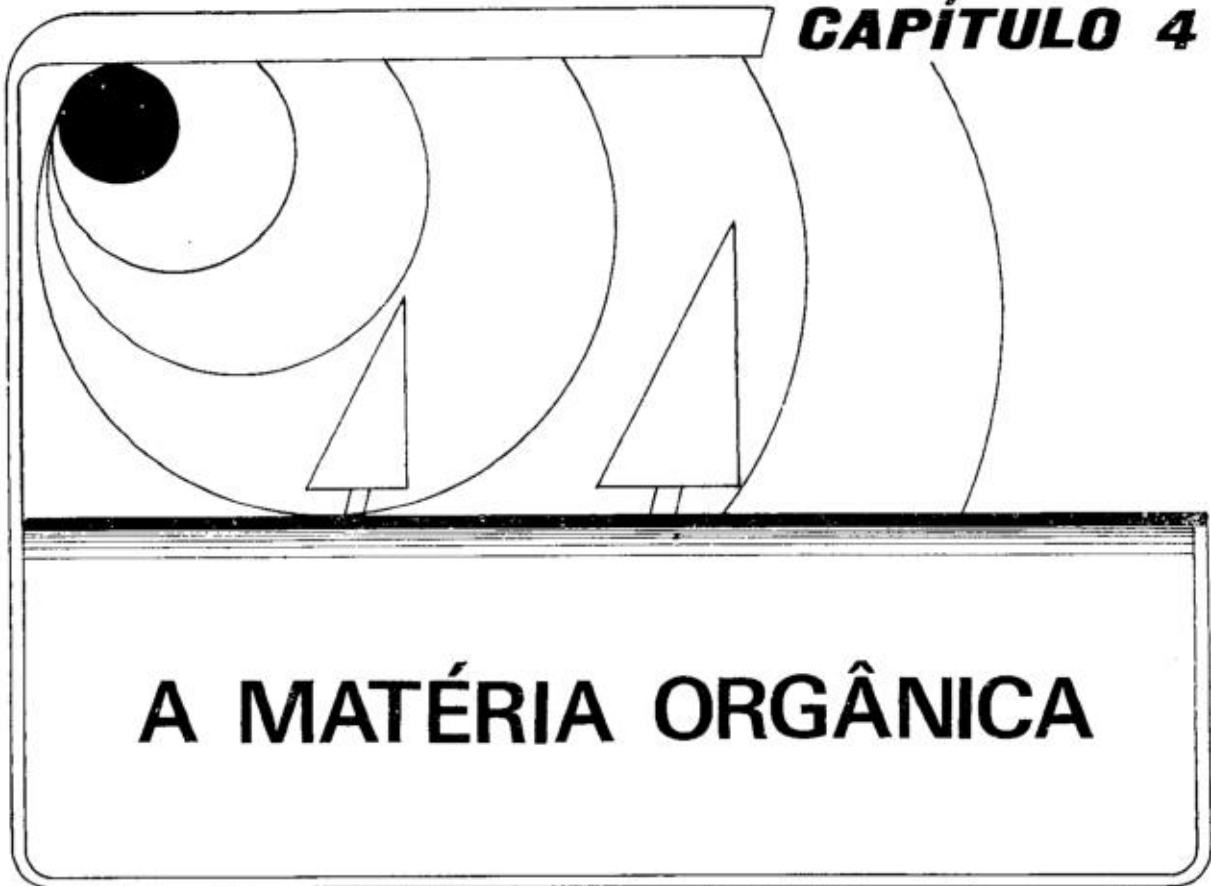




A MATÉRIA ORGÂNICA

CONCEITO E EFEITO

Sabe-se que a matéria orgânica é indispensável para a manutenção da micro e mesovida do solo. E não há dúvida que a bioestrutura e toda produtividade do solo se baseia na presença de matéria orgânica em decomposição ou humificada. Mas, mesmo assim, o conceito de matéria orgânica é, geralmente, bastante vago.

Que é matéria orgânica? Matéria orgânica é toda substância morta no solo, quer provenha de plantas, microrganismos, excreções animais (da fauna terrícola) quer da meso e macro fauna morta.

Raízes vivas não constituem matéria orgânica como também não a caça que vive em cima do solo. Por outro lado, não somente o húmus é matéria orgânica e nem toda matéria orgânica é húmus!

A noção errada difundida sobre matéria orgânica se deve ao modo de analisá-la, determinando o teor em carbono de um solo, supondo-se que este, em sua integridade, representasse húmus, ácidos húmicos e humatos. Conclui-se, portanto, que sempre deve ser de alto valor para o solo. Mas, como nas zonas tropicais justamente os solos com maior acumulação de matéria orgânica e maior teor em carbono quase sempre são os piores para a agricultura, conclui-se que matéria orgânica não tem valor para os solos tropicais e subtropicais, aos quais nem consegue dar cor escura, (97) resultado da formação de melaninas e fenóis na decomposição de matéria orgânica por fungos.

No máximo, admite-se que a matéria orgânica tenha alguma importância no fornecimento de nitrogênio às plantas, embora, não sendo fonte primária, mas sim, em sua maioria, vegetais mortos, estes deveriam ter recebido o nitrogênio de alguma fonte. Em campos de arroz irrigado não existe relação entre o teor de matéria

orgânica e o nitrogênio à disposição das plantas, e nos solos de culturas de sequeiro a relação é pequena.

A matéria orgânica do solo, possuindo em média 58% de carbono (por isso o valor de conversão de 1,72) existe em parte como folhas e raízes mortas, em parte como produtos intermediários de decomposição como ácidos poliurônicos e, em parte, às vezes, como substâncias húmicas.

Decompondo-se o húmus, perde-se a estrutura do solo, decompondo-se os restos vegetais, forma-se a estrutura durante a primeira fase de decomposição. O que possui força agregante neste caso, não é húmus mas o produto intermediário da decomposição bacteriana, os ácidos poliurônicos, um produto incolor a esbranquiçado, incapaz de "dar cor" ao solo, (97) mas capaz de floculá-lo. (67)

É óbvio que a simples avaliação do teor de carbono no solo não nos pode dar informação alguma sobre o efeito que terá sobre suas propriedades físicas. (55)

CONDIÇÕES SOB AS QUAIS O HÚMUS SE FORMA

Como em clima temperado a maior fração de matéria orgânica se encontra na forma humificada, devido à decomposição muito vagarosa nestas latitudes, tomou-se por certo que o húmus teria de acumular-se em qualquer solo no mundo inteiro, o que, infelizmente, não é verdade. Assim, nos solos tropicais uma concentração maior de "húmus" indica condições deficientes de decomposição, como clima frio, acidez elevada no solo, falta de umidade etc.

Por muito tempo soube-se somente que o húmus era uma substância marrom escura, friável, mais ou menos rica em nitrogênio, cálcio e fósforo e que se formava de restos orgânicos sem, porém, apresentar a estrutura destes.

Mais tarde descobriu-se que eram especialmente ligninas que davam origem ao húmus, por serem de decomposição difícil e por isso mais lenta, dependendo da ação de fungos e actinomicetos. Acumularam-se no solo. (10)

Ligninas sempre são decompostas, no primeiro estágio por fungos e actinomicetos, que são os únicos que conseguem romper os ciclos estruturais muito complexos. Estes fungos, como o *Epicoccum nigrum* também produzem a cor escura, típica dos fenóis e melaninas. (30, 36, 62)

Em meio semi-aeróbico a decomposição continua por fungos. Em condições aeróbicas e clima suficientemente quente, é continuada por bactérias. Estes são decompositores muito eficientes, não restando mais nada além de CO₂, água e minerais. Por isso distingue-se entre "húmus de consumo" ou matéria orgânica facilmente decomponível e "húmus de reserva", a matéria orgânica de difícil decomposição e portanto de acumulação no solo. (91)

Há uma diferença muito grande entre matéria orgânica decomponível e matéria orgânica humificada. O húmus é um produto de decomposição parcial com posterior síntese. Quando formado em solo com pH acima de 5,6, é uma substância agregadora de grumos. Quando é decomposto, decompõem-se as ligas orgânicas entre as partículas do solo e, portanto, a estrutura biológica decai por se desmancharem os agregados maiores. O solo torna-se amorfo. A perda do húmus é, portanto, a perda da bioestrutura do solo e, com isso, a perda de grande parcela de sua produtividade. (3, 82, 86, 91)

A palha e qualquer matéria orgânica morta, mas ainda intacta, não tem efeito sobre a estrutura do solo. Somente durante a sua decomposição é que se formam

substâncias agregantes e estabilizantes para os grumos, e especialmente os ácidos poliurônicos, produzidos por *Cytophagas*, exercem efeito grande. (67, 99)

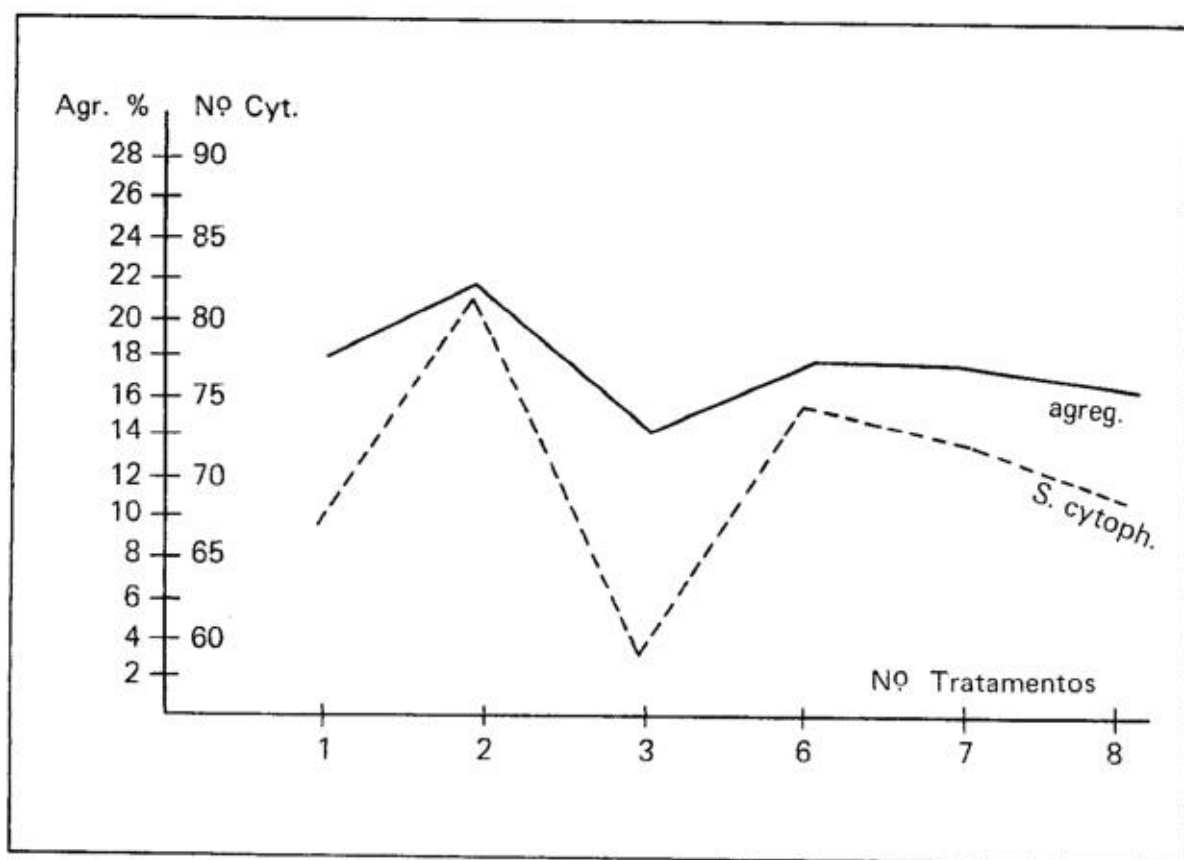


Fig. 4.1 Relação entre número de *Sporocytophagas* e de agregados estáveis à água de um solo. (Primavesi, 1973)

Verifica-se na fig. 4.1 que existe uma correlação entre número de bactérias *Cytophagas* e os grumos do solo, embora mais importante que o número das bactérias seja sua atividade, que, por sua vez, depende de sua nutrição anterior.

Quanto mais intensa for a decomposição do material vegetal morto, tanto maior será seu efeito agregante sobre o solo. É por isso que estrume de curral curtido, bem como composto, não têm o mesmo efeito agregante que palha adicionada ao solo. (57, 104) Portanto, quanto maior a decomposição dos restos vegetais e quanto mais ativa a formação de substâncias intermediárias de decomposição, tanto maior o efeito sobre a estrutura do solo e tanto mais benéfico serão. A diferença fundamental entre húmus e restos orgânicos é que húmus já constitui um produto intermediário de decomposição, enquanto nos restos vegetais estes ainda devem ser produzidos. (fig. 4.2)

Quando, graças à ação de bactérias, diminui a quantidade de matéria orgânica ainda indecomposta, o efeito sobre o solo é benéfico. Quando diminui a quantidade de matéria já humificada, o efeito é maléfico, como mostra a figura 4.2.

A diminuição do valor de carbono num solo não é capaz de informar sobre o efeito. E não é raro que se conclua: "diminuiu a matéria orgânica e aumentou a colheita, então a matéria orgânica não é necessária." Mas sabe-se que tipo de matéria orgânica existia no solo? Não era palha ou raízes durante cuja decomposição se produziram ácidos poliurônicos?

