

ADUBAÇÃO ORGÂNICA

1. INTRODUÇÃO

“Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”, já disse Lavoisier. O adubo orgânico é constituído de resíduos de origem animal e vegetal: folhas secas, gramas, restos vegetais, restos de alimentos, esterco animal e tudo mais que se decompõem, virando húmus. O húmus é o fruto da ação de diversos microorganismos sobre os restos animais e vegetais, este apresenta em média 58% de carbono e 5% de nitrogênio. De maneira geral, dosando o teor de C e de N pode-se avaliar a % de matéria orgânica humificada, multiplicando-se, respectivamente pelos fatores **1,724** pelo teor de carbono e **20** pelo teor de nitrogênio.

2. RELAÇÃO C/N

A proporção C/N na matéria orgânica do solo é fator importante sobre vários aspectos, dos quais os mais significativos são os seguintes:

- *Uma adição ao solo de resíduos com relação C/N elevada, motiva a competição pelo N disponível entre os microrganismos e as plantas.*
- *Resíduos com relação C/N baixa (leguminosas), podem favorecer o desenvolvimento microbiológicos no processo de decomposição, implicando em maior quantidade de N mineralizado.*

O húmus se apresenta em forma coloidal e pode influir em diversas propriedades físicas e químicas do solo:

- melhora a estrutura do solo;
- reduz a plasticidade e coesão;
- aumenta a capacidade de retenção de água;
- ameniza a variação da temperatura do solo;
- aumenta na capacidade de troca catiônica;
- aumenta o poder tampão;
- compostos orgânicos atuam como quelato;
- matéria orgânica em decomposição é fonte de nutriente.

3. ORIGEM

3.1- ANIMAL

O adubo orgânico de origem animal mais conhecido é o esterco que é formado por excrementos sólidos e líquidos dos animais e pode estar misturado com restos vegetais. Sua composição é muito variada. São bons fornecedores de nutrientes, tendo o fósforo e o potássio rapidamente disponível e o N fica na dependência da facilidade de degradação dos compostos.

3.2- VEGETAL

É grande a quantidade de restos vegetais remanescentes que sobra após as safras. O arroz e o trigo deixam de 30 a 35%, e o algodão, cana, milho cerca de 50 a 80% da massa original em forma de resíduo orgânico. Qualquer material orgânico no solo pode ser eventualmente reduzido em tamanho por pequenos animais e ser putrefeito por organismos já nele presentes, ou que vem do solo. Sua função de fornecedor de nutrientes, como de quase todos os outros resíduos, depende basicamente do material empregado em seu preparo. Deve-se destacar que o efeito do composto

como agente condicionador do solo melhorando suas características físicas, como retenção de água, plasticidade, porosidade, etc., talvez seja mais importante que seu efeito fertilizante.

3.2.1- Resíduos da Agroindústria

VINHAÇA: resíduo produzido em grande quantidade nas destilarias de álcool. A vinhaça de cana é rica em K e possui teores relativamente elevados de outros elementos. A composição desse resíduo é muito variável, dependendo das condições em que a usina vem operando. Se for considerado apenas o efeito do K, pode-se dizer que praticamente 100% deste elemento está disponível para as plantas. A vinhaça contém ainda N, S, Mat..Org. e alguns microelementos. Sua aplicação mais racional deve ser feita com base no teor de K. A maioria das aplicações vem sendo feita in natura, em quantidades que variam de 50 a 200 m³/ha.

TORTA DE FILTRO: Resíduo da indústria açucareira oriundo da filtração a vácuo do lodo retido nos clarificadores. É composto de resíduos solúveis e insolúveis da fase de calagem. Cada tonelada de cana moída rende em torno de 40kg.. A torta é rica em P, Ca, Cu, Zn, Fe e possui relação C/N muito elevada, podendo diminuir a disponibilidade de N no solo. É deficiente em potássio, o que sugere a combinação deste resíduo com a vinhaça.

3.2.2 - RESÍDUOS DE BIODIGESTORES

Constituídos pelos efluentes de biodigestores, são considerados excelentes adubos orgânicos. Possui composição muito variável, uma vez que o efluente consiste de material que por concentração perdeu carbono. Se o material biodigerido contiver alta concentração de metais pesados, esses aparecerão em concentração ainda maior no efluente e poderão estar disponíveis para absorção pelas plantas.

3.3. RESÍDUOS URBANOS

LODO DE ESGOTO: material sólido orgânico, ou inorgânico, removido das águas residuais provenientes das residências e estabelecimentos comerciais, etc, nas estações de tratamento de esgoto. A concentração de N, P e K no lodo depende das contribuições recebidas pelas águas residuais, do tipo de tratamento a que foi submetido e do manejo entre a sua produção e a sua aplicação no solo. Há volatilização da amônia durante a digestão aeróbica e durante a secagem. A disponibilidade do N do lodo para as plantas diminui a medida que as formas inorgânicas (nitrato e amônia) diminui e que as formas orgânicas se tornem mais estáveis durante a digestão, nas estações de tratamento. O P e K desde que presentes, estão na forma disponível. O Lodo de Esgoto possui o inconveniente de ser contaminado com agentes patogênicos e metais pesados.

LIXO URBANO: o aproveitamento é feito por diversos processos em função das quantidades, recursos e intenções, desde a decomposição ao ar livre até a fermentação em digestores fechados. Possui de 10 a 60% de umidade 20 a 30% de matéria orgânica.

3.4. OUTROS RESÍDUOS

Resíduos das indústrias de café solúvel, que são utilizados após devida fermentação, diretamente na hortifruticultura. Palha de café e casca de arroz aproveitados após decomposição como adubos orgânicos.

4. VANTAGENS NO USO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA

4.1. EFEITOS CONDICIONADORES

- Aumenta a CTC: A matéria orgânica acha-se em estado amorfo e exibe uma superfície muito maior do que a argila, conseqüentemente, uma capacidade de troca muito superior a das argilas.

