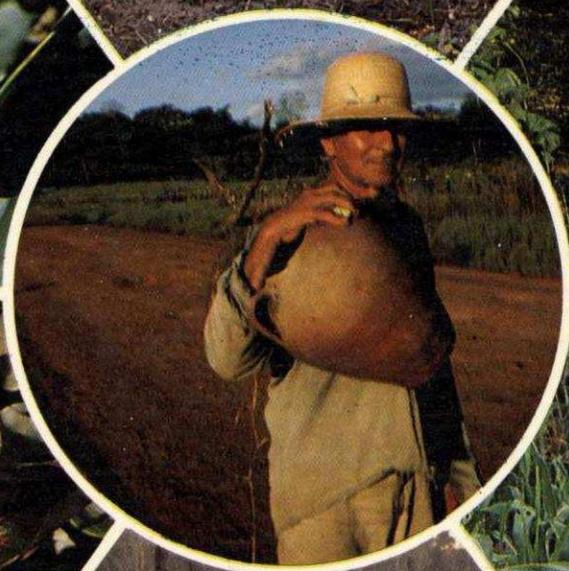


PESQUISAS SOBRE UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NA AMAZÔNIA ORIENTAL



.00322

Pesquisa sobre utilização e
1986 LV-2005.00322



30934-1

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido - CPATU

SCHAFT
ZUSAMMENARBEIT



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido - CPATU
Belém, PA

PESQUISAS SOBRE UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NA AMAZÔNIA ORIENTAL

**Relatório Final do Convênio
EMBRAPA - CPATU - GTZ**

EMBRAPA - CPATU. Documentos, 40

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à EMBRAPA - CPATU
Trav. Dr. Enéas Pinheiro, S/N
Telefone : (091) 226-6622, 226-6612
Telex : (091) 1210
Caixa Postal, 48
CEP 66.000 - Belém - PA

Tiragem : 1.000 exemplares

	
Unidade:	<i>Ai-Sede</i>
Valor aquisição:	
Data aquisição:	
N.º N. Fiscal/Fatura:	
Fornecedor:	
N.º OCS:	
Origem:	<i>Doação</i>
N.º Registro:	<i>322/05</i>

Comissão Editorial : Dietrich Michael Burger
Paulo Choji Kitamura
Milton Guilherme da Costa Mota
Arnaldo de Conto

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Tropicó Úmido, Belém, PA.
Pesquisas sobre utilização e conservação do solo
na Amazônia Oriental;
relatório final do Convênio EMBRAPA - CPATU / GTZ.
Belém, EMBRAPA - CPATU , 1986.

291p. (EMBRAPA - CPATU, Documentos, 40).
1. Solo - Conservação - Brasil - Pará.
I. Título. I I. Série.

CDD : 631.498115

A DECOMPOSIÇÃO DA MATERIA ORGANICA

Manfred Denich (1)
Zeni Goes Brandino (2)
Erhard Blum (3)

INTRODUÇÃO

Produção e decomposição são os principais mecanismos funcionais do ecossistema. Enquanto que na produção primária são acumuladas substâncias orgânicas e inorgânicas e a energia é armazenada quimicamente, nos processos de decomposição elas são liberadas, ou então mineralizadas, com interligação eventual de consumidores.

A decomposição é um processo muito complexo, além do que é ainda pouco conhecido em todas suas fases, sendo que, de modo geral, não é possível transferir informações dos mecanismos de decomposição de um lugar para outro, mas apesar disso, pode-se fazer algumas generalizações sobre a decomposição.

A decomposição de matéria orgânica depende principalmente das condições climáticas e edáficas do ambiente, da composição específica e numérica da comunidade de decompositores e da qualidade do substrato a ser decomposto. Embora os três fatores estejam interagindo entre si, pode-se estabelecer uma seqüência, com efeitos decrescentes: macroclima, microclima (lugar), qualidade do substrato e comunidade de organismos decompositores (Anderson & Swift, 1983).

Distingui-se duas fases básicas na decomposição: primeiro a degradação física e segundo a química. Com respeito à liberação dos produtos finais, pode-se diferenciar a liberação de substâncias voláteis da liberação de elementos minerais ou compostos químicos simples. Exemplos do primeiro tipo de liberação são dióxido de carbono ou nitrogênio, os quais são reintroduzidos parcialmente nos processos do próprio ecossistema, sendo que a maior parte vai para a atmosfera, retornando para o sistema através da produção primária. O segundo tipo de liberação permanece no ecossistema, circulante no mesmo, pela produção e decomposição, levando à liberação da energia armazenada quimicamente, em forma de calor, a qual é conduzida para a produção primária.

Os processos de liberação são resultantes dos metabolismos de uma rede alimentar bastante densa, na qual, partindo da matéria

-
- 1) Biólogo, M.S., Convênio EMBRAPA-CPATU/GTZ. Universidade Göttingen, R.F.A.
 - 2) Eng. Agr., Estudante do Curso de Mestrado, FCAP, Estagiária CPATU.
 - 3) Eng. Agr., Ph.D. Consultor do Convênio EMBRAPA-CPATU/GTZ.

orgânica morta, são incluídos os taxa da macrofauna, mesofauna, microfauna e microflora. Destaque-se que estes processos de liberação, isto é, a decomposição, estão ligados com a produção secundária, finalizando com a microfauna e microflora.

(8) MUIH 63412

As técnicas de manejo da matéria orgânica no solo incluem a decomposição como parte integral, as quais são, p. ex., cobertura morta, adubação verde e também composto. As duas principais diferenças nas condições de decomposição, entre um ecossistema natural e um agroecossistema são, a composição química e bioquímica do material. No ecossistema natural, o material vegetal morto já sofreu uma alteração química, p. ex. retirada de diversas substâncias (açúcares, proteínas e nutrientes), do órgão da planta antes de morrer, e ou do catabolismo de clorofila etc, antes que a obra dos decompositores comecem. Por outro lado, no agroecossistema, expõe-se o material recentemente vivo, o qual ainda contém substâncias facilmente decompostas, p. ex. açúcares e proteínas, por outro lado, no ecossistema natural, o material é exposto continuamente, variando em sua quantidade durante o ano. Já em um agroecossistema, a exposição do material vegetal se faz em quantidades maiores e em prazos limitados.

As outras diferenças entre a decomposição no ecossistema natural e no agroecossistema, parecem ser mais graduais, como o microclima e as comunidades de decompositores.

Visando a uma decomposição dirigida no agroecossistema, pode-se considerar até o momento apenas a influência no microclima e no substrato (qualidade e quantidade). Já as comunidades de decompositores só são influenciadas indiretamente. Uma influência direta é a eventual introdução de novas espécies de decompositores (p. ex. minhocas), vindas de outras regiões biogeográficas. Isto só deveria ser feito depois de estudos cuidadosos levando em conta as espécies nativas.

Neste trabalho pretende-se fazer algumas observações básicas sobre a decomposição em ambiente natural e agrícola. Também, faz-se algumas considerações sobre compostagem de material vegetal e os efeitos de diferentes materiais vegetais sobre plantas testes. Além disso, são apresentados alguns métodos para estudar a atividade biológica do solo e a decomposição.

FORMAS DE AVALIAÇÃO DA TAXA DE DECOMPOSIÇÃO

Uma questão importante para o manejo da matéria orgânica nos sistemas de produção, é a alteração quantitativa do material introduzido no sistema. Para a avaliação destas alterações em período definido de tempo utiliza-se o coeficiente de decomposição; a dinâmica das alterações quantitativas podem ser expressas pela curva de decomposição.

Coefficientes de decomposição

Jenny et al. (1949), Olson (1963) ou Anderson & Swift (1983; veja também a publicação de Igue, 1984) tentaram avaliar as alterações quantitativas do material vegetal em ecossistemas naturais. Enquanto Jenny et al. (1949) e Olson (1963) propõem como constante k de decomposição o quociente da quantidade de queda de liteira por ano pelo estoque de matéria orgânica do solo em equilíbrio, Anderson & Swift (1983) usam como "litter turnover coefficient" k_L o quociente da quantidade de queda de liteira por ano pelo estoque no chão.

