o período inicial de decomposição são libertadas certas substâncias que podem causar dano aos novos rebentos ou pode tornar as extremidades das raízes sensíveis a ataques de agentes patogénicos.

Caso se utilizem plantas mais velhas e mais rijas a decomposição decorrerá de forma muito mais lenta. Nesse caso elas aumentam o nível de matéria orgânica existente no solo. Na medida em que os nutrientes são libertados mais lentamente, o seu efeito durante a primeira campanha agrícola é mais atenuado do que se se tratasse de plantas jovens e sumarentas. No entanto, o efeito manifestar-se-á durante várias campanhas agrícolas.

Se o solo tem um teor fraco em matéria orgânica, é melhor esperar até que o adubo verde atinja maturidade e que esteja rijo, de modo a se aumentar o conteúdo de matéria orgânica no solo. Deve-se ter em mente que o indicador mais importante da fertilidade do solo é dado pelo seu conteúdo em matéria orgânica. O material maduro e rijo é geralmente mais difícil de se decompor, sendo necessários muitos organismos de modo a que tal se dê. Antes que os organismos do solo possam começar a ingerir a matéria orgânica, eles têm que crescer. Para crescerem os organismos utilizam azoto tal como as plantas o fazem (a tal também se chama o fenómeno da imobilização do azoto). Tal significa que se a planta se desenvolve paralelamente aos organismos, as plantas serão afectadas com uma falta de azoto. Por isso, é melhor permitir que os organismos no solo cresçam e decomponham a matéria orgânica antes de se proceder à sementeira.

O adubo verde deverá, pois, ser incorporado no solo 5 – 6 semanas antes de se semear a cultura principal.
---

## 5 A consociação de culturas

Definição: Consociação (associação) de culturas é um método que consiste em produzir duas ou mais culturas simultaneamente, na mesma parcela. Se se combinarem culturas que têm diferentes padrões de crescimento, obtém-se um melhor aproveitamento do ar, água e nutrientes disponíveis.

A associação de culturas tem por objectivo:

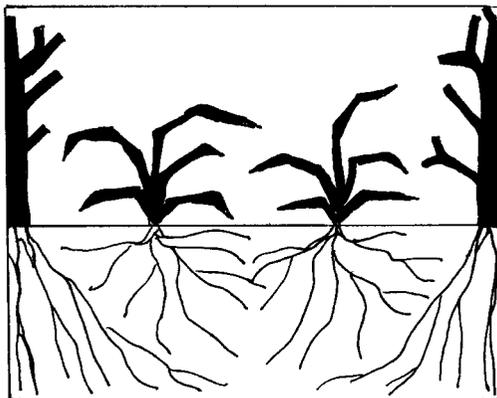
- um aumento imediato da produção se se compara com a monocultura (caso se possa obter água suficiente), graças a :
  - uma melhor cobertura do solo;
  - uma utilização óptima da luz solar;
  - um desenvolvimento radicular mais eficiente;
  - um suplemento de azoto (se se utilizam fixadores de azoto);
- uma repartição dos riscos de má produção sobre várias culturas, através de:
  - múltiplas culturas; caso uma cultura não se desenvolva bem, a outra ainda poderá produzir qualquer coisa;
  - limitar o efeito de doenças e de pragas pois uma praga ou doença a maior parte das vezes só se manifesta numa cultura, não prejudicando uma outra.

### 5.1 As vantagens da consociação de culturas

- Em muitas partes de África a consociação de culturas é um método tradicional de produção agrícola. Uma associação/combinacão comum é a de culturas cerealíferas com feijões. Normalmente os cereais crescem em altura enquanto os feijões são culturas de superfícies e rasteiras. Esta combinação protege mais o solo do que se se produzisse apenas uma única cultura cerealífera. Os cereais necessitam de muita luz solar, enquanto que os feijões e outras leguminosas também se desenvolvem bem à sombra. Deste modo ambas as culturas aproveitam ao máximo a luz solar disponível.

- Caso uma das culturas não seja bem sucedida, por exemplo devido a uma pluviosidade irregular ou a doença, ainda há sempre a possibilidade que a outra proporcione uma boa colheita. Deste modo, o agricultor minimiza os riscos de perda das culturas.
- No caso de se produzir mais do que uma cultura, cada qual com o seu padrão radicular específico, a água e os nutrientes podem ser absorvidos a partir de várias camadas e lugares. Estes recursos são, pois, utilizados de forma mais eficaz do que se se produzisse apenas uma única cultura.

- O método de culturas associadas pode ter um efeito limitado na propagação de doenças e de pragas. Por exemplo, os cereais podem servir como barreira contra a propagação de insectos no caso do feijão nhemba e do amendoim.



*Figura 3: Plantas com sistemas radiculares diferentes (ver Noordwijk, 1990)*

- Pode-se combater o efeito nocivo de certos insectos ou de outras pragas em relação a uma cultura específica, através do plantio de outras culturas que produzem certas substâncias que repelem os insectos ou ainda outras culturas que atraem insectos que comem organismos nocivos do solo ou insectos que provocam danos na cultura. Este método é usado particularmente na produção de hortaliças, plantando, por exemplo, cenouras ao lado de cebolas.
- A escassez de mão-de-obra também coloca muitas vezes um problema durante os períodos de pico tal como sejam as épocas de sementeira e de colheita. Caso se semeiem e colham as culturas em períodos diferentes, é mais fácil de repartir a mão-de-obra disponível por toda a campanha agrícola, e deste modo, não haverá períodos de pico.

## 5.2 Os inconvenientes da consociação de culturas

- Uma desvantagem é que a elevada densidade das culturas dificulta fisicamente o combate às doenças, às pragas e às ervas daninhas.
- É difícil de se realizar operações culturais mecanizadas num sistema de consociação de culturas. Não obstante, não se trata de um problema muito grave na medida em que os pequenos produtores normalmente realizam a maior parte das tarefas manualmente.

## 5.3 Métodos e recomendações

- Uma combinação usada muito frequentemente é a de um cereal com um feijão. Os feijões são fixadores de azoto, o que quer dizer que fixam um excedente de azoto do ar. Também são bons para libertar o fosfato fixado. A planificação da época de sementeira das várias culturas em relação umas às outras é importante, na medida em que se a cultura fixadora de azoto amadurece e é colhida primeiramente, nessa altura os excedentes de azoto e de fosfato poderão, em parte, ser utilizados pela outra cultura. Em contrapartida, se amadurece depois da outra cultura, o azoto e o fosfato apenas estarão disponíveis para a cultura seguinte.
- O efeito do sistema de consociação de culturas sobre as doenças e pragas, se as estimula ou as inibe, depende das culturas produzidas, do clima e do tipo de doenças e pragas que são comuns nessa região. Razão pela qual é preferível começar por um pequeno ensaio.
- Caso os agricultores tenham sérias objecções à produção de culturas associadas no mesmo campo/parcela poder-se-á considerar a prática de rotação de culturas como uma alternativa. Este método consiste em produzir culturas, uma seguida à outra, no mesmo campo. Ao se escolherem culturas que têm sistemas radiculares diferentes e que não contraem as mesmas doenças, beneficia-se de algumas das vantagens do sistema de consociação de culturas.

## **6 Os períodos de pousio verde**

Definição: durante um período de pousio verde, semeiam-se ou estimulam-se as espécies que possuem melhores qualidades em vez das espécies que normalmente cresceriam espontaneamente no período de pousio. O objectivo do pousio verde é de restabelecer rapidamente a fertilidade do solo. Tradicionalmente os períodos de pousio são utilizados para restaurar a fertilidade do solo depois do mesmo ter sido cultivado por um certo tempo e de parar o crescimento das ervas daninhas que brotam entre as culturas. Muitas das ervas daninhas não podem competir com as espécies que crescem durante este período de pousio. Caso os agricultores disponham de muito pouco terreno, os períodos de pousio poderão ser demasiado curtos para se poder restabelecer a fertilidade do solo. Tal é muitas vezes o caso na transição de um sistema de culturas itinerantes para um sistema permanente.

### **6.1 As vantagens dos períodos de pousio verde**

A vantagem de um período de pousio verde é que permite que a fertilidade do solo se restabeleça mais rapidamente. Os períodos de pousio podem ser mais curtos o que constitui uma vantagem nas regiões onde a pressão para o uso da terra é grande.

### **6.2 Os inconvenientes dos períodos de pousio verde**

Os agricultores terão que investir tempo e dinheiro semeando espécies que talvez não lhes trarão nenhum rendimento económico. (Existem algumas culturas leguminosas, tal como seja o feijão guandu que não satisfazem as características que se mencionam no capítulo seguinte e que também poderão ser vendidas).

### 6.3 Métodos e recomendações

O método consiste em estimular ou semear espécies que apresentem as seguintes características:

- cobertura rápida do solo;
- produção elevada de biomassa;
- fixação do azoto;
- desenvolvimento de um sistema radicular extenso e profundo;
- nenhum risco de se estender aos campos confinantes, sobre a forma, por exemplo, de sementes que são levadas pelo vento;
- fáceis de ser incorporados no solo através da lavoura;
- de preferência: produção utilizável (frutas, estacas, remédios, comida).

Estas espécies podem ser semeadas ou plantadas antes ou durante a colheita da cultura principal, entre a vegetação espontânea do pousio, ou primeiramente num canteiro/viveiro e depois transplantadas para o campo. Todas as espécies que preenchem os requisitos supramencionados convêm para este propósito. A *Mucuna utilis* é uma espécie popular pois ajuda a suprimir a *Imperata (satintail)* durante o período de pousio.

Uma outra possibilidade é deixar brotar certas espécies que surgem espontaneamente quando a cultura principal está a crescer, e deixá-las amadurecer depois que a cultura principal tenha sido colhida. Atingiram-se resultados favoráveis com palmeiras. Durante o período de pousio podem amadurecer completamente e proporcionar rendimentos na forma de vinho de palma (sura).

# 7 A agrossilvicultura

Definição: a agrossilvicultura compreende todas as formas de utilização da terra na qual se cultivam espécies lenhosas (árvores e arbustos) conjuntamente com outras espécies de vegetação ou criação de animais.

Os objectivos mais importantes são:

- impedir a perda de nutrientes;
- fornecer protecção contra a erosão eólica e hídrica;
- fornecer materiais orgânicos para a cobertura morta;
- obter produtos com valor;
- fazer com que o meio ambiente seja mais adaptado ao gado.

## 7.1 As vantagens da agrossilvicultura

- Ao se cultivar espécies lenhosas conjuntamente com outras culturas, reduz-se a perda de nutrientes. As árvores e os arbustos têm, de um modo geral, sistemas radiculares muito desenvolvidos que absorvem muitos nutrientes que se perdem para as culturas com sistemas radiculares superficiais. Os nutrientes são “armazenados” nas espécies lenhosas. Desta maneira encontraram-se protegidos contra a lixiviação em períodos em que são cultivadas outras culturas. Depois que as folhas ou os ramos que são cortados tenham caído no chão, entram em decomposição e os nutrientes tornam-se disponíveis, mais uma vez, para as culturas. A este efeito das espécies lenhosas chama-se, por vezes uma “bomba de nutrientes”.
- As árvores e arbustos podem formar cercas que protegem as culturas e o solo do efeito, na superfície do solo, do vento e do fluxo de água, provocado por chuvas torrenciais.
- As folhas que caem e os ramos que são cortados servem de cobertura morta.
- A plantação de árvores facilita a obtenção de alguns produtos. As árvores de fruto contribuem para um melhoramento da dieta alimentar e, tanto as folhas como os frutos das árvores podem ser dadas ao

gado como alimento e a madeira pode ser usada como lenha/combustível. Algumas espécies lenhosas contêm substâncias com propriedades medicinais. Se as árvores são velhas poderão ser usadas como madeira para construção.

- As árvores plantadas nos pastos também são úteis para os animais. Fornecem sombra, o que faz baixar a temperatura e os animais transpiram menos e necessitam de menos água para beber.

## **7.2 Os inconvenientes e limitações da agrossilvicultura**

Como já referimos anteriormente, as espécies lenhosas têm sistemas radiculares extensos, o que pode levar a concorrência em relação a água e nutrientes entre a cultura e as árvores ou arbustos.

## **7.3 Método e recomendações**

Existem muitas maneiras de associar as espécies lenhosas com outras culturas ou criação de gado e seguidamente descreveremos algumas dessas possibilidades. Muitas das vezes não é possível implementar à letra os exemplos dados. Contudo, para evitar concorrência com a cultura principal, reveste-se da maior importância podar regularmente as árvores e arbustos e desbastar as suas raízes até 50cms. Tente implementar sistemas cujas vantagens se adaptem melhor à sua situação específica. A utilização das árvores como fonte de lenha para combustível, por exemplo, pode ser mais importante que o seu fornecimento de cobertura morta. Tente, por isso, adaptar o exemplo dado à sua situação, usando árvores que crescem na sua região e que dão as mesmas vantagens. Preste atenção às condições climáticas pois alguns sistemas apenas funcionam bem em determinados climas.

## 7.4 Sistemas agrossilvícolas em zonas secas (áridas e semi-áridas)

### O uso da *Acacia albida* em campos e pastagens

A *Acacia albida* é correntemente utilizada nas áreas semi-áridas da África Ocidental. A acácia é uma árvore frondosa, cujas folhas fornecem sombra para o gado na estação seca e caem no início da estação das chuvas. Este padrão evita a concorrência com a cultura principal por luz, água e nutrientes.

A acácia aumenta a fertilidade do solo ao fornecer:

- matéria orgânica através das suas folhas;
- fixação do azoto;
- bomba de nutrientes através do seu sistema radicular extenso;
- sombra para o gado na estação seca (cujos excrementos também aumentam a fertilidade do solo);

A acácia fornece forragem para o gado na forma de frutos, (uma quantidade substancial: os frutos de dez árvores são comparáveis à colheita de um hectare de cevada), de folhas e de rebentos jovens.

### Quebra-ventos

Nas zonas semi-áridas e áridas os ventos fortes podem arrastar consigo grandes porções da camada superficial do solo. A camada à superfície do solo contém as partículas mais férteis do solo: os fertilizantes químicos utilizados, no caso de uso da fertilização artificial e as sementes aplicadas, depois da época da sementeira. As cortinas quebra-ventos na forma de fileiras de árvores ou arbustos podem fazer decrescer esta perda pois “levantam” o vento e, desta maneira, há menos vento atrás das mesmas. Pode acontecer que o vento ainda passe através destas cortinas de árvores ou arbustos, mas a sua força encontra-se reduzida e são poucas as partículas que podem ser arrastadas por ele. Na medida em que há menos vento, a humidade do ar é mais elevada e verifica-se uma menor evaporação de humidade do solo e das culturas. Tal é especialmente importante nas zonas secas onde há uma escassez de água.

As cortinas quebra-vento nunca podem ser herméticas ao ar, pois nesse caso o vento cairia na sua retaguarda, produzindo fortes correntes circulares/remoinhos(ver Figura 4). É por isso que paredes ou barreiras de madeira ou de plástico são menos eficazes.