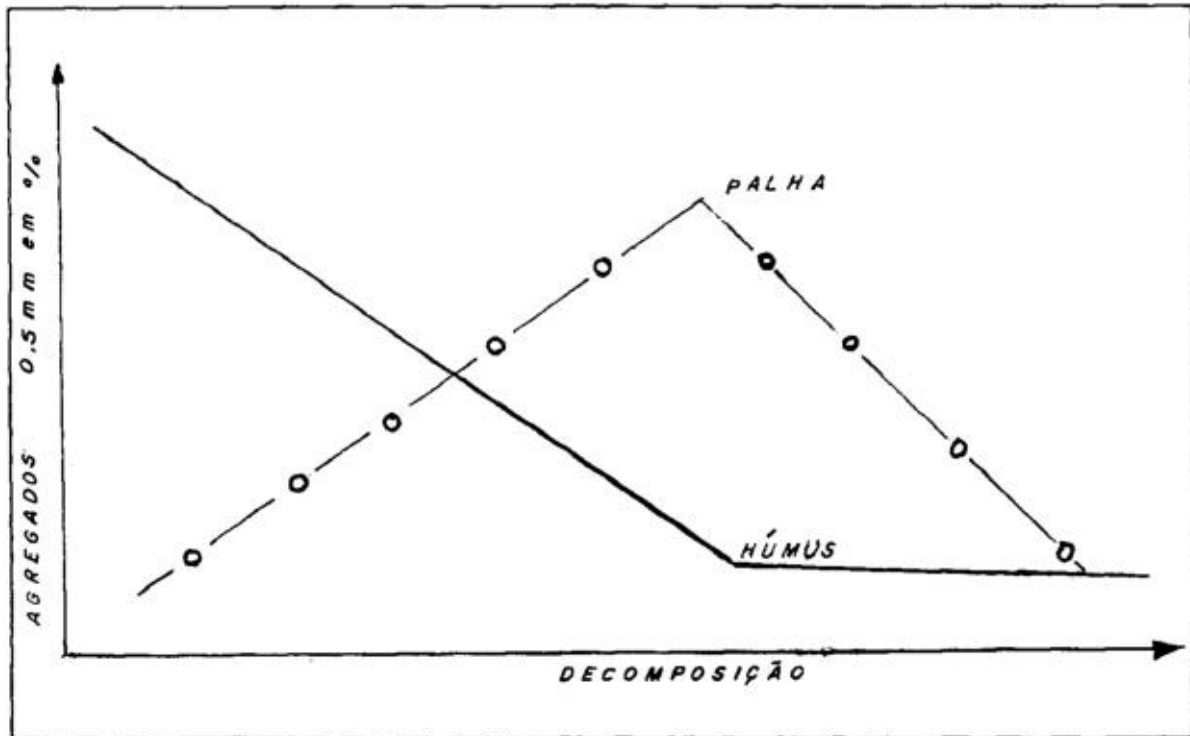


Fig. 4.2 Efeito da decomposição de palha e de húmus sobre a bioestrutura do solo. (Primavesi, 1973)

Se faltarem as bactérias na decomposição, como ocorre nos solos nativos pastoris e florestais, especialmente em clima pouco quente e subúmido, então ocorre a acumulação de húmus em grande escala, como provam os famosos Chernozem do Sul da Rússia. (56) As substâncias chamadas de ácidos húmicos não são solúveis na água, mas de decomposição relativamente fácil. Porém, se estes secarem num clima intensamente frio, com temperaturas muito abaixo de 0°C, então formam-se huminas, (99) que são substâncias extremamente estáveis, uma vez que o processo é irreversível. Destas huminas afirma-se que permanecem no solo durante milênios (55, 73, 94) e que após 3000 anos ainda foram encontradas intatas no solo, como prova Kononova, (1961). Desta forma contribuem eficazmente para a manutenção da estrutura do solo, porque são quase indestrutíveis, apesar de que também se conseguiu destruir as terras pretas da Rússia, através de uma agricultura irracional. (54)

Nem podemos cogitar desta forma de húmus nos países tropicais e subtropicais, porque falta a condição básica: o frio intenso e seco. (50)

Em solos agrícolas no clima tropical e subtropical, onde predominam bactérias aeróbias com sua atividade intensa, a formação de húmus, é quase impossível. (82) Com isso teríamos um dilema muito grande: o húmus acumulado em solo nativo tropical e subtropical, seja ele pastagem ou floresta, oscila, segundo a textura do solo e o clima local, entre 3 e 6%. (20, 103, 105) Em 1 a 3 anos este húmus seria gasto (76) pelo cultivo, ou melhor, pelas condições que reinam num solo cultivado. Como a perda de húmus significa a perda da produtividade do solo, isso significaria a necessidade de abandono do solo por oito a vinte anos, para haver nova acumulação de húmus. É este o sistema de agricultura nômade praticado em todas as zonas tropicais. (14, 38, 76, 99) Porém, se desistirmos de produzir húmus e nos contentarmos em manter a estrutura do solo, que, segundo Primavesi, Russell e Bayer, é o

mais importante, então teríamos a possibilidade de recorrer somente a uma aplicação periódica de palha ao solo, para fornecer material vegetal decomponível e conseguir a produção contínua de substâncias agregantes (66, 67). (Vide capít. IX)

RESUMO

Húmus não se forma nas terras agrícolas tropicais e subtropicais por causa da “mobilização” de sua microvida. A produção dirigida e periódica de substâncias agregantes é, portanto, o único meio de manter a produtividade destes solos. (67, 82, 99, 100)

Em solos pastoris e, em menor escala, em solos florestais tropicais e subtropicais acumula-se húmus. (40) Nas pastagens, porém, somente há acumulação de húmus quando racionalmente manejadas sem as queimadas periódicas costumeiras. Em terras de cultura manejada em “não lavração” e com retorno de matéria orgânica, acumula-se húmus.

FORMAS E VALOR DO HÚMUS

Ficou evidente que nem toda matéria orgânica é húmus, e que nem todo húmus é igual, considerando-se, por enquanto, somente a influência do clima. Porém, a influência do lugar em que se forma é muito maior. (59)

Os fatores mais decisivos na formação de húmus são:

1. a vegetação de cujos restos se forma; (45, 60)
2. o clima reinante; (16)
3. a riqueza ou pobreza mineral do solo; (96)
4. o pH do solo; (51, 56)
5. os microrganismos ativos na decomposição; (43, 84)
6. o manejo do solo pelo homem (68).

INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO

Sabemos que cada planta absorve elementos distintos. Ela pode ser mais rica em amidos e proteínas, como as leguminosas, ou mais rica em celulose e ligninas como capins e especialmente as raízes destes. Pode ser mais ou menos silicosa, mais ou menos pobre em cálcio, sendo, por exemplo, a barba-de-bode (*Aristida pal-lens*) ou rabo-de-burro (*Andropogon sp.*) plantas extremamente pobres em cálcio. Por outro lado, a maioria das leguminosas é considerada rica em cálcio como também muitas ervas nativas de pastagem, como tanchagem (*Plantago maior*) e outras. (68, 79)

Há plantas que mobilizam e acumulam certos minerais e outras que se contentam com um ambiente pobre, crescendo com um mínimo de substâncias nutritivas, num ciclo vegetativo muito curto. (1)

Como a decomposição é feita por microrganismos, e estes possuem cada qual exigências muito específicas à sua nutrição, é lógico que cada tipo de vegetação também tenha o seu tipo de microrganismos que a decompõem. Mas, como cada microrganismo produz substâncias intermediárias distintas na decomposição, as substâncias que formam o húmus também são as mais variadas. (8, 46, 52) (Vide capítulo VI)

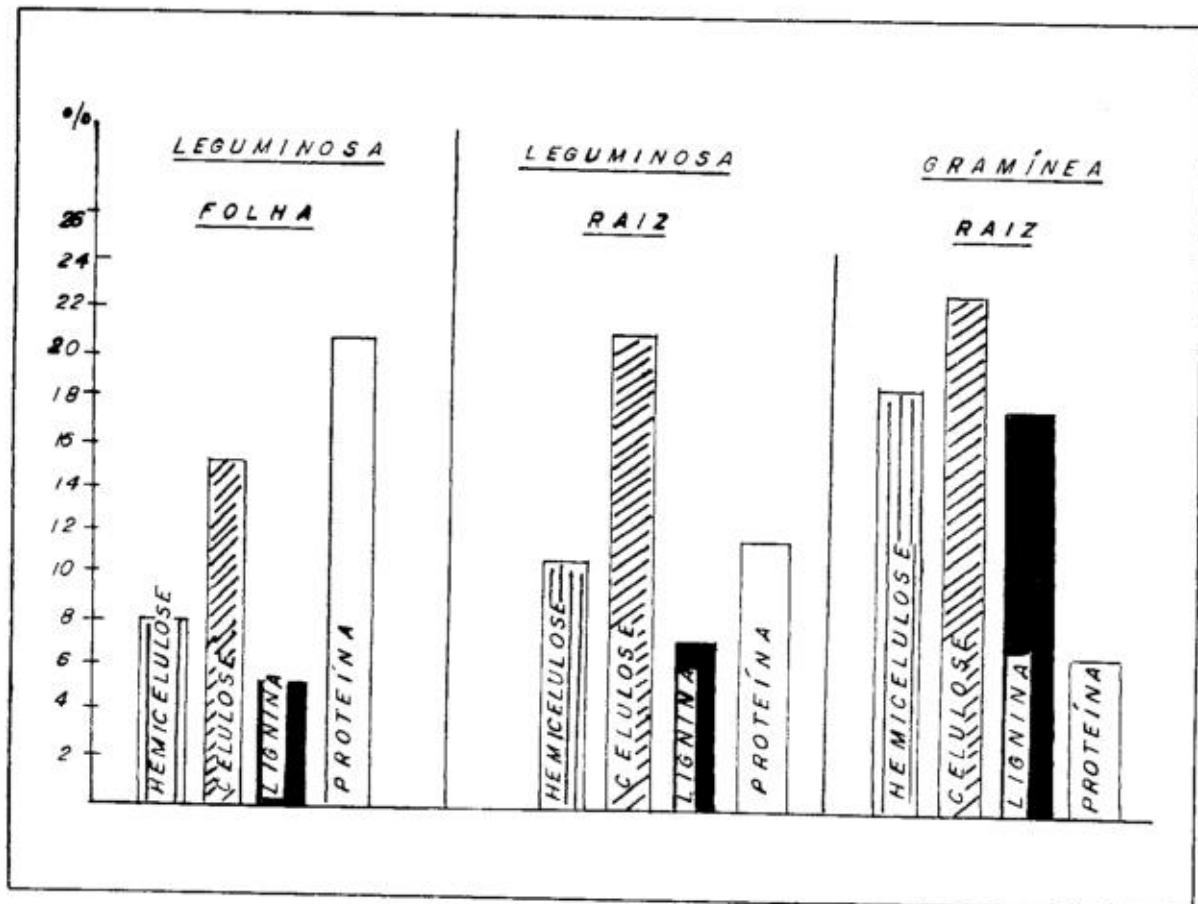


Fig. 4.3 Composição de folhas e raízes e seu potencial para a formação de húmus. (Tyurin, 1965)

Sabe-se que somente material de decomposição difícil pode fornecer húmus. Enquanto a folha de leguminosa é material rico em proteínas e, portanto, de fácil decomposição, a raiz de gramíneas (capins) é muito rica em lignina e, portanto, de decomposição mais difícil, podendo fornecer húmus, quando a decomposição ocorrer em meio semi-aeróbio. (fig. 4.3)

Também a folha e a raiz fornecem produtos diferentes, não somente por causa do arejamento diferente do lugar de decomposição, mas especialmente por causa do maior teor em lignina da raiz.

Enquanto a folha contém 5,5 a 9,0% de lignina, na raiz esta ascende até 20%, como, por exemplo, no caso dos capins. (55)

As substâncias de fácil decomposição são atacadas primeiro e, geralmente, rapidamente decompostas até gás carbônico, água e minerais. Uma adubação verde de leguminosas possui pouca possibilidade de permanecer no solo além de 6 semanas. Portanto, não pode ser considerada como um enriquecimento do solo em matéria orgânica mas simplesmente uma adubação nitrogenada, uma vez que seu teor em nitrogênio é alto.

Por outro lado, gramíneas forrageiras, especialmente quando podem desenvolver livremente suas raízes, são a maneira mais segura de enriquecer o solo com substâncias húmicas. (40)

A velocidade de decomposição não somente depende do arejamento e do número e atividade das bactérias, mas também da composição do material a ser decomposto e sua relação C/N. (83, 94)

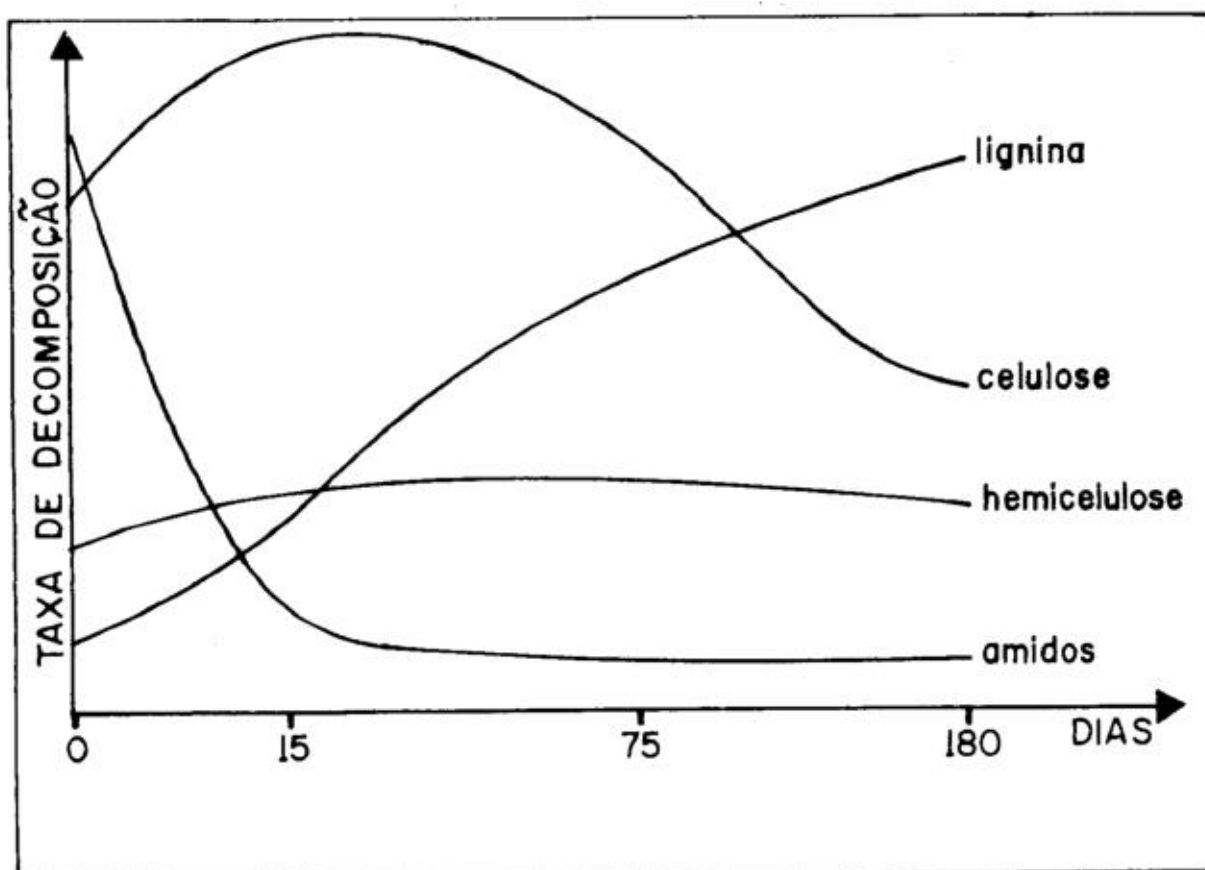


Fig. 4.4 Velocidade de decomposição das diversas frações de uma raiz de leguminosa. (Kononova, 1961)

Amidos e proteínas são os primeiros a serem decompostos, seguidos de celulose. A lignina sempre é de decomposição mais lenta por ser de estrutura química mais complexa. (fig. 4.4)

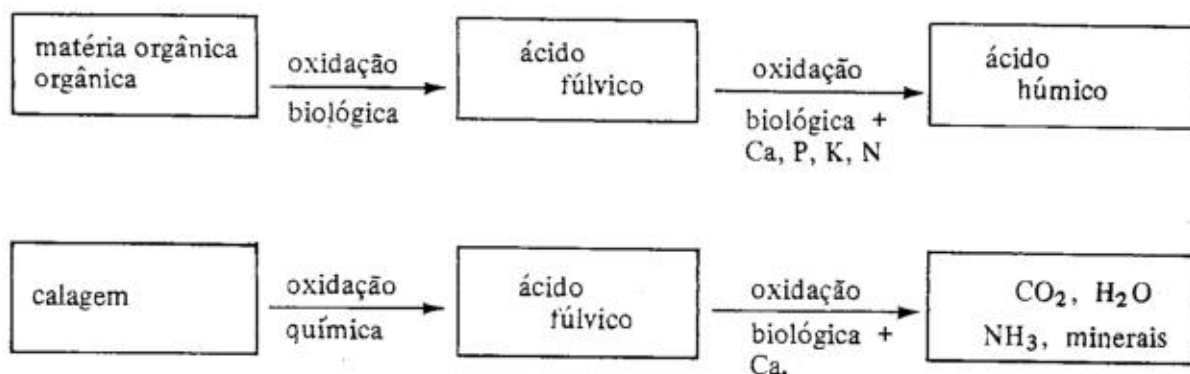
O pH

O pH é muito importante, não porque tenha efeito direto sobre a formação de húmus, mas por causa de seu efeito indireto sobre a concentração de elementos nutritivos à disposição do vegetal e à atividade da microvida.