- Melhora a agregação do solo: atua como agente cimentante de partículas do solo, formando agregados bastante estáveis. A matéria orgânica pode reter de 4 a 6 vezes mais água do que seu próprio peso, diminuindo a erosão.

- Diminui a plasticidade e coesão: a matéria orgânica diminui o efeito negativo da consistência plástica e pegajosidade dos solos argilosos molhados.

- Temperatura: devido a propriedade de armazenar água, a matéria orgânica é ma condutora de calor, diminuindo as oscilações de temperatura durante o dia.

4.2. EFEITOS SOBRE OS NUTRIENTES

- Disponibilidade: A matéria orgânica é fonte de nutrientes, pois, durante o processo de decomposição, vários elementos vão sendo liberados, principalmente o N, S, e P. Contudo esta liberação, geralmente, não supre a necessidade das plantas a menos que seja aplicada em grande quantidade. A matéria orgânica também aumenta a retenção de água nos solos e é responsável, em grande parte, pelo aumento da CTC do solo.

- Fixação do P: Diminui a fixação. Os colóides orgânicos são predominantemente eletronegativos. Os ânions orgânicos formam $\text{Fe}(\text{OH})_2$ com o ferro e $\text{Al}(\text{OH})_2$ com o Alumínio, complexos imóveis, com o Fe e Al imobilizados pela M.O. aumenta a disponibilidade do P.

4.3. EFEITOS SOBRE MICRORGANISMOS

A maioria dos microrganismos associados à M.O. é benéfica às plantas, exercendo importantes funções, mantendo o solo em estado de constante dinamismo.

5. COMPOSIÇÃO DOS ADUBOS ORGÂNICOS

Quantidade de nutrientes em esterco animais (kg/15t)

NUTRIENTE	EQUINO	BOVINO	OVINO	SUINO	AVES ⁽¹⁾
N	88	48	105	97	276
P ₂ O ₅	57	31	129	79	594
K ₂ O	63	22	49	75	170
UMIDADE	73	83.5	66	82	-----

⁽¹⁾ 10 ton de matéria seca

A quantidade de adubo orgânico recomendado varia de cultura para cultura.

6. ADUBAÇÃO VERDE

6.1. LEGUMINOSAS

As plantas desta família apresentam em suas raízes nódulos, em consequência da penetração de bactérias do gênero Rizóbium, que vão até as células corticais da raiz provocando a formação destes nódulos. A planta fornece hidratos de carbono às bactérias e recebem em troca compostos nitrogenados.

São consideradas ótimas para adubação verde por apresentarem:

- São ricas em nitrogênio
- Possuem raízes ramificadas e profundas
- Família numerosa e encontrada em grandes diversidades de clima e solo.

6.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE ALGUNS ADUBOS VERDES

% NA MATÉRIA SECA

	N	P	K	Ca	Mg
Crotalaria juncea	2,01	0,36	2,43	1,43	0,44
Feijao de porco	2,73	0,57	2,11	2,58	0,40
Mucuna-preta	2,83	0,61	2,05	1,28	0,31
Gramínea	1,12	0,17	1,36	0,48	

MATÉRIA ORGÂNICA

BREVE HISTÓRICO:

O valor fertilizante do esterco, das margas (materiais calcários), e plantas leguminosas foi conhecido dos primeiros gregos e passou aos romanos à medida que o império grego se extinguiu e o império romano começou a florescer.

Xenofonte, (355 A.C.) observou que o estado grego arruinou-se porque o valor do uso dos esterco na terra não foi levado a sério. Teofrastus (372 A.C.) já recomendava o uso abundante de esterco em solos pouco profundos e chegou até a classificar os esterco, de acordo com a sua "riqueza". Ele listou a seguinte ordem de valor decrescentes para os esterco: homens, suínos, cabras, ovelhas, bovinos e equinos.

Liebig também desenvolveu a famosa "Lei do Mínimo" que pode ser resumida no seguinte: "O crescimento das plantas é limitado pelo nutriente presente em menor quantidade, mesmo todos os outros estando presentes em quantidades adequadas".

Liebig, entretanto, não compreendeu bem o papel dos compostos nitrogenados nos esterco. Pensava-se, naquela época, que a atmosfera continha quantidades apreciáveis de amônia e que as chuvas levariam para a terra 30 a 40 quilos de nitrogênio por hectare, anualmente. Liebig pensava que o esterco contendo nitrogênio estimulava o crescimento das plantas porque ele fermentava e enriquecia a amônia do ar ao redor das plantas. Ele concluiu que o nitrogênio do esterco não era necessário para o crescimento das plantas se os minerais contidos na cinza das plantas fossem devolvidos anualmente ao solo.

fosfato foram descobertas primeiro na Carolina do Sul em 1837, mas a mineração não começou até 1867.

Cinzas de madeira foram as principais fontes de potássio na Europa, até o descobrimento de jazimentos de sais potássios na Alemanha em 1839. Os primeiros sais potássios utilizados na fabricação de fertilizantes eram de baixa concentração: kainita que continha cloreto de potássio, cloreto de sódio e outras impurezas. O teor de potássio nesse produto era de aproximadamente 15% na forma de K_2O .

Resumo histórico do uso de fertilizantes e corretivos agrícolas. (Adaptado de IMC, s.d. e Lopes et alii, 1990).

Ao contrário do que algumas pessoas chegam a acreditar, a matéria orgânica não é indispensável para as culturas. As plantas podem ser cultivadas usando-se apenas produtos químicos, como é feito, em escala comercial, em cultivos hidropônicos de hortaliças, muito importantes em países de clima temperado.

A planta, na realidade, é uma fábrica de matéria orgânica, que ela sintetiza a partir da água, e nutrientes minerais, e fixando a energia solar através da fotossíntese. A matéria orgânica decomposta (húmus), contudo, torna-se essencial para os solos cultivados devido a um ou mais dos efeitos listados a seguir:

- SOLUBILIZA NUTRIENTES NOS SOLOS MINERAIS.
- APRESENTA ALTA CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS (CTC).
- LIBERA LENTAMENTE FÓSFORO, NITROGÊNIO, ENXOFRE E ÁGUA.