Os últimos autores mencionados indicam para os trópicos, coeficientes k_L de 1,1 - 3,3, enquanto que para as zonas temperadas o coeficiente k_L de 0,4 - 1,4. Deduz-se então que nos trópicos a matéria orgânica, oriunda da queda de liteira, é decomposta em poucos meses ($k_L=3,3$), ou seja, em um período sempre menor que um ano ($k_L=1,1$). Por outro lado, nas zonas temperadas o processo tem geralmente uma velocidade menor, ou seja, fica mais de um ano ($k_L=0,4$), entretanto ocorrem exceções ($k_L=1,4$).

Os coeficientes mencionados, não são utilizáveis para caracterizar as taxas de decomposição em agroecossistemas, pois o material vegetal é introduzido irregularmente durante o ano, e portanto, é praticamente impossível definir um estoque de liteira "in situ". Neste caso, é melhor expressar a taxa de decomposição como perda percentual por dia do período de observação do peso do material introduzido. Além do valor percentual deve-se indicar a quantidade do material introduzido, a data da introdução e o tempo de exposição, bem como a soma de precipitações pluviométricas e a qualidade do substrato (espécie fornecedora do material vegetal, proporção folhas/lenho).

Curvas de decomposição

Estudos de decomposição a curto prazo deveriam considerar que a curva de decomposição pode mostrar diferentes comportamentos, como o apresentado na figura 1.

Jenny et al. (1949) determinaram uma decomposição exponencial (curva A, Fig. 1), enquanto que Jenkinson & Ayanaba (1977) publicaram uma curva que é representada por um modelo exponencial duplo. Ao contrário, Bernhard-Reversat (1972), Edwards (1977) e Steinhardt (1979) apresentam uma curva de decomposição linear (curva B, Fig. 1). O último autor mencionado apresenta curvas tanto para folhas como para galhos.

Schubart et al. (1984) mostraram, por um lado, uma curva de decomposição da estação chuvosa, que se assemelha a uma curva exponencial (curva A, Fig. 1), e por outro, uma curva de decomposição da estação seca que se assemelha a uma reta (curva B, Fig. 1). Praticamente a mesma proposição é feita por Swift et al. (1979), quando mostram uma curva de decomposição do período favorável, semelhante à curva A e a do período desfavorável igual a curva C.

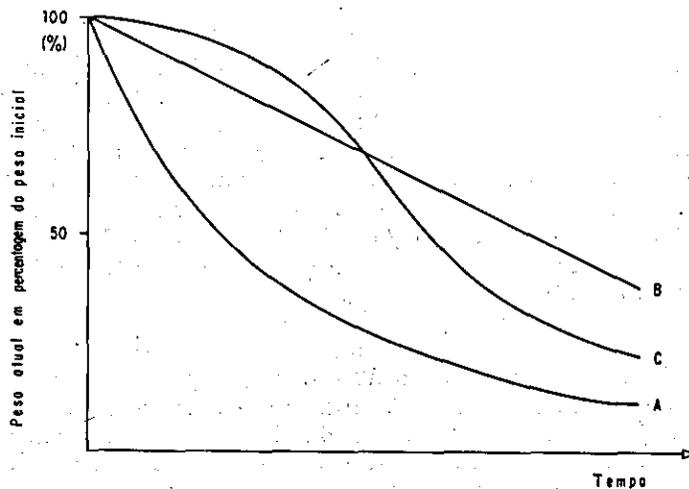


FIG. 1 - Diferentes tipos de curvas de decomposição (esquemáticas)

Minderman (1968) concluiu que o comportamento da curva de decomposição corresponde à soma de curvas de decomposição dos constituintes isolados da matéria orgânica, em proporção à quantidade em que estes ocorrem.

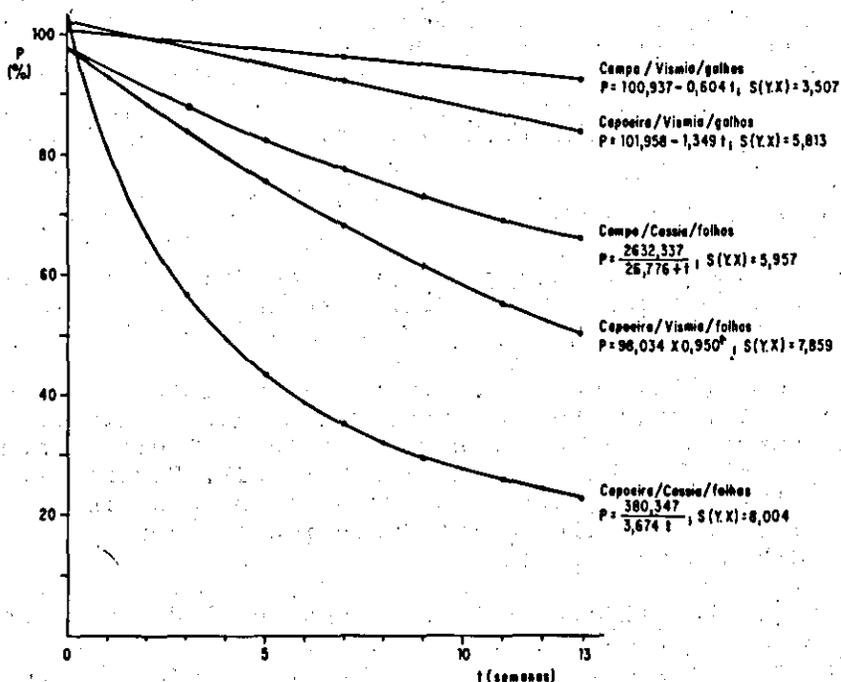


FIG. 2 - Diferentes comportamentos de curvas de regressão de decomposição, correspondente ao material e lugar (P = peso atual em porcentagem do peso inicial do material exposto)

Experimentos de decomposição realizados por Denich em Belém, PA, na área do CPATU, numa capoeira alta e num campo (sem vegetação), mostraram que o comportamento da curva de decomposição depende da qualidade do material vegetal exposto e do lugar de exposição.

Foram expostos em sacos telados (veja descrição de metodologias) folhas e galhos das espécies *Cassia alata* (Matapasto, Leg.-Caesalp.) e *Vismia guianensis* (Lacre, Guttiferae). Determinou-se a perda de peso destes materiais e as curvas de decomposição mais expressivas são mostradas na figura 2.

Durante o tempo de exposição (treze semanas desde julho a agosto), o mesmo material teve comportamento diferenciado, dependendo do lugar. No mesmo lugar diferentes materiais podem ter velocidades de decomposição diferentes.

Sempre deveria ser considerado que a curva de decomposição é uma integração de todos os fatores que atuam na decomposição e dos sinergismos e antagonismos entre eles, no decorrer do tempo.

FATORES DETERMINANTES DA DECOMPOSIÇÃO

A seguir, discutir-se-á, separadamente, os fatores determinantes da decomposição, sendo eles microclima (lugar), qualidade do substrato e comunidade dos decompositores.

Foi realizado por Denich (4) um experimento de decomposição no município de Igarapé-Açu, onde se instalou em uma capoeira de cinco anos e em uma roça de mandioca com sete a oito meses de idade, as quais ficavam bem próximas.

Nos dois lugares foram expostas caixas teladas com material vegetal fresco de oito espécies da capoeira e uma mistura das mesmas e também liteira. Esta liteira foi coletada e exposta na mesma capoeira. Usou-se folhas e galhos triturados das seguintes espécies: *Banara guianensis* (Flacourtiaceae), *Cecropia palmata* (embaúba, Moraceae), *Davilla kunthii* (cipó de fogo, Dilleniaceae), *Lacistema pubescens* (caferana, Lacistemataceae), *Myrciaria floribunda* (murta, Myrtaceae), *Phenakospermum guianense* (sororoca, Strelitziaceae), *Pithecellobium cochleatum* (Leg.-Mim.), e *Vismia guianensis* (lacre, Guttiferae).