O pH é responsável pelas diversas frações de húmus, que possuem efeito completamente diferente sobre o solo. (18) Formam-se:

em pH < 5,6	especialmente ácidos fúlvicos;
pH 5,6 a 6,8	predominantemente ácidos húmicos;
pH > 7,3	ácidos fúlvicos oriundos da degradação dos ácidos húmicos (Scheffer, 1956).

Isso se explica pelo fato de que em solos ácidos e pobres não há condições de uma vida microrgânica conveniente, faltando, pois, a continuação da oxidação que, daqui em diante, depende da presença de cálcio e fósforo como mostra o quadro 4.1. Mas, em solo alcalino, onde as condições de microvida se tornam novamente precárias, ocorre a oxidação puramente química dos ácidos húmicos, formando novamente ácidos fúlvicos que, finalmente, são mineralizados por bactérias. (56, 96)

Quadro 4.1 *Processo de humificação até a decomposição completa (Tyurin, 1946)*

Isto significa que em solos pobres o húmus será pobre, e em solos ricos será bom, mas em solos salinos será pobre novamente.

Sem cálcio e fósforo não pode formar-se um húmus de boa qualidade, mas, com excesso de cálcio, como pode ocorrer após uma calagem forte, onde o pH, inicialmente, sobe até 8,3, os ácidos húmicos do solo são degradados para ácidos fúlvicos que são tidos como um dos mais poderosos agentes na lixiviação do solo.

Uma calagem pode, portanto salvar a produtividade do solo ou destruí-la conforme a quantidade que for aplicada. (Vide capítulo VIII)

ÁCIDOS FÚLVICOS

Os ácidos fúlvicos não se formam somente em solos ácidos, mas em todos os solos onde as condições para a vida microorgânica são precárias. Assim, também em altitudes acima de 1 000 m sobre o nível do mar, onde o clima é frio, se formam quase que exclusivamente ácidos fúlvicos, como também em todos os solos alagados ou anaeróbios. (16, 56, 61)

Os ácidos fúlvicos, com sua estrutura simples e tamanho pequeno (2Å) entram facilmente nos interstícios da rede cristalina das argilas, mobilizando ferro e alumínio, que se tornam "troçáveis". (58) Mobilizam igualmente o cálcio e o magnésio com que se ligam. Mas, como os fulvatos, isto é, os sais de ácidos fúlvicos, são muito móveis e completamente hidrossolúveis, percolam com facilidade o solo. Portanto, o lixiviam e empobrecem onde aparecem. (45, 69) Por outro lado acumula-se húmus ácido ou "moor" em todos os solos que carecem de uma microvida adequada, e onde, portanto, falta a continuação da formação de húmus. Ácidos fúlvicos reconhecem-se facilmente porque tingem a água escura quando a terra for agitada com água. Também o "Rio Negro" na Amazônia tem suas águas tingidas por ácidos fúlvicos (até 263 mmhos).

Em clima tropical e subtropical esta acumulação de ácidos fúlvicos, devida à falta de decomposição, ocorre somente em solos muito ácidos ou nas serras, como em Campos de Jordão, ou na Serra Geral no Rio Grande do Sul.

Quando ocorrem teores maiores que 6% de matéria orgânica num solo, deve-se desconfiar tratar-se de húmus ácido que não representa um fator de melhoramento do solo mas de empobrecimento. Esta é a razão por que muitos acreditam que húmus, em nosso clima, não seria necessário e seria até prejudicial.

ÁCIDOS HÚMICOS

O ácido húmico é o produto de um processo oxidativo continuado em presença de cálcio, potássio, fósforo e micronutrientes. O material que resulta é enriquecido por estes elementos mais o nitrogênio fixado do ar, ocorrendo no húmus *mull* em quantidade muito maior do que no material vegetal original (vide capítulo VI).

Não são solúveis em água e têm uma estrutura grande e complexa (8 Å). Não entram nas estruturas das argilas, mas ligam-nas por suas eletrovalências negativas, quando as argilas estão cobertas por camadas de cátions positivos de duas ou três eletrovalências, como, por exemplo, o alumínio, ferro, cálcio e magnésio. Eles servem, pois, de “ponte de ligação” entre as partículas de argila. (49, 89) (fig. 4.5)

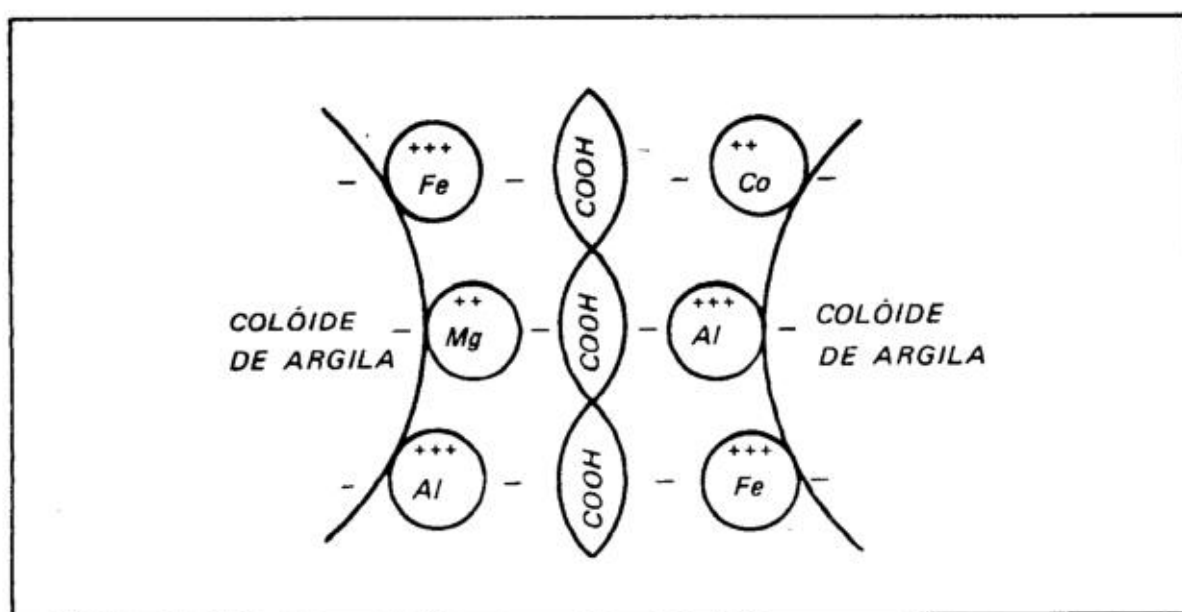


Fig. 4.5 Esquema de agregação de argila por matéria orgânica

Porém, esta ligação somente ocorre quando a argila é saturada com cátions positivos, como acima mencionados. Se não é saturada, suas eletrovalências negativas repulsam as negativas dos ácidos húmicos e o efeito não é uma agregação, mas, sim, uma dispersão do solo (79). O ácido húmico por si não tem um efeito agregante. Este efeito depende da película que encobre a argila. Portanto, os oxissolos tropicais, isto é, os solos de argilas vermelhas, ricos em ferro e alumínio, possuem uma agregação natural extremamente boa, sendo a estrutura do solo “tropical” facilmente estabelecida. (88) A famosa Terra Roxa legítima tem uma estrutura tão estável que resiste a dezenas de anos de cultivo.

Por outro lado, em zonas tropicais, a calagem somente beneficia a agregação de solos quando não contiverem óxidos de ferro em maior quantidade. (107) E cada lavrador sabe que terras vermelhas “são mais secas” por sua maior porosidade e permeabilidade. (35)

Mas, os ácidos húmicos não somente ligam as argilas, eles são parcialmente adsorvidos por estas, de modo que formam um *complexo humo-argiloso* de boa estabilidade que dificilmente será destruída. (39) Portanto, cada solo, conforme seu teor em argila, possui um nível mínimo de matéria orgânica e que praticamente não per-

de. (79) Este mínimo de matéria orgânica é aproximadamente 0,3% para cada 10% de argila. (79) Assim, um solo de 70% de argila possui um mínimo entre 2,1 e 2,5% de matéria orgânica, incluindo-se as substâncias orgânicas excretadas por raízes, microrganismos e mesofauna. Isso deu origem à crença que técnica alguma pudesse animar a decomposição de húmus e portanto nunca poderia ser prejudicial, uma vez que o húmus não baixava mais. Esqueceu-se, porém, que o mínimo de húmus é insuficiente para manter a estrutura grumosa e um nível satisfatório de produção que garante o efeito adequado de uma adubação. (64) Miyasaka (1967) mostra isso na cultura do feijoeiro.

Quadro 4.2 *Diversas formas de adubação orgânica e seu efeito sobre a adubação comercial. (Miyasaka, 1967)*

tratamento	colheita Kg/ha com		
	P	NP	PK
folhas de café no sulco 125 m ³ /ha, (dose 1)	2063	2375	1750
folhas de café no sulco 250 m ³ /ha, (dose 2)	1938	2750	2062
folhas de café em cobertura, (dose 1)	1667	2104	2021
casca de café no sulco, (dose 1)	2354	2354	1875
bagaço de cana no sulco, (dose 1)	1604	2250	1646
ramas novas de soja perene no sulco, (dose 1)	2042	2417	1896
casca de amendoim moída no sulco, (dose 1)	2479	2979	2562
capim gordura nova no sulco, (dose 1)	1750	2792	2195
testemunha, sem matéria orgânica	1167	2542	1806
média dos rendimentos com mat. orgânica	1987	2502	2000

Há quem poderia cogitar do efeito dos nutrientes liberados pela matéria orgânica, porém um ensaio de Gomes (1963) mostra que não se trata disso mas sim de um fator diferente provocado pela substância orgânica, como mostra o quadro 9.25.

Verifica-se que, além do aumento do rendimento, houve igualmente um aumento substancial de qualidade que, com o aumento da dose de adubo químico, decresceu.

O nível mínimo de matéria orgânica existente nos solos cultivados, sem consideração da reposição da matéria orgânica, ocorre em todas as terras agrícolas, e não pode ser avaliado somente pela análise do carbono (C) que nunca pode informar se este nível é o mínimo ou o adequado para o cultivo. Necessitam-se igualmente dados sobre a quantidade de argila no solo, como mostra Primavesi (1963) na figura 4.6.

O solo "A" era um oxissolo com 72% de argila, enquanto que o solo "B" era um solo arenoso com apenas 11% de argila.

Em 1 a 3 anos de cultivo o solo perde, praticamente, toda a sua matéria orgânica acima do limite mínimo. Daqui em diante mantém um nível estável, com muito

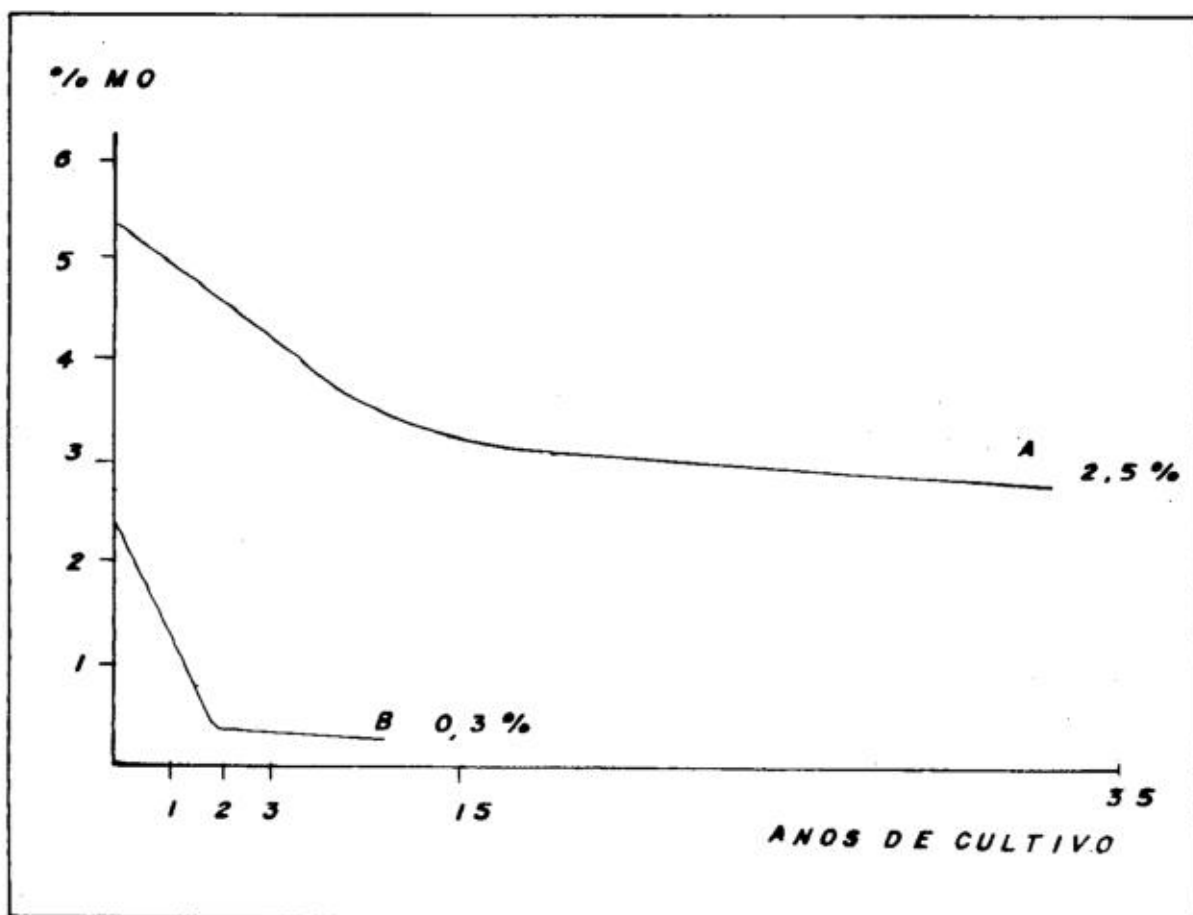


Fig. 4.6 Níveis mínimos de matéria orgânica em dois solos diferentes. (Primavesi, 1973)

poucas oscilações. Cada solo, conforme sua textura, possui seu nível próprio de matéria orgânica, além do nível mínimo, de que necessita para poder produzir.