- MELHORA A NUTRIÇÃO DAS PLANTAS EM MICRONUTRIENTES PELA FORMAÇÃO DE QUELATOS.
- AUMENTA A CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA.. MELHORA A ESTRUTURA DO SOLO
- MELHORA A CAPACIDADE TAMPÃO DO SOLO.
- REDUZ TOXIDEZ AOS PESTICIDAS E OUTRAS SUBSTÂNCIAS.
- FAVORECE O CONTROLE BIOLÓGICO PELA MAIOR POPULAÇÃO MICROBIANA.
- EXERCE EFEITOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO.
- A MANUTENÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

A matéria orgânica do solo consiste em resíduos de plantas e de animais em diferentes fases de decomposição. Os níveis adequados são benéficos ao solo de várias formas: (1) melhoram as condições físicas; (2) aumentam a retenção de água; (3) melhoram o solo para o preparo; (4) diminuem as perdas por erosão; (5) fornecem nutrientes para as plantas. A maioria dos benefícios ocorre em função dos produtos liberados à medida que os resíduos orgânicos são decompostos no solo.

A matéria orgânica contém cerca de 5% de nitrogênio total; assim, ela serve como uma reserva de nitrogênio. Mas o nitrogênio na matéria orgânica está na forma de compostos orgânicos, não imediatamente disponíveis para o uso pelas plantas, uma vez que a decomposição normalmente ocorre de forma lenta. Apesar de um solo poder conter muita matéria orgânica, os adubos nitrogenados são necessários para assegurar às culturas não leguminosas uma fonte adequada de nitrogênio prontamente disponível, especialmente àquelas culturas que necessitam de altos níveis deste nutriente.

Outros elementos essenciais para as plantas também estão contidos na matéria orgânica do solo. Os resíduos de plantas e de animais contêm quantidades variáveis de elementos minerais, como o fósforo, o magnésio, o cálcio, o enxofre e micronutrientes. À medida que a matéria orgânica se decompõe, estes elementos tornam-se disponíveis para as plantas em crescimento.

A decomposição da matéria orgânica tende a liberar nutrientes, mas o nitrogênio e o enxofre podem ser temporariamente imobilizados durante o processo. Os microrganismos que decompõem a matéria orgânica necessitam de nitrogênio para formar proteínas em seus corpos. Se a matéria orgânica que está sendo decomposta possuir uma alta relação carbono/nitrogênio (C/N) - o que significa pouco nitrogênio - estes organismos usarão o nitrogênio disponível, proveniente do solo e dos fertilizantes.

Um resumo das fases de decomposição de resíduos orgânicos, com relações C/N variáveis, é mostrado (Kiehl, 1985).

Por esta figura verifica-se que resíduos com relação C/N igual a 60/1 dispenderão de 30 a 60 dias para serem bioestabilizados; resíduos com relações C/N entre 60/1 e 33/1 irão imobilizar nitrogênio, isto é, transformarão nitrogênio mineral, nas formas nítrica e amoniacal solúveis, em nitrogênio orgânico não solúvel.

Com uma relação de 33/1 o prazo para o resíduo atingir a bioestabilização será de 15 a 30 dias. Entre as relações 33/1 e 17/1 não haverá imobilização do nitrogênio mineral do solo, mas, também, não estará ocorrendo o processo de mineralização (devolução do nitrogênio "emprestado"), o qual se dará, efetivamente, a partir da relação C/N inferior a 17/1, (Kiehl, 1985).

Assim, quando os resíduos de palha de café e os colmos de milho, ou a palha de aveia e de trigo são incorporados ao solo, deve-se aplicar nitrogênio adicional, se uma cultura vai ser plantada logo a seguir. Do contrário, esta cultura pode sofrer deficiência temporária de nitrogênio. Eventualmente, o nitrogênio imobilizado nos corpos dos organismos do solo torna-se disponível à medida que estes organismos morrem e se decompõem.

Para uma mesma quantidade de nutrientes requerida pelas plantas, necessita-se aplicar maior volume de esterco em relação ao adubo mineral, devido à baixa concentração em nutrientes do adubo orgânico. Além disso, grande parte dos nutrientes do esterco está na forma orgânica e necessitam ser mineralizados para se tornarem disponíveis às plantas.

Os índices de conversão que se representam o percentual médio de transformação da quantidade total dos nutrientes contidos nos adubos orgânicos que passa para a forma mineral nos sucessivos cultivos. Considera-se, a partir daí, que a fração mineralizada se comporta semelhantemente aos nutrientes oriundos de fertilizantes minerais. Portanto, eles passam a integrar as mesmas reações químicas dos íons já presentes no solo bem como dos provindos dos fertilizantes minerais, tais como insolubilização de fósforo, lixiviação de nitrogênio, etc.

Verifica-se que todo o potássio aplicado na forma orgânica comporta-se como mineral desde a aplicação, uma vez que ele não faz parte de nenhum composto orgânico estável; portanto, não precisa sofrer a ação dos microrganismos. Verifica-se, ainda, que 60% do P₂O₅ aplicado mineraliza no primeiro cultivo e, 20%, no segundo; o mesmo ocorre com o nitrogênio, nas taxas de 50% e 20% para os dois primeiros cultivos, respectivamente. No segundo cultivo, além do efeito residual do P e do K mineralizados no primeiro cultivo, estará disponível, aproximadamente, 20% dos totais tanto do N como do P₂O₅ aplicados por ocasião do primeiro cultivo. A partir do terceiro cultivo, a totalidade do N, P₂O₅ e K₂O aplicados na forma orgânica já se encontra mineralizada e a quantidade disponível nesse cultivo dependerá das doses aplicadas anteriormente e dos fatores que afetam o efeito residual de cada nutriente, avaliado na sua forma tradicional.