Para estudar o efeito da macrofauna, mesofauna, microfauna e microflora, utilizou-se caixas teladas com diferentes tamanhos de malha (5,1mm; 1,12mm e 0,052mm, respectivamente)

No final deste trabalho será fornecida uma descrição detalhada da metodologia.

(4) Experimento de campo referente ao trabalho de tese de doutorado de M. Denich, Universidade de Göttingen, R.F.A.

Influência do lugar sobre a decomposição

Quanto à decomposição, o lugar é definido pelas condições microclimáticas e pedológicas, bem como pela vegetação e fauna.

O microclima pode ser descrito, resumidamente, da seguinte maneira:

temperatura do ar	- dia:	ca > capoeira
	- noite:	capoeira > roça
umidade do ar	- dia:	capoeira > roça
	- noite:	capoeira = roça
temperatura do solo	- dia:	roça > capoeira
umidade do solo		capoeira > roça
precipitação que atinge o solo		roça > capoeira

A vegetação da capoeira era comum à região (veja Denich neste volume); a mandioca apresentava uma altura de aproximadamente 1,20 - 1,50 m e o solo estava coberto por plantas invasoras.

A avaliação da mesofauna ainda não está concluída. Os primeiros resultados não mostram diferenças qualitativas ou quantitativas entre os dois lugares.

TABELA 1. Comparação da percentagem em relação ao peso inicial de diferentes materiais vegetais expostos em capoeira e roça de mandioca utilizando-se caixas teladas com malha de 5,1mm.

Espécie	Percentagem do peso inicial (coeficiente de variação)		Nível de sig- nificância (teste t)
	Capoeira	Mandioca	
Banana	55,5 (2,1)	71,2 (2,2)	99,9%
Cecropia	42,8 (9,7)	52,3 (22,9)	70 %
Davilla	67,4 (1,0)	72,3 (3,7)	95 %
Lacistema	63,7 (0,7)	74,3 (3,2)	99 %
Myrciaria	55,1 (9,3)	64,5 (9,4)	80 %
Pithecellobium	55,7 (2,3)	60,2 (10,8)	60 %
Phenakospermum	44,1 (3,6)	60,9 (7,2)	99 %
Vismia	66,9 (3,2)	77,8 (4,9)	97 %
Mistura	55,0 (3,2)	64,7 (6,8)	99 %
Liteira	98,2 (2,1)	-	-

Depois de seis meses de exposição (maio - outubro) a quantidade que restou do material nas caixas de malha de 5,1mm foi de 42,8 - 67,4% na capoeira, enquanto que na roça 52,3 - 77,8%. Na capoeira todas as espécies se decomposeram mais rápido do que na roça. Na maioria dos casos a diferença na decomposição entre os dois lugares foi significativa no mínimo ao nível de 95%, entretanto, em alguns casos a significância foi menor, devido à alta variância dos valores comparados (Tabela 1).

Observou-se que na capoeira, freqüentemente as raízes de árvores e arbustos penetravam nas caixas, enquanto que na roça foram encontradas dentro das caixas "bolinhas" de terra, possivelmente excrementos de minhocas.

Efeito de substrato sobre a decomposição

Como já foi mencionado, diferentes tipos de substrato indicam diferentes taxas de decomposição.

A Tabela 2 mostra que houve diferenças significativas, no experimento de decomposição na capoeira, entre as taxas específicas de decomposição dos materiais colocados nas caixas com malha de 5,1mm, após seis meses de exposição. Entretanto, na roça de mandioca poucas diferenças são significativas (Tabela 3), devido à proximidade dos valores entre as taxas específicas de decomposição e uma alta variância destes. Os valores correspondentes às Figs. 2 e 3 estão listadas na tabela 1.

TABELA 2 - Comparação da decomposição de diferentes materias vegetais na capoeira após seis meses, utilizando-se caixas teladas com malha de 5,1mm.

	Ban.	Cec.	Dav.	Lac.	Myr.	Pit.	Phe.	Vis.	Liteira
Mistura	n.s.	**	***	***	n.s.	n.s.	***	***	***
Banara	-	**	***	***	n.s.	n.s.	***	**	***
Cecropia	-	-	***	***	*	**	n.s.	***	***
Davilla	-	-	-	**	*	***	***	n.s.	***
Lacistema	-	-	-	-	*	***	***	n.s.	***
Myrciaria	-	-	-	-	-	n.s.	*	*	***
Pithecellobium	-	-	-	-	-	-	***	**	***
Phenakospermum	-	-	-	-	-	-	-	***	***
Vismia	-	-	-	-	-	-	-	-	***

n.s = não há diferença significativa segundo teste t

*, ** e *** = níveis de significância de 95 %, 99 % e 99,9 %, respectivamente, pelo teste t.

Uma interpretação mais detalhada sobre a decomposição das espécies só será feita após análise química do material vegetal exposto. Todavia, salienta-se que a diminuição de peso inicial da liteira é inferior a das espécies estudadas (Tab.1 e Tab. 2). Isto pode significar que na liteira, as substâncias facilmente decompostas já foram degradadas, restando apenas as substâncias mais resistentes e, por isso, lentamente degradáveis.

TABELA 3 - Comparação de decomposição de diferentes materiais vegetais numa roça de mandioca após seis meses, utilizando-se caixas teladas com malha de 5,1mm.

	Ban.	Cec.	Dav.	Lac.	Myr.	Pit.	Phe.	Vis.
Mistura	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	**
Banara	-	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	*
Cecropia	-	-	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	*
Davilla	-	-	-	n.s.	n.s.	*	*	n.s.
Lacistema	-	-	-	-	n.s.	*	**	n.s.
Myrciaria	-	-	-	-	-	n.s.	n.s.	*
Pithecellobium	-	-	-	-	-	-	n.s.	*
Phenakospermum	-	-	-	-	-	-	-	**

n.s. = não há diferença significativa segundo teste t
 *, ** e *** = Níveis de significância de 95 %, 99 % e 99,9 %, respectivamente, pelo teste t.

Efeito dos organismos sobre a decomposição

A decomposição é resultante dos metabolismos numa rede alimentar bastante ramificada. Nos trópicos, o papel mais importante na rede é desempenhado pela microflora e microfauna (cf. Swift et al. 1979).

No experimento citado, houve poucas diferenças na decomposição entre as caixas teladas com malha de 5,1mm, malha de 1,12mm e malha de 0,052mm, respectivamente (Tabela 4). Resultados semelhantes são relatados por Anderson et al. (1983).

TABELA 4 - Comparação da decomposição entre caixas teladas com três tamanhos de malha (g; m; f), com diferentes materiais vegetais, em uma capoeira baixa e em uma roça de mandioca.

Espécie	Capoeira			Roça		
	g	m	f	g	m	f
Mistura	a	ab	b	a	ab	b
Banara	a	a	a	a	a	a
Cecropia	ab	a	b	a	a	a
Davilla	a	a	a	a	ab	b
Lacistema	a	a	a	a	a	a
Myrciaria	a	b	b	a	b	b
Pithecellobium	a	a	a	a	a	a
Phenakospermum	a	a	a	a	a	a
Vismia	a	a	a	a	a	a

Em lugares iguais, com mesmo material vegetal, os diferentes símbolos indicam que a decomposição foi diferente ao nível de significância de 95% (segundo teste t); g = malha de 5,1 mm, m = malha de 1,12 mm e f = malha de 0,052 mm.

Esses resultados podem significar, em última instância, que os microrganismos e entre eles os fungos, são os decompositores mais importantes na região, em virtude do pH baixo do solo.

Ao contrário, Swift et al. (1981) observaram uma decomposição duas vezes mais rápida em sacos telados com malha grossa comparados com malha fina. Concluíram que a decomposição de folhas mostra uma relação de aproximadamente 1:2, pelos microrganismos e por animais maiores, respectivamente.

EFEITO DO MATERIAL VEGETAL SOBRE PLANTAS CULTIVADAS

Para estudar o efeito, positivo ou negativo, de um material vegetal sobre plantas cultivadas, Denich (5) fez um experimento sob condições controladas, evitando influências externas sobre as plantas teste.