CÁLCIO X HÚMUS

Geralmente se lê na literatura que o cálcio, em forma de calagem, seria o agente clássico para a decomposição e perda de matéria orgânica. Quanto mais cálcio um solo tivesse, tanto menor seria seu nível em húmus. (86, 89) Esta interpretação é correta quando se tratar de calagem e o aumento de um pH ácido para um menos ácido ou neutro. Mas é incorreta quando se tratar de quantidades existentes naturalmente num solo. (56, 79)

Sem cálcio não se forma húmus, (51, 55) mas somente uma espécie de turfa, isto é, húmus ácido. Os alemães classificam-no, portanto, em: (21, 72)

1. *humus mull*, que é formado em ambiente rico em cálcio e silício; (ácido húmico),
2. *humus-moder*, que se forma especialmente em solos ferralíticos, tropicais, onde o ambiente é menos rico em cálcio e sílica, mas mesmo assim altamente favorável à atividade microrgânica, dando um húmus razoável; (mistura de ácido húmico e ácido fúlvico);
3. *humus-moor*, que é um húmus muito ácido, praticamente turfa, que se forma em solos ácidos em condições pouco favoráveis à microvida, por exem-

plo por causa de temperaturas baixas ou em solos alagados. Este húmus possui ação degradante sobre o solo. (ácidos fúlvicos) (90)

De um solo pobre em cálcio não se pode esperar um húmus valioso. (55, 56) Pela calagem de um solo ácido ativa-se a microvida e conseqüentemente a decomposição dos restos orgânicos. Como será explicado mais adiante, sabe-se que de 1% de matéria orgânica no solo se pode formar 0,1% de húmus. Portanto, o teor de matéria orgânica baixa para dar origem ao húmus. Isso, em parte, contribui à conclusão que cálcio diminui a matéria orgânica.

Quando as condições permanecem semi-aeróbios, em solos ricos em cálcio e matéria orgânica lignosa, forma-se um húmus valioso, como por exemplo, no sul da Rússia, nos famosos "chernozem" (51, 55, 96, 106)

Em condições bem arejados, como em terras lavradas, a formação de húmus dificilmente ocorre, especialmente em clima quente e úmido.

Na "fronteira" do Rio Grande do Sul, levantamentos de solos mostraram que em solos de pH entre 4,2 e 6,6 a quantidade de húmus subiu com a de cálcio, como mostra a figura 4.7. E isso tanto mais, quanto mais seco o solo for, de modo que nos solos com perfis pouco profundos (5 a 15 cm) as quantidades eram maiores. Com a profundidade do perfil e conseqüentemente o aumento de umidade no solo, diminui a quantidade de húmus, por ter condições melhores para a decomposição total. Cálcio mais umidade fornece condições favoráveis a uma decomposição melhor dos restos orgânicos.

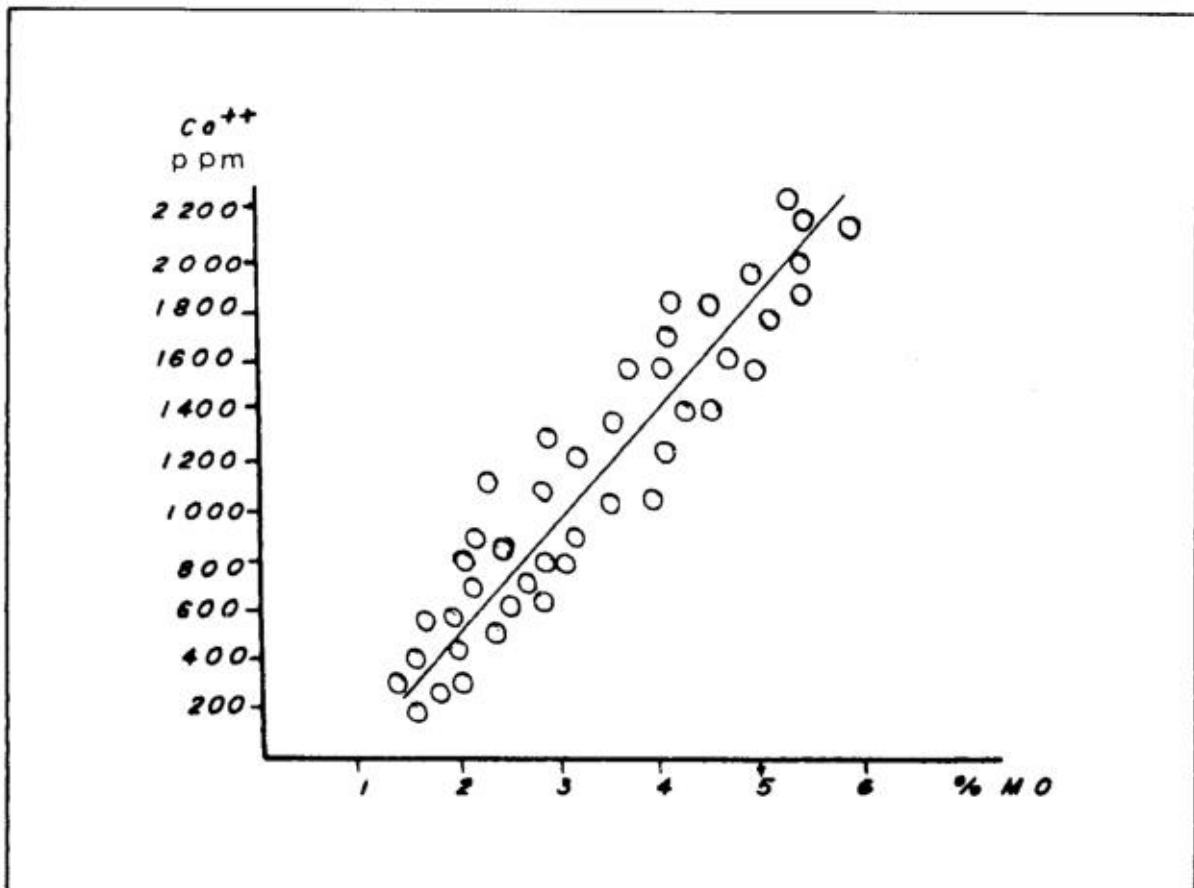


Fig. 4.7 Correlação entre cálcio e matéria orgânica humificada em solos nativos do Rio Grande do Sul. (Primavesi, 1973)

obs.: trata-se de húmus e não de matéria orgânica somente.

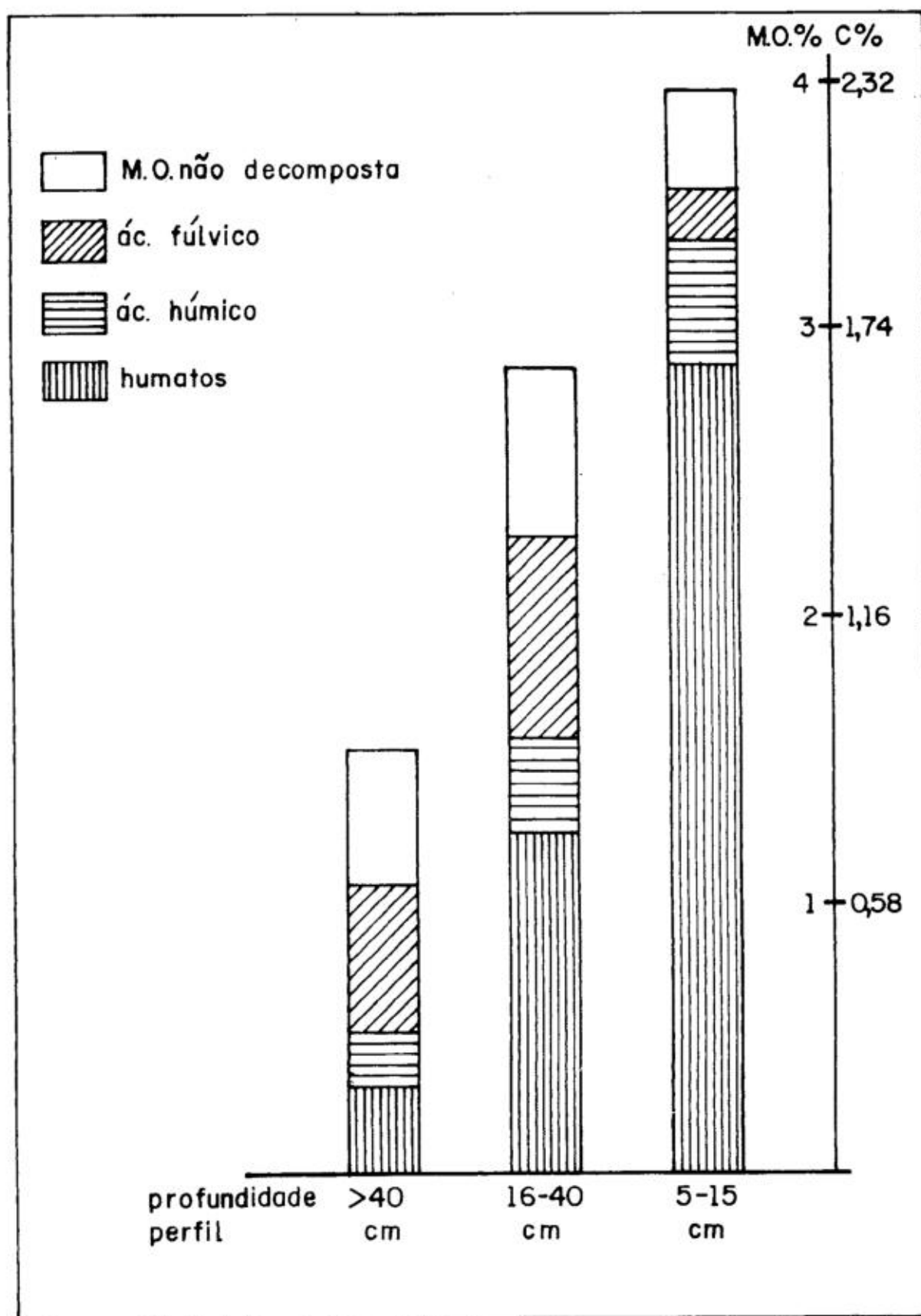


Fig. 4.8 Frações de matéria orgânica e suas formas nos solos da "fronteira" do Rio Grande do Sul. (Primavesi, 1973)

Verifica-se que grande parte do húmus se encontra em forma de humatos de cálcio, magnésio mas, também, de alumínio e o. Com a profundidade do perfil aumenta a quantidade de ácidos fúlvicos. Parte do "C" do solo é material orgânico ainda não decomposto, como radículas. Pode-se resumir que a formação e acumulação de húmus ocorre em solos ricos em cálcio, em condições de pouca umidade, formando-se *húmus-mull*. (55, 99, 106) Em solos ácidos com clima fresco e frio forma-se húmus ácido, como, por exemplo, nos pinheirais europeus.

Os ácidos húmicos geralmente se ligam a cátions formando humatos. (21, 72) Em nosso meio, sua formação é mais rara do que em clima mais seco ou em solos mais rasos. Por isso a mata amazônica, embora milenar, praticamente não acumulou húmus por oferecer condições extremamente favoráveis a atividade microorgânica. Na figura 4.8 mostra-se que a matéria orgânica no solo se compõe de material indecomposto, de material em transformação como os ácidos fúlvicos, de ácidos húmicos e de humatos, que são a parte mais estável.

Como em nosso clima, em solos agrícolas, o ambiente é favorável para a decomposição, a formação de húmus e humatos é mínima. Não é suficiente para garantir a grumosidade do solo. Por isso houve muitas pesquisas até se descobrir que também os ácidos poliurônicos, produto inicial da decomposição de matéria orgânica celulósica, possuem a propriedade de agregar o solo a grumos. (66, 67) Existem determinadas bactérias celulolíticas, os *Cytophagas* que produzem esta "geléia bacteriana" agregante. (99)

ÁCIDOS POLIURÔNICOS E OS RESTOS ORGÂNICOS DA COLHEITA

Existem muitas bactérias celulolíticas, ou seja, decompositoras de substâncias celulósicas, porém somente algumas poucas produzem ácidos poliurônicos, e estas necessitam de cálcio, fósforo, potássio, micronutrientes e, em alguns casos, também de nitrogênio. Geralmente os produtos da decomposição beneficiam fixadores de nitrogênio, de modo que este, embora indispensável para a atividade dos *Cytophaga*, não necessita ser adubado. Na figura 4.9 mostra-se o processo da transformação de uma molécula de celulose em uma de ácido urônico. Adiciona-se, por via biológica, uma molécula de oxigênio à celulose.

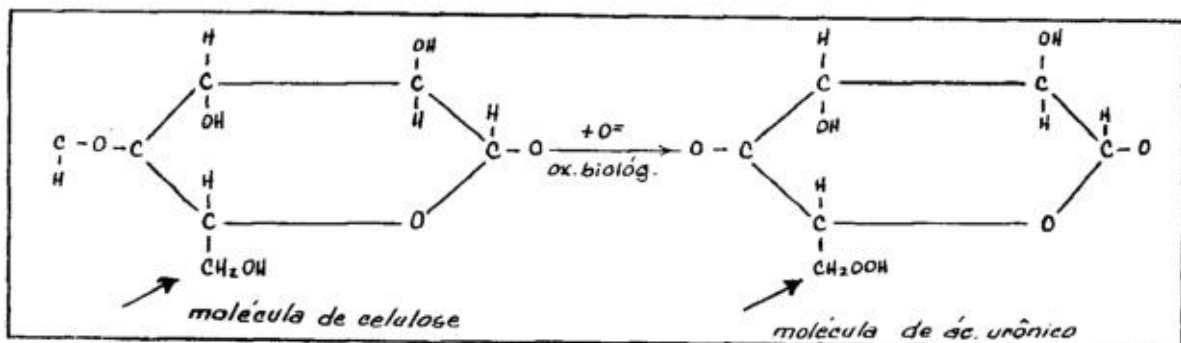


Fig. 4.9 A oxidação da celulose e a formação de ácido urônico. (Flaig, 1965)

O material celulósico agregado ao solo é palha, folhas secas ou qualquer resíduo da colheita de cereais, algodão ou outros. Não se necessita inoculação alguma

com *Cytophagas*, necessitam-se tão somente as condições favoráveis para sua vida. Assim, por exemplo, a decomposição de *linter* de algodão dificilmente se beneficia com a inoculação. Porém quando criadas as condições para a vida dos *Cytophaga* e se forem agregadas as substâncias que as bactérias necessitam para sua vida, isto é, algum nitrogênio, cálcio, fosfato, potássio e alguns micronutrientes, a decomposição do *linter* ocorre em 4 a 6 semanas, sem que tivesse sido inoculado. As bactérias apropriadas aparecem espontaneamente. As bactérias celulolíticas fazem parte de uma comunidade à qual também pertencem os fixadores de nitrogênio e as amebas, (vide capítulo VI) de modo que um ambiente favorável aos fixadores de nitrogênio também o será para a formação de substâncias agregantes.