COLÓIDES e IONS DO SOLO

A medida que os solos são formados, durante os processos de intemperização, alguns minerais e a matéria orgânica são reduzidos a partículas extremamente pequenas. As mudanças químicas diminuem ainda mais estas partículas, até o ponto em que elas não podem ser vistas a olho nu. Estas partículas de menor tamanho são chamadas de "colóides".

Os cientistas aprenderam que os colóides minerais argilosos possuem estrutura semelhante a placas e são de natureza cristalina. Na maioria dos solos, os colóides argilosos excedem em quantidade os colóides orgânicos. Os colóides são os principais responsáveis pela atividade química dos solos.

O tipo de material de origem e o grau de intemperização determinam os tipos de argila presentes no solo. Uma vez que os colóides do solo são derivados destas argilas, sua atividade também é influenciada pelo material de origem e pela intemperização.

Cada colóide (argiloso ou orgânico) apresenta uma carga líquida negativa (-), desenvolvida durante o processo de formação. Isto significa que ele pode atrair e reter partículas com carga positiva (+), do mesmo modo que pólos diferentes de um ímã se atraem. Os colóides repelem outras partículas de carga negativa, da mesma forma que polos idênticos de um ímã se repelem.

Origem das cargas negativas devido a matéria orgânica

As cargas negativas no solo, que, em geral, superam as cargas positivas, são consideradas como originárias por exemplo de Dissociação do grupo OH⁻:

A presença do grupo OH nas bordas de um cristal da argila ou da matéria orgânica pode levar à dissociação do H⁺, havendo a formação de uma carga elétrica negativa.

As cargas oriundas da dissociação dos radicais orgânicos (carboxílicos, fenólicos, em geral) e minerais, principalmente óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, são chamadas de cargas dependentes do pH, pois, à medida que se eleva o pH, o seu aparecimento é favorecido. O mesmo

pode ocorrer pela desobstrução de cargas da matéria orgânica ocupadas por alumínio, ferro e manganês. É um processo que ocorre em função da calagem adequada dos solos ácidos.

- $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{+2} + \text{OH}^- + \text{CO}_2$
- $\text{R-COOH} + \text{OH}^- \rightarrow \text{R-COO}^- + \text{H}_2\text{O}$

Como visto, a carga negativa (-) do solo pode ser permanente ou variável. A carga variável, que depende do pH do solo, é muito importante para as condições da maioria dos solos brasileiros. Sob estas condições, as únicas formas de aumentar a carga negativa variável e, conseqüentemente, aumentar a capacidade de troca de cátions (CTC), é através da calagem (elevação do pH), manejo adequado dos restos culturais, adubação verde e adubação orgânica.

Balanco de cargas no solo

Muitos solos da região tropical apresentam também cargas positivas, muito embora na grande maioria predominem as cargas negativas, como explicado anteriormente. Mesmo em solos que apresentem um teor considerável de cargas elétricas positivas, a presença da matéria orgânica, cuja quase totalidade é formada por cargas negativas e dependentes de pH, leva a um balanço final de cargas negativas nas camadas superiores do solo. Isto não elimina a possibilidade de ocorrer em certos solos, nas camadas subsuperficiais, uma predominância de cargas positivas.

As cargas positivas do solo ocorrem pela protonação das hidroxilas (OH) dos óxidos de ferro e alumínio, em condições de pH extremamente baixos, (Lopes e Guidolin, 1989).

Os solos diferem na sua capacidade de retenção de K^+ trocável e de outros cátions. A CTC depende da quantidade e do tipo de argila e de matéria orgânica presentes. Por exemplo, um solo com alto teor de argila pode reter mais cátions trocáveis do que um solo com baixo teor de argila. A CTC também aumenta com o aumento no teor de matéria orgânica.

A CTC de um solo é expressa em termos de miliequivalentes por 100 gramas de solo e é escrita como meq/100g. A única razão pela qual isto é relatado é para mostrar a CTC relativa das argilas e da matéria orgânica. Geralmente os minerais de argila apresentam valores de CTC variando entre 10 e 150 meq/100g. A CTC de matéria orgânica varia de 100 a 250 meq/100g. Conseqüentemente, o tipo e a quantidade de argila e de matéria orgânica influenciam muito a CTC dos solos.

Nas regiões tropicais, inclusive em grandes áreas no Brasil, onde os solos são mais intemperizados, predominando argilas de baixa atividade e teor baixo a médio de matéria orgânica, os níveis de CTC são baixos. Em regiões onde ocorrem argilas do grupo 2:1 (menos intemperizadas) e os níveis de matéria orgânica são, usualmente, mais altos, valores da CTC podem ser, por natureza, bastante elevados.

Solos argilosos, com argilas de alta atividade, podem reter grandes quantidades de cátions. Solos arenosos, com baixo teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, baixa CTC, retêm somente pequenas quantidades de cátions, sendo, portanto, mais susceptíveis a perdas de nutrientes por lixiviação. Isto faz com que a época e as doses de fertilizantes a serem aplicadas sejam importantes ao se planejar um programa de adubação.

Solos com alta CTC, no Brasil, são muito mais uma exceção do que regra. Sob condições de baixa CTC, existe predisposição para as altas taxas de lixiviação, fazendo com que o parcelamento da adubação nitrogenada e, às vezes, da adubação potássica, sejam determinantes para aumentar a eficiência das adubações.

Deve-se ressaltar ser quase impossível determinar a contribuição individual dos componentes do solo, diferentes minerais de argila, óxidos e matéria orgânica, na CTC, já que estes materiais encontram-se intimamente associados, é possível, contudo, determinar a contribuição da matéria orgânica e da fração mineral.

Cabe destacar que desenvolvido em solos do Estado de São Paulo, a matéria orgânica, apesar de ocorrer em teores bem mais baixos que a fração argila, foi a principal responsável pela CTC, contribuindo com 56 a 82% do total de cargas elétricas negativas. Estes dados ressaltam a importância de um manejo adequado da matéria orgânica, quando se tem por meta um balanço eficiente de cátions no solo.

