

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
CAMPUS DE PATOS-PB**

**GLÁUCIA ALVES E SILVA**

**ATIVIDADE MICROBIANA E DECOMPOSIÇÃO DE  
SERRAPILHEIRA NO SEMI-ÁRIDO PARAIBANO**

**PATOS - PB  
MAIO/2003**

**GLÁUCIA ALVES E SILVA**

**ATIVIDADE MICROBIANA E DECOMPOSIÇÃO DE  
SERRAPILHEIRA NO SEMI-ÁRIDO PARAIBANO**

**Orientador: Prof. Jacob Silva Souto, Dr.**

Monografia apresentada à Coordenação  
do curso de Engenharia Florestal, como  
requisito para obtenção do Grau de  
Engenheira Florestal.

**PATOS - PB  
MAIO/2003**



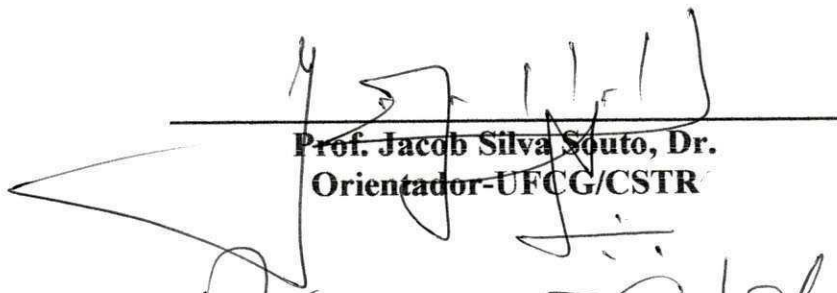
Biblioteca Setorial do CDSA. Maio de 2022.

Sumé - PB

**GLÁUCIA ALVES E SILVA**

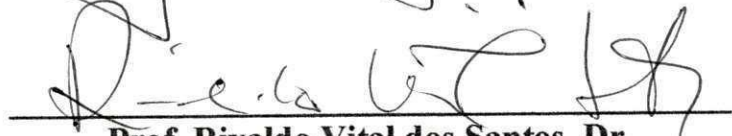
**ATIVIDADE MICROBIANA E DECOMPOSIÇÃO DE  
SERRAPILHEIRA NO SEMI-ÁRIDO PARAIBANO**

**Aprovada em: 29 de maio 2003.**



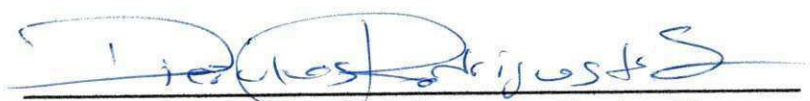
A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke, positioned above a horizontal line.

**Prof. Jacob Silva Souto, Dr.  
Orientador-UFCG/CSTR**



A handwritten signature in black ink, featuring a large initial 'R' and several loops, positioned above a horizontal line.

**Prof. Rivaldo Vital dos Santos, Dr.  
1º Examinador- UFCG/CSTR**



A handwritten signature in blue ink, with a large initial 'D' and several loops, positioned above a horizontal line.

**Prof. Diércules Rodrigues dos Santos, Dr.  
2º Examinador- UFCG/CSTR**



**Ajude à natureza!**

**Não destrua os bens que a natureza coloca a seu dispor, para ajudá-lo a progredir.**

**Coopere com as árvores, porque elas cooperam com a sua vida, na purificação do ar que você respira.**

**Colabore com a pureza das fontes, porque elas lhes fornecem água para dessedentar seu corpo.**

**Auxilie o solo a produzir, para que o pão seja sempre farto na mesa de todos.**

**Ajude à natureza.**

**Carlos Torres Pastorino.**

a Maria das Dores, minha avó ( *In memoriam*);

a Auzeni Monteiro, minha mãe;  
a João Alves Perônico, meu pai;

a meus irmãos Cláudia, Lúcio Flávio e José  
Carlos;

a Deus, razão maior da minha  
existência.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas maravilhas que ele me deu durante todo esse período e principalmente pela força espiritual, mental e física, que me fizeram ultrapassar todos os obstáculos e chegar ao final de uma importante etapa de minha vida.

A toda minha família e, em especial a minha mãe pelo carinho e incentivo que sempre me deram.

A UFPB/UFCG e ao Departamento de Engenharia Florestal pelas oportunidades oferecidas.

Aos professores do DEF e do Departamento de Ciências Básicas pela valiosa orientação e amizade.

Em especial ao Prof. Jacob Silva Souto, pela orientação nos anos de bolsista e pela valiosa orientação durante todos esses anos.

Aos professores Rivaldo Vital dos Santos, Gilmar Trindade de Araújo e Alana Candeia de Melo, pela colaboração e disposição em sempre me ajudar.

Aos amigos de turma: Marcelo, Josinaldo, Acelmo, Manoel, Verlândia e Robson, que sempre serão lembrados com muito carinho por tudo que passamos juntos.

A Eleide e Raquel pela maravilhosa convivência que tivemos durante o desenvolvimento dos trabalhos do PIBIC e pelo apoio quando eu sempre precisei.

A Michelli, Maria e Walkyria (minhas irmãs de república), agradeço a oportunidade de ter aprendido muito com vocês. Muito obrigada Michelli pelo carinho que tens por mim, a amizade de vocês embeleza minha vida. Lembrem-se "Ninguém é fraco quando tem ao lado amigos para partilhar uma caminhada". Contem comigo sempre.