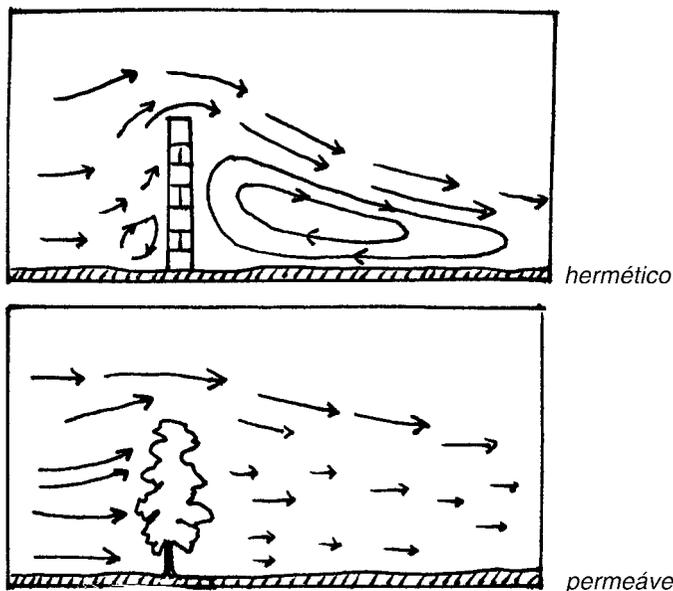


Figura 4: Exemplo de quebra-ventos e efeito da turbulência do vento permeável

### Cercas vivas

As árvores e os arbustos podem ser usados como cercas vivas. Podem-se plantar árvores de rápido crescimento a alguma distância umas das outras o que servirá como postes entre os quais se pode estender arame farpado. Ao mesmo tempo poderão fornecer comida para o gado, lenha para servir de combustível, adubo verde ou material para a cobertura morta. As plantas leguminosas são muito apropriadas para este fim. Uma sebe de arbusto densos pode vedar uma parcela de terra ou cercar uma horta. Para além disso, caso se plante uma sebe de arbustos espinhosos, o terreno torna-se impenetrável para os animais. Deve-se

usar, de preferência, uma espécie que também possa fornecer um produto como seja forragem para o gado, fruta ou lenha.

## **7.5 Sistemas agrossilvícolas em áreas húmidas que beneficiam de pluviosidade quase durante todo o ano (zonas sub-húmidas e húmidas)**

### **Cercas vivas**

As vedações vivas podem ser usadas nestas áreas da mesma maneira que são usadas nas zonas áridas (ver o que dissémos, a propósito, na secção anterior). Para além disso, nas zonas húmidas podem-se usar sebes densas de arbustos para separar os campos. A concorrência por água entre a cultura principal e o arbusto não ocorre nas zonas sub-húmidas e húmidas. Os arbustos também podem fornecer cobertura morta, lenha e forragem para o gado.

### **Árvores de sombra nas plantações**

Culturas como sejam o café, o chá, a baunilha, o cardamomo e a pimenta crescem, preferencialmente, em lugares com alguma sombra e não com sol aberto. Portanto, em muitas zonas é habitual plantar árvores de sombra entre as plantações densas destas culturas. A quantidade de sombra recebida depende do espaço existente entre as árvores, da forma das folhas, da densidade da copa e da altura das árvores. Para além da sombra as árvores também fornecem produtos como sejam madeira para construções, lenha e, em alguns casos, alimentação para o gado.

Devido ao volume abundante de folhas caídas, há um aumento de material orgânico no solo, que poderá permanecer no chão para funcionar como cobertura morta. As plantas fixadoras de azoto também fornecem uma quantidade adicional de azoto. As árvores de sombra não convêm para zonas em que a pluviosidade é fraca, devido à concorrência por água entre a cultura e as árvores de sombra. Algumas das espécies mais comuns usadas como árvores de sombra são: variedades

de *Albizzia*, *Acacia*, *Leucaena glauca*, *Glyricidia*, variedades de *Erythrina*, *Sesbania grandiflora*, *prosopis* e *Cassia*.

### **Cobertura do solo nas plantações**

Nas plantações recentes ou esparsamente plantadas de caoutchouc, de palmeiras de óleo(copra), café, chá e cacau, as plantas fixadoras de azoto que cobrem o solo desempenham um importante papel no controle da erosão, protegendo o solo do impacto das gotas de chuva e da desidratação e acrescentam matéria orgânica e nutrientes.

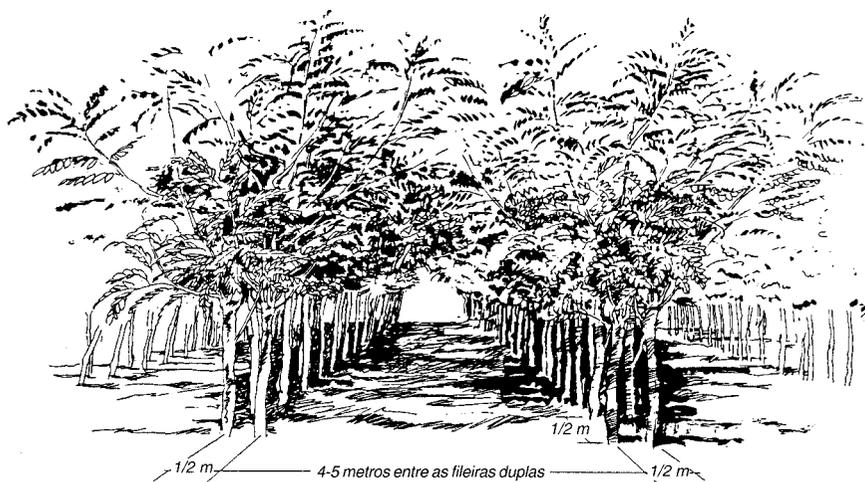
Nas plantações recentes de palmeiras de óleo (copra) e de caoutchouc são muitas vezes utilizadas espécies rasteiras como sejam *Centrosema pubescens*, *Pueraria phaseoloides* e *Calopogonium mucunoides*. Contudo, o seu uso é contestável nos campos recém-plantados com café, chá e cacau, em que as culturas ficam muito mais próximas umas das outras, porque os rebentos das plantas rasteiras fixadoras de azoto podem trepar pelos troncos das árvores jovens. Por esta razão, é preferível obter uma camada de cobertura seca a partir de sebes compostas de tipos de *Crotalaria* e *Tephrosia* e de *Leuceana glauca* associada com *Flemingia congesta*. As sebes devem ser podadas imediatamente antes da estação da chuva, de modo a utilizar os ramos cortados como cobertura morta. Ao se podar as sebes mesmo antes da estação seca, minimiza-se a concorrência por água durante esse período. Caso as sebes sejam cortadas demasiado curtas (menos de 20 cm) levam muito tempo até recuperarem, o que reduz a produção de cobertura morta.

### **Viveiros de bananeiras**

Muitas árvores de fruto e de plantações não são semeadas directamente no campo, mas são semeadas primeiro numa localização central, onde é mais fácil de se ocupar delas. As árvores são plantadas em sacos com solo fértil, muitas vezes numa plantação de bananeiras ou de árvores de plátanos esparsamente plantadas. Estas árvores podem dar sombra aos rebentos jovens e proporcionam rendimentos monetários num período em que as novas árvores ainda não são produtivas. Ao se colocarem os sacos ao lado uns dos outros estes protegem igualmente o solo do impacto das gotas de chuva e da desidratação.

## **Os sistemas de cultura em âleas ou em renques de sebes**

- Nas culturas de sebes em âleas ou renques, as culturas anuais são semeadas em azinhagas formadas por fileiras de plantas perenes. O objectivo deste sistema é de preservar a fertilidade do solo caso os períodos de pousio (como na agricultura itinerante) se tornem cada vez mais curtos ou exista uma grande discontinuidade entre eles.
- As plantas perenes são plantadas em fileiras paralelas com uma distância de 2-4 m entre elas e de 0,5 m entre as plantas. No início da estação das chuvas as árvores são podadas a uma altura de 0,5 m a 1 m. Os galhos e as folhas são deixados nas azinhagas para servirem de cobertura morta e os ramos são usados como lenha ou como estacas. As culturas são semeadas nas azinhagas através da camada de cobertura morta. Durante o período de crescimento das árvores estas têm que ser podadas regularmente, para impedir que façam sombra às culturas. Em relação às árvores que produzem rebentos muito facilmente, o melhor é uma altura de 0,5 m; as árvores que crescem mais lentamente podem ser podadas a uma altura maior. As folhas podem ser aplicadas à cultura como “cobertura do topo” ou podem ser dadas como forragem ao gado. Depois que se procedeu à colheita, podem-se deixar crescer os rebentos das árvores, de modo a que as árvores possam proporcionar sombra suficiente para inibir o crescimento das ervas daninhas.
- Quando se cultivam inhames, eles mesmos podem trepar nas estacas das plantas perenes, o que poupa o trabalho de os amarrar.



quando se podam as árvores deixar um ramo para permitir a retomada do crescimento prevendo períodos muito secos

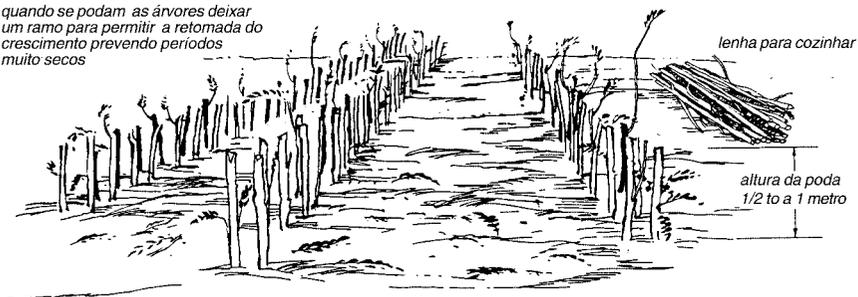


Figura 5: Cultura em áleas (Fonte: Wijewardena & Waidyanatha,

1984).

As plantas perenes que integram as sebes devem responder aos seguintes critérios:

- ser fáceis de estabelecer;
- crescer rapidamente;
- produzir biomassa;
- resistir a podas frequentes;
- serem culturas fixadoras de azoto;
- terem sistemas radiculares profundos (é preferível começar com sementes em vez de enxertos, ramos, ou estacas, pois as plantas semeadas directamente desenvolvem sistemas radiculares mais profundos e são mais resistentes às térmitas).

### **Vantagens**

- As vantagens mais importantes deste sistema é que fornece azoto à cultura e o teor de matéria orgânica no solo é elevado.
- Uma outra vantagem é a supressão de ervas daninhas através da sombra na estação seca e através de galhos e folhas no período de crescimento. Também se evita a erosão hídrica.

### **Inconvenientes/Observações**

- Este sistema requer uma utilização intensiva de mão-de-obra. Caso se negligencie o trabalho com as árvores (não as podar a tempo), então a produção das culturas será mais fraca.
- Em áreas com encostas íngremes (escarpadas), as sebes devem seguir as curvas de nível do terreno. Os galhos, ervas daninhas e outro material vegetal que caem pela encosta abaixo ficam bloqueados ao pé das árvores, criando uma acumulação de matéria orgânica que, eventualmente e a longo prazo, pode formar terraços. Desta maneira minimizar-se-á a erosão.

# Parte II: A fertilidade do solo e a fertilização

## 8 Introdução e equilíbrio dos nutrientes

De modo a assegurar um fornecimento suficiente de nutrientes para as culturas, é preciso conseguir um equilíbrio uniforme de nutrientes no solo. A perda de nutrientes tem que ser minimizada e a sua aquisição maximizada para se evitar o esgotamento de nutrientes no solo. (Para mais informação sobre a função dos nutrientes, ver Parte III, Capítulo 13).

Pode-se perder nutrientes nos processos seguintes:

- eliminação com a colheita (todos os nutrientes);
- volatilização (especialmente de N; isto acontece especialmente durante queimadas devido a temperaturas muito elevadas);
- escorrimento (especialmente N);
- fixação (especialmente P);
- lixiviação;
- erosão (todos os nutrientes).

Nos seguintes processos adquirem-se nutrientes:

- decomposição da matéria orgânica (todos os nutrientes);
- fixação de azoto (apenas N);
- exposição às condições climáticas (sobretudo K e Mg);
- fertilização química (sobretudo N, P e K);
- chuvas e deposição de matérias sólidas.

A eliminação de nutrientes aquando da colheita é inevitável. Quanto maior for o rendimento mais elevada é perda de nutrientes. Para além da perda líquida de nutrientes, deve-se dispensar atenção ao equilíbrio

de matéria orgânica, tal como se encontra descrito na Parte I, Capítulo 2.

## 9 Composto

(Ver também a este propósito o Agrodok 8: “Preparação e Uso de Composto”)

Definição: Tal como o estrume, o composto constitui um fertilizante ideal. Para se fazer uma pilha de composto, junta-se e empilha-se material orgânico (p.e. resíduos de culturas, palha, estrume, dejectos domésticos, etc.). Nesta pilha o material orgânico é decomposto pelos micro-organismos.

Objectivo: A aplicação de composto num campo fornece nutrientes e aumenta o conteúdo de matéria orgânica no solo.

### 9.1 As condições locais

Em zonas em que a queda pluvial é elevada, utilizam-se normalmente métodos como a cobertura morta e a adubação verde conjuntamente com as culturas permanentes. A decomposição ocorre de maneira bastante rápida, no campo. Não vale, pois, a pena fazer um composto com o resíduo das culturas. Não obstante, a compostagem é um método muito apropriado para as zonas mais secas nas quais os resíduos das culturas se decompõem muito lentamente nos campos. Nesta situação a compostagem fornece maiores rendimentos para o agricultor. Em zonas muito áridas a compostagem pode ser difícil pois há uma escassez de água e de material orgânico. O material orgânico disponível também é, muitas das vezes, usado como combustível para cozinhar. O composto continua a ser uma boa alternativa à cobertura morta, que não é popular nessas zonas pois resulta frequentemente numa invasão de térmitas. O composto também dá melhores resultados que os fertilizantes químicos devido à sua composição mais rica e quimicamente mais equilibrada. Para além da sua composição química isso dá-se porque o composto aumenta a capacidade de retenção de água do solo e melhora a sua estrutura. Caso a estação das chuvas e a estação seca estejam claramente definidas, a compostagem poderá ser efectuada no

início da estação das chuvas, em locais (apropriados) preparados para o efeito. Se no início da estação das chuvas se espalhar o material que vai ser utilizado na compostagem, antes de se proceder à mesma, isso permite que o material, primeiramente, fique completamente húmido. A plantação de árvores de crescimento rápido destinadas à produção de lenha, fornece igualmente material para compostagem.

## 9.2 As vantagens da compostagem

O composto aumenta o conteúdo de matéria orgânica no solo, o que tem um efeito positivo sobre o desenvolvimento dos organismos do solo, a sua estrutura, a infiltração, a capacidade de retenção de água e a estabilidade dos agregados. O composto é rico em nutrientes que se encontram, imediatamente, à disposição das plantas.

Vantagens do composto em relação à cobertura morta (*mulch*) ou adubação verde:

- A compostagem destrói as doenças e os parasitas assim como as sementes das ervas daninhas na medida em que a temperatura na pilha de composto é tão elevada que não podem sobreviver.
- As ratazanas e os ratos podem fazer os seus ninhos nas camadas espessas das folhas ou do *mulch* mas com a compostagem não se coloca este problema.
- Se se incorporam no solo adubos verdes em climas que têm uma estação de chuvas violenta, o azoto mineralizado pode ser lixiviado ou volatilizado (denitrificação).
- Alguns materiais possuem uma razão muito elevada de C:N que pode resultar na imobilização do azoto. Após se proceder à compostagem, a razão de C:N diminuiu e o material bruto decompõe-se, na sua grande maioria.
- Os nutrientes e a matéria orgânica perdem-se quando se queimam os resíduos das plantas ou a vegetação de terras em pousio é queimada. O efeito positivo das cinzas muitas das vezes apenas dura uma campanha agrícola. Ao se compostar o material, preservam-se os nutrientes e a matéria orgânica e os efeitos positivos podem ser muito mais duradouros.