RETENÇÃO DE ANIONS NO SOLO

Os sais de sulfato podem ser retidos na superfície dos colóides do solo, e o íon sulfato pode ser fracamente retido por outros complexos nos quais são adsorvidos. A matéria orgânica algumas vezes desenvolve cargas positivas; quando isto acontece, o sulfato pode ser atraído por ela.

A retenção de sulfato, principalmente nas camadas sub-superficiais do solo, explica porque, algumas vezes, plantas cultivadas em solos deficientes em enxofre na camada de 0-20 cm, apresentam, no seu estágio inicial, deficiência deste nutriente, a qual desaparece quando as raízes atingem maior profundidade.

Este fato justifica a necessidade de se coletarem amostras de solo não somente na camada superficial, mas também nas camadas 20-40 cm e 40-60 cm, para uma correta avaliação do nível de disponibilidade de enxofre em uma gleba.

A baixa concentração de nutrientes, principalmente fósforo, nos esterco (exceção feita ao de aves), justifica, em certos casos, o seu enriquecimento com superfosfato simples (SS). Esta prática tem ainda a vantagem de reduzir as perdas de amônia, por volatilização, durante o processo de decomposição. Para isto, recomendam-se as seguintes doses (Lopes e Guimarães, 1989):

Esterco de curral com cama = 500 g de SS/animal/dia

Estábulo de engorda e aviário = 30 g de SS/m², 2 vezes por semana

Pocilgas = 100 - 150 g de SS/m², 2 vezes por semana

O principal fator determinante da quantidade de adubo orgânico a ser aplicada é a disponibilidade e a dificuldade de seu manejo. Como orientação básica, sugerem-se as seguintes quantidades (Lopes e Guimarães, 1989):

1. Aplicação em área total

- . Esterco de curral e compostos = 20 a 40 t/ha
- . Esterco de aves: 2 a 5 t/ha
- . Esterco líquido ou chorume = 30 a 90 m³/ha
- . Vinhaça de mosto de melão = 50 m³/ha
- . Vinhaça de mosto misto = 100 m³/ha
- . Vinhaça de mosto de calda = 150 m³/ha

2. Aplicação localizada (quando feita em covas ou sulcos de plantio).

- Culturas de grãos
 - . Esterco de curral e compostos = 10 a 20 t/ha
 - . Esterco de aves = 2 a 3 t/ha
- Horticultura
 - . Esterco de curral e composto = 30 a 50 t/ha
 - . Esterco de aves = 5 a 10 t/ha
- Covas em geral
 - . Esterco de curral e composto = 10 a 20 litros/cova

. Esterco de aves e tortas = 3 a 5 litros/cova

No caso de aplicações localizadas (sulcos e covas), deve-se misturar o adubo orgânico com a terra, com antecedência mínima de 15 a 20 dias ao plantio, procurando manter umidade suficiente no período.

Mesmo que a adubação orgânica não possa, em muitos casos, ser efetuada diretamente em larga escala, devem ser adotadas todas as práticas que possam contribuir para a manutenção da matéria orgânica do solo. A preservação, ou mesmo o aumento do teor de matéria orgânica do solo, são essenciais para a manutenção do processo produtivo da agricultura. É comum, quando áreas sob floresta ou mesmo sob cerrado são postas sob cultivo inadequado, observar-se a diminuição acentuada do teor de matéria orgânica com o passar dos anos. Com o manejo adequado, é possível não apenas reduzir-se a intensidade desse processo, mas até revertê-lo, levando a um aumento no teor de matéria orgânica com os anos de cultivo.

A preservação da matéria orgânica se faz através da combinação de várias técnicas de manejo:

- . Adubação mineral
- . Conservação do solo e da água
- . Adubação verde
- . Rotação de culturas
- . Consorciação de culturas
- . Manejo adequado dos restos culturais

A maioria dos solos encontrados no Brasil apresenta, sob condições naturais, teores médios a altos de matéria orgânica. Na região dos "cerrados", por exemplo, a seca prolongada (cerca de 6 meses), o pH ácido e a baixa disponibilidade de nutrientes reduzem a taxa de mineralização da matéria orgânica, permitindo uma acumulação relativa na camada superficial do solo. Entretanto, sob manejo inadequado e cultivo intensivo, notadamente nos solos arenosos, esta matéria orgânica pode ser reduzida a níveis baixíssimos em poucos anos.

Com fertilização adequada e boas práticas de manejo, mais resíduos de culturas são produzidos. Em cultivos de milho de alta produtividade, até 16 t/ha de resíduos podem ser deixadas no campo após a colheita dos grãos. Isto ajuda a manter ou aumentar os níveis de matéria orgânica nos solos. Estes resíduos são benéficos para as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, e devem ser incorporados regularmente para manter a produção das culturas. O ponto importante é manter quantidades suficientes de resíduos passando pelo solo.

A adubação verde ocupa, neste contexto, lugar de destaque, uma vez que, além de contribuir para a manutenção do nível de matéria orgânica no solo, atua como um importante mecanismo de fornecimento de nitrogênio às plantas, através da fixação biológica de nitrogênio, conforme discutido no Capítulo referente a nitrogênio.

Em algumas situações específicas, um melhor aproveitamento dos restos vegetais e dos estercos em uma propriedade agrícola pode ser feito através do preparo do "composto". De uma maneira geral, o processo de preparação do composto é bastante simples (Kiehl, 1985).

Alguns cuidados básicos a serem levados em consideração neste processo, estão relacionados aos seguintes pontos:

. Aeração: O material empilhado não deverá sofrer compactação excessiva e, periodicamente, deverá ser revolvido (a cada 15 dias).

. Umidade: O material em decomposição deverá estar sempre úmido, sem, entretanto, deixar escorrer água quando prensado.