A minha amiga e prima Ana Maria por tudo que você sempre fez por mim, meu muito obrigado.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse sonho, agradeço com a mais profunda admiração.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> -----	i
<b>LISTA DE FIGURAS</b> -----	ii
<b>RESUMO</b> -----	iii
<b>ABSTRACT</b> -----	iv
<b>1. INTRODUÇÃO</b> -----	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> -----	5
2.1. Manejo da matéria orgânica -----	5
2.2. Fontes de matéria orgânica -----	12
2.2.1. Resíduos vegetais -----	12
2.3. Respiração edáfica -----	17
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> -----	21
3.1. Aspectos gerais da área de estudo -----	21
3.2. Parâmetros avaliados -----	23
3.2.1. Decomposição dos Resíduos vegetais -----	23
3.2.2. Avaliação da atividade microbiana por meio da produção C-CO <sub>2</sub> -----	24
3.2.3. Temperatura do solo -----	26
3.3. Delineamento Experimental -----	26
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> -----	28
4.1. Dados pluviométricos e temperatura do solo -----	28
4.2. Decomposição dos resíduos vegetais -----	29
4.3. Respiração edáfica -----	32
<b>5. CONCLUSÕES</b> -----	41
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> -----	42

**LISTA DE TABELAS**

- Tabela 1.** Características químicas do solo, em amostras coletadas na profundidade de 0-20cm.---22
- Tabela 2.** Esquema de análise de variância utilizado no experimento com resíduos vegetais-----27
- Tabela 3.** Precipitação ( $L/m^2$ ), na área estudada, em 2002.-----28
- Tabela 4.** Média da temperatura do solo às 19: 00 e às 7: 00 h, a 0,0 cm e a 20,0 cm de profundidade.-----28
- Tabela 5.** Médias de produção total de  $CO_2$  ( $mg CO_2.m^{-2}.h^{-1}$ ), nos turnos diurno e noturno.-----32

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Experimento instalado na área do CNPA/EMBRAPA – PATOS – PB.-----21
- Figura 2.** Recipiente de vidro e balde utilizados na medição da respiração edáfica.-----24
- Figura 3.** Medidas aproximadas do material utilizado (balde e recipiente de vidro) no experimento para medir a respiração edáfica.-----25
- Figura 4.** Serrapilheira remanescente (%) em função do tempo para cada período estudado.----29
- Figura 5.** Serrapilheira remanescente (%) das espécies vegetais durante o período estudado.---30
- Figura 6.** Serrapilheira remanescente (%) das espécies algaroba e leucena (a), tamboril e angico (b), jurema-preta e jucá (c) e, nim e juazeiro (d) durante o período estudado.-----31
- Figura 7.** Média da produção de  $\text{CO}_2$  ( $\text{mg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ), nos diferentes tratamentos no final do experimento.-----33
- Figura 8.** Média da produção de  $\text{CO}_2$  ( $\text{mg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ), nos diferentes tratamentos, aos 45 e 60 d.a.i.e.-----34
- Figura 9.** Atividade microbiana ( $\text{mg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ), no período compreendido entre 15 e 150 dias após instalação do experimento.-----35
- Figura 10.** Atividade microbiana nos turnos diurno e noturno, em função do tempo.----- 37
- Figura 11.** Atividade microbiana medida através da respiração edáfica nos diversos tratamentos, durante o período experimental.----- 40

## ATIVIDADE MICROBIANA E DECOMPOSIÇÃO DE SERRAPILHEIRA NO SEMI-ÁRIDO PARAIBANO

**AUTORA:** Gláucia Alves e Silva

**ORIENTADOR:** Jacob Silva Souto

**RESUMO:** A seleção de plantas com alta capacidade de reciclagem de nutrientes, de produção de litter, e de explorar maior volume de solo, possibilitando manter as condições de produtividade do complexo edáfico, é um enfoque importante que deve ser dado nas condições do semi-árido. O presente trabalho teve como objetivo verificar a decomposição de diferentes materiais orgânicos (serrapilheira) e a atividade microbiana em Luvissole no Município de Patos-PB. O experimento foi instalado em campo, no período compreendido entre dezembro/2001 e maio/2002, em área do CNPA/EMPRAPA. Utilizou-se um delineamento experimental em blocos casualizados, com 04 repetições e 08 tratamentos (serrapilheira de: algaroba, leucena, jurema-preta, nim, tamboril, juazeiro, angico e jucá). Esses resíduos foram colocados em sacolas de náilon, contendo 20g de material seco e enterrados a 20,0cm de profundidade. Mensalmente, até o 5º mês foi retirada uma bolsa de cada tratamento onde avaliou-se a taxa de decomposição pelo método da pesagem e, a cada 15 dias determinou-se a respiração edáfica diurna e noturna. A metodologia utilizada baseou-se no princípio de que o CO<sub>2</sub> liberado por uma área do solo é absorvido por uma solução de KOH 0,5 N e titulado com HCl 0,1 N. Observou-se que as serrapilheiras da leucena e jucá apresentaram maior resistência a decomposição e, a serrapilheira do tamboril foi a que apresentou, no período estudado, a maior taxa de decomposição. A produção de CO<sub>2</sub> foi mais intensa no período noturno. É recomendável divulgar junto aos agricultores e pecuaristas a importância de se implantar/conservar espécies arbóreas no semi-árido, face aos benefícios que trará para o solo, em termos de fertilidade, bem como para conforto animal.