Utilizou-se solo superficial (0 -20cm) de uma área de pousio do município de Igarapé-Açu (Latossolo Amarelo, textura média), peneirado e misturado com material vegetal triturado (folhas e galhos) das mesmas espécies que foram usadas no experimento de decomposição com caixas teladas e, também, uma mistura das mesmas. A quantidade de material vegetal foi de 3% (peso seco) em relação ao peso seco do solo. As plantas teste foram caupi (cultivar IPEAN-V-69) e milho (cultivar BR 5102).

Cada substrato com material vegetal, e um contendo apenas solo (testemunha), recebeu três tratamentos, de acordo com o tempo de semeio, ou seja:

Tratamento 0: semeio imediatamente após a preparação do substrato; tratamento 1: semeio após um mês da preparação do substrato; tratamento 2: semeio após dois meses da preparação do substrato. Trabalhou-se com quatro repetições e todos os tratamentos receberam irrigação, mesmo quando ainda não estavam semeados.

O crescimento do caupi e milho foi avaliado, procedendo-se o corte após seis semanas; determinou-se a fitomassa das plantas teste.

Pode-se dizer que foram observadas diferenças nas fitomassas (peso seco) do caupi e milho, dependendo dos materiais vegetais misturados com o solo, como é apresentado na figura 6. Além disso, houve um aumento na fitomassa das plantas teste do tratamento 0 ao tratamento 2. A extensão do aumento de peso dependeu também dos materiais vegetais usados, e as relações entre a fitomassa da colheita do tratamento 2 pela fitomassa da colheita do tratamento 0 do caupi e do milho, respectivamente, ficaram muito próximas, com exceção da Cecropia (Tabela 4).

(5) Experimento de campo referente ao trabalho de tese de doutorado de M. Denich, Universidade de Göttingen, R.F.A.

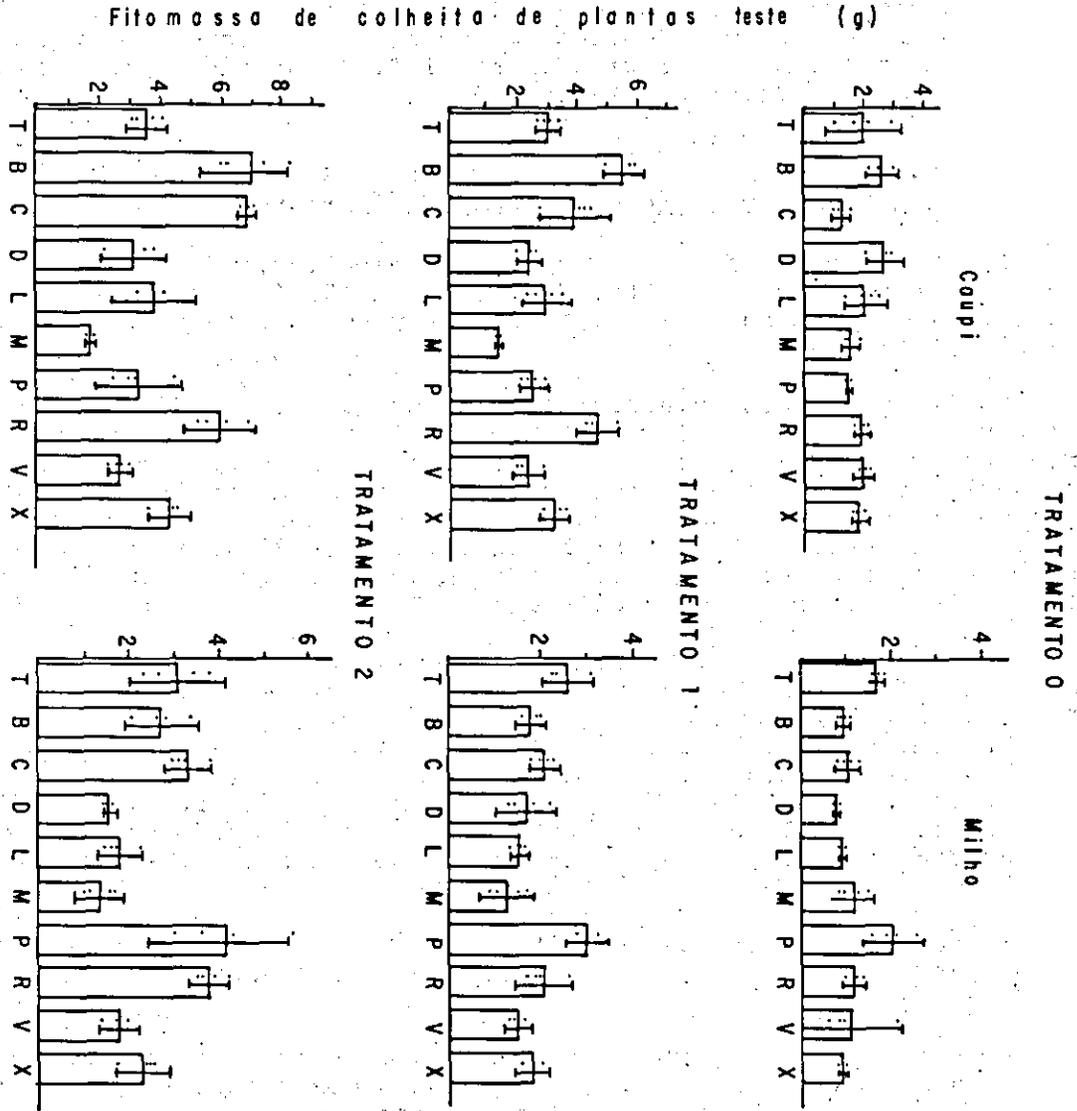


FIG. 3. Fitomassa (média de 4 rep. e intervalo de confiança) de colheita de plantas teste caupi e milho desenvolvidas em vários substratos (T = testemunha, B = solo misturado com material vegetal da Banera, C = Cecropia, D = Davilla, L = Lacistema, M = Myrciaria, P = Pithecellobium, R = Phenakospermum, V = Vismia, X = mistura de espécies mencionadas) com três tratamentos (veja texto).

Já o substrato com *Pithecellobium* (Leguminosae) proporcionou um maior crescimento do milho quando comparado com outros substratos, enquanto que caupi (Leguminosae) mostrou um dos menores crescimentos no substrato com *Pithecellobium* em relação aos outros substratos com a mesma planta teste (Fig. 3).

TABELA 5. Relação entre a fitomassa do tratamento 2 pela fitomassa do tratamento 0 do caupi e milho com diferentes substratos.

Substrato	Relações entre as fitomassas	
	Caupi	Milho
Testemunha	1,8	1,8
Banara	2,7	2,9
Cecropia	5,3	3,1
Davilla	1,2	1,8
Lacistema	1,8	1,8
Myrciaria	1,1	1,1
Phenakospermum	3,0	3,1
Pithecellobium	2,1	2,0
Vismia	1,3	1,5
Mistura	2,2	2,3

Ainda não se tem a resposta, sobre a forma como o material vegetal influencia diferentemente as plantas teste usadas. O crescimento da produção do tratamento 0 em relação ao tratamento 2 poderia ter sido causado pela liberação de nutrientes, na decomposição do material vegetal misturada ao solo, ou então pela degradação de substâncias alelopáticas, oriundas do material vegetal, durante o tempo antes do plantio do tratamento 2. Neste contexto, são dignas de mencionar que, principalmente no tratamento 0 com o material de *Cecropia* e *Lacistema*, somente desenvolveram folhas primárias, enquanto que com *Phenakospermum* e *Banara* observou-se plantas com deformações acentuadas.

Os efeitos descritos não se repetiram nos tratamentos 1 e 2, e também obteve-se maior crescimento da fitomassa do tratamento 2 em relação ao tratamento 0 no caso *Banara*, *Cecropia* e *Phenakospermum* (Tabela 5).