### 9.3 Os inconvenientes e limitações da compostagem

- A compostagem exige muito trabalho e caso haja falta de mão-de-obra tal pode constituir um importante factor limitante. Por outro lado, o composto é um fertilizante tão valioso que faz com que o trabalho investido seja muito eficaz em termos de custos (rentável). A pilha de composto também pode ser feita num período em que não há muito outro trabalho a ser realizado.
- Outro factor limitante pode advir da escassez do material orgânico ou que o mesmo seja utilizado como combustível, para cozinhar. Tal pode ser solucionado através do plantio de árvores destinadas a lenha, por exemplo na forma de cercas vivas (ver Parte I, capítulo 7). É bastante difícil proceder-se à compostagem na ausência de estrume, mas é possível.
- Uma pilha de composto pode atrair vermes, especialmente se se utilizam os restos de comida e pode exalar um odor pestilento. Tal não constitui, necessariamente, um problema caso a pilha de composto seja feita no terreno de cultivo (machamba) e não no quintal da casa.

### 9.4 Métodos e recomendações

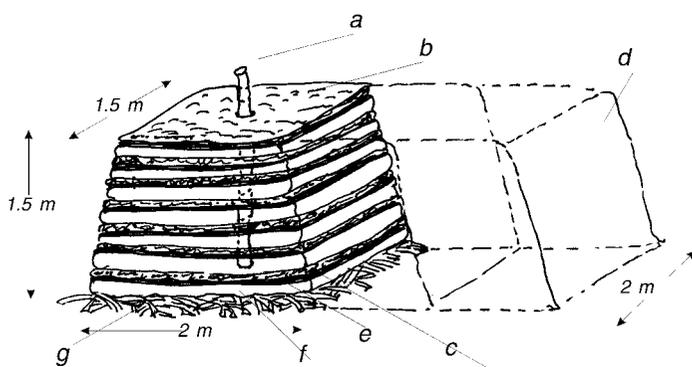
#### **A pilha de composto segundo o método de Indore**

A pilha de composto Indore é feita sobre uma base de ramos e de galhos. Esta camada, que deverá ter uma espessura de 10 a 20 cm, permite que a pilha receba uma quantidade suficiente de ar, tenha uma boa ventilação e drenagem. Sobre esta base serão colocadas as seguintes camadas:

- material vegetal bruto (10-15 cm);
- material emurhecido húmido (7-8 cm);
- estrume (5 cm).

Estas camadas são mantidas húmidas e depois borrifadas com uma mistura de urina, terra e carvão moído muito fino ou cinzas. Repete-se este procedimento sete vezes até que a pilha de composto atinja uma

altura de 1,3 a 1,5 metros. Depois disso a pilha é coberta com uma camada de terra. Enterram-se nesta pilha pauzinhos finos até atingirem a segunda camada. Ao se virarem estes pauzinhos fazem-se buracos destinados à ventilação. Depois de duas semanas deve-se revolver toda a pilha de composto, camada por camada, de modo que o material que se encontrava na parte exterior fique colocado mais para o centro. Nessa altura será necessário fazer novos orifícios de ventilação. Depois de outras duas semanas revolve-se novamente a pilha, da mesma maneira. Após um período de três meses o composto já se encontra pronto para ser utilizado como fertilizante nos campos.



a: pau destinado à ventilação

b: cobertura de terra

c: estrume, urina e terra

d: espaço para revolver a pilha/ construir a secção seguinte

e: material vegetal fresco e sumarento (rico em azoto)

f: material vegetal antigo, duro e grosseiro (rico em carbono)

g: galhos e ramos

**Figura 6:** A estrutura de uma pilha de composto Indore (Fonte: Müller-Sämann & Kotschi, 1994)

Caso não se disponha de um dos materiais acima mencionados, poder-se-á fazer a pilha de composto com outros materiais. No entanto, o tempo necessário para que o composto esteja pronto para ser utilizado será diferente. O revolvimento da pilha promove sempre a decomposição: quantas mais vezes a pilha for revolvida, mais rapidamente o ma-

terial se decomporá. Não obstante, dever-se-á aguardar alguns dias, cada vez, antes de se revolver o material para permitir que a pilha atinja uma temperatura adequada.

Os materiais tenros e sumarentos decompõem-se facilmente. Por outro lado, materiais maduros e rijos, como seja palha e madeira são mais difíceis de se desintegrar. Quanto maior for a proporção de materiais rijos utilizada na pilha, tanto mais tempo leva para que a pilha de composto esteja pronta a ser utilizada. O estrume animal também tem um efeito positivo. Por isso, na sua ausência a decomposição procede-se de forma muito mais lenta.

A razão exacta de C:N na pilha de composto é muito importante. Utilizamos como método prático uma relação de uma parte de estrume para três partes de resíduos de plantas, ou uma parte de material vegetal tenro para uma parte de material maduro. Uma razão C:N que é demasiado baixa tem como resultado uma perda de azoto sob a forma de amoníaco (tem odor a urina). Tal pode ser remediado acrescentando terra ou serradura. Caso a razão C:N seja demasiado elevada, a temperatura na pilha será baixa e a decomposição será muito lenta. O melhor método consiste em utilizar vários materiais dos quais não deve haver mais de 10% de materiais duros (ramos, galhos, caules, etc). É sempre melhor preparar este tipo de material de antemão, por exemplo, deixando-os ficar encharcados (embebidos em água) durante a noite ou utilizando-os no estábulo. Se o gado os utilizar como cama durante uma noite, poderão também absorver urina que ajudará a decomposição. De qualquer modo, o material duro tem que ser cortado em pedaços mais pequenos (de menos de 20 cms) antes de o mesmo ser adicionado à pilha de composto.

## **9.5 Pontos importantes a considerar em relação ao composto**

### **Teor de humidade**

A pilha de composto deve ser mantida com um grau relativamente elevado de humidade, ou seja, deverá ter a consistência de uma espon-

ja molhada. Mas não deverá estar demasiado molhada, pois em vez de se decompor poderá apodrecer. Numa pilha demasiado seca, as bactérias e os fungos não se poderão desenvolver suficientemente. Obtém-se, geralmente, um bom nível de humidade se se molhar completamente todo o material antes de se iniciar a pilha. Esta deverá ser colocada na sombra ou debaixo de um abrigo/alpendre para evitar que fique seca. É melhor colocá-la debaixo de um abrigo pois em caso de chuvas torrenciais impede que os nutrientes sejam arrastados com as águas (lixiviados). Nas áreas secas ou durante a estação seca, a pilha pode ser feita dentro de um buraco com 60 – 70 cm de profundidade, o que ajudará a conservar a humidade. Tal não funcionará nas áreas húmidas ou durante a estação das chuvas, pois não se poderá escoar qualquer excesso de água e o composto poderá ficar demasiado molhado no fundo.

### **Ventilação**

As bactérias e os fungos necessitam de oxigénio para se desenvolverem e para respirarem. Pode-se alcançar uma boa ventilação misturando materiais finos com materiais grosseiros. Cada ponto da pilha deverá estar a uma distância de 70 cm de um ponto de ventilação. O revolvimento da pilha também permite que o ar entre.

### **Temperatura**

A temperatura no meio de uma pilha, preparada devidamente, é de 60-70 °C durante os primeiros dias, depois de ter sido feita ou quando se a revolve. Para se atingir essa temperatura a pilha tem que ter, no mínimo, um metro de largura e um metro de altura, mas não deverá ultrapassar 1,5 m de altura ou 2,5 m de largura pois nesse caso a temperatura pode tornar-se demasiado elevada e também é difícil ventilar adequadamente pilhas muito grandes.

### **Higiene**

Teoricamente qualquer material orgânico pode ser utilizado para fazer composto. Contudo, o excremento humano requer um cuidadoso tratamento de modo a se assegurar que doenças e vírus que possam estar presentes sejam destruídos completamente. Para começar é aconselhá-

vel ajuntar terra, composto velho ou outro material que estimule o crescimento de micro-organismos como seja o caso de estrume ou de melaços. Uma outra maneira consiste em adicionar pequenas quantidades de cal ou de cinzas, moídas muito finas.

## 10 Estrume

Definição: o estrume é composto por excremento animal, ao qual se mistura, normalmente, palha ou folhas. A quantidade e qualidade do excremento depende da alimentação do animal. Um estrume de boa qualidade não contém apenas excremento e urina. Também se lhe adiciona palha e folhas e deverá deixar que “envelheça”. O envelhecimento/maturação é necessário para que retenha todos os nutrientes. A utilização de estrume velho constitui o método ideal para reter e aumentar a fertilidade do solo.

Os objectivos da aplicação de estrume são:

- aumentar o conteúdo de matéria orgânica;
- aumentar os nutrientes disponíveis;
- melhorar a estrutura do solo (formação de agregados) e a sua capacidade de retenção de água.

Os nutrientes provenientes da forragem dos animais são armazenados, em parte, nos corpos dos animais. Ao espalharem os seus excrementos e urina num campo, estes nutrientes são postos à disposição das plantas. O estrume acrescenta matéria orgânica ao solo, melhorando, desse modo, a estrutura do solo e a sua capacidade de retenção de água. Os organismos do solo também são estimulados o que melhora a estrutura do solo.

Caso o gado paste em liberdade ele podem encontrar a sua própria comida e os seus excrementos podem ser espalhados por todo o lado no campo/pasto. Desta maneira uma grande parte do azoto é lixiviado ou se volatiliza e o potássio também será, em parte, lixiviado. Para utilizar os excrementos como estrume é, pois, melhor, ter os animais num estábulo. Desta maneira evitar-se-á que os nutrientes que se encontram no estrume se percam ao serem lixiviados.

## 10.1 As condições locais

Em áreas com pluviosidade elevada (zonas tropicais húmidas) os agricultores muitas das vezes não possuem gado em número suficiente para produzir quantidades suficientes de estrume. Contudo, a adubação verde, os períodos de pousio intensivo e a agrossilvicultura representam boas alternativas.

Nas zonas com menor pluviosidade e que têm uma estação seca (zonas sub-húmidas) as condições são mais favoráveis para a criação de gado e necessita-se de menos estrume para se obter um melhoramento considerável da fertilidade do solo, na medida em que a matéria orgânica se decompõe mais lentamente.

Nas áreas semi-áridas e áridas é mais difícil manter os animais num estábulo, pois a forragem é escassa e não é possível cultivá-la. Nesta situação uma opção é deixar o gado pastar durante o dia e pô-lo no estábulo durante a noite. O estrume é guardado num cone de estrume para impedir que seque demasiado rapidamente.

## 10.2 As vantagens da conservação e maturação do estrume

O estrume fresco proveniente do estábulo não é muito adequado para ser utilizado imediatamente. A razão de C:N no estrume fresco é alta, o que pode causar uma imobilização do azoto. Se o material orgânico é muito grosseiro, quer dizer, se tem um conteúdo elevado de fibras e poucas folhas jovens e sumarentas, nesse caso a razão C:N é elevada. Será muito difícil para os micro-organismos digeri-la e libertar nutrientes para as plantas. Para além disso, os micro-organismos utilizam micro-nutrientes para eles próprios se desenvolverem e este consumo pode exceder temporariamente a quantidade que podem gerar (Para mais informação ver Parte III, Capítulo 13). Ademais, durante a fase inicial de decomposição são libertadas substâncias que podem inibir o crescimento da planta ou de causar queimadura nas folhas. Caso se espalhe o estrume num campo não cultivado, serão lixiviados muitos nutrientes. Muitas das vezes não existe mesmo nenhum campo onde se possa aplicar o estrume.

O acto de se conservar e de maturar/curtir o estrume apresenta um certo número de vantagens:

- a razão C:N decresce durante o processo de maturação.
- as substâncias nocivas que são libertadas aquando do primeiro estágio de decomposição são eliminadas.
- as sementes das ervas daninhas decompõem-se ou perdem o seu poder germinativo.
- são poucos os nutrientes que se perdem devido a lixiviação ou volatilização.
- o estrume velho é mais fácil de transportar.

### **10.3 Os inconvenientes da conservação e da maturação do estrume e precauções a serem tomadas**

Apesar do facto que o estrume curtido constitui um fertilizante ideal contendo características que podem melhorar o solo, nem sempre é utilizado nos campos. Em regiões com escassez de fontes de combustível (lenha), o estrume seco é utilizado como combustível para cozinhar. Pode-se criar uma fonte de combustível alternativa através do plantio de árvores, que funcionarão como cercas vivas ou orlando os atalhos/trilhos e fornecerão lenha (ver Parte I, Capítulo 7). O trabalho com estrume também pode ser encarado como sujo e inferior e as pilhas de estrume como demasiado não-higiénicas para se ter perto do pátio/quintal da casa.

Se um agricultor deixa habitualmente o seu gado pastar livremente, à solta, nesse caso manter o gado num estábulo significará que se necessitará de trabalho suplementar tanto para recolher palha como com a limpeza do estábulo. Por vezes constitui uma alternativa permitir que o gado paste os resíduos das culturas, depois de se ter procedido à colheita das mesmas e, posteriormente, recolher o estrume deixado no campo. O transporte do estrume para os campos também requer mais trabalho. É por isso que tal tarefa é realizada, muitas vezes, em épocas em que não existe muita necessidade de mão de obra, como seja antes da sementeira. Contudo, caso se espalhe imediatamente o estrume no

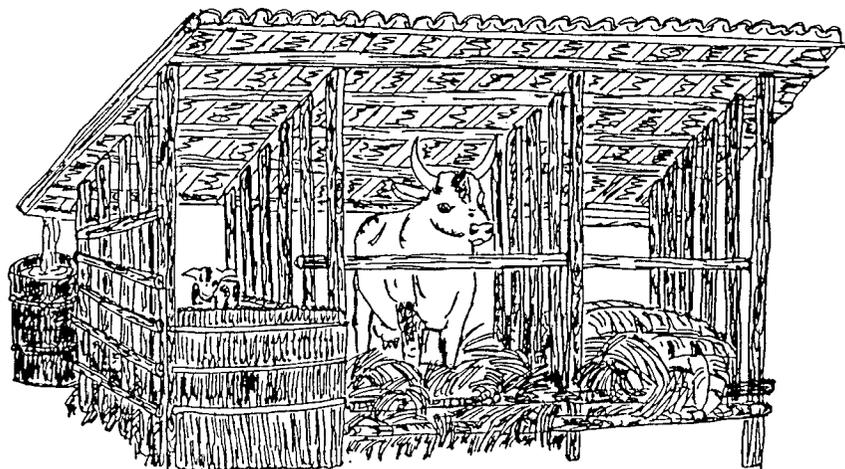
campo, os campos podem estar demasiadamente secos para que se possam misturar bem e podem-se perder muitos nutrientes. Neste caso é melhor manter o estrume numa pilha no campo e misturá-lo na terra mesmo antes da sementeira, pois deste modo não se correrá o risco dos nutrientes serem lixiviados ou volatilizados.

## **10.4 Métodos e recomendações**

Existem uma série de maneiras de conservar o estrume e de o fazer curtir/maturar. Passamos a descrever três delas:

### **A “caixa solta” no estábulo**

Se os animais forem mantidos num estábulo tal pode fornecer um estrume de elevada qualidade. Os telhados do estábulo podem servir de protecção contra a chuva e o sol. Diariamente são atiradas folhas e palha no estábulo. Os animais pisam a palha e esta é misturada com o estrume. A palha e as folhas também absorvem a urina e os nutrientes. É preciso juntar material em quantidade suficiente para assegurar que a mistura não fique encharcada. A “caixa solta” de estrume pode, eventualmente, atingir uma altura de 2 metros e já está curtido depois de 3 – 4 meses. Na medida em que as camadas não apresentam a mesma idade, deve-se revolver muito bem a pilha antes do estrume ser aplicado nos campos. Este método requer uma grande quantidade de palha ou de folhas.