## MICROBIAL ACTIVITY AND LITTERFALL DECOMPOSITION IN THE SEMI-ARID REGION OF PARAÍBA

**ABSTRACT:** The selection of plants with high capacity of nutrient cycling, litter production, and large volume of soil utilization, with the objective to maintain the productivity conditions of the soil complex, is an important point that should be considered in semi-arid regions. The present work had the objective to verify the decomposition of different organic materials (litterfall) and the microbial activity in a Luvissoil in the municipal district of Patos-PB. Field experiment was carried out from December, 2001 to May, 2002, in CNPA/EMBRAPA experimental station. The experimental design consisted of eight treatments (algaroba, leucena, jurema-preta, nim, tamboril, juazeiro, angico and jucá litterfall), replicated once in each of the four randomized blocks. These residue materials were placed in nylon bags, containing 20g of dry material, and buried 20 cm deep in the soil. A nylon bag of each treatment was unburied monthly, until the 5<sup>th</sup> month, and the decomposition rate was evaluated by the weighing method. Every 15 days, soil respiration was determined during the day and night based on the soil CO<sub>2</sub> production for a known area and its absorption by a 0.5 N KOH solution, that was then titrated by a 0.1 N HCl solution for CO<sub>2</sub> content determination. It was observed that leucena and jucá litterfall resists more to decomposition than the other residues, and tamboril litterfall showed the highest level of decomposition. CO<sub>2</sub> production was more intense in the night period. Thus, it is recommended to warn farmers and cattle raisers the importance to keep and to establish tree species in the semi-arid region, due to the benefits it will bring to soil fertility, as well as for animal comfort.



## 1. INTRODUÇÃO

A dinâmica de ciclagem de nutrientes num sistema ecológico natural é de vital importância para a sua manutenção. A eficiência na rapidez com que os nutrientes passam do meio abiótico para o biótico e deste, por meio do processo de decomposição da matéria orgânica, de volta para o primeiro, é imprescindível à manutenção de ecossistemas (Santos e Grisi, 1981), principalmente para a caatinga.

No semi-árido, as baixas precipitações e a não utilização de fertilizante limitam bastante a produção de fitomassa, diminuído a reciclagem de carbono e nutrientes associados em relação à vegetação nativa. Uma vez que na situação atual a utilização de fertilizantes é praticamente inexistente, a produtividade depende dos níveis de fertilidade natural dos solos e da possibilidade de mantê-los através da ciclagem de nutrientes (Sampaio et al., 1995).

A ciclagem de nutrientes refere-se à transferência dos minerais acumulados na biomassa vegetal para o solo, adicionados, principalmente, através da queda de resíduos da parte aérea que irá formar a serrapilheira e de sua posterior decomposição, sendo reabsorvidos pela planta ou por outros organismos do sistema (Gama-Rodrigues, 1997; Barbosa, 2000).

Um estudo sobre a decomposição e mineralização da serrapilheira (ou "litter") é de grande importância para a compreensão do processo de fertilização natural dos solos.

A decomposição da serrapilheira tem sido estudada numa variedade de ecossistemas florestais. Taxas de decomposição e dinâmica da composição química tem sido relatadas para tipos de florestas, fatores climáticos, qualidade da serrapilheira (Berg et al., 1982) e reação do solo (White et al., 1949; Berg, 1986).

Em ecossistema não perturbado há equilíbrio do teor de matéria orgânica no solo, graças ao processo da biodinâmica. Todavia, dois grandes meios têm sido utilizados pelo homem para quebrar esse equilíbrio na região semi-árida nordestina. O agricultor desmata,

queima e planta por um período de dois anos e a área é então deixada em pousio para recuperação de sua capacidade produtiva. Inicialmente, o período de repouso era extenso, uma vez que a população humana era pequena. Todavia, presentemente, a demanda por alimento aumentou consideravelmente, resultando no uso mais intensivo da terra, o que encurtou o tempo de repouso, tornando-o, dessa forma, insuficiente para que os processos de sucessão possam recuperar a vegetação e a fertilidade do solo (Araújo Filho e Carvalho, 1996).

Sistema de manejo do solo como plantio direto, cultivo mínimo e uso de cobertura verde juntamente com sua palhada são ideais tanto para o cultivo, quanto para a recuperação dos solos. A retirada da cobertura vegetal, como ocorre com frequência no semi-árido do Nordeste brasileiro, provoca efeitos drásticos, seja pela diminuição da proteção do solo contra os raios solares e erosão, como pela redução dos compostos orgânicos (Silva et al., 2001). A utilização de práticas que adicionam ou removem o material orgânico do solo, promovem alterações na biomassa microbiana, as quais podem ser avaliadas pelos quantitativos de gás carbônico produzido (Matter et al., 1999).

A qualidade dos solos agrícolas é amplamente afetada pelos seus teores de matéria orgânica. O manejo adequado da cobertura vegetal e do sistema de cultivo é extremamente importante para a manutenção da sustentabilidade dos ecossistemas dos solos (Franzluebbbers et al., 1994).

Em sua primeira fase, o manejo sustentado da caatinga para agricultura passa, certamente, pela geração e adoção de tecnologias que permitam sua fixação, isto é, a exploração da mesma área por períodos prolongados, banindo de vez da paisagem da caatinga a presença do desmatamento e das queimadas.

Para isto, a recuperação das áreas degradadas deve ser buscada por meio da restauração da fertilidade do solo, obtida pelo repovoamento com leguminosas arbóreas nativas ou adaptadas com capacidade de fixação simbiote de nitrogênio e que possa,

inclusive, ser utilizadas para a aceleração da sucessão secundária progressiva (Araújo Filho e Carvalho, 1996).

Um enfoque importante que deve ser dado, nas condições do semi-árido, refere-se à seleção de plantas com alta capacidade de reciclagem de nutrientes, de produção de litter, de absorver determinados elementos, e de explorar maior volume do solo (sistema radicular profundo), possibilitando a manutenção das condições de produtividade do complexo edáfico.