ASPECTOS SOBRE A COMPOSTAGEM

Até agora falou-se da decomposição da matéria orgânica no ecossistema, tanto no ecossistema natural como no agroecossistema. Mas também pode se lançar mão de processos de decomposição, sob condições mais ou menos controladas, para produzir um substrato rico em substâncias húmicas e nutrientes, o qual é usado para melhorar o solo de baixa fertilidade. O substrato mencionado denomina-se composto e sua produção compostagem, a qual pode ser entendida como decomposição dirigida.

Nas zonas temperadas a tecnologia de compostagem é bem conhecida, enquanto que nos trópicos existem poucas informações sobre este assunto, apesar das técnicas já serem conhecidas das tribos indígenas da Amazônia Brasileira (cf. Posey 1985).

De modo geral, todo material orgânico pode ser transformado em composto utilizando-se para tal, qualquer material vegetal e lixo orgânico das comunidades (detritos são matérias-primas no lugar errado). Com relação a este último, naturalmente é necessário separar os materiais inertes como: metais, vidros e plásticos. Pfirter et al. 1981 listaram várias substâncias compostáveis e suas características quanto à compostagem.

Para se fazer compostagem, o material deve ser recolhido e arranjado em pilhas pequenas, ou em maior escala, montes maiores, ou fermentadores mais sofisticados, os quais permitem controlar todo o processo. Contudo, para qualquer situação, os resultados finais são semelhantes.

A decomposição do material, quando feita em ambiente adequado, ou seja aeróbico e úmido, não produz odor desagradável. Apenas o volume se reduz resultando em um aumento na concentração de nutrientes e diminuição na relação C/N. Também o poder germinativo das sementes de ervas daninhas se reduz (Siebert 1983), o mesmo acontecendo com os patógenos (Strauch et al. 1977).

Para haver um bom funcionamento da compostagem, há de se considerar alguns fatores: boa aeração e teor de umidade.

Para existir uma perfeita troca de gases dentro do composto, evitando-se que haja regiões anaeróbicas, há necessidade de uma certa densidade para que o material possa esquentar. Quanto à aeração Dalzell et al. (1979) propuseram para o caso de pilhas maiores, fazer buracos arejadores verticais e colocar uma camada de galhos por baixo.

A umidade deve ser mantida entre 50 e 60%. Um método grosseiro é a "prova de punho". Isto é, quando espreme-se o material na mão e gotas de água desprendem-se, o composto está molhado demais, ou, ao contrário, se não aparecer água entre os dedos, é conveniente irrigar. Para se obter boas condições de umidade, deve-se montar o composto abrigado da direção do vento e cobri-lo na época chuvosa, para evitar excesso de umidade.

Do ponto de vista químico, primeiramente são decompostas as substâncias solúveis como açúcares e aminoácidos, depois os polímeros como celulose. Na fase final da decomposição são formados os ácidos húmicos. Entretanto, isto ainda não está bem esclarecido. Tanto a atividade biológica, como as reações químicas de condensação e polimerização no solo, resultam na formação de substâncias húmicas macromoleculares de grande estabilidade e altamente resistente ao ataque de bactérias e fungos. Uma descrição dos processos de compostagem encontra-se em Dalzell et al. (1979).

A dinâmica da decomposição na compostagem pode ser avaliada pelas variações da temperatura no interior do composto, a qual aumenta inicialmente pela atividade de microorganismos (até 70 graus centígrados) e cai depois com a redução das substâncias a serem decompostos. Este comportamento térmico está ligado com a sucessão de organismos decompositores. Quando a temperatura do composto abaixa para mais ou menos 40 graus centígrados, é conveniente virá-lo para reiniciar os processos com o material ainda não decomposto.

Além de material orgânico, na prática usa-se suplementos inorgânicos, como:

- Pó de pedras: para aumentar o teor de macro e micronutrientes liberados pelas bactérias e adsorção de amônio (Adams & Stevenson 1964).
- Pó de argila montmorilonita: para redução das perdas de nitrogênio (Beckwith & Parsons 1980), aumentar a atividade de microorganismos (Filip 1970) e formar complexos altamente estáveis entre argila e húmus (Aldag et al. 1974).
- Pó de rocha fosfatada: para aumentar a disponibilidade de fosfatos durante a compostagem (Mathur et al. 1980; Mishra et al. 1982; Singh et al. 1983).

Para não comprometer o processo de decomposição, o total dos suprimentos não compostáveis, não deve exceder 10% do peso total do composto.

Com o objetivo de avaliar a melhoria de composto com a adição de rocha fosfatada e argila, Kühn (6) realizou um experimento, na área do CPATU, com seis tipos de compostos e adição de diferentes suprimentos.

A composição dos seis tipos de composto do experimento mencionado consta da Tabela 6.

Como os compostos foram instalados no período chuvoso, construiu-se telhados sobre as pilhas para controlar melhor a umidade. Quando necessário estes compostos foram irrigados. Também instalou-se uma réplica de C1 em buraco de 1m³, o qual foi coberto com lona plástica.

Segundo Dalzell et al. (1979), nos trópicos o composto está "maduro" após mais ou menos doze semanas, e com pouca quantidade de material grosso não decomposto. Neste experimento, após sete meses de compostagem, encontrou-se entre 12,7% (C5) e 16,3% (C6) de material grosso (resíduo de peneira de tamanho de malha de 6mm). Também foram encontrados, muitos pedacinhos de madeiras intactas, que não mostravam sinal de decomposição. O composto

(6) Experimento de campo referente ao trabalho de tese de mestrado de B. Kühn, Universidade de Giessen, R.F.A.

TABELA 6. Composição dos compostos experimentais, realizados por Kühn.

Tipo de composto	Material vegetal	Suprimento argiloso	Rocha fosfatada	Esterco
C1	400 kg (= 1 m ³ de <i>Cassia siamea</i> (Leg.) e <i>Terminalia catappa</i> (Combretaceae), picadas, há 1 cm e misturadas com grama	não há	não há	não há
C2	Idem C1	28 kg de barro, principalmente argila caulinita	não há	não há
C3	Idem C1	Idem C2	25 kg de rocha fosfatada, moída há < 0,28 mm, com 20 % de fosfato	não há
C4	Idem C1	Idem C2	não há	40 kg
C5	Idem C1	Idem C2	Idem C3	Idem C4
C6	Idem C1	28 kg de barro principalmente argila montemorilonita	Idem C3	Idem C4

subterrâneo, apresentou quantidade maior de material grosseiro (41%).

Esta baixa decomposição não é facilmente compreensível, tendo em vista que na maioria dos ecossistemas naturais tropicais a decomposição mostra-se bastante eficiente e rápida. Procurando explicar tal fenômeno, nota-se que a temperatura dos compostos alcançou apenas 55 graus centígrados, o que poderia indicar uma baixa atividade dos processos biológicos, contudo, não foi feita uma análise microbiológica. Entretanto, o levantamento da mesofauna (Berlese) mostrou por um lado que a fauna é pobre nos principais componentes, quando comparados com dados de regiões temperadas, mas quando comparadas com dados dos solos da região bragantina e de uma floresta primária, pode ser considerada como uma fauna rica (Tabela 7).

TABELA 7 - Comparação do número de indivíduos da mesofauna (Berlese) que ocorrem nos seis diferentes compostos (C1-C6; média de três amostras de 130 g de peso seco) com a média do número de indivíduos da mesofauna do solo de oito povoamentos distintos da região bragantina (capoeiras, pousios, roça; Dantas, dados não publicados) e duas coletas numa floresta primária da Amazônia Central (Dantas, 1979). Os dados de solo foram recalculados para 130 g de material, considerando o volume da amostra de 63 cm³ e densidade aparente de 1,3.

Taxon	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Média Bragan- com- posto	tina Flores- ta pri- mária
Acari	37	58	88	32	109	31	59	98
Collembola	20	115	32	37	81	47	55	25
Formicidae	7	32	29	13	12	7	17	3
Isopoda	4	2	2	19	6	1	4	0
Diplopoda	46	177	77	45	94	24	77	0
Symphyla	22	94	3	22	78	42	44	2
Total	136	478	231	159	380	152	256	128
							(62)*	(144)*

* Soma de todos taxa encontrados.