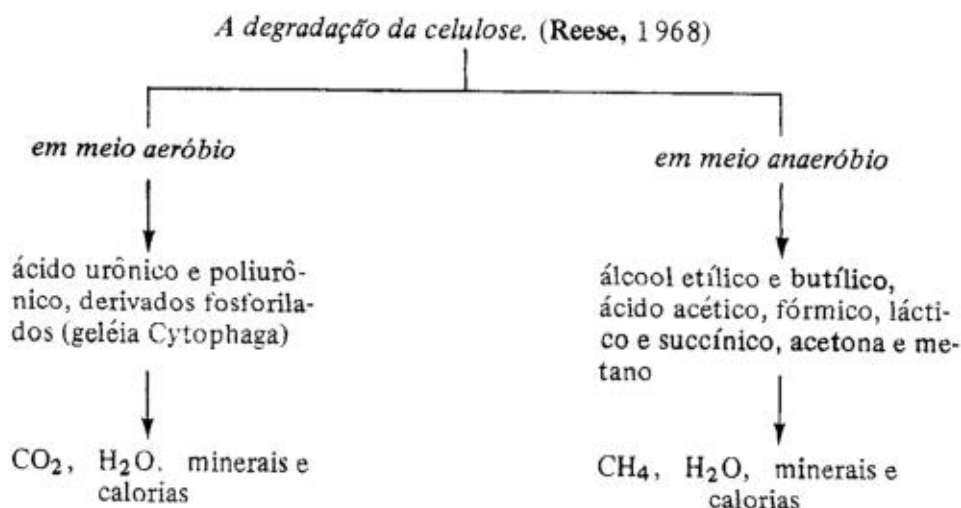
Responde-se com isso também à pergunta: Enterrar os restos orgânicos de uma cultura, queimá-los ou incorporá-los superficialmente?

Se a palha e os restolhos (soca) forem queimados, priva-se o solo da matéria orgânica e com isso da possibilidade de renovar sua bioestrutura favorável à produção (3).

Se a palha for enterrada, para permitir um campo limpo e "hortado", haverá uma decomposição anaeróbia, que igualmente não beneficia de maneira alguma a bioestrutura, porque bactérias anaeróbias não formam a "geléia" agregante de que necessitamos.

Se a palha for incorporada superficialmente, até 8 a 10 cm de profundidade, teremos a possibilidade de agregar o solo, tornando-o grumoso e, ao mesmo tempo, fixar nitrogênio, por decompor a palha em meio parcialmente aeróbio, parcialmente anaeróbio. (13, 24, 82) (vide capítulo VI)

Quadro 4.3



A produção de "geléia *cytophaga*" depende das condições que as bactérias encontram. Em alguns solos não necessitam nada mais do que a palha, em outros precisam ainda de um fosfato cálcico, em outros ainda, de potássio e micronutrientes e, em solos salinos, de nitrogênio. Numa decomposição dirigida de material rico em celulose, sempre se pode conseguir o melhoramento da estrutura do solo.

A geléia citofaga é somente um açúcar ácido, sendo, portanto, facilmente decomposta por outros microrganismos. É de pouca durabilidade, como se verifica na figura 4.10.

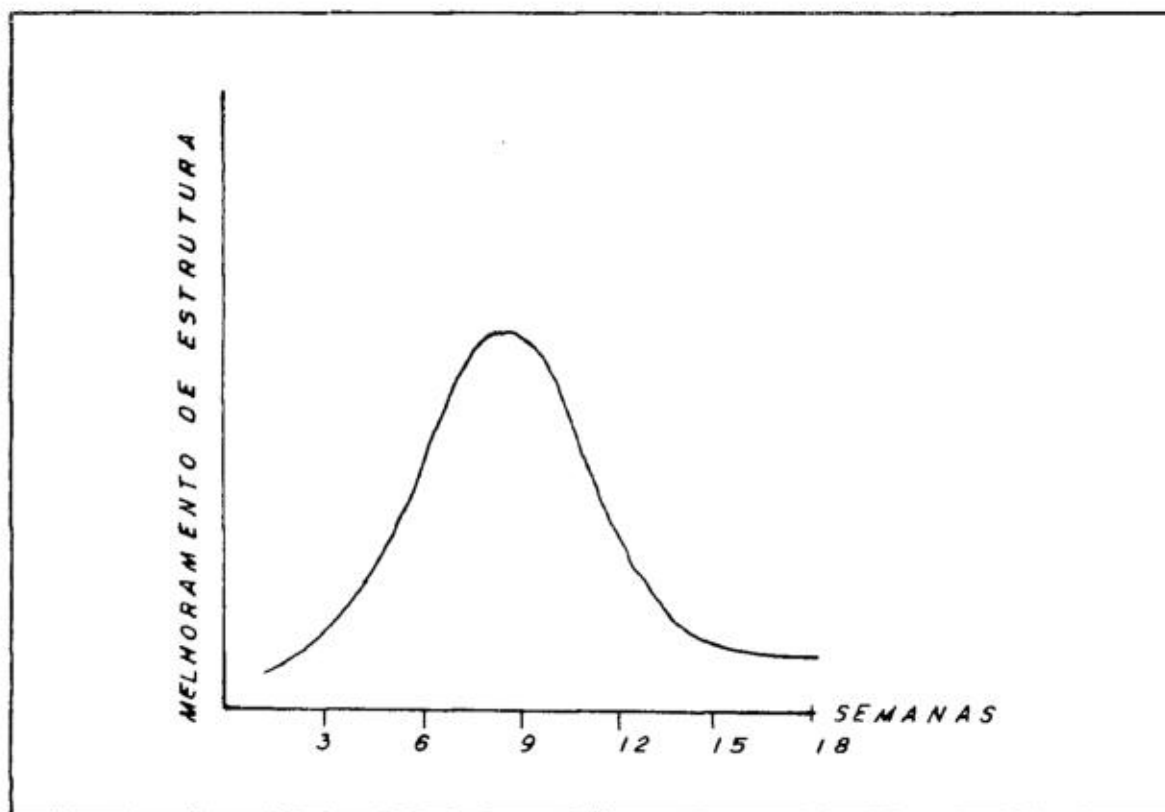


Fig. 4.10 *A decomposição da palha e a estabilidade da bioestrutura da camada arável.*
(Pauli, 1961)

Em campo arado teremos um máximo de bioestrutura entre 3 e 8 semanas após a aplicação da palha. Com 3 meses cessa o efeito em clima tropical.

Em clima subtropical este pode durar até 4 meses. (55, 96) Isso significa que é passageiro, e o retorno da palha ao solo deve ser prática corriqueira. Numa cultura bem feita, com espaçamento correto e “fechamento” do solo, sombreando-o logo em seguida, e um enraizamento denso, a bioestrutura não desaparece com o desaparecimento da palha, mas continua através da ação física e química das excreções radiculares, especialmente se estas viverem em simbiose com micorrizas endótrofas. Assim, ela pode ser mantida até a colheita e o novo retorno de palha ao solo.

Podemos calcular que o retorno de matéria orgânica ao solo por ano é o seguinte:

Quadro 4.4

mata virgem	20 a 40 t/ha
pastagem queimada	3 t/ha
forragem fenada	4 a 5 t/ha
trigo, restolhos (palha levada)	2 t/ha
trigo, restolhos e palha	8 t/ha
milho (restolho e palha)	10 a 12 t/ha
feijão e ervilha (raízes)	0,5 t/ha
batatinha e mandioca	0,4 a 0,5 t/ha
cana-de-açúcar queimada	2 a 3 t/ha
cana de açúcar, palha enleirada	10 a 15 t/ha

(Compilado por Primavesi)

Verificamos que somente o que retorna pelas raízes e restolhos (soca) é muito pouco, especialmente tendo-se em vista a taxa de decomposição, que em nosso clima é 1% em pastagem nativa, 3% em floresta ou mata e 3 a 4% em campo cultivado. (31, 47, 105)

Dez toneladas de palha significam 1% de restos orgânicos nos 10 cm de solo superficial. Esta matéria orgânica produz somente 0,09 a 0,20% de húmus, uma vez que somente a parte lignosa se transforma em húmus. Portanto, somente 1/10 a 1/5 da matéria orgânica adicionada poderia aparecer como húmus. (40, 96)

Confrontando a possibilidade de formar húmus e a taxa de decomposição, verifica-se a impossibilidade de acumular húmus em solo agrícola tropical. E, mesmo em solo florestal, a acumulação, em geral, varia desde 3,5% na hiléia amazônica até 6,0% em mata virgem na serra do Rio Grande do Sul.

As espessas camadas de húmus e matéria orgânica, que se acumulam nas florestas temperadas, são inexistentes em solo de floresta tropical, relativamente pouco humoso.

A decomposição de matéria orgânica depende não somente do clima e microrganismos, mas igualmente do uso do solo. Em pastagens perenes, mal manejadas, com queima anual e a maior parte das raízes até 3 a 4 cm de profundidade, a acumulação de matéria orgânica não é somente quase nula, mas o húmus formado é ácido, composto de ácidos fúlvicos, (95) a não ser em solos rasos de basalto básico onde se forma principalmente ácido húmico. Pastagens bem manejadas perdem menos e, portanto, são mais propícias a acumular húmus. Ademais, as raízes de gramíneas e leguminosas excretam ácidos poliurônicos, (27) sendo a terra gramada o melhor recuperador de solo. (50) Porém, pastagens mal manejadas destroem o solo. Somente em rodízio bem feito, com, no mínimo, uma ceifa por ano, consegue-se melhorar o solo. Rodízio de pastejo (98) sem ceifa normalmente não consegue melhorar o solo, mas somente melhora o aproveitamento do capim.

É óbvio que o abandono do solo é feito para recuperar o húmus e a bioestrutura do solo. (32) Por isso, onde não existem técnicas melhores, o abandono do solo é benéfico e até a única maneira de fazer o solo produzir novamente. (76) Porém, a recuperação da bioestrutura pode ser conseguida sem húmus, como explicado acima. E a recuperação da matéria orgânica, cuja perda sempre resulta em perda de produtividade (3) se pode conseguir num rodízio de lavouras e pastagens, racionalmente planejado (52) como será explicado no capítulo IX. Uma mistura de gramíneas e leguminosas implantada é mais "recuperadora" do que o repouso. (92)

OS BENEFÍCIOS DA MATÉRIA ORGÂNICA EM DECOMPOSIÇÃO E DO HÚMUS

Se o papel da matéria orgânica fosse unicamente adicionar nutrientes ao solo especialmente nitrogênio, teria pouca importância, uma vez que a adubação mineral age com muito maior precisão e eficiência, embora, por exemplo, o feijoeiro reaja melhor a uma adubação verde, que é principalmente nitrogênio, do que a uma adubação mineral. (63, 64) E como matéria orgânica em solo pobre só pode ser pobre, o ciclo da miséria seria completo, uma vez que não pode adicionar ao solo outros minerais além dos que já existiam.

Porém, ficou evidente que ninguém consegue substituir o efeito da matéria orgânica. A adubação mineral, por mais completa que seja, nunca consegue manter a produtividade do solo, quer o clima seja temperado ou tropical. (3, 69, 77, 86, 93) sem que exista o retorno sistemático e dirigido da matéria orgânica.

A matéria orgânica fornece:

1. substâncias agregantes do solo, tornando-o grumoso, com bioestrutura estável à ação das chuvas;
2. ácidos orgânicos e alcoóis, durante sua decomposição, e que servem de fonte de carbono aos microrganismos de vida livre, fixadores de nitrogênio, possibilitando, portanto, sua fixação (12) (Vide, no capítulo VI, os parágrafos sobre fixadores de nitrogênio de vida livre);
3. possibilidade de vida aos microrganismos, especialmente os fixadores de nitrogênio, que produzem substâncias de crescimento, como *triptofano* e *ácido-indol-acético* que possuem efeito muito positivo sobre o desenvolvimento vegetal;
4. alimento aos organismos ativos na decomposição, produzindo antibióticos que protegem as plantas de pestes, contribuindo assim à sanidade vegetal; (5)
5. substâncias intermediárias produzidas em sua decomposição, que podem ser absorvidas pelas plantas, aumentando o crescimento; (22, 51, 55, 85)

Mas, quando a matéria orgânica ainda for humificada, traz mais benefícios, além destes:

6. Aumenta a capacidade de troca de cátions do solo (CTC); (vide cap. III)
7. aumenta o poder tampão, isto é, a resistência contra modificação brusca do pH, que é especialmente importante para terras quimicamente adubadas; (como mostra fig. 4.11)
8. fornece substâncias como fenóis, uma vez que é um heterocondensado de substâncias fenólicas, (29) que contribuem não somente para a respiração e a maior absorção de fósforo, mas também à sanidade vegetal. (5, 72, 73)

Verifica-se que também na decomposição de matéria orgânica se formam substâncias de crescimento e o melhoramento físico do solo é comum ao húmus e à matéria orgânica em decomposição. Dos diversos tipos de substâncias orgânicas somente o húmus consegue influir nas propriedades químicas do solo, embora a palha, durante sua decomposição, tenha influência maior sobre a física do solo.

Quadro 4.5 *Influência da argila e da matéria orgânica sobre a CTC*

	pH	M.O. %	Argila %	CTC me% (pH 7,0)
Solo 1	4,9	0,3	5	1,9
Solo 2	6,6	3,2	5	10,4
Solo 3	4,5	3,1	25	17,7

Mas não somente a CTC sobe com o teor em húmus, como também o poder tampão, que evita um choque violento da calagem ou adubação sobre a microvida e evita igualmente desequilíbrios minerais, acarretados facilmente por uma adubação química, e que prejudicam seriamente a produção vegetal. (fig. 4.11)

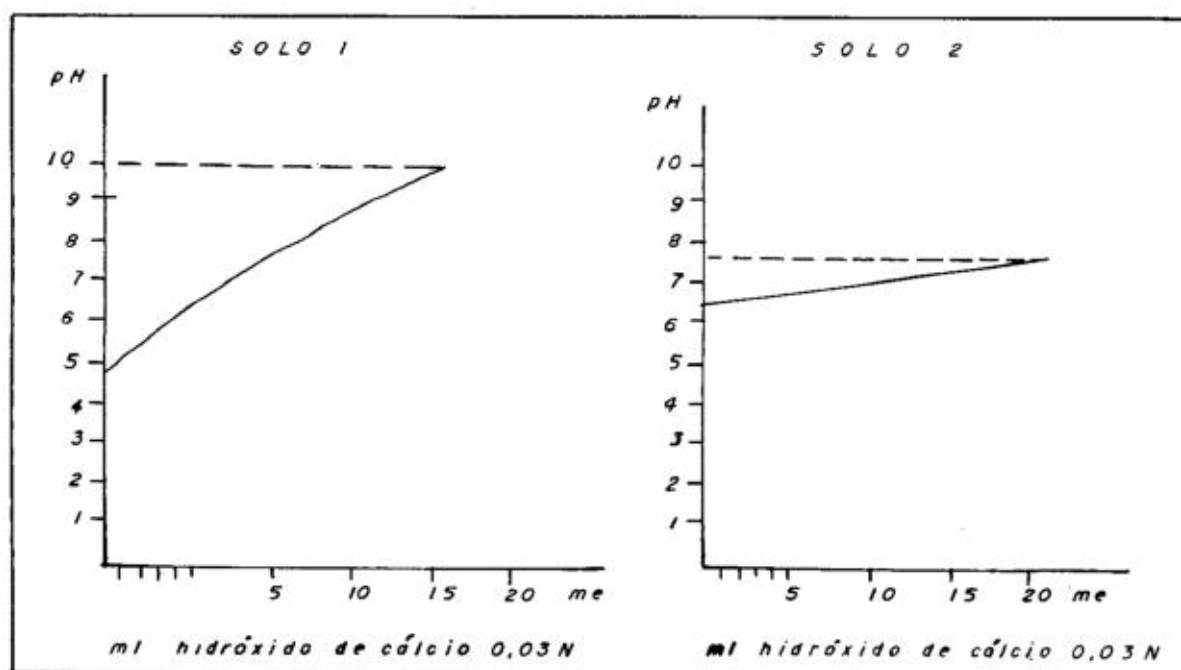


Fig. 4.11 O poder tampão dos solos 1 e 2, acima citados. (Primavesi, (67) 1973)

Obs. cada ml. da suspensão de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ equivale a 130 kg/ha de CaCO_3 .