Algumas leguminosas arbóreas, por se desenvolverem de forma vigorosa em solos onde a fertilidade é fator limitante para a maioria das espécies vegetais, têm sido empregadas com o objetivo de fornecer nutrientes para espécies em consórcio ou para recuperar os níveis de matéria orgânica de solos degradados.

Além da preocupação que o agricultor deve ter em evitar a perda da matéria orgânica do solo pela erosão, destruição pelo fogo, drenagem excessiva e excesso de aração e gradagem, deve haver também a preocupação em adicionar periodicamente matéria orgânica ao solo.

A serrapilheira inclui folhas, caules, ramos, frutos, flores e outras partes da planta, bem como restos de animais e material fecal. Uma vez depositada sobre o solo ela é submetida a um processo de decomposição com a liberação eventual dos elementos minerais que compõem os tecidos orgânicos (Golley, 1975).

Segundo Salas (1987) os estudos da serrapilheira incluem as seguintes partes: (a) quantidade de resíduos vegetais incorporados via serrapilheira; (b) composição química; (c) processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica; e (d) liberação de gases (CO<sub>2</sub>).

Dessa forma, o presente trabalho tem o objetivo de verificar a decomposição de diferentes materiais orgânicos (serrapilheira) e a atividade microbiana em Luvisolo no município de Patos-PB.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Manejo da matéria orgânica

O solo não é simplesmente uma massa de detritos inertes, resultante do intemperismo físico e químico das rochas e dos restos vegetais e animais pelos processos da atmosfera, mas sim, uma massa prolífica e cheia de vida (Siqueira e Franco, 1988). Ele constitui um sistema muito dinâmico, onde fatores de natureza física, química e biológica interagem continuamente e representa um excelente 'habitat' microbiano, para uma vasta e diversificada comunidade de organismos.

O solo é um recurso natural para o crescimento dos vegetais, constituindo a base para a produção de alimentos e de matérias primas, além de fornecer variadas fontes alternativas de energia.

A cobertura do solo, ao longo dos anos, leva a um acúmulo de matéria orgânica na superfície. Esta matéria orgânica é mais rica em frações lábeis, como carboidratos, compostos nitrogenados e a própria biomassa microbiana e seus metabólicos, do que a matéria orgânica do preparo convencional, possibilitando uma maior atividade microbiana (Angers et al., 1993).

A busca de alternativas agrícolas para solucionar a demanda energética, decorrente do aumento da população mundial, intensificou progressivamente o uso do solo, provocando erosão e empobrecimento acelerado, o que fez, atualmente, muitos países se preocuparem com a questão ambiental dando importância à preservação dos recursos naturais, com destaque para a recuperação e conservação do solo (Azevedo e Carvalho, 1999).

Os sistemas que exploram intensamente o solo e o meio ambiente, sem preocupação com a sustentabilidade e a manutenção dos recursos naturais, provocam

desequilíbrios de modo geral e degradações específicas no solo, sendo responsáveis por danos econômicos e sociais (Ehlers, 1999).

A preocupação crescente, em relação a tais problemas ambientais, tem levado à busca de um manejo racional dos solos, que resulte no aumento dos seus teores de matéria orgânica. Diversos efeitos benéficos da matéria orgânica sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo podem ser obtidos, refletindo num melhor desenvolvimento e produção das plantas cultivadas (Espíndola, 1998).

As interações entre os microorganismos e a fauna do solo são de grande importância para a ecologia microbiana e os processos microbiológicos no solo, principalmente para a decomposição da matéria orgânica e a mineralização de nutrientes.

A matéria orgânica é a fração do solo que, além de ser muito complexa, não apresenta, quando manejada, a mesma estabilidade das frações minerais. É a parte menos conhecida, embora seja uma das mais importantes para as plantas. A adição de diferentes tipos de matéria orgânica ao solo produz grande modificação na estrutura físico-química que, por sua vez, promove as condições nutricionais aos microorganismos e plantas. No estado não-oxidado a matéria orgânica fornece prontamente energia e nutrientes para o desenvolvimento microbiano do solo, e o aumento dessa atividade bioquímica resulta, por sua vez, na liberação de nutrientes essenciais para as plantas, como o nitrogênio, potássio, fósforo, enxofre, cálcio, ferro, manganês e outros (Pereira e Perez, 1987).

A formação e a estabilização da matéria orgânica podem ser interpretadas a partir de esquemas evolutivos que, por definição, analisam conjuntamente os ciclos de ganhos e perdas de carbono e a contribuição relativa dos processos bioquímicos, físicos e pedoclimáticos de estabilização do húmus em função de aspectos quantitativos e qualitativos detectados no ecossistema (Manzatto, 1990).

A aplicação da matéria orgânica ocasiona modificações físicas, químicas e biológicas nos solos. As principais mudanças verificadas relacionam-se ao aumento da disponibilidade de nutrientes, à melhoria da agregação da estrutura e das propriedades coloidais dos solos, pelo aumento da capacidade de troca de cátions, do poder tampão e da formação de quelatos (Campbell, 1978).

Dos numerosos processos físicos e químicos que têm lugar durante a desintegração e a decomposição da matéria orgânica, destacam-se os trabalhos promovidos pela fauna dos invertebrados do solo e a ação enzimática da microflora - oxidações, hidrólise, reduções, sendo parte da matéria-prima para a síntese de compostos estruturais desses organismos. Desses processos, a oxidação é a mais característica, e a quantidade de O<sub>2</sub> consumido e CO<sub>2</sub> liberado pode ser tomada como medida da atividade da biota do solo e, conseqüentemente, como parâmetro indicativo da velocidade de decomposição e liberação de nutrientes contidos na serrapilheira (Witkamp, 1966).