Apesar do número de ácaros ser semelhantes entre os compostos e os solos, os outros taxa são mais expressivos no composto, principalmente Diplopoda e a Symphyla, as quais são geralmente detritívoras. Todavia, o número de taxa que ocorre no composto é muito limitado, em comparação com o número que ocorre nos solos naturais (na Tabela 3 só foram relatados os taxa que ocorrem simultaneamente no composto e no solo).

Até o momento, só pode-se levantar hipóteses quanto ao mal funcionamento da compostagem. Uma delas, seria que a comunidade adequada dos decompositores ainda não se estabilizou. Quanto à mesofauna, não pode-se dizer que há uma falha quantitativa no

composto, apesar de faltar alguns taxa, o que poderia significar uma falha quantitativa. As minhocas, por exemplo, tiveram uma ocorrência escassa.

Como já foi exposto no experimento de decomposição com caixas teladas, a microfauna e a microflora desempenham um papel preponderante na decomposição. Dos microorganismos, os fungos têm uma importante função na decomposição, os quais se desenvolvem melhor em substratos ácidos, presentes na maioria dos solos tropicais. Entretanto, nos seis compostos o pH variou entre 7,05 (C1) e 7,8 (C5), o que restringe eventualmente a presença da maioria dos fungos.

É provável que estes microorganismos não consigam se deslocar, ou então penetrar suas hifas (de fora para dentro) nas pilhas de composto que têm um pH alto e uma espessura maior que 60cm. Já num ecossistema natural, mesmo quando o pH do substrato está próximo da neutralidade, sua espessura é menor, fazendo com que seja possível a penetração dos organismos de um substrato mais ácido para um neutro. Pode-se dizer que a má decomposição, principalmente da madeira, é causada pela escassez de fungos decompositores em virtude do pH alto no composto.

Futuramente seria interessante estudar detalhadamente o desenvolvimento de comunidades de decompositores em composto, especialmente a microflora, quanto a sua qualidade e quantidade.

Quanto aos suprimentos adicionados aos compostos, não foi constatado qual o seu possível efeito sobre os organismos decompositores, observando-se apenas que a adição de rocha fosfatada aumentou o teor de fósforo disponível 53% (C3), 66% (C5) e 42% (C6), respectivamente, comparado com a testemunha (C1) sem suprimentos.

MÉTODOS PARA AVALIAR A DECOMPOSIÇÃO E A ATIVIDADE BIOLÓGICA DO SOLO

Neste tópico, pretende-se resumidamente mostrar os métodos de avaliação da decomposição e de atividade biológica do solo. Inicialmente, apresenta-se um método para estudar a decomposição de material vegetal, em ambiente natural, o que leva a uma aproximação das condições naturais, no compartimento de decomposição do ecossistema. Depois, faz-se algumas observações sobre a decomposição de substâncias específicas (celulose) em condições naturais. Esta metodologia pode ser considerada como intermediária entre a primeira e a utilizada para avaliar a atividade biológica do solo, pela atividade enzimática (desidrogenase) sob condições controladas ("in vitro").

Avaliação de decomposição de material vegetal

Para avaliar a decomposição de material vegetal no ecossistema, são usados sacos telados ou caixas teladas.

Os resultados do item "Curva de decomposição" foram obtidos, como dito, usando sacos telados, os quais foram confeccionados em tela comum de polietileno com tamanho de malha de 1mm. Apresentavam 18 x 30 cm de dimensão e foram enchidos com 100-200g (peso fresco) de folhas e galhos, separadamente, para lacre e matapasto.

Os sacos foram depositados na superfície do solo de uma capoeira alta e de um campo. Cada tratamento constou de quatro repetições e foram retirados após três, cinco, sete, nove, onze e treze semanas, respectivamente, no caso das folhas, e após sete e treze semanas no caso dos galhos. Determinou-se então, a porcentagem de perda de peso inicial.

Em relação a este tipo de experimento deve-se tecer algumas observações:

- O material usado não é resistente a cupins, já que na capoeira os sacos foram perfurados por estes insetos. Além disso, eles transportaram terra e outros materiais para o interior dos sacos.
- No campo havia muita areia dentro dos sacos, provavelmente devido à ação das chuvas, causando o efeito de salpicamento.
- Na capoeira, uma quantidade considerável de raízes penetrou nos sacos.
- Depois da retirada do material exposto, é necessário eliminar a terra, areia e as raízes que penetraram nos sacos, para evitar um erro nas análises posteriores.
- Notou-se que no campo houve um enfraquecimento da tela, depois de dez semanas, causado pela intensidade da luz do sol.

No outro experimento, para avaliar a decomposição de material vegetal, foram usadas caixas teladas, construídas com moldura de madeira (freijó) de 25 x 25 x 8cm e fechadas em cima e em baixo com tela de poliéster. Foram construídas caixas com tela de três tamanhos de malha: 0,052mm que permitiu apenas a entrada da microflora e microfauna; 1,12mm que possibilita também a entrada da mesofauna e 5,1mm que permitiu também a entrada de organismos maiores.

Foram colocadas em cada caixa, 400g (peso fresco) de material vegetal (oito espécies, uma mistura das mesmas e liteira), o qual estava constituído de uma composição de folhas e galhos.

As caixas foram depositadas na superfície do solo em uma capoeira baixa e em uma roça de mandioca. Foram retiradas depois de seis meses e determinou-se a porcentagem da perda de peso inicial. Fez-se quatro repetições para cada um dos tratamentos, sendo que um tratamento é composto pelos fatores, lugar, tamanho de malha e material vegetal.

Necessário é, pois, fazer algumas considerações a respeito

desta metodologia:

- Quando da utilização de telas com malha de maior diâmetro é mais vantajoso usá-las em caixa, visto que a perda de material pela malha é menor do que quando confeccionou-se sacos (Herlitzius, comunicação pessoal).
- Nas caixas o material a ser decomposto, principalmente as folhas, ficam menos comprimidas do que em sacos.
- Se possível as caixas deveriam ser construídas com plástico, já que este material é inerte, de maior durabilidade e não influencia os processos de decomposição. Todavia as caixas de madeira usadas no experimento, não apresentaram problemas e, dependendo do lugar de exposição, elas poderiam permanecer por aproximadamente um ano.
- A tela de poliéster é mais resistente que a tela comum de polietileno, sendo que só depois de meio ano foi que a tela fina (0,052mm) de poliéster começou a enfraquecer quando exposta na roça, onde sofre maior influência da luz do sol.
- Os problemas de entrada de materiais estranhos que foram descritos com sacos telados, voltaram a se repetir com as caixas.

Avaliação da atividade de decompositores pela decomposição de celulose

Avaliou-se a decomposição da celulose de algumas áreas no município de Igarapé Açu que diferiam em sua cobertura vegetal, sendo um pousio de aproximadamente um ano, duas capoeiras baixas de quatro a cinco anos, uma capoeira com mais de quinze anos e uma roça de mandioca onde havia sido colhido algodão.

Utilizou-se sacos telados de polietileno com malha de 1mm, de 5 x 25cm, contendo 10g (peso seco) de algodão o qual é constituído principalmente de celulose; método este proposto por Unger (1960).

Os sacos com algodão foram enterrados a profundidade entre 5 - 10cm, com doze repetições por área e a avaliação foi feita pela perda de peso por saco, após dois meses de exposição.

Encontrou-se que com respeito à perda de peso de algodão os lugares podem ser agrupados da seguinte maneira: pousio e as duas capoeiras baixas; capoeira alta e a roça; estes dois grupos diferiram significativamente entre si, sendo a roça de mandioca a área que apresentou maior decomposição, seguida pela capoeira alta.