O "solo 1" é um solo arenoso com poder tampão muito reduzido, sendo o efeito do hidróxido de cálcio muito forte. O "solo 2" é um solo arenoso com teor adequado de matéria orgânica (vide quadro 4.3) cujo poder tampão é grande, protegendo as plantas, que ali crescem, de choques bruscos da modificação do pH pela calagem ou adubação. As colheitas são mais garantidas e o perigo de um desequilíbrio mineral pela adubação é mais remoto. O aumento da CTC significa que a planta será melhor nutrida, porque o solo consegue manter mais nutrientes em formas trocáveis e disponíveis para a planta. Não conseguimos rendimentos bons em solos com CTC muito baixa.

Nos solos brasileiros, a matéria orgânica tem uma CTC entre 122 me% e 360 me%, com uma média de 200 me%. (19) Isso daria para cada por cento de matéria orgânica no solo, em média, um aumento de 2 me% de capacidade de troca, o que significaria que mais 40 mg de cálcio ou 78 mg de potássio podem ser mantidos à disposição das plantas por cada 100 g de solo, equivalendo a 40 kg de cálcio ou 78 kg de potássio por hectare, nos dez centímetros superficiais, quando o pH do solo for maior que 5,6.

A SANIDADE VEGETAL E A MATÉRIA ORGÂNICA

Todos sabem que culturas em roça nova dificilmente são atacadas por pestes. À medida que a bioestrutura do solo decai, aumenta a susceptibilidade das plantas a pragas e pestes e aumentam os parasitas microrgânicos e animais do solo. (vide capítulo V e VI) Primavesi (1967 e 1968) mostrou que numa zona onde o trigo desapareceu por causa de ferrugem, esta não atacou mais a cultura quando a estrutura do solo permitia um desenvolvimento rápido e sadio das plantas. Depois de

3 anos dum cultivo intenso, como, por exemplo, feito pelos hortigranjeiros, não existem mais defensivos que protejam as culturas nos solos biologicamente decaídos.

A sanidade vegetal, de um ou outro modo, está ligada à "sanidade" do solo. Em solo decadente é difícil criar culturas sadias. E cada plantador de soja no Paraná sabe que, em roça nova, a cultura é sadia e em terra, velha de cultura, a soja constitui um verdadeiro ambulatório de pragas e doenças.

Estes fatos, mais que conhecidos dos agricultores, permitem concluir que todas as medidas que contribuem para a recuperação das condições favoráveis do solo, contribuem igualmente à sanidade vegetal.

Portanto, a adição de matéria orgânica no solo, quando melhora a sua bioestrutura (vide capítulo IX) é uma medida de melhorar a saúde vegetal, não somente porque melhora a estrutura grumosa mas por contribuir, também, à diversificação da microvida e fauna terrícola. (vide capítulo V)

Porém, a adição de material orgânico de solos ácidos a solos ácidos não é medida de saneamento. Beneficia microrganismos patogênicos, graças à formação de ácidos fúlvicos, contribuindo para o aumento de doenças vegetais. (65)

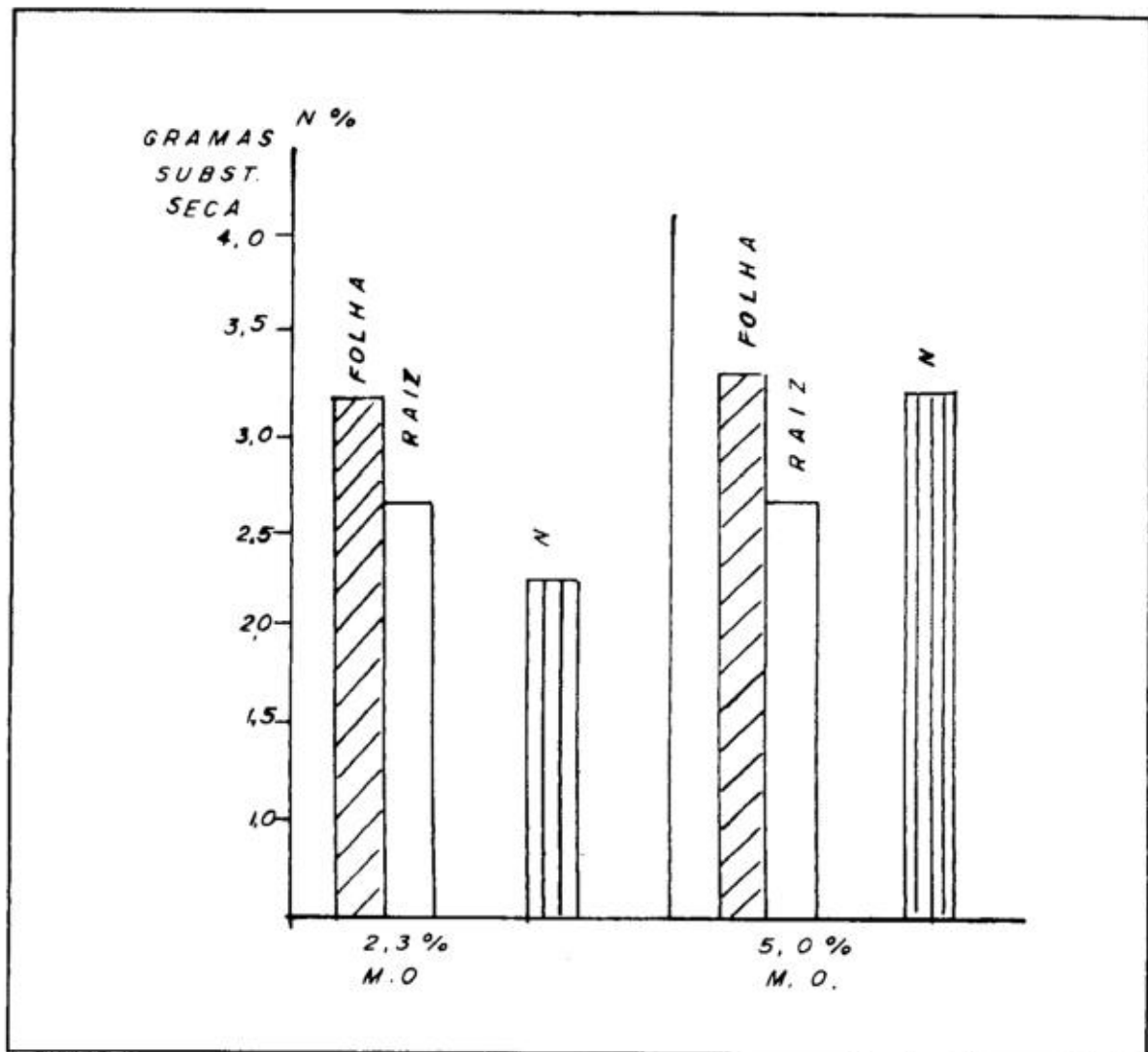


Fig. 4.12 Produção de folhas e raízes de milho e absorção de nitrogênio com níveis diferentes de matéria orgânica no solo. (Pignataro, 1973)

Os ácidos húmicos, por exemplo, de estrume de curral curtido, aumentam de tal maneira a microflora benéfica às raízes, que as ervilhas ali plantadas permanecem completamente isentas de nematóides. (11) Também Primavesi mostra que soja, quando recebe uma adubação adequada e encontra um teor adequado de matéria orgânica no solo, é atacada por nematóides, mas tolera uma carga muito grande (3000 a 5000 por 5 g de raízes) sem ser prejudicada (78) uma vez que o prejuízo maior dos nematóides são os microrganismos patógenos que penetram na raiz. Em presença de ácidos húmicos os patógenos no solo são poucos.

Assim os restos orgânicos podem contribuir para a maior ou menor incidência de pestes, conforme os ácidos que se formam na sua decomposição e transformação.

Uma agricultura, onde somente se empregam técnicas cujo efeito sobre o solo, sua vida e seus processos biológicos, é desconhecido, pode, portanto, trazer muito lucro ou prejuízos catastróficos, conforme as condições do solo existentes.

A agricultura, como atividade biológica, não depende somente das técnicas, mas especialmente de sua adaptação ao ambiente, isto é, ao solo e clima em que são usadas.

E o efeito do "pacote tecnológico" depende de sua atuação sobre as condições ecológicas. Por isso não se deve perguntar "qual técnica" deveria ser usada mas "por que" será usada. ("Why, not what!")

Geralmente também se menciona que o húmus torna as plantas mais resistentes à seca, (6, 74, 86) apesar de que em presença de húmus e adubos formem raízes mais curtas, (90) embora mais volumosas.

Verifica-se que na figura 4.12 que com 5% de M.O. no solo o milho cresceu um pouco mais, porém apresentando um nível 57% maior em nitrogênio. A raiz, porém, não cresceu mais, apesar da parte vegetal ser maior e ter havido maior absorção. O húmus ativa os processos catalíticos na planta e com isso a síntese de compostos orgânicos. (85)

A QUANTIDADE DE ÁCIDO HÚMICO QUE BENEFICIA A PLANTA

Há uma tendência de se acreditar piamente que tudo que é bom deve ser melhor ainda quando usado em grande quantidade. Porém, já se sabe na terapêutica que muitas substâncias benéficas se tornam tóxicas quando usadas em maior quantidade. Isso vale não somente na medicina humana, mas também no solo para a planta. Especialmente o fato de que o húmus é um heterocondensado de substâncias fenólicas faz com que ative os processos de respiração e, com isso, o metabolismo e a absorção vegetal, especialmente do fósforo, tornando a planta mais vigorosa. (51) Mas, se a respiração é ativa demais, gasta tudo que foi fotossintetizado e o crescimento estagna. Portanto, cada planta possui seu ótimo em ácidos húmicos, que a beneficiam.

Segundo Hernando (1969), as quantidades de ácido húmico que uma planta suporta dependem da espécie. Assim, em clima temperado, especialmente sob condições subúmidas, como existem em várias regiões da Espanha, não é raro que uma adubação com estrume curtido ou composto prejudique a colheita, quando já houver suficiente húmus no solo. E, mesmo tratando-se de húmus-mull, a maioria das plantas suporta mal quantidades excessivas.

Quadro 4.6 *Produção máxima de plantas com diferentes níveis de ácido húmico:*

planta	humato sódico			
	4 mg/l	6 mg/l	12 mg/l	24 mg/l
Nabos	-	-	máxima	-
alface	máxima	-	-	-
trigo	máxima	-	-	-
milho	-	-	-	máxima

seg. Hernando, 1961.

Verifica-se que a produção máxima de massa verde exige quantidades diferentes de humato de sódio, segundo a planta usada. Quando, porém, a concentração de nutrientes se torna duas a três vezes maior que a normalmente exigida pela planta, o que ocorre após uma adubação, a quantidade de ácido húmico, necessário para a produção máxima, aumenta, podendo duplicar e até triplicar. No caso, o húmus age como desintoxicante e seu nível ótimo depende da quantidade de minerais em solução. (4) Solos humosos suportam adubações minerais muito mais pesadas. E, quando houver o excesso tóxico de um mineral, o húmus elimina sua ação maléfica. Portanto em solos ricos a quantidade de húmus deve ser maior.

A propriedade do milho suportar concentrações elevadas de ácido húmico torna-o planta pioneira em roças novas.

A MATÉRIA ORGÂNICA INDECOMPOSTA, O HÚMUS E O CULTIVO

Sabe-se que, com o cultivo e pelo arejamento conseqüente do solo, diminui a quantidade de húmus existente no solo. Nosso caboclo exprime isso, quando diz: "falta a gordura da terra!" (vide capítulo II) E, finalmente, a aração foi introduzida para mobilizar a terra, isto é, a sua microvida, uma vez que coisa inerte não pode ser mobilizada. Com isso ativa-se a decomposição da matéria orgânica. Também, a adubação mineral ativa os microrganismos, uma vez que fornece substâncias essenciais à sua vida. Solos adubados durante muito tempo com fertilizantes comerciais apresentam menos húmus e menos matéria orgânica que solos sem adubo mineral, apesar do crescimento vegetal ter sido aumentado pela fertilização. (69) Mas, não é somente o crescimento das culturas que aumenta, aumenta igualmente o crescimento da microvegetação, isto é, das bactérias, fungos, amebas e outros, que decompõem a matéria orgânica formada. A decomposição da matéria orgânica e húmus não depende somente de melhores condições para os organismos decompositores. Depende igualmente das plantas cultivadas e das técnicas agrícolas usadas. Em cultivos rotativos a perda, geralmente, é menor, uma vez que o rodízio tem por fim alternar plantas destruidoras de húmus como batatinhas, mandioca, algodão, feijão-preto etc. com plantas recuperadoras, como forrageiras, gramíneas de porte baixo, leguminosas forrageiras e todas as culturas que deixam grandes quantidades de restos orgânicos no campo.

Por isso, a monocultura de algodão deixa o solo com muito menos matéria orgânica que uma de lespedeza ou mesmo de milho. (9)

Uma cultura capinada a limpo deixa menos restos orgânicos do que uma cultura consorciada. O responsável por este fenômeno é o sistema de enraizamento,

uma vez que, atualmente, o retorno da palha é raro, por causa da dificuldade de mecanização, que, porém, está sendo superada pelo uso de máquinas mais modernas. Queima-se, por exemplo, a palha de algodão para evitar a difusão da largata rosada, mas Bachelier (1966) prova que a largata rosada aparece menos em campos onde a palha foi superficialmente incorporada, do que onde foi queimada. (Vide capítulo V)

Como o retorno da palha parece ser imperioso para uma agricultura lucrativa, desenvolvem-se máquinas para "vencer" a palha comprida e possibilitar o preparo do solo para a próxima semeadura. Assim, existe o picador de palha, que se adapta à colhedeira automotriz e que, na cultura de soja, trigo ou arroz, pica e distribui a palha numa camada uniforme sobre o solo. Um solo coberto por esta camada morta ou "mulch" apresentou-se mais úmido e "macio", mesmo após dois meses de seca, enquanto que, nos campos vizinhos onde a palha foi queimada, o solo estava seco e rachado.

No INTA (Instituto Nacional de Tecnologia Agrícola), Argentina, desenvolveu-se uma enxada rotativa que trabalha em frente da semeadeira, picando a palha da colheita anterior, bem como as ervas invasoras nascidas, mas que não revolve o solo. Permite ser acoplada à implantadeira ou à semeadeira, para a semeadura sem lavração.