A matéria orgânica melhora a drenagem do solo, isto é, a capacidade que este possui de permitir que a água se mova com certa velocidade entre os agregados e as partículas, de maneira a não ocasionar prolongados encharcamentos quando forem previamente saturados (Kiehl, 1985).

Bertoni e Pestana (1964) afirmam que a matéria orgânica é responsável pela formação da terra grumosa, e esta por sua vez, permite a pronta infiltração da água e penetração das raízes dos vegetais.

A matéria orgânica do solo representa um grande reservatório de nutrientes para as plantas, especialmente de N, P e S. Dessa forma, a matéria orgânica precisa passar pela mineralização, ou seja, transformar esses elementos que estão na forma orgânica em inorgânicos, que é a forma solúvel, facilmente absorvido pelas plantas (Cantarella et al., 1992).

Entre as principais vantagens do manejo racional da matéria orgânica está a redução da necessidade de fertilizantes químicos, bem como o melhor aproveitamento dos nutrientes absorvidos e não exportados, graças ao incremento na interação dos componentes orgânicos e minerais do solo.

A matéria orgânica exerce efeito expressivo na fertilização do solo. Este efeito global é complexo e exercido por mecanismos diversos que atuam na melhoria físico-química e biológica do solo, refletindo-se diretamente na fisiologia e bioquímica das plantas.

A matéria orgânica constitui uma fonte de nutrientes mais efetiva às plantas que os adubos químicos, com mais de quinze oligoelementos. Assim, a grande vantagem da fertilização orgânica consiste na liberação simultânea destes elementos para a planta, além de que os nutrientes como nitrogênio e potássio fornecidos por esta fonte são bem menos lixiviados do que quando fornecidos pela adubação química (Aubert, 1985, citado por Clementino, 1998).

A matéria orgânica inclui sempre o carbono em sua composição. Quando a mesma é decomposta, ocorre o fim do ciclo de carbono. Este é um processo lento que depende da combinação de materiais, umidade, temperatura e microorganismos.

É importante salientar que as duas fontes modalidades de fertilização – orgânica e química – não são excludentes e nem incompatíveis, cada uma exercendo o seu papel e, quando juntas, promovem efeitos interessantes. Em certas condições, a adubação orgânica tem que participar – “in totum” ou com prevalência – como é o caso dos agricultores do Nordeste semi-árido que, em geral, não usam fertilizantes nas culturas. São considerados anti-econômicos, principalmente em função do risco de queda na produção por falta de água (Frederick, 1975).

Outrossim, em cultivos extensivos, de modo geral, torna-se inviável a adubação orgânica, requerendo-se a utilização de adubos químicos, em razão do grande



volume, dificuldade de transporte e mão-de-obra na aplicação de compostos orgânicos. No entanto, ao nível dos imóveis rurais, a matéria orgânica pode e deve ser utilizada como uma excelente opção (Silva, 1996).

A matéria orgânica dos solos, que pode constituir desde 1% dos solos de desertos até percentagens altas nos solos orgânicos, quanto produz efeitos benéficos nas propriedades químicas, físicas e biológicas, particularmente, efeitos positivos na produtividade e nas funções ambientais do solo. Estes efeitos dependem do teor e das características da matéria orgânica dos solos.

Os fatores externos que influenciam a taxa de mineralização da matéria orgânica do solo (MOS) incluem temperatura e chuva, a vegetação que modifica a temperatura do solo e a atividade biológica no solo, a composição do material orgânico que entra no solo e o distúrbio do solo pelo cultivo (Greenland et al., 1992).

Importantes fatores ambientais que controlam o retorno de nutrientes e ciclagem através das fontes de MOS, incluem propriedades químicas e mineralógicas do solo, manejo da vegetação e do solo, fatores climáticos, tais como temperatura e umidade, e variações ambientais sazonais e de curto período (Theng et al., 1989).

É fato conhecido que todos os sistemas produtivos, tanto agrícolas, quanto pecuários, dão origem a vários tipos de resíduos orgânicos, os quais corretamente manejados e utilizados, revertem-se em fornecedores de nutrientes para a produção de alimentos e melhoradores das condições físicas, químicas e biológicas do solo .

Os solos das regiões áridas e semi-áridas são pobres de matéria orgânica, sendo imprescindível adubá-los com estrume, compostos e adubos verdes, desde que possam ser irrigados.

Sollins e Caldwell (1996) definem a decomposição como sendo a reunião de todos os processos, principalmente a despolimerização e as reações oxidativas, pelos quais

moléculas relativamente grandes, tais como as poli-aromáticas, carboidratos, lipídios e proteínas, provenientes tanto de dentro das células quanto as livres no ambiente do solo, são convertidas em moléculas menores, mais simples, como os ácidos carboxílicos, aminoácidos e CO<sub>2</sub>.

De acordo com Powlson (1987) citado por Souto et al. (1999) a decomposição é um processo de transformação dos resíduos vegetais e animais, via atividade biológica (meso e microfauna e flora) em compostos mais refinados com pouca ou nenhuma semelhança com os materiais que lhes deram origem. Ocorrendo condições adequadas de pH, umidade e temperatura, os microorganismos iniciam o processo de decomposição, com rápida perda de substâncias prontamente disponíveis.

Para Santos et al. (1981) quanto mais elevada for a atividade dos microorganismos do solo, maiores serão a liberação de nutrientes para as plantas e a mineralização da matéria orgânica em decomposição. O metabolismo dos microorganismos do solo é, portanto, um indicador de ciclagem de matéria orgânica.