Para avaliação da decomposição da celulose, outros autores (p.ex. Santos et al. 1979, 1981) utilizaram-se de sacos telados, contendo somente 1g de algodão. Em nosso trabalho foram colocados 10g de algodão em cada saco e a quantidade que restou após dois meses foi infima em algumas amostras, dificultando assim sua

limpeza (retirada de toda areia e raízes que penetraram nos sacos), o que nos leva a uma proposição, que deve-se utilizar uma quantidade maior de material para se obter resultados mais precisos. Também deve ser recomendado trabalhar com maior número de repetições, por causa da possível variação entre elas.

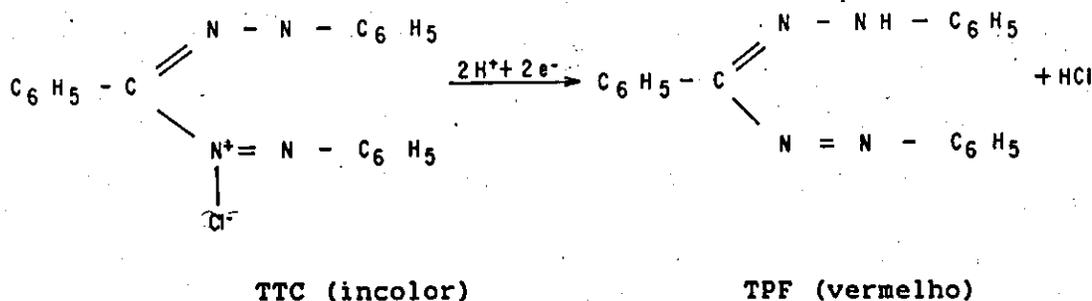
Avaliação da atividade microbiológica do solo pela atividade enzimática

A determinação da atividade microbiológica do solo é difícil de ser conseguida, visto que os métodos usuais são muito trabalhosos e ainda não se obteve resultados plenamente reproduzíveis (p. ex. respiração do solo).

A avaliação da atividade enzimática apresenta, como vantagem, a possibilidade de análise de maior quantidade de amostras no período de tempo, sem que com isso haja necessidade de grande espaço físico, já que consiste basicamente de análise instrumental.

Descreve-se, a seguir, detalhadamente a metodologia da determinação da atividade da desidrogenase, por acreditar que esta apresenta grande possibilidade de se difundir, apesar de ser ainda pouco usada nos trópicos, mas ela tem alcançado resultados bastante satisfatórios em regiões temperadas e no Sul do Brasil. Descrições da metodologia se encontra em Thalmann (1968) e Stevenson (1959). Segundo Domsch et al. 1979 o método mostra uma alta correlação com a biomassa total, com outros métodos enzimáticos e com a absorção de oxigênio pelos microorganismos.

A desidrogenase é uma enzima presente em todas as células vivas, portanto também nos microrganismos do solo e atua na transferência do hidrogênio de um substrato oxidável para outro receptor. Na determinação da atividade da desidrogenase no solo, se mantém o solo sob condições anaeróbicas e a técnica se baseia na substituição do acceptor normal de hidrogênio (que é o oxigênio) pelo Trifenil-Tetrazólico Cloreto (TTC) que vai se transformar em Trifenil-Tetrazolium-Formazan (TPF), como o esquema básico a seguir:



Como o TPF é uma substância vermelha, a atividade da desidrogenase pode ser medida pela intensidade da cor formada pela

espectrofotometria (comprimento de onda 546 nm).

Alguns fatores devem ser observados, devido à sensibilidade das enzimas:

- pH; para o controle da reação é utilizado um tampão (Tris)
- temperatura; deve ser bem controlada durante o período de incubação
- luz; as substâncias são sensíveis à luz, portanto deve-se trabalhar em câmara escura.

Para evitar alterações no solo durante a armazenagem, o que resulta em uma alteração na atividade da desidrogenase, é recomendável utilizar o solo fresco, ou guardá-lo em câmara fria, por no máximo três meses (cf. Thalmann, 1968).

Utiliza-se 10 g de solo (TSA) passado em peneira com malha de 2mm de diâmetro, ou então solo fresco descontado o peso da água.

As substâncias usadas são:

2,3,5 Trifenil Tetrazolium Cloreto (TTC)
Ácido Clorídrico (HCl)
Tris (Hidroximetil) Aminometano (Tris)
1,3,5 Trifenil Tetrazolium Formazan (TPF)
Acetona 90%
Tetracloro de Carbono

Soluções a serem preparadas:

a - Solução Tris (tampão) para solo ácido pH < 6: 324 ml HCl (0,2N) + 12,114 g Tris, completar volume 1 litro com água destilada (pH da solução 7,8).

Para solo neutro pH 6,0-7,5: 373 ml HCl + 12,114 g Tris completar volume 1 litro com água destilada (pH da solução 7,6).

Para solo alcalino pH > 7,0: 410 ml de HCl + 12,114 g Tris completar volume 1 litro com água destilada (pH da solução 7,4).

b - Solução de TTC:

Tipo de solo	Concentração de TTC
muito pouco húmus e arenoso	0,1 % TTC em solução Tris
arenoso com pouca argila	0,3 a 0,4 % TTC em solução Tris
arenoso com húmus	0,6 a 0,8 % TTC em solução Tris
húmico e/ou argiloso	> 1 % de TTC em solução Tris

c - Solução extratora de TPF: 90 % de acetona + 10 % de Tetracloro de Carbono.

d - Solução standard de padrão de TPF: 100 mg de TPF dissolvido em 100 ml de solução extratora.

Para se obter a curva padrão, dilui-se a solução standard em solução extratora como segue:

0,5 ml solução standard (TPF) em 100 ml = 0,5 mg TPF/100 ml
 1,0 ml solução standard (TPF) em 100 ml = 1,0 mg TPF/100 ml
 1,5 ml solução standard (TPF) em 100 ml = 1,5 mg TPF/100 ml
 2,0 ml solução standard (TPF) em 100 ml = 2,0 mg TPF/100 ml
 3,0 ml solução standard (TPF) em 100 ml = 3,0 mg TPF/100 ml
 4,0 ml solução standard (TPF) em 100 ml = 4,0 mg TPF/100 ml

A seguir a seqüência de operações: três (3) amostras de 10 g de solo, em frasco de 60 ml, sendo que em duas (2) é colodado, 10 ml de solução de TTC, enquanto que na terceira, a qual funcionará como branco, só é colocado o tampão (Tris). As amostras são agitadas, tampadas com tampa de silicone e incubadas a 30 graus centígrados \pm 0,5 graus por 24 horas. Depois da incubação, adiciona-se 40 ml de solução extratora, para parar a reação, agita-se bem e leva-se à câmara escura por duas horas. Filtra-se então o material e afere-se a 100 ml com a mesma. Todas operações devem ser feitas no escuro.

A leitura é realizada em absorbância a comprimento de onda de 546 nm. Faz-se a avaliação segundo a curva padrão de TPF como segue:

mg TPF/100 ml = mg TPF/10 g solo	atividade
0 - 0,5 mg	muito fraca a fraca
0,5 - 2,0 mg	moderada
2,0 - 6,0 mg	alta
> 6,0 mg	muito alta (apenas solo húmico ou composto)

Para se testar a metodologia descrita, foram feitos alguns ensaios utilizando-se solos de diferentes profundidades, sob coberturas vegetais distintas e situadas no campus do CPATU, Belém. Em capoeira alta, foram feitas duas amostragens, uma mais detalhada que a outra e comparou-se com um campo com cultura de leguminosas. Analisou-se o solo da capoeira a profundidades 0-10cm e 20-30cm; 0-5cm, 5-10cm, 10-20cm e 20-30cm e no campo 0-10cm e 20-30cm.