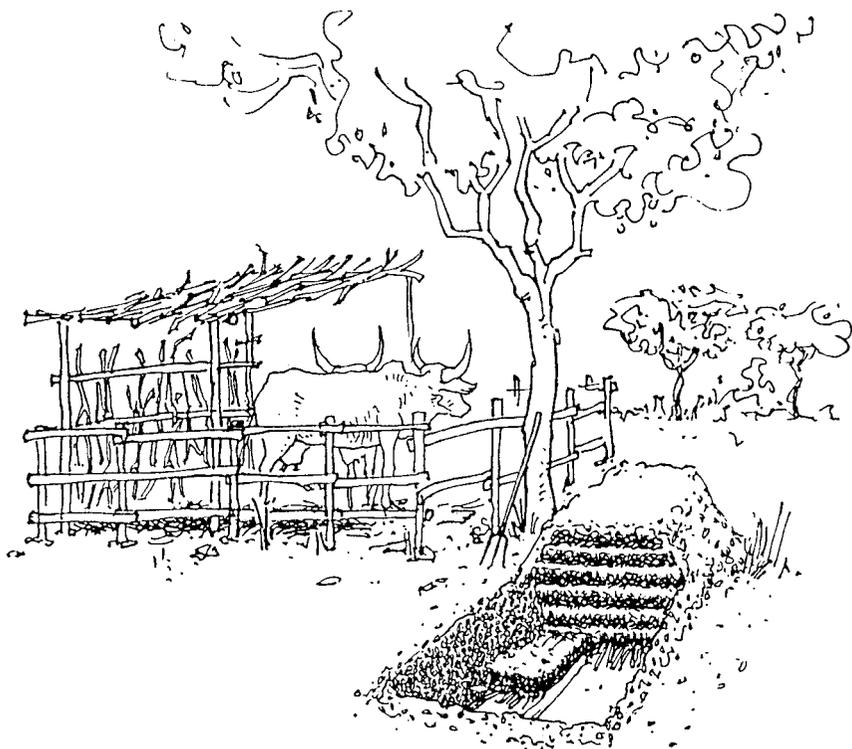
*Figura 7: “Caixa solta” em Nyabisindu (Rwanda) (Fonte: Müller-Sämann & Kotschi, 1994)*

### **A pilha de estrume**

Necessita-se de menos palha e folhas caso o estábulo seja limpo de dois em dois dias. O estrume é então utilizado para com ele se fazer uma pilha que tem dois metros de largura e uma vala. A estrumeira é edificada em fases. Uma primeira camada é empilhada o mais rápido possível até uma altura de 1, 5 a 2 metros. Em seguida é coberta com terra para impedir que seque. De cada vez que se completa uma parte, inicia-se uma nova e a pilha continua a alongar-se. Na medida em que se acrescenta uma parte de cada vez, pode-se utilizar o estrume velho de uma extremidade ao mesmo tempo que se acrescenta novo estrume na outra extremidade.

O estrume tem que ser bem compactado, especialmente se se encontra muito solto e deve-se manter húmido. Caso a pilha se encontre demasiado seca, aparecerão fungos brancos; caso esteja demasiado húmida ficará com uma cor amarelo-esverdeada. Uma estrumeira em boas condições apresenta uma cor castanha ou negra uniforme. É preciso colocar a pilha de estrume debaixo de um abrigo para que esteja protegida contra a chuva e de dissecação. O ideal seria que a mesma esti-

vesse assente num solo inclinado para que o excesso de humidade se pudesse escoar. As pilhas de estrume são particularmente adequadas para zonas húmidas ou durante a estação das chuvas.

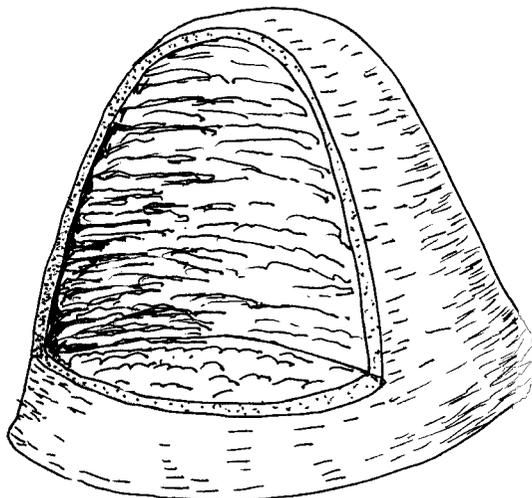


*Figura 8: Pilha de estrume com camadas e partes (segundo Müller-Samänn & Kotschi, 1994)*

### **Cone de estrume**

O estrume nas zonas semi-áridas e áridas contém menos palha o que entrava o processo de envelhecimento/maturação. O cone de estrume constitui uma alternativa mais apropriada para estas áreas. Este cone começa com uma base circular de 1,5 a 2 metros de diâmetro. Diariamente acrescenta-se uma camada de estrume com uma espessura de cerca de 30 cm. Cada camada tem um diâmetro mais pequeno. O bico do cone situa-se a uma altura de 1,5 metros. A superfície lateral é co-

berta com uma camada de argila e o cimo é coberto com uma camada de palha ou de folhas grosseiras de modo a protegerem o cone das chuvas e de dissecação. Depois de 4 ou 5 meses o estrume está pronto para ser utilizado.



*Figura 9: Cone de estrume (Barbera Oranje)*

# 11 A utilização de adubos químicos

Pode-se prover directamente o solo com nutrientes através da aplicação de adubos químicos. Contudo, a adição de adubos químicos não garante, por si só, a obtenção de um nível suficiente de fertilidade do solo. Se a matéria orgânica no solo diminuir, o rendimento também diminuirá, mesmo se se utilizou uma grande quantidade de adubos. Tal deve-se à degradação da estrutura do solo, a uma menor capacidade para reter nutrientes e água e a um aumento de acidez. Em relação aos solos nas regiões tropicais, pobres em nutrientes e expostos às mudanças climáticas, não basta, aparentemente, aumentar o conteúdo de matéria orgânica. Nestas regiões mais vale usar uma abordagem integral que combina a aplicação de um adubo químico com o aumento do conteúdo de matéria orgânica.

## 11.1 Métodos de aplicação

O adubo químico pode ser aplicado de distintas maneiras:

- a lanço: os granulados de fertilizante são espalhados de maneira uniforme em todo o campo e, muitas vezes, incorporados ou introduzidos com o ancinho na terra.
- em linhas: o fertilizante é aplicado em linhas, mesmo ao lado ou em baixo das sementes.

Se o adubo químico é aplicado quando a cultura já começa a brotar chama-se aplicação de cobertura, que também pode ser aplicada a lanço ou em linhas. A aplicação a lanço é habitualmente efectuada em culturas que se encontram semeadas muito perto umas das outras, em áreas bastante extensas ou em árvores de fruto já maduras.

A aplicação de adubos em linhas é normalmente efectuada em relação a culturas que crescem em linhas ou quando só se dispõe de quantidades exíguas de adubos para uma terra infértil. O adubo químico tem que ser aplicado pelo menos a 5 cm das sementes, pois de outro modo poderá provocar queimaduras nas sementes ou nas raízes jovens. Este

efeito de queimadura pode ser observado, nomeadamente, quando se espalha o adubo químico sobre folhas jovens (e húmidas).

## 11.2 Tipos de adubos químicos

Existem muitos tipos de adubos químicos. No Quadro 1 apresentamos os tipos mais utilizados de adubos químicos e o seu teor de nutrientes. Por exemplo, 100 Kg de ureia contém 45 Kg de azoto (N). Os restantes 55 Kg são apenas enchimento. O fosfato diamónico contém 21 Kg de azoto e 23 Kg de fósforo por 100 Kg de adubo. O que quer dizer que 100 Kgs de fosfato diamónico contém 56 Kgs de enchimento.

Para além dos tipos listados no Quadro 1, também se utilizam muitas vezes adubos compostos de mistura, que contêm diversos tipos de adubos químicos. Estes adubos de mistura têm uma proporção específica dos nutrientes azoto (N), fosfato (P) e potássio (K). Por isso também se lhes chamam adubos N:P:K. Os sacos contendo estes adubos são sempre rotulados com as percentagens/quantidades de cada nutriente contido nos mesmos. Um adubo N:P:K com uma indicação 10:10:10 contém 10 Kg de N, 10 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 10 Kg de K<sub>2</sub>O por cada 100 Kg de adubo. Portanto cada 100 Kg de adubo inclui 70 Kg de nutrientes de enchimento que não contêm N:P:K. Um saco de adubo com a indicação 18:18:0 contém 18 Kg N, 18 Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 0 Kg K<sub>2</sub>O por cada 100 Kg de adubo. Neste caso 100 Kg de adubo contém 64 Kg de enchimento. Este enchimento também pode conter um outro nutriente, como seja S<sub>0</sub> 4 2-.

**Quadro 1: Tipos de adubos químicos, teor de nutrientes e quantidades de cal necessária para neutralizar o efeito acidificante do adubo**

Adubo químico	Fórmula química	Teor em %			CaCO 3 necessário
		N	P	K	
sulfato de amônio AS	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	21	-	-	110
amonionitrato de cálcio CAN	(NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> )* CaCO <sub>3</sub>	20	-	-	-
Ureia	CO (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	45	-	-	80
Fosfato monoamônico MAP	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	11	20	-	-
Fosfato diamônico DAP	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	21	23	-	-
Superfosfato SSP	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	-	8	-	-
Superfosfato triplo TSP	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	-	22	-	-
Escória	(CaO) <sub>5</sub> *P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *SiO	-	3-8	-	-
Fosfato natural de rocha			-	11-17	
Cloreto de potássio	KCl	-	-	50	
Nitrato de potássio	KNO <sub>3</sub> -	14	-	37	
Sulfato de potássio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	42	
Sulfato de potássio e de magnésio	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> *MgSO <sub>4</sub>	-	-	18	

\*Quantidade de CaCO 3 necessária para neutralizar o adubo químico

## 11.3 Momento e método de aplicação dos adubos por nutriente

Cada um dos vários tipos de adubos químicos possui as suas características próprias, que devem ser tomadas em consideração para se poder decidir o momento e o método de aplicação de um determinado adubo. Alguns adubos são adsorvidos pelas partículas do solo, o que significa que essas partículas mantêm o adubo no lugar para ser utilizado pelas plantas, enquanto, simultaneamente, são capazes de o liberar, quando as plantas o necessitam. Se as partículas do solo fixam o adubo, elas o reterão e de tal maneira que o adubo ficará, permanentemente, fora do alcance da maioria das plantas. Alguns adubos volatilizam-se, quer dizer que se “evaporam” e desaparecem no ar não sendo de nenhum benefício para a planta. Também é importante conside-

rar quando é que a planta mais necessita dos nutrientes que o adubo fornece.

### **Azoto**

No início do seu período de crescimento a maioria das plantas anuais têm uma exígua necessidade de azoto. A maior necessidade de azoto verifica-se nos períodos de rebentação e de crescimento rápido. O amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) é adsorvido e fixado pelas partículas do solo. É, pois, melhor misturar, cuidadosamente, os adubos amoniacais com o solo. O mesmo se passa em relação à ureia, devendo-se evitar que a mesma seja aplicada sobre a superfície do solo onde existe risco de volatilização. O amónio e a ureia não devem encontrar-se a uma distância inferior a 5 cms das sementes. A ureia é convertida em amónio no solo antes de ser adsorvida.

Contudo, no solo o amónio é convertido rapidamente em nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e o nitrato não é adsorvido. Isto significa que o azoto sob a forma de nitrato corre um grande risco de ser facilmente lixiviado caso chova. O azoto (N) do nitrato também corre o risco de se volatilizar em caso de chuvas através do processo de denitrificação. Perde-se, deste modo, o azoto durante toda a época de crescimento das plantas. Portanto é melhor não utilizar o adubo azotado todo de uma vez, mas aplicá-lo em diversas vezes. Para além de o aplicar no início da época de crescimento, poder-se-á também aplicá-lo quando os rebentos brotam e/ou na fase inicial de floração.

Se o amónio e a ureia são aplicados a lanço, é melhor que a sua aplicação se efectue antes da sementeira para evitar que os mesmos fiquem demasiado perto das sementes e que as queimem.

### **Fosfato**

O fosfato desempenha um papel importante no que respeita ao desenvolvimento das raízes das plantas jovens. Deverá, pois, ser acessível para as raízes jovens no início do período de crescimento. Os superfosfatos e os fosfatos de amónio são solúveis na água, o que quer dizer que o fosfato se encontra directamente à disposição das plantas. Por

esta razão deverá ser aplicado imediatamente antes ou durante a sementeira. Contudo, caso o fosfato fique fixado às partículas do solo já não se encontra disponível para ser absorvido pelas plantas. Dever-se-ão, então, tomar precauções de forma a minimizar o contacto entre o superfosfato e o solo. É melhor misturar o superfosfato com material orgânico antes de o aplicar. De qualquer maneira, o fosfato não deverá ser aplicado a lanço, mas de preferência ser aplicado em linhas, perto das linhas das sementes. O fosfato não se infiltra; as raízes devem crescer até ao fosfato, razão pela qual o fosfato não deve ser aplicado a uma grande distância das sementes. Os fosfatos de escória e de rocha não são solúveis na água e demoram muito tempo até poderem estar à disposição das plantas. Por isso é preciso semear estes adubos várias semanas antes da sementeira. Estes adubos fosfatados são adequados para solos ácidos pois o ácido ajuda a sua dissolução. O melhor é aplicá-los a lanço. Os fosfatos de escória e de rocha apresentam a vantagem de diminuir a acidez do solo. O efeito lento destes adubos fosfatados apenas é sentido duas ou três campanhas agrícolas após a sua aplicação.

### **Potássio**

O potássio também é importante para o desenvolvimento do sistema radicular e durante o período de crescimento. É preciso que se possa dispor deste adubo durante todo o período de crescimento. Na medida em que o potássio é adsorvido pelas partículas do solo não há perigo que se verifiquem perdas por lixiviação, tal como acontece no caso do azoto. O potássio adsorvido ainda se encontra à disposição das plantas. Pode-se, pois, aplicar a quantidade de potássio de uma só vez, no início da campanha agrícola. Os adubos de potássio devem ser aplicados a, pelo menos, 4 cm da semente. O cloreto de potássio não é adequado para solos argilosos ou outros solos que têm uma drenagem fraca.

## **11.4 A calagem**

Definição: a calagem é o processo de adicionar cal, escória de aço ou outros materiais calcários ao solo com o propósito de diminuir a sua

acidez (e elevar o nível de pH) e para melhorar as condições conducentes ao crescimento das plantas e de micro-organismos.

Um problema sério que é encarado por muitos agricultores nas regiões tropicais é a extrema acidez do solo. Um nível de pH inferior a 5 significa que o solo é tão ácido que inibe o crescimento de uma planta de forma saudável. A toxicidade do alumínio é especialmente problemática. O solo pode se tornar menos ácido se se lhe acrescentar cal. Os factores que contribuem para a acidez do solo são: o uso de fertilizantes químicos, a remoção de resíduos de culturas que contêm elementos básicos tais como sejam cálcio, magnésio, potássio e sódio, lixiviando os elementos básicos do solo e a decomposição de materiais orgânicos frescos em nutrientes. É necessário um conhecimento especializado, que se encontra para além do raio de acção deste Agrodok, com vista a determinar a quantidade de cal que é necessária para se restaurar o equilíbrio num solo que tem demasiada acidez. Assim a discussão neste livrinho restringe-se a assinalar a quantidade de cal necessária para neutralizar o efeito acidificante de um adubo químico.