. Temperatura: A melhor faixa de temperatura para a decomposição dos restos vegetais está entre 55 a 65°C. Isto pode ser constatado de maneira prática pela introdução de uma barra de ferro

no material empilhado a uma profundidade mínima de 50 cm. Esta, ao ser tocada com a mão, deve apresentar-se quente, mas, suportável.

INDICES DE CONVERSÃO DE NUTRIENTES (ORG. -- INORG.)

	1 ^o CULTIVO %	2 ^o CULTIVO %	3 ^o CULTIVO %1
N	50	20	-
P ₂ O ₅	60	20	-
K ₂ O	100	-	-

Cultivos em relação ao aproveitamento do fertilizante orgânico aplicado

ALGUNS NUTRIENTES ESSENCIAIS RELACIONADOS COM A MATÉRIA ORGÂNICA

ENXOFRE NO SOLO

O enxofre inorgânico do solo ocorre na forma de sulfato. Quantidades consideráveis de enxofre são retidas na matéria orgânica do solo. Na realidade, a matéria orgânica é uma fonte considerável de enxofre na maioria dos solos. Conseqüentemente, o teor de matéria orgânica e a velocidade de sua decomposição influenciam a quantidade de enxofre disponível para as plantas. O íon sulfato apresenta uma carga negativa. Conseqüentemente, ele não é atraído pela argila e pela matéria orgânica do solo, exceto sob certas condições. Ele permanece na solução do solo e movimenta-se com a água. Assim sendo, é facilmente lixiviado. Esta é a razão porque as camadas superficiais dos solos são, normalmente, pobres em enxofre. Os níveis de enxofre aumentam com a profundidade do solo.

Muitos solos brasileiros apresentam, nas camadas sub-superficiais, cargas positivas que podem adsorver quantidades apreciáveis de SO₄²⁻, embora a camada arável do solo apresente deficiência de enxofre.

Em alguns solos de regiões áridas, ocorre muito sulfato na forma de gesso, geralmente em associação com o carbonato de cálcio livre. As águas de irrigação em tais áreas também podem conter muito sulfato.

Para aumentar a eficiência do uso de fertilizantes contendo enxofre na agricultura brasileira deve-se levar em conta os seguintes aspectos:

1) Análise de solos. Embora a grande maioria dos trabalhos de calibração envolvendo métodos de extração;

2) Textura e matéria orgânica. Solos arenosos e com baixos teores de matéria orgânica são os mais prováveis de apresentar deficiências de enxofre. Esta predisposição é ainda mais acentuada em áreas sujeitas a queimadas anuais, como a região dos cerrados brasileiros com pastagens nativas.

RESUMO DE MANEJO MICRO

O uso eficiente de fertilizantes contendo micronutrientes ocupa, atualmente, lugar de destaque na agricultura brasileira, notadamente nas áreas de expansão da fronteira agrícola como nos cerrados. Entretanto, a eficiência destes fertilizantes somente pode ser atingida se os seguintes aspectos forem levados em consideração:

Fatores que afetam a disponibilidade de micronutrientes. Embora o conhecimento dos fatores que afetam a disponibilidade de nutrientes seja um dos instrumentos de diagnose mais importantes para

o uso eficiente dos fertilizantes, esse aspecto assume maior relevância ainda para os micronutrientes.

Solos arenosos e/ou argilosos mas com argilas de baixa atividade, baixos teores de matéria orgânica e baixa CTC, são mais propensos a apresentar problemas de deficiência de micronutrientes, principalmente zinco, cobre e boro. Quanto mais elevado for o valor do pH, menor a disponibilidade de zinco, cobre, ferro e manganês.

Detalhes dos fatores que afetam a disponibilidade de cada micronutriente, são apresentados a seguir (Lopes, 1984):

Boro:

- Matéria orgânica é uma importante fonte de boro para o solo. Sob condições de seca a decomposição desta diminui, liberando menos B para a solução do solo.

Cobre:

- Solos orgânicos são os mais prováveis de apresentar deficiência de cobre. Tais solos apresentam, em geral, abundância deste micronutriente, mas formam complexos tão estáveis com a matéria orgânica que somente pequenas quantidades são disponíveis para a cultura.

Manganês:

Solos orgânicos, pela formação de complexos muito estáveis entre matéria orgânica e manganês, tendem a apresentar problemas de deficiência.

Zinco:

Grandes quantidades de zinco podem ser "fixadas" pela fração orgânica do solo induzindo à deficiências. Este micronutriente pode ser, também, temporariamente imobilizado nos corpos dos microrganismos do solo, especialmente quando da aplicação de esterco.

AGRICULTURA ORGÂNICA EM PERSPECTIVA - A "agricultura orgânica" tem sido muito comentada. Os agricultores devem utilizar todos os resíduos orgânicos disponíveis: resíduos de culturas, esterco e lodos de esgoto. Todos os bons agricultores já são agricultores "orgânicos".

Todos os resíduos de culturas que não são usados devem permanecer na terra.

Os esterco produzidos na fazenda devem ser manipulados da melhor maneira para se evitarem perdas. Mas mesmo que todos os nutrientes dos esterco sejam reciclados, haverá uma perda líquida por causa da remoção pelos animais ou por seus produtos. Lembre-se de que o gado de corte está sendo concentrado em áreas cada vez menores e que os alimentos comprados trazem nutrientes adicionais. Dezenas de milhões de hectares que agora não estão sendo utilizados para a produção de gado não têm esterco disponível.

O uso de lodo de esgoto está aumentando. Mas se todo o lodo de esgoto nos EUA, por exemplo, fosse devolvido à terra, ele forneceria os nutrientes para as plantas somente para 1% da área plantada.