A decomposição de resíduos de plantas e animais no solo constitui o processo biológico básico no qual o C é reciclado para a atmosfera como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e outros elementos associados como o P, S e vários micronutrientes aparecem em formas assimiláveis pelas plantas superiores. Neste processo, parte do C (de 10 a 70% do carbono do substrato podem ser utilizados pelos microorganismos para a síntese de células) é incorporada ao tecido microbiano (biomassa do solo) e parte é convertida em húmus estável. Em consequência, o conteúdo total de matéria orgânica é mantido em estado de equilíbrio característico do solo e do sistema de manejo aplicado.

A matéria orgânica no solo (MOS) apresenta-se como um sistema complexo de substâncias, cuja, dinâmica é governada pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas e por uma transformação contínua sob ação de fatores biológicos, químicos e físicos

(Camargo et al., 1999). Estes autores ainda ressaltam que cerca de 10 a 15% da reserva total do carbono orgânico nos solos minerais é constituída por macromoléculas (proteínas e aminoácidos, carboidratos simples e complexos, resinas, ligninas e outros), e 85 a 90% pelas substâncias húmicas propriamente ditas.

Segundo Pavan (1998) a matéria orgânica é uma das substâncias mais complexa existente na natureza, formada por resíduos vegetais, animais e organismos vivos e mortos, exercendo funções importantes nos diversos atributos do solo.

Segundo Paul e Clark (1989) grande parte dos constituintes dos resíduos vegetais pertence à categoria dos carboidratos (amido, celulose e hemicelulose) alguns com função estrutural e outros, de reserva. As plantas contêm 15 a 60% de celulose, 10 a 30% de hemicelulose, 5 a 30% de lignina e 2 a 15% de proteína. As substâncias solúveis, tais como: açúcares, aminoaçúcares, ácidos orgânicos e aminoácidos podem compor 10% do peso seco. Os materiais solúveis são rapidamente removidos dos resíduos e facilmente utilizados pelos organismos do solo.

Outrossim, a integração da agricultura com a pecuária constitui uma alternativa viável de trazer sustentabilidade à agricultura na caatinga.

Conforme Chaboussou (1987), citado por Clementino (1998), a matéria orgânica proporciona maior resistência às plantas uma vez que aumenta a capacidade de retenção de água, possibilita aumento da população da meso e micro fauna e a capacidade das raízes de absorver água e nutrientes do solo, além da fundamental importância que exerce na estruturação do solo.

## **2.2. Fontes de matéria orgânica no semi-árido**

### **2.2.1. Resíduos vegetais**

Para Pizauro Jr. et al (1994) a principal fonte de matéria orgânica para o solo são os vegetais. Assim, um sistema de manejo que possibilite a incorporação de quantidades adequadas de material vegetal ao solo contribuirá para a manutenção ou mesmo a melhoria do potencial de fertilidade .

Uma das mais importantes e também a mais estudada contribuição da matéria orgânica para a fertilidade do solo é sua capacidade de suprir nutrientes para as plantas, participando no processo de reciclagem desses nutrientes no sistema solo-planta. A biomassa vegetal (parte aérea e raízes) produzida por uma comunidade natural ou por uma cultura, ao final de seu ciclo, pode devolver ao solo parte do C e do CO<sub>2</sub> assimilados pelo processo fotossintético, parte do N assimilado simbioticamente e todos os nutrientes absorvidos pelas raízes. Pode ocorrer considerável economia de fertilizantes, sobretudo daqueles nutrientes que se acumulam nas partes vegetativas e não são removidos do sistema (Silva e Ritchey, 1982).

A liberação dos nutrientes a partir dos resíduos vegetais, depende da relação C/N. Materiais com alta relação C/N sofrem decomposição mais lenta, produzindo coberturas mais permanentes no solo, enquanto que os materiais com baixa relação C/N, decompõem-se mais rapidamente, liberando nutrientes, mas, produzindo coberturas menos estáveis e pouco persistentes no solo (Vargas e Hungria, 1997).

A relação entre os teores de nutrientes contidos na serrapilheira e os elementos trocáveis no solo (P, K, C e N) são indicadores do potencial desse material na formação de estoques de carbono e liberação de nutrientes ao longo do tempo nas camadas superficiais do solo (Costa et al., 1997).

A sustentabilidade dos sistemas naturais tem como base a biodiversidade, o fluxo de energia e a ciclagem de nutrientes. Dos nutrientes essenciais às plantas, N, P, S e Mo têm como principal fonte a matéria orgânica do solo (Franco, 1997).

A quantidade de resíduos orgânicos, principalmente liteiras e seus sub-produtos que podem ser retidos no solo são extremamente variáveis e dependem primeiramente da natureza do sistema solo-planta e do uso da terra. Devido a essa variabilidade, as determinações dos compartimentos de carbono, seja uma escala regional ou global, é inevitavelmente aproximada (Bohn, 1976).

A vegetação é, portanto, um fator essencial, determinando a longo prazo a quantidade e qualidade do húmus. Daí a necessidade de se procurar avaliar as alterações produzidas pelos resíduos de uma vegetação introduzida nestes solos, uma vez que os mesmos provocarão alterações entre a microflora e a nova associação vegetal, influenciando na dinâmica do perfil do solo, assim como na ciclagem de nutrientes (Dommergues e Mangenot, 1970; Santos, 1977).

As diferentes espécies vegetais, por sua vez, determinam a quantidade, a qualidade e a persistência dos resíduos, alterando o crescimento microbiano. O emprego de seqüência de culturas com alta produção de resíduos possibilita aumento da biomassa e maior atividade microbiana (Cattelan e Vidor, 1990), além dos benefícios da cobertura do solo e da maior disponibilidade de carbono orgânico. Além disto, a qualidade dos resíduos influenciam a sua taxa de decomposição e a composição da comunidade microbiana que atua neste processo (Broder e Wagner, 1988).