A ureia e os adubos químicos que acrescentam azoto na forma de amónio ( $\text{NH}_4^+$ ) têm um efeito acidificante no solo, o que significa que o solo se torna mais ácido quando a ureia e os fertilizantes amoniacais são aplicados regularmente. O acrescentamento de cal (carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$ ) pode compensar este efeito. A última coluna do Quadro 2 apresenta a quantidade de quilos de cal necessária para neutralizar o efeito acidificante de 100 Kg de adubo químico.

É importante que a aplicação de cal não atinja apenas a camada superficial do solo mas também as camadas inferiores. A cal deverá atingir as raízes da cultura (aproximadamente 30 cms). A cal não pode, por si só, atingir camadas tão profundas, a não ser em solos arenosos. Nos outros casos, é preciso enterrá-la no solo. A cal não deve ser aplicada em grandes quantidades de uma só vez, na medida em que as raízes necessitam de tempo para se adaptarem a grandes mudanças de acidez. Para além disso, a matéria orgânica no solo decompor-se-ia muito rapidamente o que provocaria que se lixiviassem maiores quantidades

do azoto libertado. Caso o teor de pH aumente demasiado, os adubos não libertarão fosfato pois agem lentamente.

As substâncias cálcicas e os (hidr)óxidos de cálcio resultantes da indústria de adubos químicos constituem as fontes mais correntemente usadas de cal. O coral e a marga são duas fontes naturais de cal. Por vezes também se usam escórias da indústria de aço e cinzas. Nem todos os materiais apresentam uma mesma eficácia. De uma maneira geral a sua eficácia é medida em relação ao efeito do carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>). Por exemplo, o efeito neutralizador da cal viva (óxido de cálcio, CaO) é de 179%, o que quer dizer que 100 Kg de cal viva agem como 79 Kg de carbonato de cálcio. Outro factor importante é que se o material é muito fino dissolver-se-á muito rapidamente e agir-á mais rapidamente que um material grosseiro, que se dissolverá mais lentamente. O aumento de pH provocado pela aplicação de cal é temporário. A cal tem que ser reaplicada regularmente, o que exige muita incorporação de trabalho, sendo, portanto, um processo muito dispendioso.

É, pois, importante que se usem culturas ou variedades tolerantes/pouco sensíveis aos ácidos que podem produzir rendimentos razoáveis em solos com pH baixos. Em muitos dos casos, tal significa que podem suportar concentrações elevadas de alumínio.

**Quadro 2: Culturas pouco sensíveis aos ácidos (Fonte: Sanchez, 1976)**

<b>Culturas</b>	<b>Nomes científicos</b>
Mandioca, cassava	<i>Manihot esculenta</i>
Plátano	<i>Musa paradisiaca</i>
Feijão frade/feijão nhemba (Moç.)	<i>Vigna unguilata</i>
Amendoim	<i>Arachis hypogea</i>
<b>Frutas e árvores fruteiras</b>	
Manga, mangueira	<i>Mangifera indica</i>
Cajueiro	<i>Anacardium occidentale</i>
Lima, limoeiro, limão e outras espécies de citrinos	<i>Citrus aurantifolia</i> e outras espécies de citrinos
Ananás	<i>Ananas comosus</i>

<b>Culturas</b>	<b>Nomes científicos</b>
<b>Espécies forrageiras (leguminosas)</b>	
Alfafa/Luzerna brasileira	<i>Stylosanthes guyanenses</i>
Desmódio (folha verde e folha prateada)	<i>Desmodium intortum, incinatum</i>
Centrosema,	<i>Centrosema pubescens</i>
Feijão kudzu	<i>Pueraria lobata</i>
<b>Espécies forrageiras (capins)</b>	
Pastos melaços	<i>Melinis minutiflora</i>
Capim-braquiria	<i>Brachiaria decumbens</i>
Pasto negro	<i>Paspalum plicatum</i>
Capim jaráguá	<i>Hypharrhenia ruta</i>

## Parte III: Quadro teórico

### 12 Nutrientes das plantas

Os elementos que as plantas necessitam para sobreviver chamam-se nutrientes ou substâncias nutritivas. Os nutrientes são normalmente adsorvidos pela solução do solo sob a forma de iões. Os iões são sais dissolvidos (sais nutritivos) que possuem uma carga eléctrica. As partículas de carga positiva chamam-se catiões (por exemplo o amónio  $\text{NH}_4^+$ ) e as partículas de carga negativa chamam-se aniões (por exemplo o nitrato,  $\text{NO}_3^-$ , o fosfato  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ). Mais adiante mencionaremos de novo estes iões.

Os nutrientes que uma planta necessita para completar todo um ciclo de crescimento chamam-se nutrientes essenciais. Uma deficiência duma destas substâncias terá consequências negativas para a planta, por exemplo um crescimento limitado ou mesmo a ausência de flores, de sementes ou de bolbos. Para além dos nutrientes essenciais, as plantas também absorvem outros nutrientes de que não necessitam (por exemplo sódio, Na) ou que até podem ser nocivos (por exemplo alumínio Al ou manganés Mn). Nem todas as plantas necessitam da mesma quantidade de cada nutriente. Por tal razão, os nutrientes essenciais dividem-se em dois grupos.

Os macro-nutrientes, necessitados pelas plantas em grandes quantidades:

- carbono (C)
- hidrogénio (H)
- oxigénio (O)
- azoto (N)
- fósforo (P)
- potássio (K)
- cálcio (Ca)
- enxofre (S)

➤ magnésio (Mg)

Os micro-nutrientes, dos quais as plantas apenas necessitam pequenas quantidades:

➤ ferro (Fe)

➤ manganés (Mn)

➤ boro (B)

➤ zinco (Zn)

➤ cobre (Cu)

➤ molibdénio (Mo)

Seguidamente abordaremos as funções dos macro-nutrientes de forma sucinta. Os micro-nutrientes (oligoelementos) também são importantes para as plantas, mas são apenas necessários em quantidades tão exíguas que a carência de um deles ou mesmo de vários apenas ocorre em circunstâncias especiais.

## 12.1 Os macro-nutrientes

### Azoto

O azoto é muito importante para a formação de proteínas nas plantas, estimulando o crescimento dos talos e das folhas. Caso exista uma quantidade suficiente de azoto, as folhas são grandes e sumarentas, em caso contrário, isto é, uma quantidade insuficiente de azoto, o crescimento da planta é travado e as suas folhas ficam pequenas e fibrosas. É também o azoto que confere à planta a sua cor verde. Caso ocorra uma carência de azoto, as folhas mais velhas tornam-se verde pálidas ou amarelas, acontecendo, eventualmente, o mesmo com as folhas novas. Em caso de uma carência grave de azoto, não se registará floração. Caso as plantas absorvam azoto em quantidades excessivas, os caules e as folhas ficarão maiores mas também mais fracos. Nesse caso as sementes dissecar-se-ão mais facilmente e as plantas estarão mais expostas a fungos ou a afídeos. A floração poderá ser tardia, o que pode ter como consequência um rendimento mais baixo num ciclo de crescimento curto.

No solo o azoto encontra-se à disposição das plantas sob a forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amónio ( $\text{NH}_4^+$ ).

### **Fósforo**

O fósforo desempenha um papel importante quanto à respiração e fornecimento de energia. Estimula o desenvolvimento das raízes das plantas jovens e exerce um efeito positivo no que respeita ao número de grãos por espiga, o peso dos grãos e no caso de culturas tuberosas sobre o desenvolvimento do tubérculo e das raízes. Uma deficiência em fósforo limita o crescimento, especialmente das raízes, o que dá às plantas uma aparência atarracada e as folhas apresentam uma cor escura, azul-esverdeada. Algumas plantas ficam com uma cor violácea, primeiramente na base dos talos e depois na face inferior das nervuras principais das folhas. As sementes e os frutos não se desenvolvem, ou desenvolvem-se mal. O excesso de fosfato não é directamente nocivo para a planta, excepto na medida em que pode provocar uma carência de zinco, cobre ou ferro. As plantas podem absorver fósforo na forma de iões de fosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  ou  $\text{HPO}_4^{2-}$ ).

### **Potássio**

O potássio é necessário para a firmeza da planta. O potássio confere força à planta e dota-a com um sistema radicular bem desenvolvido, com muitas ramificações. Estimula o desenvolvimento das raízes e dos tubérculos e tem um efeito positivo sobre o tamanho dos frutos e o peso dos grãos. As plantas que têm uma carência de potássio ficam enfezadas e fracas e as suas folhas caem. As suas folhas apresentam manchas com cores claras, começando nas suas margens e depois tornam-se inteiramente castanhas. Se a carência de potássio é grande faz com que as folhas novas fiquem empoladas porque as suas nervuras são muito curtas. Os grãos caem mais facilmente. As plantas que têm pouco potássio são menos susceptíveis de resistir a secas e murcharão mais rapidamente. Um excesso de potássio faz com que as folhas e os produtos da colheita sejam aguados, causando, igualmente uma carência de magnésio e boro.

## **Enxofre**

O enxofre é necessário para a formação de compostos orgânicos, de vitaminas e de outros compostos da planta. Caso haja uma deficiência de enxofre as folhas apresentam uma cor verde clara ou amarelecem (os mesmos sintomas, portanto, que uma deficiência em azoto!). O crescimento da planta é travado e os talos apresentam-se duros, lenhosos e delgados. Raramente se verifica um excesso de enxofre. As plantas absorvem o enxofre sob a forma de sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).

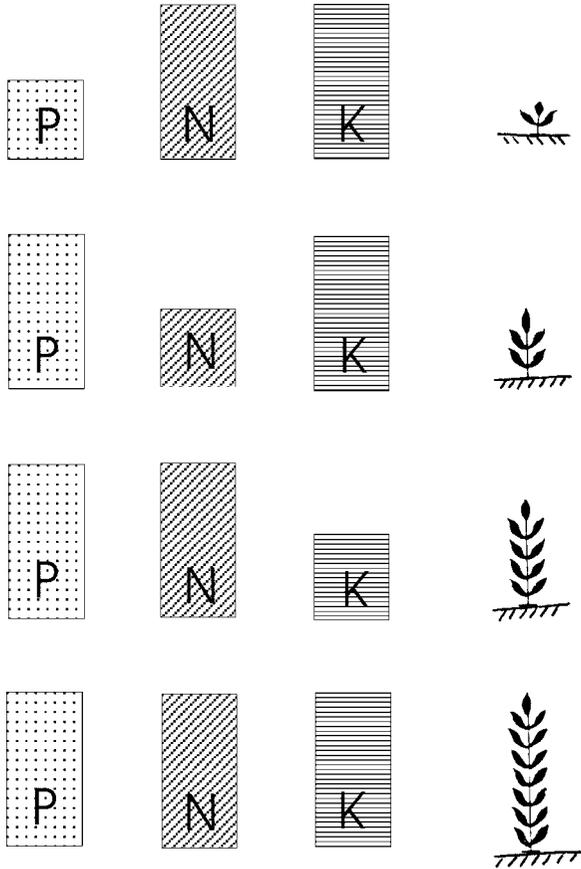
## **Cálcio**

O cálcio é um importante componente das paredes das células, influenciando, pois, o crescimento e a firmeza da planta. Uma carência de cálcio manifesta-se, primeiramente, nas folhas novas, que, muitas das vezes, se apresentam deformadas, pequenas e com uma cor verde escura. As pontas dos rebentos morrem, as folhas estão enrugadas e as raízes não se desenvolvem bem e podem apodrecer. O caule é fraco.

## **Magnésio**

O magnésio é necessário, entre outras coisas, para a fotossíntese. Caso se verifique uma deficiência de magnésio, aparecem manchas coloridas nas folhas, começando pelas folhas mais velhas. Por vezes as nervuras das folhas continuam verdes. Nos cereais, a carência manifesta-se pelo aparecimento de listas longitudinais amarelas nas folhas. Uma carência de magnésio pode retardar o amadurecimento dos cereais. Raramente se verifica um excesso de magnésio.

Cada nutriente desempenha, pois, uma função específica para a planta. Uma carência de um nutriente não pode ser compensada por uma dose mais elevada de um outro. O elemento que é mais escasso determina a altura e o rendimento da planta. A figura 10 ilustra esquematicamente este princípio.

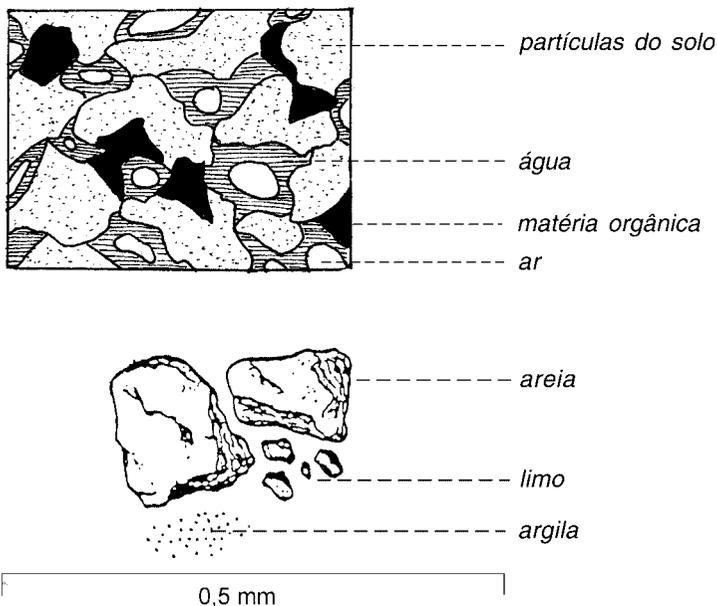


*Figura 10: O crescimento da planta é determinado pelo elemento que é mais ausente (Fonte: FAO, 1984).*

# 13 Características importantes do solo

## 13.1 Estrutura do solo

Aproximadamente metade do solo compõe-se de partículas sólidas e matéria orgânica. As partículas sólidas do solo formam a armação do solo. A outra metade do solo é constituída por poros. Os poros são parcialmente preenchidos com ar e em parte com água. Na Figura 11 são apresentadas, esquematicamente, as proporções destes elementos. Os poros pequenos são bons para reter a água. Os poros grandes perdem a água mais rapidamente e, por esta razão, encontram-se normalmente cheios de ar. Também existem muitos micro-organismos que vivem no solo.



*Figura 11: As proporções segundo as quais as partículas sólidas, a matéria orgânica, a água e o ar se encontram no solo (Hillel, 1980 e Barbera Oranje)*

## 13.2 As partículas sólidas do solo

As partículas sólidas do solo encontram-se divididas em quatro grupos de textura, segundo o seu tamanho:

- cascalho e pedras: partículas maiores que 2 mm;
- areia: partículas menores que 2 mm mas maiores que 0,050 mm;
- limo: partículas menores que 0,050 mas maiores que 0,002 mm;
- argila: partículas menores que 0,002 mm.

É claro que a diferença entre a areia, o limo e a argila não é visível a olho nu. Mas é importante que se faça uma distinção entre essas partículas, pois cada um dos grupos de textura tem as suas características próprias.

As partículas de argila são as mais pequenas das partículas do solo. Elas possuem a capacidade para adsorver os nutrientes e de os “reter”. Os poros entre as partículas de argila são muito pequenos. A argila dilata-se quando está molhada. A argila é bem viscosa e quando está sólida é muito dura.