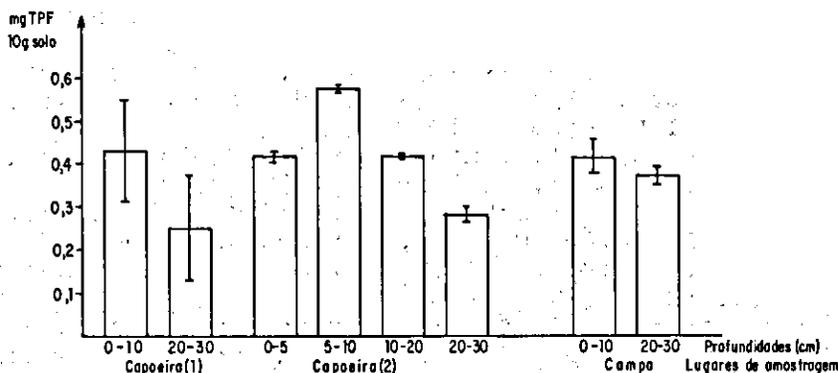


FIG. 4 - Atividade de desidrogenase do solo em diferentes lugares e profundidades. (médias de quatro repetições com desvio padrão).

Todos os resultados indicam uma baixa atividade da desidrogenase. Nota-se que existe uma diferença entre as profundidades e esta foi detectada na capoeira quando a amostragem foi feita detalhadamente dentro do perfil, ou seja, quando se analisou as amostras das profundidades 0-10cm e 20-30cm não se observou as variações que ocorrem entre os primeiros centímetros do perfil. Portanto, é interessante se colher amostras no mínimo a cada 5cm de profundidade na camada arável do solo.

É importante ressaltar que a avaliação da atividade da desidrogenase foi feita segundo os parâmetros estabelecidos em regiões temperadas. Devem ser realizados mais estudos que possam determinar a amplitude dos resultados desta avaliação em regiões tropicais. Talvez a concentração de até 0,5 mg TPF/10 g solo não determine uma atividade fraca nestas condições, ou então, deve-se fazer uma outra classificação da atividade em relação ao teor de TPF produzido. Também deveria ser testado o efeito de um pH baixo (<4,0) sobre as indicações metodológicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ADAMS, R.S. & STEVENSON, F.J. Ammonium sorption and release from rocks and minerals. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 28:345-51, 1964.
- ALDAG, R.; FREDE, H.-G.; HUGENROTH, P.; MEYER, B. & WILDHAGEN, H. *Bodenkunde - Aspekte und Grundlagen.* Göttingen, Eigenverlag, 1974.
- ANDERSON, J.M.; PROCTOR, J. & VALLACK, H.W. Ecological studies in four contrasting areas of lowland rain forests in Gunung Mulu National Park. III. Decomposition processes and nutrient losses from leaf litter. *J. Ecol.* 71:503-27, 1983.
- ANDERSON, J.M. & SWIFT, M.J. Decomposition in tropical forests. In: Sutton et al. 287-309, 1983.
- BECKWITH, C.P. & PARSONS, J.W. The influence of mineral amendments on the changes in the organic nitrogen components of composts. *Plant and Soil*, 54:259-70, 1980.
- BERNHARD-REVERSAT, F. Decomposition de la litiere de feuilles en forêt ombrophile de basse Cote-d'Ivoire. *Oecol. Plant*, 7:279-300, 1972.
- DALZELL, H.W.; GRAY, K.R. & BIDDLESTONE, A.J. Composting in tropical agriculture. Ipswich, England, International Institute of Biological Husbandry, 1979.
- DANTAS, M. Pastagens da Amazônia Central: Ecologia e fauna do solo. *Acta Amaz.*, Manaus, 9(2):1-54, 1979. Supl.
- DOMSCH, K.H.; BECK, Th.; ANDERSON, J.P.E.; SODERSTRÖM, B.; PARKINSON, D. & TROLLDENIER, G. A comparison of methods for soil microbial population and biomass studies. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd.* 142:520-33, 1979.
- EDWARDS, P.J. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. II. The production and disappearance of litter. *J. Ecol.* 65:971-92, 1977.
- FILIP, Z. Über die Beeinflussung der Bodenmikroorganismen, der Huminstoffbildung und der Krümelung von Bodenproben durch Bentonit. *Landbauforschung Völkenrode*, 20/2, 91-6, 1970.

- IGUE, K. Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: FUNDAÇÃO CARGILL, campinas, SP. Adubação Verde no Brasil Campinas, p.232-67, 1984.
- JENKINSON, D.S. & AYANABA, A. Decomposition of Carbon-14 labeled plant material under tropical conditions. Soil Sci. Soc. Am. J., 42:912-5, 1977.
- JENNY, H.; GESSEL, S.P. & BINGHAM, F.T. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. Soil Sci., 68:419-32, 1949.
- MATHUR, B.S.; SARKAR, A.K. & MISHRA, B. Release of nitrogen and phosphorus from compost charged with rockphosphate. J. Indian Soc. Soil Sci. 28:206-12, 1980.
- MINDERMAN, G. Addition, decomposition and accumulation of organic matter in forests. J. Ecol. 56:355-62, 1968.
- MISHRA, M.M.; KAPOOR, K.K. & YADAV, K.S. Effect of compost enriched with Mussoorie rock phosphate on crop yield. Indian J. agric. Sci. 52:674-8, 1982.
- OLSON, J.S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. Ecology, 44:322-31, 1963.
- PFIRTER, A.; HIRSCHHEYDT von, A.; OTT, H. & VOGTMANN, H. Composting to the rational use of organic waste. (Switzerland), Migros Co-operative Aargau/Solothurn, 1981.
- POSEY, D.A. Indigenous management of tropical ecosystems: the case of the Kayapó indians of the Brazilian Amazon. Agroforestry Systems, 3:139-58, 1985.
- SANTOS, O.M. & GRISI, B.M. Decomposição de celulose e do folheto em solo de floresta no Sul da Bahia: Estudo comparativo em áreas queimada e não queimada. R. bras. Ci. Solo, 3:149-53, 1979.
- SANTOS, O.M. & GRISI, B.M. Efeito do desmatamento na atividade dos microrganismos do solo de terra firme na Amazônia. Acta Amaz., Manaus, 11(1):97-102, 1981.
- SCHUBART, H.O.R.; FRANKEN, W. & LUIZAO, F.J. Uma floresta sobre solos pobres. Ci. Hoje, 2(10):26-32, 1984.
- SIEBERT, M. Einflüsse der Kompostierung auf das Keimverhalten von Unkrautsamen. Examensarbeit, Ökologische Umweltsicherung der Gh. Kassel, 1983.
- SINGH, C.P.; RUHAL, D.S. & SINGH, M. Solubilisation of low grade rock phosphate by composting with a farm waste, pearl-millet boolba. Agric. Wastes, 8(1):17-25, 1983.
- STEINHARDT, U. Untersuchungen über den Wasser-und Nährstoffhaushalt eines andinen Wolkenwaldes in Venezuela. GÖtt. Bodenkdl. Ber. 56:1-182, 1979.
- STEVENSON, J. Deshydrogenase activity in soils. Canadian J. Microbiol., 5:229, 1959.
- STRAUCH, D.; BAADER, W. & TETJEN, C. Abfälle aus der Tierhaltung Ulmer, Stuttgart, 1977.
- SUTTON, S.L.; WHITMORE, T.C. & CHADWICK, A.C. eds. Tropical rain forest: Ecology and management. Oxford, Blackwell, 1983. 498p. (The British Ecological Society. Special Publication no. 2).
- SWIFT, M.J.; HEAL, O.W. & ANDERSON, J.M. Decomposition in terrestrial ecosystems. Oxford, Blackwell, 1979. 372p. (Studies in Ecology, 5).
- SWIFT, M.J.; RUSSELL-SMITH, A. & PERFECT, T.J. Decomposition and mineral-nutrient dynamics of plant litter in a regenerating

- bush-fallow in sub-humid tropical Nigeria. J. Ecol. 69:981-95, 1981.
- THALMANN, A. Zur Methodik der Bestimmung der Dehydrogenase-Aktivität im Boden mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC). Landw. Forsch. 21:249-58, 1968.
- UNGER, H. Der Zellulosetest, eine Methode zur Ermittlung der zellulolytischen Aktivität des Bodens in Freilandversuchen. Z. Pflanzenernähr., Düngung, Bodenkd. 91:44-52, 1960.