A serrapilheira é a principal via de transferência de nutrientes para a sustentabilidade de uma floresta, visto que quantidades baixas de nutrientes entram através da chuva ou do intemperismo do solo.

Conforme Schumacher (1992) a quantidade de nutrientes na serrapilheira depende da espécie, da capacidade de translocação do nutriente antes da senescência, do tipo de solo e da proporção de folhas em relação aos demais componentes.

Em função da diferente composição química do material vegetal, espera-se uma dinâmica de decomposição distinta entre as espécies. Excluindo os fatores ambientais, os teores de lignina, de polifenóis e de celulose, bem como as relações C/N e lignina/N, são fatores importantes que podem controlar a dinâmica de decomposição de materiais vegetais que aportam ao solo. A lignina é um polímero sintetizado pelas espécies vegetais que apresenta estrutura fenólica, tornando-a relativamente resistente à biodegradação. Juntamente com a relação C/N, o teor de lignina e sua relação com o teor de N total são variáveis utilizadas para prever a resistência a mineralização de materiais vegetais incorporados ao solo. Neste sentido, as leguminosas tendem a apresentar velocidade de decomposição maior que as das não-leguminosas, uma vez que, além de uma relação C/N mais estreita, tendem a apresentar teores de lignina igualmente inferiores (Constantinides e Fownes, 1994).

Segundo Boni et al. (1994) as leguminosas são reconhecidas como eficientes restauradoras da fertilidade dos solos, promovendo a produção de grande quantidade de massa verde e de grande exploração do solo pelo sistema radicular, concorrendo expressivamente para a maior agregação de partículas, aumento da capacidade de retenção de água do solo e outros fatores físicos, além da proteção na forma de cobertura, diminuindo as perdas por erosão.

Silva (1996) enfatiza a utilização da leucena em alamedas, mostrando características comparáveis a outras espécies como a gliricídia, pois apresenta excelente biomassa, rica em nutrientes e dotada de alta capacidade de produção de biomassa e alta velocidade de decomposição.

Algumas leguminosas arbóreas, por desenvolvimento de forma vigorosa em solos onde a fertilidade é fator limitante para a maioria das espécies vegetais, tem sido empregadas com o objetivo de fornecer nutrientes para espécie em consórcio ou para recuperar os níveis de matéria orgânica de solos degradados.

De acordo com Umali-Garcia et al. (1988) leguminosas arbóreas têm sido amplamente utilizadas na revegetação de ecossistemas mais pobres em N, P e outros nutrientes por causa da sua capacidade de se associar simbioticamente com organismos fixadores de N (bactérias da família rizobiaceae) e com fungos micorrízicos que facilitam o "intake" de P, aumentando a capacidade das plantas em se estabelecer e competir em situações de estresse.

Para Ferraz e Carvalho (1978) a incubação do solo com diferentes resíduos vegetais altera a sua fertilidade de forma diferente em aerobiose e anaerobiose, notando-se nesta última, um aumento de C % devido ao acúmulo de compostos intermediários. A adição de resíduo vegetal, em solos de cerrado brasileiro, levou a uma melhoria na fertilidade do solo, aumentando o pH, a disponibilidade de nutrientes e reduzindo o Al, de forma a evidenciar a sua importância na reciclagem de nutrientes principalmente em solos pobres.

Os ecossistemas florestais desenvolvem na camada de resíduos orgânicos (serrapilheira) sobre o solo, resultado da queda periódica de folhas, galhos, cascas, flores, frutos, sementes e as vezes árvores inteiras. À medida que esse material vai se decompondo, os nutrientes nela contidos são liberados e podem ser novamente absorvidos pelas plantas que compõem o sistema. Essa ciclagem biológica dos nutrientes (planta-solo-planta) faz parte de um ciclo mais amplo envolvendo trocas com a biosfera como um todo, que é responsável pela reposição e manutenção dos nutrientes, assegurando a contínua produtividade do ecossistema (Koehler et al., 1987 citado por Queiroz et al., 2000).

A serrapilheira depositada sobre o solo das florestas tem um papel fundamental na dinâmica desses ecossistemas, fornecendo bases para um manejo adequado e para a avaliação de impactos decorrentes de atividade antrópica (César, 1991, citado por Queiroz et al., 2000).

A deposição de material orgânico que constitui a serrapilheira é uma das principais transferências de nutrientes que ocorrem no ecossistema florestal, sendo uma parte fundamental do ciclo biológico. Este ciclo permite que as árvores da floresta possam sintetizar a matéria orgânica, reciclando os nutrientes. Desta maneira, florestas exuberantes podem se desenvolver, mesmo sobre solos de baixa fertilidade, como é usual observar-se em regiões tropicais úmidas (Ponggiani, 1992, citado por Queiroz et al., 2000).

Dependendo do tipo de solo, do clima e do material que se incorpora, gramínea ou leguminosa, observa-se que o processo benéfico da incorporação do adubo verde tem duração variável (Resck e Pereira, 1981).

O aumento da população microbiana do solo e, conseqüentemente, o aumento da atividade microbiana, quando se incorporam restos culturais e leguminosas, é um efeito claramente comprovado por vários autores.

De acordo com Malavolta (1979) os adubos verdes aumentam a matéria orgânica, devolvem às camadas superiores os elementos nutritivos que as raízes absorvem e foram encaminhadas para a parte aérea, melhoram a estrutura do solo, retêm nutrientes que seriam perdidos por lixiviação e, se a planta for leguminosa, fixa o nitrogênio atmosférico e, ao se decompor no solo, faz uma adubação nitrogenada.