O único problema que ainda poderá surgir com a palha é que existem sementes que não suportam o lixiviato desta. Assim, o trigo é sensível contra substâncias lixiviadas de sua própria palha. E, quando a palha for incorporada superficialmente, ocorre facilmente uma fitotoxicidade temporária (70) pelos produtos excretados pelos fungos que principiam a decomposição, como, por exemplo, *Penicillium urticae*. Isso ocorre em solos arenosos, mas raramente em solos argilosos de melhor fertilidade. Estes produtos podem impedir ou atrasar a germinação da semente. (70)

Geralmente se atribui o efeito desfavorável da palha exclusivamente à falta de nitrogênio no solo, que ocorre durante sua decomposição. Porém, esta falta ocorre, quando a palha for enterrada. Palha na superfície, como cobertura morta ou palha muito superficialmente incorporada (*stubble-mulch*) não provoca a falta de N no solo para o crescimento vegetal. (8) Neste caso o efeito desfavorável da palha ocorre somente pelas fitotoxinas. Portanto, nunca se deve plantar quando a palha for recém-aplicada. Deve-se esperar uma chuva abundante para permitir antes a lixiviação dos produtos tóxicos da palha, que se formaram no início da decomposição. No momento em que os fungos romperam os ciclos lignosos, podem ser substituídos por bactérias. A decomposição entra na sua segunda fase, (99) em que passou a fase das *substâncias germistatos*, prejudiciais ao nascimento das sementes. Nesta, são beneficiadas por substâncias de crescimento, excretadas pelas bactérias, apressando a germinação. (99, 100)

Para apressar o aparecimento de bactérias, deve-se tornar rotina a aplicação de um fosfato cálcico, especialmente de termofosfatos, (80) à palha, quando se tratar de solos ácidos. Nos solos alcalinos basta sulfato de amônio. (25, 82)

Palha superficialmente incorporada possibilita a fixação de nitrogênio atmosférico por bactérias de vida livre, consorciadas com as bactérias celulolíticas, decompositoras da palha. Mas quando a palha for enterrada profundamente, retira-se o nitrogênio do solo para sua decomposição, e ocorre a tão conhecida depressão da colheita.

O "acolchoamento" do solo com capim não somente beneficia a microvida e a estrutura do solo mas, igualmente, provou ser um dos métodos mais poderosos de

combate à erosão. Assim Marques e o. (1961) podem mostrar seu efeito, que também Molina (1955) e muitos outros verificaram, e que apresentamos no quadro 4.6.

Quadro 4.7 *Perdas anuais de terra e água. (Estação Experimental de Ribeirão Preto, ano agric. 1958/59)*

Tratamento	Perdas de	
	terra em toneladas	água em mm
plantio em sebe-menor	2,53	47
sem aração	1,51	36
com passagem de grade de disco	1,31	42
herbicidas	1,24	38
alternância de capinas	0,94	30
plantio em contorno	0,67	21
adubação verde anual	0,50	19
acolchoamento alternado com capim	0,03	5

Neste caso o efeito não é do “húmus” mas sim da proteção do solo contra o impacto da chuva. (vide capítulo VII)

A ADUBAÇÃO VERDE E O ESTRUME DE CURRAL

A ADUBAÇÃO VERDE

Tanto o estrume como a adubação verde não enriquecem o solo com matéria orgânica (34, 37) mas aumentam a soma de bases e beneficiam a colheita.

O efeito da adubação verde consiste especialmente no fornecimento de nitrogênio orgânico e de substância de crescimento. Especialmente na canavicultura o efeito de uma adubação verde, com *Crotalaria juncea*, é impressionante. Mas também nas batatinhas, no feijão e em outras, a adubação verde surte um efeito altamente benéfico.

Quadro 4.8 *Rendimento em laranjas em quilos de frutos, na média de quatro anos. (Gallo, 1960)*

tratamento	média da colheita Kg/ha
limpo com herbicida	2 606
cobertura morta com capim gordura	5 357
adubação verde com guandu	3 897
adubação verde com mucuna	3 176
duas lavras superficiais	3 051

Observ.: o adubo verde é picado com grade e deixada na superfície.

Opina o autor deste quadro que a adubação verde é mais econômico uma vez que para plantações maiores, a obtenção de capim gordura em quantidade suficiente se torna difícil. É lógico que a matéria orgânica sempre é acompanhada de calagem e adubação quando for necessário.

Na cultura de cana-de-açúcar a adubação com *Crotalaria* é tão eficiente como o simples cultivo de crotalaria antes do plantio de cana. Neste caso os caules da crotalaria são vendidos para a fábrica de cigarros, uma vez que fornecem o papel mais fino.

Quadro 4.9 O efeito da adubação verde na produção de cana-de-açúcar. (Wutke, 1968)

tratamento	1º corte	2º corte
PK e adubação verde	87,6	47,4
NPK e adubação verde	66,0	36,8
PK, Calagem e adubação verde	115,7	64,0
NPK, calagem e adubação verde	122,9	67,3

Observa-se que o nitrogênio faz pouco ou um efeito negativo, o que mostra o efeito da adubação verde, pesando sobre o abastecimento com nitrogênio.

O decréscimo do rendimento na cana soca, embora comum no Brasil, é o resultado do adensamento do solo, de modo que a passagem de um cultivador surte um efeito surpreendente.

Deve-se ressaltar que:

1. a adubação verde não é fonte de húmus, mas simplesmente de nitrogênio. É decomposta dentro de 3 a 4 semanas, podendo gastar as fontes de carbono existentes no solo, empobrecendo-o em matéria orgânica. (37) Enriquece o solo, temporariamente, em nitrogênio e permite a produção de substâncias de crescimento, podendo beneficiar a cultura seguinte de maneira expressiva, como, por exemplo, a cultura de cana-de-açúcar ou a do feijoeiro. Não melhora a bioestrutura do solo ou somente por muito pouco tempo, mas contribui ao empobrecimento do solo em húmus. Quando o nitrogênio sintético surte pouco efeito numa cultura, como na do feijoeiro, a adubação verde pode ser a salvação (37, 40, 57, 63, 64, 94);
2. cria muitos fungos, entre os quais também patógenos, que podem atacar a cultura (43);
3. nem sempre é uma prática rentável, pois perde-se, às vezes, um ano de cultivo e não tem efeito prolongado. Hallam (1953) diz: "a adubação verde é útil para muita coisa, menos para enriquecer o solo em matéria orgânica."

Geralmente se usa uma leguminosa para a adubação verde porque fixa nitrogênio e possui folhas mais ricas em nitrogênio. Sua incorporação no início da floração, evita que se torne fibrosa. Mas, justamente a planta fibrosa é a que contém material celulósico e lignoso.

Em nossas latitudes a precariedade da bioestrutura, muitas vezes, possui um efeito mais depressivo sobre a cultura comercial do que a falta de nitrogênio.

Gramíneas de porte baixo, que "fecham" o solo, provaram ser muito eficientes na recuperação dos solos. Através de suas excreções radiculares melhoram as condições físicas do solo.

O ESTRUME DE CURRAL

Nas hortas o uso de estrume de curral é comum. Mesmo misturado com quatro partes de palha por uma de excrementos animais e, passando por um processo

de curtimento, não enriquece o solo em carbono, apesar de seu efeito benéfico sobre a bioestrutura do solo e o crescimento vegetal. (33) Em aplicação freqüente, como facilmente ocorre em hortas, enriquece-se o solo de tal maneira com nitrogênio e se empobrece de cobre que sua deficiência aguda ocorre. Também mobiliza fósforo, até 800 γ /g de solo em que uma produção vegetal se torna difícil provavelmente por causa de falta aguda de micronutrientes.

Em propriedades com gado leiteiro, onde os excrementos animais são captados em "açudes", junto com a água de lavagem das leiterias estes poderiam ser bombeados aos pastos para adubação.

O costume europeu de aplicar anualmente estrume de curral na horta e nos campos não é viável em nosso clima, especialmente porque nosso estrume, geralmente, é constituído exclusivamente de excrementos animais, sem palha, sendo a ativação da microvida incontrolável.

Nos países frios, onde o estrume se acumula durante os meses em que o gado vive estabulado, recebendo palha como cama, seu uso se torna imperioso, uma vez que deve ser eliminado de perto das estrebarias. Aqui, onde somente nas propriedades de gado leiteiro existe acumulação de palha e excrementos nos currais e a agricultura é extensiva, o uso de estrume de curral não parece fácil e nem sempre econômico.

Quadro 4.10 *Resposta de culturas graníferas e de raízes ao estrume de curral, no Quênia. (Grimms e Clark, 1962)*

cultura	Colheita em toneladas / hectare				
	anos plantados	testemunha	NPK	estrume 6 t/ha/ano	estrume 38 t/ha/3 anos
milho	6	0,930	1,546	1,394	1,504
sorgo	6	1,686	2,074	2,628	2,528
mandioca	6	10,050	16,300	15,300	14,774
batata doce	4	4,120	8,156	8,656	7,470

Observa-se pouca diferença entre o efeito do adubo químico e do orgânico. Porém, *não se trata de substituir o fertilizante químico mas de aumentar seu efeito pela melhor absorção do solo tratado com estrume.* (82)

O aumento da CTC, da agregação e de substâncias de crescimento são mais importantes que os minerais adicionados pelo estrume.

Matéria orgânica, inclusive estrume curtido, tem efeito regulador sobre o pH do solo. O solo ácido acidifica-se mais através de restos orgânicos decompostos em ácidos fúlvicos. Porém, com condições favoráveis, isto é, em presença de cálcio e fósforo, a microvida aumenta o pH durante a decomposição de matéria orgânica, tanto pela amonificação do solo como pelas excreções alcalinas de bactérias. (77)

Em solos alcalinos, a matéria orgânica promove sua acidificação por:

1. aumentar a infiltração de água e lixiviação dos sais;
2. produzir ácido carbônico, que é um dos agentes mais poderosos de dessalinização. (66, 67)

Portanto, palha superficialmente incorporada ao solo ou estrume de curral, fermentado com palha, possuem efeito "corretivo" sobre o solo, especialmente porque:

- a) aumentam o pH de solos ácidos e baixam-no de solos alcalinos,
- b) eliminam a toxidade do manganês, (7, 15)
- c) eliminam a toxidade do alumínio trocável, transformando-o em humatos de alumínio, que não são tóxicos para os vegetais. (16, 44, 58)

Este efeito sobre o pH não é privativo à palha e ao estrume, mas igualmente à vinhaça, bagacilho-de-cana, torta-de-filtro ou qualquer outra substância orgânica que possa servir de alimento para a microflora.

RESUMO

O retorno de matéria orgânica ao solo é essencial, e sua aplicação periódica se torna indispensável. Seu efeito principal é sobre a bioestrutura do solo. Para isso, a incorporação superficial de palha ou de qualquer material celulósico é adequado.

O efeito corretivo sobre o pH ocorre por qualquer material orgânico desde que seja aplicado em condições que favoreçam uma microvida, em parte, aeróbia. Em condições que não favorecem a microvida este efeito não ocorre.

A adubação verde não enriquece o solo em matéria orgânica, ao contrário, gasta-a. É uma adubação nitrogenada.

Material orgânico de solos pobres dá origem a ácidos, que lixiviam e empobrecem o solo. O mesmo pode ocorrer após uma calagem maciça. O solo deve ser enriquecido com quantidades módicas de P e Ca para poder produzir um efeito benéfico da matéria orgânica. (vide capítulo VIII)

O húmus difere segundo o lugar em que se forma e a vegetação da qual se forma. Em clima tropical forma-se em quantidade reduzida. Uma calagem no início da estação seca torna-o mais estável, no início das águas fá-lo desaparecer rapidamente.

O abandono do solo para recuperá-lo, como sistema da agricultura itinerante ou nômade, visava restabelecer a bioestrutura grumosa e acumular húmus. As plantas mais recuperadoras são gramíneas mistas com leguminosas. A acumulação de húmus não ocorre em solo agrícola tropical anualmente arado, mas podem conseguir-se substâncias de crescimento e de agregação do solo através da decomposição superficial da palha, em presença de Ca e P e, às vezes, de K e micronutrientes.

A matéria orgânica contribui para a sanidade vegetal, por diversificar a vida do solo, produzir substâncias fungistáticas como fenóis e permitir a produção de antibióticos por bactérias. Porém, o efeito da matéria orgânica depende do seu manejo adequado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aichinger, E. - 1951 - *Agewandte Pflanzensoziologie*. 1:1-56.
2. Bachelier, G. - 1973 - Action de la faune du sol sur l'humification de matériaux végétaux. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 10(4):453-74.
3. Bayer, L. D. - 1968 - The effect of organic matter on soil structure. *Scient. Varia*, 32: 368-96.
4. Bogdanovic, M. R.; K. V. Djuricic e N. Mesorinski, - 1964 - Wirkungen verschiedener Humate auf Hafer in Wasserkulturen. *Abstr. VIII Int. Soil Sci. Congr.* pp 114-115.
5. Borys, M. W. - 1968 - Influência da nutrição vegetal na resistência das plantas aos parasitas. *Progr. Biodin. Produt. Solo, Sta. Maria/RGS.* pp 385-404.
6. Chaminade, R. - 1968 - Rôle spécifique de la matière organique sur la nutrition et le rendement des végétaux. *Scient. Varia*, 32:277-304.