COMPOSIÇÃO DE ALGUNS ADUBOS VERDES (BASE SECO)

MATERIAL	Mat.Org %	N %	C/N	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
<i>Abacaxi: fibras</i>	71,4	0,9	44/1	traços	0,5
<i>Algodão: semente</i>	95,6	4,6	12/1	1,4	2,4
<i>Amoreira: folhas</i>	86,1	3,8	13/1	1,1	-
<i>Arroz: cascas</i>	54,5	0,8	39/1	0,6	0,5
<i>Arroz: palhas</i>	54,3	0,8	39/1	0,6	0,4
<i>Aveia: cascas</i>	85,0	0,7	63/1	0,1	0,5
<i>Aveia: palhas</i>	85,0	0,7	72/1	0,3	1,9
<i>Banana: talos de Cachos</i>	85,3	0,8	61/1	0,1	7,4
<i>Banana: folhas</i>	89,0	2,6	19/1	0,2	-
<i>Cacau: películas</i>	91,1	3,2	16/1	1,4	3,7
<i>Cacau: cascas do fruto</i>	88,7	1,3	38/1	0,4	2,5
<i>Café: cascas</i>	82,2	0,9	53/1	0,2	2,1
<i>Café: palhas</i>	93,1	1,4	38/1	0,3	2,0
<i>Café: semente</i>	92,8	3,3	16/1	0,4	1,7
<i>Capim gordura</i>	92,4	0,6	81/1	0,2	-
<i>Capim guiné</i>	88,7	1,5	33/1	0,3	-
<i>Capim jaraguá</i>	90,5	0,8	64/1	0,3	-
<i>Capim limão cidreira</i>	91,5	0,8	62/1	0,3	-
<i>Capim milhã roxo</i>	91,6	1,4	36/1	0,3	-
<i>Capim mimoso</i>	93,7	0,7	79/1	0,3	-
<i>Capim pé de galinha</i>	87,0	1,2	41/1	0,5	-
<i>Capim-de-Rhodes</i>	89,5	1,4	37/1	0,6	-
<i>Cassia alata: ramos</i>	93,6	3,5	15/1	1,1	2,8
<i>Cassia negra: cascas</i>	96,2	1,4	38/1	0,1	traços
<i>Centeio: cascas</i>	85,0	0,7	69/1	0,7	0,6
<i>Centeio: palhas</i>	85,0	0,5	100/1	0,3	1,0

(Base no material seco à 110° C)

(Fonte: Kiehl, 1985)

MATERIAL	Mat.Org %	N %	C/N	P₂O₅ %	K₂O %
<i>Cevada: cascas</i>	85,0	0,6	84/1	0,3	1,1
<i>Cevada: palhas</i>	85,0	0,7	63/1	0,2	1,3
<i>Crotalária jóncea</i>	91,4	1,9	26/1	0,4	1,8
<i>Eucalipto: resíduos</i>	77,6	2,8	15/1	0,3	1,5
<i>Feijão de porco</i>	88,5	2,5	19/1	0,5	2,4
<i>Feijão guandu</i>	95,9	1,8	29/1	0,6	1,1
<i>Feijão guandu: sementes</i>	96,7	3,6	15/1	0,8	1,9
<i>Feijoeiro: palhas</i>	94,7	1,6	32/1	0,3	1,9
<i>Gramma batatais</i>	90,8	1,4	36,1	0,4	-
<i>Gramma seda</i>	90,5	1,6	31/1	0,7	-
<i>Inga: folhas</i>	90,7	2,1	24/1	0,2	0,3
<i>Labe-labe</i>	88,5	4,6	11/1	2,1	-
<i>Lenheiro: resíduos</i>	39,9	0,7	30/1	0,6	0,4
<i>Mamona: cápsulas</i>	94,6	1,2	53/1	0,3	1,8
<i>Mandioca: cascas de raízes</i>	58,9	0,3	96/1	0,3	0,4
<i>Mandioca: folhas</i>	91,6	4,3	12/1	0,7	-
<i>Mandioca: ramos</i>	95,3	1,3	40/1	0,3	-
<i>Milho: palhas</i>	96,7	0,5	112/1	0,4	1,6
<i>Milho: sabugos</i>	45,2	0,5	101/1	0,2	0,9
<i>Mucuna preta</i>	90,7	2,2	22/1	0,6	3,0
<i>Mucuna preta: sementes</i>	95,3	3,9	14/1	1,0	1,4
<i>Samambaia</i>	95,9	0,5	109/1	traços	0,2
<i>Serrapilheira</i>	30,7	1,0	17/1	0,1	0,2
<i>Serragem de madeira</i>	93,4	0,1	865/1	traços	traços
<i>Trigo: cascas</i>	85,0	0,8	56/1	0,5	1,0
<i>Trigo: palhas</i>	92,4	0,7	70/1	0,1	1,3
<i>Tungue: cascas das sementes</i>	85,2	0,7	64/1	0,2	7,4

(Base no material seco a 110°C)

(Fonte: Kiehl, 1985)

COMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS (BASE SECO)