Quanto ao tamanho e às suas características, as partículas de limo situam-se entre as da argila e as da areia. Os poros são mais pequenos em relação aos da areia mas maiores se os compararmos com a argila. As partículas de limo podem adsorver poucos nutrientes. As partículas de limo não são muito viscosas, e a sua consistência assemelha-se à do pó de talco, quando estão secas, ou ao sabão quando molhadas.

As partículas de areia são suficientemente grandes para se poderem distinguir a olho nu. A sua consistência é muito granulenta. As partículas de areia adsorvem muito pouco os nutrientes. Na medida em que são mais grosseiras que as partículas de argila ou as de limo, os poros entre as partículas de areia são maiores. As partículas de areia não se aderem umas às outras.

O cascalho e pedras não têm qualquer utilidade para as plantas. Não retêm nutrientes ou água e uma pedra ocupa o lugar da argila ou do limo, que podem reter água ou nutrientes. As raízes da planta também

têm que desperdiçar energia para poderem crescer, contornando as pedras.

### **13.3 Os agregados**

No caso do solo ser constituído por vários grupos de textura, as suas partículas terão a tendência para formar agregados. Agregados são, pois, aglomerados ou agrupamentos (torrões) de várias partículas de solo (areia, limo, argila e matéria orgânica). O húmus muitas das vezes funciona como uma espécie de “cimento” na formação dos agregados. A matéria orgânica favorece, desse modo, a formação dos agregados. Para além disso, os organismos do solo desempenham um papel importante quanto à formação e estabilidade dos agregados. Os fungos e os actinomicetos podem ligar as partículas do solo servindo-se dos seus filamentos. Os vermes da terra “comem” o solo e nos seus estômagos formam agregados ou partículas de solo e húmus, que ulteriormente excretam.

Através da formação de agregados, formam-se poros de vários tamanhos: poros finos que retêm a água dentro do agregado e poros grossos entre os agregados. A água escoar rapidamente dos poros grandes, o que lhes permite que se encham de ar. Deste modo os agregados de solo fornecem às raízes a água, nutrientes e oxigénio necessários.

### **13.4 A matéria orgânica no solo**

A matéria orgânica no solo é composta por material orgânico fresco e húmus. O material orgânico fresco é constituído por restos de plantas e de animais que ainda não se encontram decompostos, tais como raízes, resíduos de plantas, excrementos de animais e cadáveres. O material fresco é transformado pelos organismos do solo em húmus, também denominado matéria orgânica do solo. Durante este processo, são libertados nutrientes e, desta maneira, a matéria orgânica disponibiliza nutrientes para as plantas. O húmus, isto é a matéria orgânica do solo, é o material que foi decomposto de tal maneira que não se pode mais distinguir o material fresco original. Confere uma cor escura ao solo.

O próprio húmus também é decomposto pelos organismos do solo que, por sua vez, libertam ainda mais nutrientes, mas este processo é muito mais demorado. O húmus pode, igualmente, reter muita água e nutrientes.

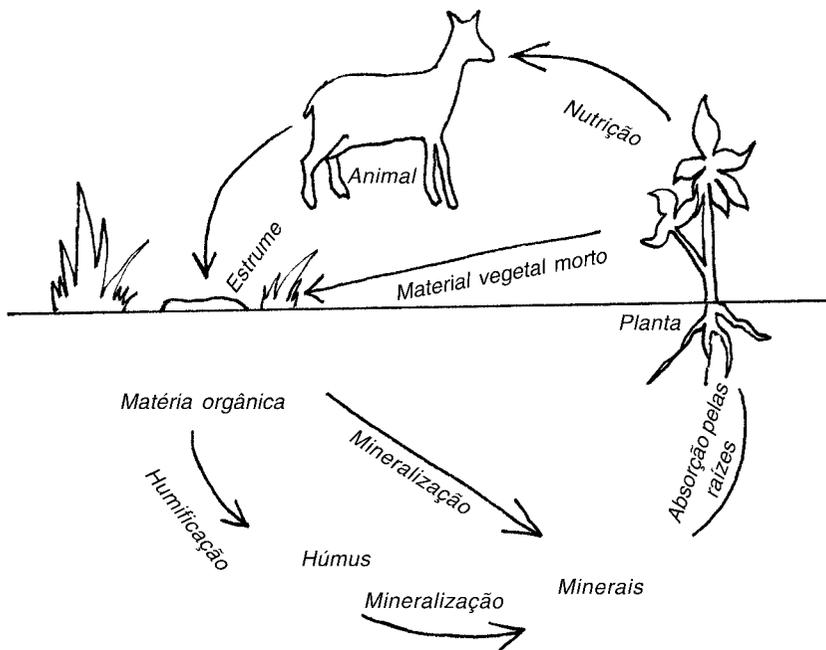


Figura 12: O ciclo da matéria orgânica (Barbera Oranje).

A matéria orgânica tem uma grande capacidade para reter nutrientes, aumentando, deste modo a CTC (capacidade de troca catiónica) no solo (ver também, na secção 13.7, as características químicas do solo). Tal reveste-se de particular importância no caso dos solos arenosos, que retêm muito poucos nutrientes.

A matéria orgânica pode reter uma grande quantidade de água, o que significa que durante períodos de seca as plantas possuem mais água à sua disposição e durante mais tempo. Isto também é particularmente importante no caso dos solos arenosos, que retêm pouca água.

A matéria orgânica ajuda a formação de agregados podendo, pois, melhorar a estrutura do solo. Tal é importante no caso dos solos arenosos e argilosos porque têm uma estrutura pobre.

A matéria orgânica pode fixar  $H^+$  evitando, deste modo que os solos se tornem ácidos.

Para finalizar, a matéria orgânica estimula o crescimento dos organismos do solo o que ajuda a que os nutrientes contidos na matéria orgânica fiquem à disposição das plantas.

### **13.5 Os organismos do solo**

No solo vivem numerosos tipos de organismos do solo, tanto animais como vegetais. Alguns deles são claramente visíveis tais como minhocas, escaravelhos, ácaros, nemátodos (anguílulas) e térmitas. Contudo, a maior parte deles é tão pequena que não podem ser vistos a olho nu nem mesmo com a ajuda de uma lupa. A esses chamamos os micro-organismos, sendo os mais importantes entre eles, as bactérias, os fungos e os protozoários. Num punhado de solo fértil vivem milhões de organismos. Na Figura 13 aparecem desenhados alguns dos organismos do solo mais comuns.

Os insectos e os micro-organismos que vivem no solo são bons para a estrutura do mesmo:

- os insectos do solo como sejam as minhocas e os escaravelhos escavam túneis que mais tarde podem funcionar como poros. As raízes das plantas também podem usar estes túneis, o que é particularmente benéfico nos solos que possuem na sua maioria poros pequenos (o que se passa em relação a muitos dos solos argilosos).
- também ajudam quanto à formação e estabilidade dos agregados.
- garantem que o solo e a matéria orgânica fiquem bem misturados. Ao comerem a matéria orgânica fresca que excretam num outro lugar, os organismos do solo espalham a matéria orgânica no solo. Sem estes organismos do solo, a matéria orgânica permaneceria na sua superfície.

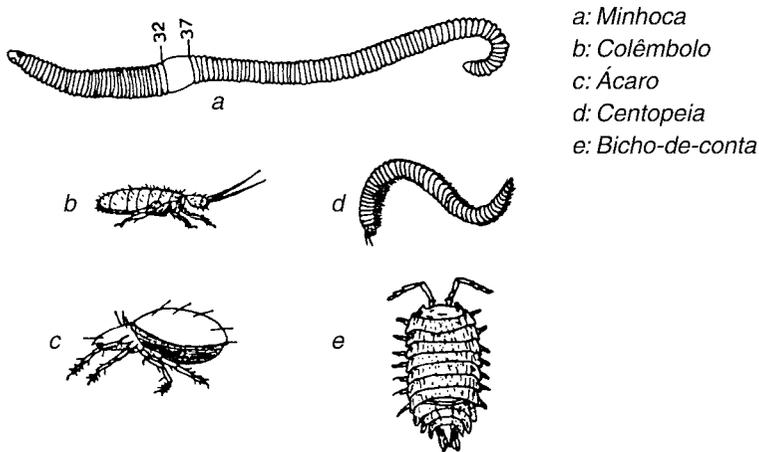


Figura 13: Alguns dos organismos do solo mais comuns (Fonte: Uriyo, 1979).

É importante que o solo e a matéria orgânica se encontrem bem misturados, pelas seguintes razões:

- libertam-se nutrientes da matéria orgânica, que devem ficar à disposição das raízes da planta, quer dizer, em toda a camada superior do solo.
- a matéria orgânica melhora a estrutura do solo formando agregados com as partículas sólidas. Mas é necessário que antes disso se misture com as partículas do solo.

### 13.6 A imobilização do azoto (N) e a razão C:N

Os micro-organismos decompõem a matéria orgânica que liberta nutrientes. Contudo, os próprios micro-organismos também necessitam de carbono e de nutrientes, nomeadamente de azoto. O tecido de todo o material orgânico é constituído, quase na sua metade, de carbono. O conteúdo de azoto varia muito entre os vários tipos de material orgânico. De um modo geral, o material orgânico velho e duro apresenta uma razão C:N elevada, o que quer dizer que apresenta um teor baixo de azoto, comparativamente à quantidade de carbono. Por outro lado,

também de um modo geral, o material orgânico mais jovem e sumarento apresenta uma razão C:N baixa, quer dizer que o teor de azoto é elevado. Caso se acrescente material orgânico que é velho e duro (por exemplo, palha), então os micro-organismos necessitarão, inicialmente, duma maior quantidade de N da que que é libertada pelo material orgânico. Nessa altura absorverão não apenas o azoto que é libertado pela palha, mas também todo o azoto que se encontrava já disponível no solo (por exemplo na forma de nitrato  $[\text{NO}_3^-]$  ou de amónio  $[\text{NH}_4^-]$ ). Após se ter incorporado a palha no solo, existe, pois, um período de tempo em que os micro-organismos se apoderam de todo o azoto disponível no solo. Tal fenómeno chama-se imobilização. O azoto à disposição das plantas é muito pouco ou mesmo inexistente. Quando a palha já está completamente decomposta não existe mais comida para todos os micro-organismos. Nessa altura uma grande parte dos micro-organismos morre e decompõe-se, por sua vez. O azoto que é absorvido encontra-se de novo disponível para as plantas. Em climas quentes e húmidos, este ciclo ocorre rapidamente e o período de imobilização é curto (algumas semanas). Em áreas secas o período de imobilização é longo (superior a um período de crescimento).

### **13.7 As características químicas do solo**

Para além da estrutura do solo, existem outras duas características que permitem determinar a disponibilidade de azoto no solo: a acidez (pH) e a capacidade de troca catiónica (CTC).

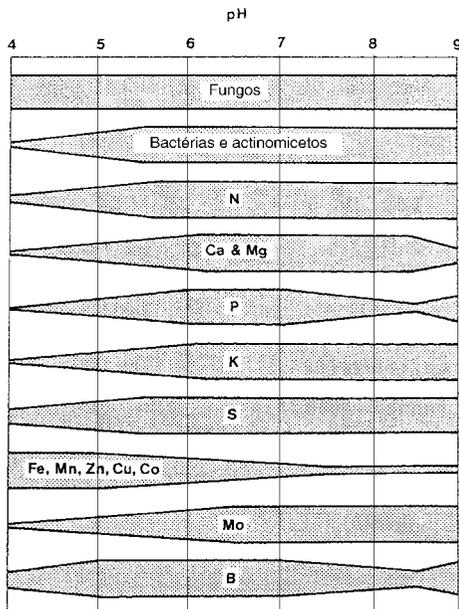
#### **A acidez do solo (pH)**

O nível de acidez corresponde ao grau de acidez ou de alcalinidade (= ausência de acidez) da humidade do solo. Um solo extremamente ácido pode ser comparado com o vinagre, um solo extremamente alcalino, com o sabão. É evidente que o grau de acidez influencia o crescimento das raízes das plantas. O grau de acidez é indicado pelo símbolo pH. Um solo ácido tem um pH inferior a 6. Trata-se de um solo que contém muitos  $\text{H}^+$ . Um solo alcalino (ou seja um solo que não é ácido) tem um pH superior a 7. Um solo que tem um pH entre 6 e 7 é neutro: entre ácido e alcalino. Um pH de 4 ou de 10 é extremo, e a

maior parte dos solos tem um pH entre 5 e 9. Tanto os níveis elevados como os baixos de pH podem ter como resultado uma deficiência de nutrientes. Um pH baixo também dá lugar a um excesso de ferro (Fe, a níveis < 4,5 de pH), alumínio (Al a níveis <5 de pH) e manganés (Mn, a níveis < 4,5 de pH) no solo. Quantidades excessivas destes nutrientes são muito tóxicas para as plantas.

A acidez do solo exerce uma influência importante na disponibilidade de nutrientes ao alcance da planta, tal como aparece ilustrado na Figura 14. Os micro-organismos também se encontram menos activos em solos que têm um pH elevado ou baixo: eles decompõem menos matéria orgânica, o que resulta em menores quantidades de nutrientes disponíveis.

As plantas diferem no que respeita à sua sensibilidade a uma taxa elevada ou baixa de pH e à toxicidade de alumínio, ferro ou manganés. Algumas plantas podem resistir, ou mesmo preferir, um nível baixo de pH, enquanto para outras se passa o mesmo com um nível elevado de pH. A Figura 15 apresenta as características de certas plantas quanto a este aspecto.



*Figura 14: Disponibilidade de nutrientes importantes e actividade dos micro-organismos segundo vários níveis de pH (uma tira mais larga representa uma disponibilidade mais elevada de pH ou uma maior actividade) (Fonte: FAO, 1984)*

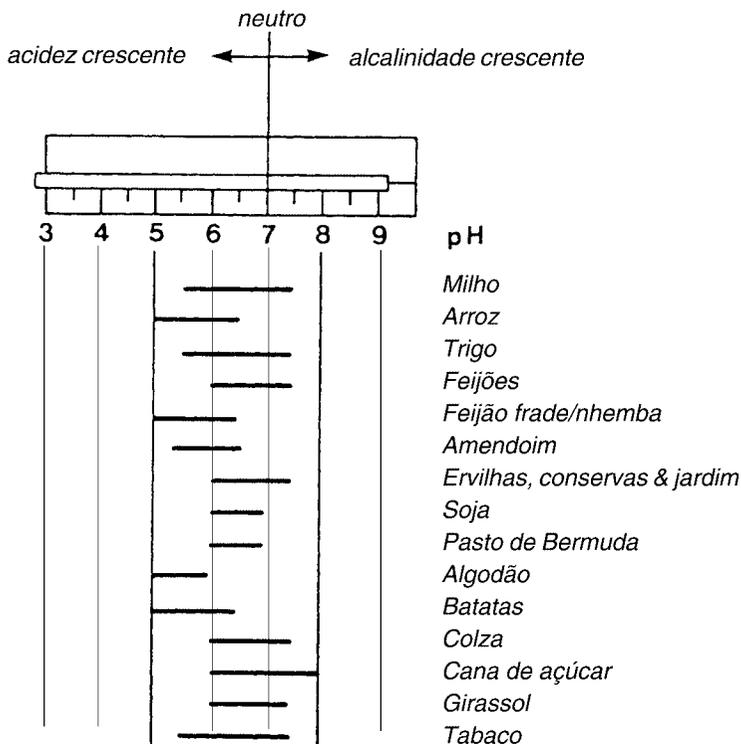


Figura 15: pH do solo, óptimo, para certas plantas (Fonte: FAO, 1984). A CTC: Capacidade de Troca Catiónica

A maior parte das partículas do solo têm uma carga negativa, atraindo nutrientes presentes no solo sob a forma de catiões, que têm uma carga eléctrica positiva. Os catiões estão ligados levemente: verifica-se uma troca constante entre as partículas do solo e a solução do solo. À capacidade do solo para ligar positivamente os nutrientes com uma carga positiva chama-se Capacidade de Troca Catiónica. A CTC é determinada pela proporção dos vários grupos de textura e de húmus: as partículas de argila ligam uma série de nutrientes, proporcionando, portanto, uma CTC elevada, enquanto a areia e o limo ligam poucos catiões contribuindo, dessa maneira, para uma CTC baixa.