7. Chenery, E. H. - 1954 - Acid sulphate soils in Central Africa. *V Int. Soil Sci. Congr. Leopoldville*, 15:195-98.
8. Danneberg, O. - 1971 - Investigationen mit ^{15}N als Beitrag zum Wissen der Humifikationsprozesse. II: Synthese von organischen Substanzen und Stickstoffformationen der Rotte von Maisstoppeln. *Bodenkult.* 22(3):264-78.
9. Davidson, J. M.; F. Gray e D. I. Pinson, - 1967 - Changes in organic matter and bulk density with depth, under two cropping systems. *Agron. J.* 59(4):375-78.
10. DeKock, P. C. e E. L. Strmecki, - An investigation on the growth promoting effect of a lignite. *Physiol. Plant.* 7:503-12.
11. Denarie, J. - 1968 - Effect of small applications of dung near the seeds on plant resistance to nematode infection. *Hebd. Seance Acad. Agric. France*, 54:651-58.
12. Dhar, N. R. - 1967 - Carbon and nitrogen transformation in world soils. *An. Edafol. y Agrobiol.* XVI(1-4):88-130.
13. -----, - 1968 - The value of organic matter, phosphate and sunlight in nitrogen fixation and fertility improvement in world soils. *Scient. Varia*, 32:230-347.
14. Dobby, E. G. H. - 1950 - The study of shifting cultivation. *Panamerican Union Stud. Monogr.* 6, Washington, p 165.
15. Döbereiner, J. e R. Alvahydo, - 1966 - Eliminação da toxidez de Mn pela matéria orgânica em solo "gray hidromórfico". *Pesq. agropec. bras.* 234-48.
16. Duchaufour, Ph. e F. Jacquin, - 1966 - Nouvelles recherches sur l'extraction et le fractionnement des composés humiques. *Bull. école Nat. Sup. Agron. Nancy*, VIII(1):1-24.
17. -----, - 1965 - *Précis de pédologie*, 2 ed. Masson, Paris.
18. Durasov, A. M. e V. F. Marschenko, - 1966 - Humus composition in dark chestnut soils and the carbon total/nitrogen ratio. *Pochvov.* 10:56-63.
19. Duriez, M. M. de, e L. Vettori, - 1973 - Determinação da CTC da matéria orgânica de alguns solos brasileiros. *XIV Congr. Bras. ciênc. Solo, Sta. Maria /RGS.*
20. Ewell, J. J. - 1968 - Dynamics of litter accumulation under forest succession in eastern Guatemala lowland. *Thesis, Univ. Florida, Gainesville.*
21. Flaig, W. - 1965 - Anwendung der Isotopen zur Untersuchung der Organischen Substanz. *Landbauforsch.* 15(1):21-24.
22. -----, - 1967 - Einwirkung von Ligninabbauprodukten auf das Pflanzenwachstum. *Qualit. Plant. et Mat. Veget.* XIV(1-2):121-40.
23. -----, - 1970 - Contribution à la connaissance et la synthese des acides humiques du sol. *Science du Sol*, 2:39-72.
24. France, E. - 1968 - O azotobacter como fonte de nitrogênio. *FIR, PV. XI(13):6-7.*
25. Fuentes Godo, P. - 1968 - Estudio de la descomposición de la celulosa en placas de tierra granulada. *Progr. Biodin. Produt. Solo*, pp 17-21.
26. Gallo, J. R. e O. Rodriguez, - 1960 - Efeitos de algumas práticas de cultivo de solo na nutrição mineral dos citruss. *Bragantia*, 19(23):345-60.
27. Gaponenkow, T. K. e S. T. Umakova, - 1966 - Chemische Zusammensetzung ein und mehrjähriger Leguminosen und Gramineen. *Agrokhimiya*, 10:64-66.
28. Gomes, A. G.; H. Gargantini e W. R. Venturini, - 1963 - Competição entre fertilizante nitrogenado orgânico e mineral na cultura da batatinha. *Bragantia*, 22(46):575-81.
29. Grabbe, K. e K. Haider, - 1971 - Die Huminstoffbildung und die Stickstoffverteilung bei der Strohrotte in Beziehung zur mikrobiellen Phenolbildung. *Z. Pflanzenern. Bodenkd.* 129(3):202-16.
30. Greenland, D. J. - 1958 - Nitrate infiltration in tropical soils. *J. Agric. Sci.* 50:82-92.
31. ----- e P. H. Nye, - 1960 - The effect of deep mass burial of organic matter. *Proc. 7 Int. Congr. Soil Sci. (Madison)* 2:478-85.
32. ----- e P. H. Nye, 1959 - Increase in the carbon and nitrogen content of tropical soils under natural fallow. *J. Soil Sci.* 9:284-99.
33. Grohmann, F.; J. B. Oliveira, de e J. P. Queiroz Neto, de; - 1966 - Influência da adubação nas características dos agregados do solo da série "Chapadão". *Bragantia*, 25(34):263-70.
34. Grohmann, F.; J. P. Queiroz Neto, de - 1966 - Efeito da compactação artificial de dois solos limo-argilosos sobre a penetração das raízes de arroz. *Bragantia*, 25(38):421-32.
35. Grohmann, F. e O. E. Camargo, - 1971 - Influência dos óxidos de ferro livres e da matéria orgânica na absorção da água pelo solo. *XIII Congr. bras. ciênc. solo. Vitória.*

36. Haider, K. e J. P. Martin, - 1967 - Synthesis and transformation of phenolic compounds by *Epicoccum nigrum*. *Soil Sci. Amer. Proc.* 31(6):766-72.
37. Hallam, M. J. e W. V. Bartholomew, - 1953 - Influence of rate of plant residue addition in accelerating the decomposition of soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 17(4):365-68.
38. Haney, E. B. - 1968 - The nature of shifting cultivation in Latin America. *Land Tenure Center, Wisconsin, Univ. LTC* 45-59.
39. Hardy, F. - 1970 - Suelos tropicales. *Herrero, Mexico*.
40. Hausmann, G. - 1968 - Culture technique from the standpoint of conservation and incrementation of organic matter in the soil, in the light of modern research. *Scient. Varia*, 32:415-449.
41. Hernando, F. V.; C.P. Sanchez e B. C. Ortega, - 1969 (1) - Acción del ácido húmico sobre la planta de maíz cultivada en solución nutritiva equilibrada de concentración superior a la normal. *An. Edaf. y Agrobiol. XXVIII (11-12):835-46*.
42. -----, C. P. Sanchez e B. C. Ortega, - 1969 (2) - Acción del humato sódico sobre el desarrollo de diversas plantas. *An. Edaf. y Agrobiol. XXVIII (11-12):791-809*.
43. Hirte, W. F. - 1968 - The influence of organic matter to the microflora of different soils. *Progr. Biodin. Product. Solo, Sta. Maria*, pp 207-17.
44. Jacquin, F. e C. D. P. Juste, - 1965 - Contribution à l'étude de la matière organique des sols sableux de Gascogne. *Acad. Agric. France*, 1190-1197.
45. -----, - 1965 - Determination de la valeur agronomique de quelques compostes de sciure. *Bull. École Nat. Sup. Agron. Nancy, VII(1):24-8*.
46. Jenny, H. - 1930 - Consistency of organic matter in soil as dictated by the zonality principle. *Missouri Agr. Exp. Sta. Bull.* 152.
47. -----, - 1950 - Causes of high nitrogen and high organic matter content in certain tropical forest soils. *Soil. Sci.* 69:63-69.
48. -----, A. E. Salem e J. R. Wallis, - 1968 - Interplay of soil organic matter and soil fertility with state factors and soil properties. *Scient. Varia*, 32:5-37.
49. Kellermann, V. V. e I. G. Tsyurupa, - 1966 - Role of iron and organic matter in the aggregation of the soil clay components. *Pochvov.* 8:940-47.
50. Khan, S.U. - 1969 - Einfluss des Bewirtschaftungssystems und der Düngung auf die Humussäurefraktionen eines *gray-wooded soil*. *Geoderma*, 3:247-54.
51. Kristewa, L. A. - 1968 - About the nature of physiologically active substances of the soil humus and of organic fertilizers and their agricultural importance. *Scient. Varia*, 32:700-21.
52. Köhnlein, J. - 1957 - Futterbau und Bodenfruchtbarkeit. *Landw. Forsch, Sonderth*, 9: 201-12.
53. Kolenbrander, G. J. - 1955 - Die Verluste organischer Substanz im Stalldünger. *Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk.* 69(2):125-34.
54. Koltakova, P. S. e G. A. Schwetschenko, - 1966 - Einfluss langjähriger Kultur und systematischer Düngung auf Gehalt und Zusammensetzung von Humus in ausgelaugter Schwarzerde. *Agrokhimiya*, 5:27-33.
55. Kononova, M. M. - 1961 - Soil organic matter. *Pergamon Press, Oxford*.
56. -----, - 1968 - Humus of the main soil types and soil fertility. *Scient. Varia*, 32: 361-82.
57. Lenz, K. - 1968 - Über den Abbau von organischen Substanzen verschiedenen Alters mit unterschiedlichem N-Gehalten im Boden. *A. Thaer Arch.* 12(5):413-23.
58. Levashkevich, G. A. - 1966 - Interaction of humic acids with iron and aluminium hydroxides. *Pochvov.* 4:422-27.
59. Mangelnot, F.; F. Jacquin e M. Metche, - 1965 - A propos des interaction plant-sol. I: Les exudates foliaires peuvent-ils être une source des substances humiques? *Oecol. Planta*, 1:79-102.
60. Manil, G. - 1961 - Quelques aspects actuels du problème de la matière organique des sols. *Medel, Landbouw. Gent. Deel XXVI (1):50-83*.
61. Marques, A.Q.; J. Bertoni e G. B. Barretto, - 1961 - Perdas por erosão no Estado de São Paulo. *Bragantia*, 20(47):1143-82.
62. Martin, J. P.; K. Haider e D. Wolf, - 1972 - Synthesis of phenols and phenolic polymers by *Hendersonula toruloides* in relation to humic acid formation. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 36(2):311-15.

63. Miyasaka, S.; A. P. Camargo, de e R. Inforzato, - 1966 - Efeitos da cobertura e da incorporação ao solo, imediatamente antes do plantio, de diferentes formas de matéria orgânica não decomposta, na cultura do feijoeiro. *Bragantia*, 25(32):349-69.
64. ----- e L. A. C. Lovadini, - 1967 - Efeitos sobre a produção do feijoeiro da aplicação de diversos tipos de matéria orgânica, não decomposta, na presença de adubação mineral com P, NP ou PK. *Bragantia*, 26(14):187-96.
65. Mochizuki, T. - 1965 - Orchard soils in relation to root rot disease in apple trees. *Nippon Dojo Hiryo. Zass.* 36(10):311-16.
66. Molina, J. S. - 1966 - La chala de maiz como mejoradora de los suelos, *Rev. argent. Agron.* 22(3):154-57.
67. -----, - 1968 - La composición aeróbica de la celulosa y la estructura activa de los suelos. *Progr. Biodin. Prod. Solo, Sta. Maria/RGS*, pp 217-24.
68. Naglitsch, F. e J. Matschke, - 1970 - Untersuchungen über den Abbau organischer Substanz im Boden. *Pedobiol.* 10:121-34.
69. Nehring, R. e W. Wiesemüller, - 1968 - Untersuchungen über den Einfluss der Mineraldüngung auf den Humusgehalt der Ackerböden. *Z. Pflanzenern. Bodenkd.* 119(1):11-24.
70. Norstadt, A e T. M. McCalla, - 1968 - Microbial induced phytotoxicity in stubble mulched soil. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 32(2):238-40.
71. Oliveira, J. B. de; F. Grohmann e J. P. Queiroz Neto, de; - 1966 - Características dos agregados de solo podzólico vermelho-amarelo da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul. *Bragantia*, 25(40):445-50.
72. Ortega, C. - 1973 - Matéria orgânica, formas e análises. *Curso extraord. na Pós-Grad. da UFSM*.
73. Pauli, F. W. - 1961 - Humus and plant. *Sci. Progr. XLIX*: 427-39.
74. -----, - 1968 - Anthropogenic ecosystem and soil biodynamics. *Progr. Biodin. Produt. Solo, Sta. Maria*, pp 225-32.
75. Pignataro, I.; J. D. Jobim e S. Carvalho, - 1973 - Efeito do húmus sobre o crescimento vegetal, com espaçamento diferente de irrigação. *Curso Pós-Grad. Biodin. Produt. Solo. Sta. Maria. não public.*
76. Popenoe, H. L. - 1957 - The influence of the shifting cultivation cycle on soil properties in Central America. *Proc. 9 pacific Sci. Congr. (Bangkok)*, 7:72-77.
77. Primavesi, A. M. - 1973 - Polígrafo das aulas de "Nutrição Vegetal" *Curso Pós-Grad. Biodin. Produt. Solo. Sta. Maria*.
78. -----, - 1973 - Beziehungen zwischen Düngung und Nematodenbefall und dessen Einfluss auf den Ertrag von Mais und Sojabohnen. *Agrochim. XVII*:511-19.
79. -----, - 1973 - Influência do teor de cálcio sobre o nível de matéria orgânica em solos nativos do Rio Grande do Sul. *XIV Congr. bras. ciênc. solo. Sta. Maria/RS*.
80. -----, - 1973 - Melhoramento da produtividade do solo por bactérias celulolíticas. *Relatório ao Cons. Nac. Pesquisa*.
81. Primavesi A. - 1966 - Recuperação de solos improdutivos por métodos biológicos. *Monogr. Progr. Biol. Suelo. Montevideo*, pp 83-70.
82. -----, - 1968 - Organic matter and soil productivity. *Scient. Varia*, 32:654-99.
83. Reese, E. T. - 1968 - Microbial transformation of soil polysaccharides. *Scient. Varia*, 32:325-82.
84. Rivière, J.; Y. Fouard e G. Catroux, - 1970 - Influence de application répétée de queue de maïs sur la flore bactérielle du sol. *Ann. agron.* 21:403-20.
85. Rotini, O. T. - 1964 - Role of soil substances in root nutrition and plant metabolism. *VIII Int. Congr. Soil Sci. (Bucharest)*, pp 14-15.
86. Russell, E. J. e R. W. Russell, - 1961 - Soil conditions and plant growth. 9 ed, Longmanns & Green, London.
87. Russell, E. W. - 1968 - A importância da estrutura ativa do solo na história da humanidade. *Progr. Biodin. Produt. Solo, Sta. Maria*, pp 269-84.
88. Santoro, T. e G. Stotzki, - 1967 - Influence of cations on flocculation of clay minerals by microbial metabolites, determined by the electrical sensing zone particle analysis. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 31(5):761-65.
89. Scharpenseel, H. W. e E. Kruse, - 1971 - Aufbau und Bindungsformen der Ton-Humussäurekomplexe. *Z. Pflanzenern. Bodenkd.* 129(3):226-36.

90. Scheffer, F. e F. Przemeck, - 1964 - Enzym-histochemische Untersuchungen über physiologische Wirkung von Huminstoffen auf das Wurzelmeristem von *Lepidium sativum*. *Abstr. VIII Int. Soil Sci. Congr. (Bucharest)* pp 112-13.
91. Sekera, F. - 1943 - Der gesunde und der kranke Boden. *Parey, Berlin*.
92. Spratt, E. D. - 1966 - Fertility of a chernozem clay soil after 50 years of use, with and without forage plants in crop rotation. *Canad. J. Soil Sci.* 46:207-12.
93. Sowdon, F. J. e H. J. Atkinson, - 1968 - Die Wirkung langjähriger Gaben organischer Dünger auf die organische Substanz eines Tones und Sandes. *Canad. J. Soil Sci.* 48: 323-30.
94. Swaby, R. J. - 1968 - Stability of soil organic matter and its significance in practical agriculture. *Scient. Varia*, 32:582-613.
95. Tan, K. H.; E. R. Beaty; R. A. McGreery e J. D. Powell, - 1972 - Humic-fulvic acid content in soils related to the ley clipping management and fertilization. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 36(4):565-67.
96. Tyurin, I. V. - 1965 - Soil organic matter and its role in soil fertility. *Izd. Nauka, Moscow*.
97. Vageler, P. - 1930 - Grundriss der tropischen und subtropischen Bodenkunde. *Parey, Berlin*.
98. Voisin, A. - 1960 - Dynamique des herbages. *Maison Rustique, Paris*.
99. Waksman, S. A. - 1938 - Humus, origin, chemical composition and importance in nature. *Wilkins, Baltimore Md.*
100. -----, - 1968 - Microbes, organic matter and soil fertility. *Progr. Biodin. Product. Solo, Sta. Maria*, pp 321-332.
101. Watters, R. F. e L. Bascones, - 1971 - The influence of shifting cultivation on soil properties at Altamira-Calderas. *FAO forestry developm. paper*, 17:291-99.
102. Weakly, B.; T. M. McCalla e F. A. Haskins, - 1967 - Aggregate size distribution under influence of microorganisms. *Soil Sci.* 103:75-77.
103. Webb, L. J. - 1966 - Note on the studies on rain forest vegetation in Australia. *Proc. Kand. Symp. UNESCO, 1966*, pp 171-73.
104. Wiebe, H. J. - 1966 - Einfluss von Stroh und Torf auf ertragsbestimmende Faktoren des Bodens. *Gartenbauwiss.* 31:125-62.
105. Willians, W. A. - 1967 - The role of legumes in pasture and soil improvement in the neotropica. *Trop. Agric.* 44(2):103-15.
106. Zaystev, B. D. - 1966 - Influence of exchangeable calcium on the content of organic matter and the total nitrogen in coarse humus horizons. *Pochvov.* 12:1380-82.
107. ElSwayfi, S. A; S. Ahmed e L. D. Swindale, - 1970 - The influence of exchangeable cations on the physical properties of tropical red and black soils. *J. Soil Sci.* 21: 188-98.