Material	M.O. %	N %	C/N	P₂O₅ %	K₂O %
<i>Algodão: resíduo de máquina</i>	96,3	1,9	27/1	1,0	1,7
<i>Algodão: resíduo "piolho"</i>	81,8	2,2	21/1	0,9	2,1
<i>Algodão: resíduo de sementes</i>	96,1	1,0	50/1	0,2	0,8
<i>Bicho-da-seda: crisálidas</i>	91,1	9,4	5/1	1,4	0,7
<i>Bicho-da-seda: dejeções</i>	82,1	2,7	17/1	0,6	3,6
<i>Café: borra de café solúvel</i>	90,4	2,3	22/1	0,4	1,2
<i>Cajú: cascas da castanha</i>	98,0	0,7	74/1	0,2	0,6
<i>Cana-de-açúcar: bagaço</i>	71,4	1,0	37/1	0,2	0,9
<i>Cana: bagacinho</i>	87,1	1,0	44/1	0,1	0,1
<i>Cana: bagacinho embebido</i>	89,9	1,7	29/1	0,3	1,7
<i>Cana: borra de restilo</i>	78,8	3,0	14/1	0,5	1,0
<i>Cevada: bagaço</i>	95,0	5,1	10/1	1,3	0,1
<i>Couro: em pó</i>	92,0	8,7	5/1	0,2	0,4
<i>Fumo: resíduo</i>	70,9	2,1	18/1	0,5	2,7
<i>Laranja: bagaço</i>	22,5	0,7	18/1	0,1	0,4
<i>Lúpulo: bagaço</i>	47,8	1,6	16/1	1,3	0,8
<i>Mandioca: raspas</i>	96,0	0,5	107/1	0,2	1,2
<i>Penas de galinha</i>	88,2	13,5	4/1	0,5	0,3
<i>Rami: resíduo</i>	60,6	3,2	11/1	3,6	4,0
<i>Resíduo de cervejaria</i>	95,8	4,4	12/1	0,5	0,1
<i>Sangue seco</i>	84,9	11,8	4/1	1,2	0,7
<i>Tomate: semente (torta)</i>	94,3	5,3	10/1	2,0	2,3
<i>Torta de algodão</i>	92,4	5,6	9/1	2,1	1,3
<i>Torta de coco</i>	94,5	4,3	11/1	2,4	3,1
<i>Torta de mamona</i>	92,2	5,4	10/1	1,9	1,5
<i>Torta de soja</i>	78,4	6,5	7/1	0,5	1,5
<i>Torta de usina de cana</i>	78,7	2,1	20/1	2,3	1,2
<i>Turfa</i>	38,8	0,3	57/1	-	0,3

(Fonte: Kiehl, 1985)

COMPOSIÇÃO DE ESTERCOS ANIMAIS (BASE MATÉRIA SECA)

Adubo	Mat. Org. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	Relação C/N
<i>Esterco de bovinos</i>	57	1,7	0,9	1,4	32/1
<i>Esterco de equinos</i>	46	1,4	0,5	1,7	18/1
<i>Esterco de suínos</i>	53	1,9	0,7	0,4	16/1
<i>Esterco de ovinos</i>	65	1,4	1,0	2,0	32/1
<i>Esterco de aves</i>	50	3,0	3,0	2,0	11/1
<i>Composto orgânico</i>	31	1,4	1,4	0,8	-
<i>Resíduo urbano</i>	29	1,4	0,2	1,0	-

(Fonte: Adaptação de Kiehl, 1985 e Lopes, 1989)

COMPOSIÇÃO DE ALGUMAS VINHAÇAS E CHORUME

Tipo	pH	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mat.Org.
<i>Vinhaça de:</i>	-	Kg/m ³	Kg/m ³	Kg/m ³	-
<i>Mosto de melação</i>	4,2	0,8	0,2	6,0	49
<i>Mosto misto</i>	3,6	0,5	0,2	3,1	24
<i>Mosto de caldo</i>	4,0	0,3	0,2	1,5	31
<i>Chorume (esterco líquido)</i>	-	4,0	4,0	2,5	-

(Fonte: Adaptado de Lopes e Guimarães, 1989 e Lopes, 1989)

ESPÉCIES UTILIZADAS COMO ADUBOS VERDES

Espécie	Ciclo até a floração	Biomassa verde	Biomassa seca
	dias	----- t ha ⁻¹ /ano -----	
<i>Caupi</i>	-	18	5
<i>Centrosema</i>	-	-	-
<i>Crotalaria juncea</i>	120	16 - 54	10 - 16
<i>Crotalaria paulinea</i>	131	37 - 42	7
<i>Feijão baiano</i>	-	-	4
<i>Feijão de porco</i>	80 a 90	18 - 30	6 - 10
<i>Guandu</i>	180 a 210	9 - 33	5 - 12
<i>Kudsu-tropical</i>	-	-	-
<i>Labe-Labe</i>	120 a 140	7 - 44	5 - 10
<i>Leucena</i>	Perene	-	7-9-10-16
<i>Mucuna-anã</i>	80 a 90	35	-
<i>Mucuna-preta</i>	150	10 - 30	7
<i>Siratiro</i>	-	20	-
<i>Soja Ootoan</i>	120	15	4
<i>Soja perene</i>	-	-	8 - 10
<i>Stilosantes</i>	-	32	3 - 11

REFERENCIAS:

- EMBRAPA-SNLCS. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Definição e notação de horizontes e camadas do solo. 2.ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA/SNLCS, 1988. 54p. (Documentos, 3).
- GOEDERT, W.J. E SOUSA, D.M.G. Uso eficiente de fertilizante fosfatados. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984, Anais... Brasília, EMBRAPA-DEP, 1984. p.255-89
- KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba, Editora Agronômica Ceres Ltda, 1985. 492p.
- LOPES, A.S. E GUIMARÃES, P.T.G. (coord.) Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 4ª aproximação. Lavras, CFSEMG. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1989. 176p.
- LOPES, A.S. Uso eficiente de fertilizantes com micronutrientes. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Brasília, 1984. Anais... Brasília, EMBRAPA-DEP, 1984. p.347-82.
- LOPES, A.S. E GUIDOLIN, J.A. Interpretação de análise de solo: conceitos e aplicações. 2.ed. São Paulo, ANDA, 1989. 50p. (Boletim Técnico, 2).
- LOPES, A.S. E GUILHERME, L.R.G. Plant nutrition problems and management in rain dependent food crop production in cerrado region of Brazil. Palestra apresentada em FAO/FIAC Working Party on the Economics of Fertilizer Use, Roma, Itália, 10 a 15/abril/1989a. 29p. (mimeo).
- RAIJ, B. VAN. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato : Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.
- SIQUEIRA, J.O. E FRANCO, A.A. Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas. Brasília, MEC/ABEAS/ESAL/FAEPE, 1988. 236p.
- Encontro sobre Matéria Orgânica do solo Problemas e Soluções; (1992: Botucatu, S.P.) Anais / Editado por Irae Amaral Guerrini e Leonardo Theodoro Bull. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1992. 203 p.