O húmus pode ligar uma grande quantidade de nutrientes. Ainda que constitua apenas uma pequena parte do solo, pode contribuir em grande medida para a CTC.

# 14 Diagnóstico do solo

Para avaliar a adequabilidade do solo para agricultura, existem uma série de factores importantes que têm que ser considerados:

- textura e estrutura do solo;
- presença de camadas impermeáveis;
- conteúdo de matéria orgânica e matéria viva no solo;
- fornecimento de nutrientes;
- teor de pH.

Através de uma simples observação e de experimentações/ensaios pode-se chegar a algumas indicações gerais. Em relação a outras é necessária assistência profissional por intermédio de um centro de informação de agricultura ou de um instituto de Ciências do Solo. Seguidamente exporemos algumas sugestões que permitirão realizar os testes/ensaios.

## 14.1 Textura e estrutura do solo

As partículas sólidas do solo determinam, em grande parte, as características de um solo. Razão pela qual os solos se dividem segundo várias categorias de textura e em função da relação existente entre os diversos grupos de textura presentes. É igualmente importante conhecer a disposição das partículas do solo. A tal se chama a estrutura do solo. Caso haja diversos tamanhos de poros, o solo tem uma boa estrutura. Se, pelo contrário, apenas haja ou poros pequenos, ou poros grandes, a estrutura do solo é medíocre. Isto quer dizer que os agregados criam uma boa estrutura do solo. A estabilidade dos agregados também é importante: caso o solo possua agregados pouco sólidos haverá tendência para se formar uma crosta (ver Parte III, capítulo 13).

### Identificação da categoria de textura

Pode-se determinar a categoria de textura do solo, fazendo alguns ensaios/testes simples.

- Forma-se uma bola de aproximadamente 2,5 cms de diâmetro, com, mais ou menos, uma colher de sopa de terra fina.
- Verte-se, lentamente, água sobre essa bola de terra, até a que a mesma comece a colar-se à mão.
- Descreva qual é a consistência do solo: é granulento, macio ou viscoso?
- Tente formar um cubo firme com a terra.
- Tente enrolar o cubo. Caso consiga, humedeça o rolo e veja o aspecto da superfície: está brilhante ou baço?
- Agora tente fazer um anel a partir do rolo.
- Partindo da aparência do anel, determine se o solo é viscoso, friável ou completamente solto/desagregado, tanto quando está seco como quando está húmido.

Poderá depois utilizar o quadro 3 para identificar qual é a categoria de textura que corresponde ao seu solo.

**Quadro 3: Categorias de textura**

Categorias de textura do solo	Consistência do solo	Pode-se formar um cubo firme	Pode-se formar um rolo delgado	Pode-se formar um anel	Húmido	Seco
Arenoso	muito granulento não deixa os dedos sujos	não	não	não	solto e monoparticular	solto
Areno-Franco	muito granulento	não forma um cubo pouco firme	não	não	um pouco coesivo	solto
Franco-Limoso	macio, pó fino	sim	sim, forma desarticulada	não	consistência saponácea	suave, poeirento
Limoso	granulento e viscoso	sim	sim	não	consistência saponácea e + ou -	suave, poeirento plástico
Limo-Argiloso	suave e viscoso	sim	sim, forma articulada superfície brilhante	não	firme	entre um pouco duro e duro. Sem pó

<b>Categori- as de textura do solo</b>	<b>Consis- tência do solo</b>	<b>Pode-se formar um cubo firme</b>	<b>Pode-se formar um rolo del- gado</b>	<b>Pode-se formar um anel</b>	<b>Húmido</b>	<b>Seco</b>
Argiloso leve	não é gran- ulento apenas viscoso	sim (firme)	sim, forma articulada superfície brilhante	sim (com rachas no exterior	muito firme	entre duro e muito duro. Sem pó
Argiloso pesado	muito vis- coso	sim (muito firme)	sim, forma articulada superfície brilhante	sim sem rachas	muito firme	entre duro e muito duro. Sem pó

Os solos arenosos são abertos, soltos e friáveis (quebradiços). Possuem uma boa ventilação e drenagem. São fáceis de trabalhar quer estejam molhados ou secos. Um dos inconvenientes dos solos arenosos é que não retêm bem a água e os nutrientes para as plantas. As categorias de textura do solos arenosos, são: arenosos ou areno-francos.

Os solos que são compostos de argila, limo e areia nas mesmas proporções são chamados solos francos. Estes solos são ideais pois possuem uma boa capacidade de retenção da água e dos nutrientes, têm uma boa drenagem e ventilação e são fáceis de trabalhar. Caso na composição do solo franco haja uma maior quantidade de argila ou de areia, apresentam mais as características ou de um solo argiloso, ou de um solo arenoso. As categorias de textura dos solos francos são: areno-franco, franco-limoso, limoso e limo-argiloso.

Tanto os solos argilosos negros como castanho-acizentados têm poros pequenos, o que significa que possuem uma fraca capacidade de drenagem e de ventilação. As raízes das plantas têm dificuldade para crescer através desses poros estreitos. Os solos argilosos vermelhos apresentam uma estrutura especial: as partículas de argila apresentam-se de uma tal maneira que os solos também têm alguns poros grandes, o que possibilita que haja uma boa capacidade de drenagem e de ventilação. No entanto ficam facilmente transformados numa substância lamacenta, tal como acontece com outros solos argilosos, caso estejam molhados e sujeitos a pressão (por exemplo sob a acção de lavoura). Os solos argilosos possuem uma grande capacidade de retenção de água e de nutrientes. Contudo, são difíceis de cultivar: quando estão

secos são muito duros e se estiverem molhados são muito viscosos. Os solos argilosos incluem as seguintes categorias de textura: argilo-arenosa, argilo-limosa e argilosa.

### **Diagnóstico da estabilidade dos agregados**

O teste seguinte fornece uma indicação sobre a estabilidade dos agregados no solo. Utilize um recipiente como seja um frasco ou um jarro. Separe os agregados existentes no solo (com um crivo ou, caso necessário, com as mãos) e coloque-os no recipiente. Desenhe uma linha mesmo acima dos agregados. Em seguida despeje água no recipiente ao longo das suas paredes até que o solo esteja saturado ou que os agregados estejam cobertos. Não despeje a água directamente sobre os agregados! Deixe repousar durante alguns minutos. Depois dê umas pancadas com firmeza no recipiente, algumas vezes. Deixe, mais uma vez, repousar, durante alguns minutos. Caso o agregado ainda atinja a linha tal quer dizer que a sua estabilidade, de um modo geral, é boa. Caso os agregados se mantenham muito abaixo dessa linha, a sua estabilidade é fraca. Naturalmente que também se pode obter uma indicação sobre a estabilidade dos agregados observando no campo o solo após se terem registado chuvadas fortes. Caso a superfície se encontre hermética, então a estabilidade dos agregados é fraca.

## **14.2 Conteúdo de matéria orgânica**

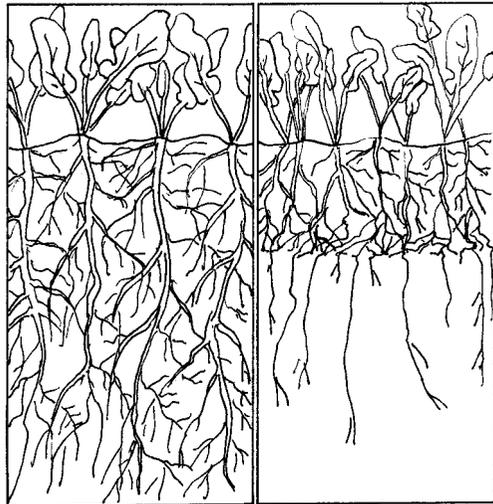
Pode-se ver se um solo contém muita ou pouca matéria orgânica através da sua cor. A matéria orgânica encontra-se habitualmente na camada arável (superficial) do solo. Esta camada apresenta, assim, uma cor mais escura, por que o húmus é negro. Caso não se possa distinguir que a camada da superfície é mais escura que as camadas de baixo, tal quer dizer que o solo contém pouca matéria orgânica.

Uma outra indicação da presença da matéria orgânica é a existência de organismos no solo. Caso veja que existem muitos organismos no solo, então tal significa que também existe matéria orgânica no mesmo. Os organismos do solo são minhocas, pequenos escaravelhos e colêmbolos. Um outro teste consiste em aquecer um punhado grande

de solo numa panela com água. Caso exale um odor a bafio, então o solo contém, provavelmente, matéria orgânica.

### 14.3 Camadas impermeáveis

Para se proceder ao diagnóstico do solo é importante considerar não apenas a camada superior, mas também as camadas inferiores. É na camada superior que, normalmente, está a maior parte da matéria orgânica e dos nutrientes. Contudo, as raízes das plantas também recebem uma grande parte de água e de nutrientes das camadas inferiores. Caso as raízes não possam penetrar através da segunda camada do solo, terão que ir buscar toda a sua água e nutrientes à camada superior. Tal significa que obterão menos água e nutrientes, e o sistema radicular não se desenvolverá bem. Isto aparece ilustrado na Figura 16. É, portanto, mais provável que se verifique uma deficiência em água e nutrientes num solo que possui uma camada impermeável.



*Figura 16: Os efeitos de uma camada impermeável no sistema radicular*

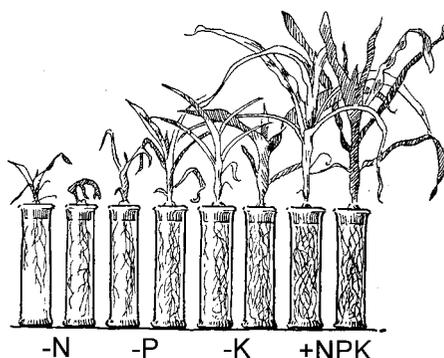
Caso a camada impermeável se situe na proximidade da superfície (a menos de meio metro de profundidade), o solo provavelmente não será capaz de sustentar as culturas. Caso se pratique agricultura mecanizada é possível furar uma camada impermeável de argila, lavrando a muita profundidade. Deste modo a camada inferior é misturada com a camada de cima. Contudo, tal é praticamente impossível de fazer manualmente.

Um outro problema que se depara com as camadas impermeáveis é que a água das chuvas, depois de chuvadas fortes, não se pode infiltrar no subsolo. Todos os poros acima da camada impermeável começam a ficar saturados com água e as raízes não conseguem obter oxigénio suficiente. Sem oxigénio as raízes não podem respirar e absorver água e nutrientes.

## 14.4 Fornecimento de nutrientes

### Observação visual

Este método compreende a verificação das plantas no campo para ver se apresentam sinais de deficiência em nutrientes. Estes sintomas indicam uma carência específica de um nutriente em particular. A Figura 17 mostra como a carência de um elemento no solo pode afectar os cereais.



No quadro 4 listamos os sintomas de deficiência que as plantas podem apresentar devido a uma carência de um dos elementos.

*Figura 17: Cereais crescendo em diversas soluções de nutrientes, carecendo cada um deles de um elemento específico. A última planta da direita não apresenta deficiências em nutrientes (Fonte: Bloemsmas, 1946).*

#### Quadro 4: Sintomas de deficiências

<b>Visível, primeiramente, nas folhas mais velhas</b>	<b>Nutriente</b>
Amarelecimento, começando nas pontas das folhas	Azoto
Secagem das pontas das folhas	Potássio
Amarelecimento, (especialmente nas nervuras das pontas que se mantêm verdes)	Magnésio
Manchas castanhas, cinzentas ou brancas na folha	Manganés
Cor violáceo-avermelhada nas folhas verdes ou nos caules	Fósforo
Secagem entre as nervuras das folhas e nas folhas mais pequenas	Zinco
<b>Visível, primeiramente, nas folhas novas, tenras</b>	<b>Nutriente</b>
Folhas verde-amareladas manchadas, com nervuras amarelas	Enxofre
Folhas verde-amareladas manchadas, com nervuras verdes	Ferro
Manchas negro-acastanhadas	Manganés
Amarelecimento nas orlas das folhas	Molibdénio
As folhas mais novas são brancas nas pontas	Cobre
As folhas mais novas são castanhas ou mortas no caule	Boro
As folhas mais novas têm as pontas negras ou mortas	Cálcio

A determinação de se uma planta apresenta uma deficiência de nutrientes através de uma análise dos seus sintomas deficitários pode ser, portanto, muito complicada. É necessário possuir-se muita experiência para se proceder bem a uma análise. Em muitos dos casos, contudo, não existe uma outra opção e o método de interpretação visual pode fornecer uma boa indicação.

#### Testes no campo

Neste método leva-se a cabo um estudo de campo visando a determinação de quais são os nutrientes que se encontram em falta para o desenvolvimento da planta. Tal faz-se comparando-se áreas designadas que não estão fertilizadas com outras áreas onde se adicionou um elemento suplementar (normalmente N, P ou K), e áreas onde se juntou uma combinação destes elementos. Caso não se verifique nenhuma diferença entre as áreas que foram fertilizadas e as em que não se utilizou fertilização, então não se verifica qualquer carência ou outro factor limitante. Se o rendimento nas áreas fertilizadas é mais elevado, isso quer dizer que se está na presença de uma carência. Ao se fazer experimentações com diversas quantidades de elementos adicionados,

poder-se-á determinar a dosagem exacta. Então pode-se fazer uma comparação com as análises do solo.

### **Tipos de solo**

Não existem dois solos que sejam completamente iguais, mas a maior parte dos solos têm características comuns. Se os solos têm muitas características em comum, pode-se falar do mesmo tipo de solo. Se se souber qual é o tipo de um solo, pode-se conhecer algumas das suas características e das suas limitações mais relevantes. Existem muitas maneiras para classificar os tipos de solo. O Anexo 1 lista um número de tipos de solo comuns, as suas características e os problemas que aparecem, muitas das vezes, a eles associados. Esta lista segue o sistema de classificação elaborado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), que divide os tipos de solo em conformidade com características facilmente reconhecíveis.

Os mapas de solos foram elaborados para áreas muito extensas. Pode-se obter informação sobre mapas de solos nos serviços de informação agrícola. Por vezes também se podem obter mapas de solos nos institutos de investigação de solos.

Uma outra forma de obter informação sobre solos é através do conhecimento local. Os agricultores podem muitas vezes descrever os que eles consideram ser um solo com boas qualidades, ou como se reconhece um solo rico ou um solo pobre. O seu método pode basear-se na cor, na consistência do solo ou na vegetação existente. As plantas que crescem espontaneamente num solo específico podem fornecer um bom indicador sobre as características do solo. Algumas plantas apenas crescem num solo ácido ou num solo rico em calcário, algumas crescem apenas num solo muito fértil, enquanto outras ainda preferem solos que se encontram, frequentemente, encharcados/inundados (indicação de uma drenagem fraca). Na medida em que a presença de várias plantas difere muito de acordo com a região, é impossível fornecer linhas directrizes gerais sobre este assunto.

# Leitura recomendada

**Acerca da fertilidade do solo.** Vida Rural vol. 18, 1992, pp. 20-25, Portugal.

Almeida Alves, J., **A fertilidade de alguns solos e problemas dela decorrentes.** , 1989, MAPA, Lisboa.

Borges, Hernani Gomes de Freitas, **Comparação de duas formas de azoto nos aproveitamentos, para conservação, efectuados em pastagens permanentes: produção de matéria seca.** vol. 17, 1996, pp. 81-93, ISSN: 0870.6263.

Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrário (INI-DA), Cabo Verde, **Manual de fertilidade do solo e fertilização das culturas.** Pastagens e Forragens vol., 1997, INIDA, São Jorge dos Orgaos, Cabo Verde.

Lopes, Prof. Alfredo Scheid; Guilherme, Prof. Luiz Roberto Guimarães, **Guia de Fertilidade do Solo - Versão Multimídia.** DCS/UFLA, Lavras, MG, Brasil.

Euclides Caxambu Alexandrino de Souza, **500 perguntas e respostas sobre adubos e adubação.** Solos e Nutrição de Plantas, vol. 1506, 1995, FUNEP, Brasil.

Malavolta, E., **ABC da adubação.** Solos e Nutrição de Plantas, vol. 710, 1989, Editora Ceres, Brasil.

**Colecção saber - calagem e adubação.** Solos e Nutrição de Plantas, vol. 472, 1995, Embrapa, Brasil.

Lepsch, Igo F., **Formação e conservação do solo.** Solos e Nutrição de Plantas, vol. 1055, 2002, Editora Singer - Oficina de Textos, Brasil.

Novais Roberto F., Jot Smyth, T., **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Solos e Nutrição de Plantas, vol. 327, 1999, Departamento de Solos - UFV, Brasil.

**Inter-relação fertilidade biológica do solo e nutrição de plantas**. Solos e Nutrição de Plantas, vol. 252, Departamento de Ciência do Solo - DCS (UFLA), Lavras, MG, Brasil.

Da Silva, Fábio César, **Manual de análises químicas de solos, plantas**. Solos e Nutrição de Plantas, vol. 114, Embrapa, Brasil.

Lopes, Alfredo Scheid, **Manual de fertilidade do solo**. Solos e Nutrição de Plantas, vol. 329, 1989, Editora UFLA, Lavras, MG, Brasil.

Silva, Fábio César da. ... [et al], **Manual de métodos analíticos e químicos para avaliação da fertilidade do solo**. Solos e Nutrição de Plantas, vol. 846, 1998, Embrapa, Brasil.

Moreira, Fátima M.S.; Siqueira, José Oswaldo, **Microbiologia e bioquímica do solo**. Solos e Nutrição de Plantas, vol. 698, Editora UFLA, Lavras, MG, Brasil.

Leonardo, J., **Nutrição fertilização florestal**. Solos e Nutrição de Plantas, vol. 639, 2000.

**Luta anti-erosiva nas regiões tropicais**. Agrodok, vol. 11, 1999, Agromisa / CTA, Wageningen, Países Baixos.

**Fertilidade do solo**. Esporo, vol. 55, 2003, CTA, Wageningen, Países Baixos.

# Endereços úteis

**Embrapa**, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Parque Estação Biológica, PqEB s/nº, CEP 347-1041, Brasília, Brasil  
[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)

**IAC**, Instituto Agronômico de Campinas  
Caixa Postal 28, Av. Barão de Itapura, 1.481, 13020-902, Campinas,  
Brasil  
[www.iac.sp.gov.br](http://www.iac.sp.gov.br)

**INIA**, Instituto Nacional de Investigação Agronómica  
CP 3658, Mavalane, Maputo, Moçambique  
[www.inia.gov.mz](http://www.inia.gov.mz)

**CAN**, Confederação Nacional da Agricultura  
Rua do Brasil, 155, 3030-175, Coimbra, Portugal  
[CAN@mail.telepac.pt](mailto:CAN@mail.telepac.pt)

**UEM**, Universidade Eduardo Mondlane  
Maputo, Moçambique  
[www.uem.mz](http://www.uem.mz)

**UFPA**, Universidade Federal de Lavras  
Lavras, Brasil  
[www.ufpa.br](http://www.ufpa.br)

**INIDA**, Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento Agrá-  
rio  
São Jorge dos Orgaos, Cabo Verde  
[www.inida.cv](http://www.inida.cv)

# Anexo 1: Alguns tipos relevantes de solos nas regiões tropicais

- Solos argilosos vermelhos, amarelo-avermelhados ou amarelos (ferralssolos)

São solos argilosos, extremamente sujeitos às condições climáticas e muito pobres. Contêm poucos nutrientes. Apresentam uma estrutura frágil, transformando-se rapidamente numa substância lamacenta quando estão molhados. As raízes, água e ar podem penetrar neles facilmente. Retêm pouca água e nutrientes. Pode ocorrer toxicidade com ferro e alumínio. O cultivo de plantas anuais pode provocar uma perda de matéria orgânica, erosão e a uma grande diminuição da fertilidade. A única possibilidade para uso agrícola é com um sistema que inclui longos períodos de pousio ou plantações do tipo floresta. É importante manter o chão coberto e o ciclo de nutrientes fechado.

- Solos argilosos vermelhos brilhantes e castanho-avermelhados (nitissolos)

Podem-se distinguir dos ferralssolos por que os seus agregados têm uma superfície brilhante que não existe no caso dos ferralssolos. Apresentam uma estrutura solta, friável, mas também podem reter bem a água. As raízes penetram facilmente em tais solos. Não são tão pobres em nutrientes como os ferralssolos porque têm uma capacidade razoável de retenção de nutrientes. Estes solos podem ser produtivos caso se aplicar fertilizante regularmente e de uma maneira bem balanceada. Podem ser cultivados permanentemente mas devem manter-se sempre cobertos.

- Solos arenosos (arenossolos)

Estes solos são compostos na sua maior parte por areia, o que lhes confere uma estrutura pobre. São fáceis de trabalhar. São facilmente penetrados pelas raízes, água e ar, mas retêm pouca água. Em áreas em que a pluviosidade é elevada (mais de 1000 mm por ano), estes solos muitas das vezes são ácidos. É importante manter o conteúdo

de matéria orgânica a um nível adequado. O estrume proveniente dos estábulos pode ser utilizado para melhorar o solo. É preferível produzir-se plantas com sistemas radiculares profundos que plantas cujas raízes sejam curtas. Estes solos são muito sensíveis à erosão.

➤ Solos calcários (calcissolos)

Os solos calcários contêm uma grande quantidade de cal (carbonato de cálcio). Aparecem na sua maior parte em áreas áridas e muito áridas, onde a água constitui o factor mais limitante para a agricultura, para além de uma possível abundância de pedras no solo. Os solos calcários têm uma boa estrutura e uma boa capacidade de retenção de água. Estes solos são férteis apesar do seu baixo teor de matéria orgânica. São adequados para neles se plantarem culturas resistentes à seca.

➤ Solos superficiais (pouco profundos ) (leptossolos ou litossolos)

Os solos pouco profundos (com menos de 10 cms) em rocha ou pedra calcária não têm capacidade de reter água e nutrientes em quantidade suficiente de modo a neles se cultivarem plantas. As raízes das árvores e de arbustos têm mais capacidade de penetrar esta camada dura, assim a melhor solução é manter estes solos cobertos com florestas. Caso estes solos sejam utilizados para fins agrícolas, recomenda-se um sistema de cultivo pluri-anual (agrossilvicultura).

➤ Solos negros (vertissolos)

São solos argilosos, pesados, que contêm pouca matéria orgânica e é a argila que lhes confere a cor negra. Na estação seca podem aparecer gretas profundas que permitem a penetração de uma grande quantidade de água das chuvas, no início da estação das chuvas. Depois de o solo estar molhado, dilata-se, as gretas fecham-se e a água não pode continuar a infiltrar-se no solo.

➤ Os solos negros podem produzir rendimentos altos caso haja um bom manejo dos mesmos.

São difíceis de trabalhar - quando estão molhados são muito pesados e viscosos e quando estão secos são extremamente duros. A es-

trutura destes solos é muito pobre e a capacidade de infiltração da água é muito limitada. Uma boa maneira de melhorar a sua estrutura é acrescentar matéria orgânica. Também é importante que se obtenha uma boa drenagem. Estes solos são ricos em magnésio e cálcio, mas necessitam de azoto e fósforo extra.

➤ Solos salgados (solonchacks)

Os solos salinos não tem estrutura e têm muito sal. Muitas vezes surgem manchas brancas na superfície, onde o sal se encontra acumulado. Estes solos aparecem nas áreas secas onde a toalha freática de água subterrânea não é muito profunda. Apenas com um bom sistema de irrigação e drenagem estes solos são adequados para agricultura.

➤ Solos fortemente expostos às condições climáticas com uma camada inferior de argila (acrissolos, alissolos e luvisolos).

São solos que têm uma camada de material solto, sem agregados na superfície e uma camada de argila por baixo. Por esta razão a drenagem é fraca. Caso se destinarem à agricultura é preciso instalar um sistema de drenagem de modo a escoar a água que não se consegue infiltrar no solo. A camada de superfície transforma-se muito rapidamente numa substância lamacenta e é muito sensível à erosão. A fertilidade do solo é baixa. É muito importante manter o conteúdo da matéria orgânica devido ao seu efeito positivo sobre a estrutura do solo. Devido à sua baixa fertilidade estes solos podem ser muito ácidos (acrissolos e alissolos) e podem apresentar sinais de toxicidade devido à presença de alumínio. Se se lhes juntar cal tal pode ter um efeito benéfico.

➤ Solos aluviais férteis (fluvisolos)

São solos jovens que se formam a partir de depósitos de lodo existentes nos vales e estuários dos rios e nas áreas costeiras. Na maioria dos casos estes solos encontram-se frequentemente inundados, facto este que origina mais depósitos de lodo. Por esta razão são, geralmente, muito férteis. Um uso intensivo dos mesmos pode provocar uma esgotamento dos nutrientes. Caso sejam utilizados inten-

sivamente, é absolutamente necessário manter um nível suficiente de nutrientes e de matéria orgânica.

# Glossário

(Muitos destes termos encontram-se explicados mais amplamente na Parte III, Capítulo 13)

Acidificação	O processo segundo o qual o pH do solo baixa e o solo torna-se mais ácido. Adquire as propriedades do vinagre, que não são muito benéficas para muitas das plantas.
Adsorver	Ligar os catiões dissolvidos na parte líquida do solo com as partículas do solo.
Adubo verde	Qualquer matéria orgânica que é incorporada no solo para lhe fornecer nutrientes.
Agregados	Fragmentos de partículas que têm uma ligação pouco coesa entre eles.
Aniões	Partículas com carga eléctrica negativa.
Bomba de nutrientes	As plantas que têm raízes profundas trazem os nutrientes de novo para a camada superior do solo, aonde podem ser utilizados por plantas cujas raízes não são muito profundas, sendo o caso da maior parte das culturas aráveis.
Catiões	Partículas com carga eléctrica positiva.
Cobertura morta (Mulch)	Uma camada de matéria orgânica ou inorgânica na camada superior do solo. É utilizada para proteger o solo contra o calor do sol e da erosão.

Decomposição	Separação da matéria orgânica pelos organismos do solo. Neste processo são libertados os nutrientes que estarão disponíveis para as plantas.
Denitrificação	O azoto é transformado em gás e desaparece no ar ou “evapora-se”. Desta maneira perde-se o azoto para as plantas e para o solo.
Drenagem	Sistema de escoamento da água do solo ou do campo.
Equilíbrio dos nutrientes	Equilíbrio entre os elementos necessários às plantas e aos animais. Este equilíbrio deve realizar-se de duas maneiras. Primeiramente não deve haver nem excesso nem falta de qualquer dos elementos. Em seguida, a quantidade dos nutrientes lixiviados deve ficar o mais próximo possível da quantidade aplicada às culturas sob a forma de estrume ou de adubo.
Erosão	Perda de partículas do solo causada pelo vento ou pela água.
Estrutura do solo	Maneira em que estão dispostas as partículas do solo.
Fixação	Ligação muito forte de nutrientes pelas partículas do solo. Esta ligação é de tal forma forte que os nutrientes não aparecem de novo no solo líquido e já não podem ser absorvidos pelas plantas.

Fixação do azoto	Algumas plantas possuem a capacidade de fixar o azoto que se encontra no ar. A este processo chama-se fixação de azoto. As plantas que têm esta capacidade chamam-se plantas fixadoras de azoto.
Fotossíntese	O processo pelo qual a planta utiliza a água, o ar e a luz para elaborar o tecido vegetal.
Húmus	Matéria orgânica que se encontra de tal forma decomposta que já não é possível reconhecer o material original.
Imobilização	Processo pelo qual os nutrientes foram absorvidos pelos organismos do solo e ficarão disponíveis para as plantas depois dos organismos morrerem.
Incrustação	Formação de uma crosta fina à superfície do solo devido ao impacto das gotas da chuva. As gotas de chuva quebram os agregados do solo e provocam a formação de uma camada fina, compacta, ou crosta, à superfície do solo.
Infiltração	Processo pelo qual a água penetra no solo. Trata-se de um processo muito importante pois a água apenas pode ser utilizada pelas plantas depois de se encontrar infiltrada no solo. Se a infiltração não for boa corre-se um risco bastante elevado de erosão.
Lixiviação	Perda de água, de nutrientes e de partículas do solo da parte superior do solo para o

	subsolo. Tal é, muitas vezes, o resultado de drenagem.
Matéria orgânica	Os restos de plantas ou de animais mortos transformam-se em matéria orgânica.
Micro-organismos	Seres vivos que são tão pequenos que não podem ser vistos a olho nú. Apenas podem ser visíveis com a ajuda de um microscópio.
Mineralização	O mesmo processo que a decomposição, que já explicámos anteriormente.
Nutrientes	Elementos ou compostos químicos de que as plantas e os animais necessitam para sobreviver e para se reproduzirem.
Organismos do solo	Pequenos seres vivos que vivem no solo: vermes, mas igualmente insectos e outros animais.
Partículas do solo	Areia, limo, argila.
Poros	O espaço entre as partículas do solo. São importantes pois é aí que se encontram armazenados os nutrientes e a água e porque permitem ao ar e às raízes penetrarem no solo.
Razão C:N	Proporção de C e de N presentes no solo ou na matéria orgânica. Quanto menor é esta razão tanto mais fácil é para os organismos do solo e para as plantas absorverem o N.

Recuperação	Percentagem de adubos químicos aplicada que é absorvida pela planta.
Respiração	Processo pelo qual as plantas decompõem os compostos orgânicos. Permite às plantas produzirem a energia que lhes é necessária para crescerem e se propagarem.
Rotação de culturas	Produção sucessiva de diferentes culturas no mesmo campo/parcela. Por exemplo: cultiva-se milho no primeiro ano, no segundo feijões e no terceiro a terra é deixada em pousio. Neste caso a rotação cultural é: milho-feijão-pousio.
Teor de matéria orgânica	A quantidade de matéria orgânica no solo comparativamente aos outros elementos que fazem parte do solo.
Textura do solo	Podem-se classificar os solos segundo a dimensão das suas partículas. Se contém um grande número de partículas grandes, classificam-se como arenosos. Se a maioria das partículas são pequenas, o solo é do tipo argiloso.
Zona radicular	A parte do solo em que se encontram presentes as raízes, que geralmente é a camada superior do solo.