### 2.3. Respiração edáfica

Respiração edáfica é a produção e liberação de gás carbônico pelo solo, devido em grande parte à atividade dos organismos decompositores ali presentes que degradam a matéria orgânica, e em menor proporção, à atividade respiratória dos sistemas subterrâneos das plantas.

A respiração do solo é o desprendimento do CO<sub>2</sub> através da superfície deste, e segundo Schilenter e Cleve (1985) este processo surge de pelo menos, três fontes metabólicas: 1) a respiração microbiana; 2) respiração das raízes e 3) respiração dos organismos. Além disso, podem ser incluídas ainda, algumas fontes não metabólicas como a oxidação química dos minerais do solo (Lira, 1999).

A respiração do solo é um indicador da intensidade de decomposição. Essa intensidade mostra-se distinta no curso diário e anual e depende do clima e da atividade biológica do solo. A respiração do solo aumenta com a temperatura, e para determinada temperatura ela é maior em condição de umidade ótima (Singh e Gupta, 1977).

Behera et al. (1990) afirmam que a respiração do solo é a soma total de todas as atividades metabólicas em que o CO<sub>2</sub> é produzido, podendo este ser utilizado como índice para monitorar as respostas dos ecossistemas aos distúrbios. Vários fatores incluindo temperatura, umidade, profundidade do solo, aeração e populações microbianas determinam a taxa de efluxo de CO<sub>2</sub> para a superfície do solo.

A evolução do CO<sub>2</sub>, como medição da respiração, representa a taxa de decomposição total, uma vez que o CO<sub>2</sub> é liberado durante a biodegradação aeróbica da maioria das substâncias orgânicas (Skambraks e Zimmer, 1998).

Segundo Siqueira et al. (1994) respiração edáfica é a queima biológica da matéria orgânica do solo e a respiração das raízes.

Silvola et al. (1996) citado por Trevisan et al. (2002) relatam que a respiração do solo, tradicionalmente, é utilizada como indicador da atividade biológica do solo por ser uma medida simples. Porém, sua interpretação ecológica pode ser um pouco mais complexa, visto que, a concorrência de  $\text{CO}_2$  está relacionada à presença de produtores primários e consumidores, atuando em diversos estágios, além de decompositores.

Joergensen et al. (1999) trabalhando em solo compactado, afirmam que o declínio da atividade microbiana do solo não é devido à falta de oxigênio e sim a deficiência de energia, medida através da evolução do  $\text{CO}_2$  e mineralização do  $\text{NH}_4$ .

A atmosfera do solo difere da atmosfera da superfície sendo a concentração de  $\text{CO}_2$  de 10 a 100 vezes maior na atmosfera do solo, ocorrendo o inverso com o teor de  $\text{O}_2$ . Essas diferenças são devida à respiração dos microorganismos e raízes que consomem o  $\text{O}_2$  e eliminam o  $\text{CO}_2$ . Em geral o  $\text{O}_2$  diminui e o  $\text{CO}_2$  aumenta com a profundidade (Tsai et al., 1992).

Em condições aeróbicas, a atividade microbiana produz uma conversão sequencial de compostos reduzidos de C orgânico para um produto final oxidado, sobretudo  $\text{CO}_2$  e, em condições de deficiência de  $\text{O}_2$ , para uma variedade de compostos parcialmente oxidados.

A concentração e a atividade dos microorganismos do solo, é representada, entre outros fatores, pelo teor de  $\text{CO}_2$  liberado e pela mineralização do nitrogênio orgânico do solo, pela quantidade e qualidade dos resíduos orgânicos adicionado. Contudo, fatores inertes à matéria orgânica, tais como relação C/N, agregação e composição qualitativa, são fatores que interferem na composição microbiana (Alexander, 1977).

Para Tsai et al. (1992) as alterações na constituição do ar do solo governam o crescimento e a atividade da microbiota, pois o  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$  são necessários ao crescimento. Em contrapartida, o aumento demasiado da atividade microbiana elevará a taxa de  $\text{CO}_2$  liberado

para a atmosfera, favorecendo o “aquecimento global ou efeito estufa”, reduzindo a camada de ozônio. Um dos fatores que contribuem para esse aumento é a elevação da temperatura.

O aumento da temperatura do solo, até um determinado valor, aumenta a cinética das convenções enzimáticas microbianas.

A temperatura do solo sofre variações diárias e sazonais, com marcada influência nos horizontes superficiais, que são de maior atividade microbiana. Portanto, várias pesquisas demonstram a estreita correlação entre atividade biológica medida pela respiração ou liberação de CO<sub>2</sub> e a temperatura do solo medida “in situ” (Tsai et al., 1992).

Toland e Zak (1994) ao investigarem a influência da respiração do solo em padrões sazonais sobre a produtividade florestal em dois diferentes ecossistemas, verificaram que a respiração de raiz diminuía enquanto a respiração microbiana aumentava, em respostas às temperaturas mais quentes dos solos e a maior disponibilidade de carbono neste. A taxa máxima de emissão de CO<sub>2</sub> foi verificada, durante o meio e o final do verão.

Weber (1990) ao determinar a respiração do solo depois do corte e queima em ecossistemas imaturos, usando a “Soda lime”, observou que os níveis de liberação de dióxido de carbono variaram sazonalmente de uma alta de verão e uma baixa na primavera e outono. Foi observado também, que em áreas cortadas e queimadas houve um declínio temporário em taxas de respiração do solo.

As análises de CO<sub>2</sub> são muito importante para o estudo dos solos envolvendo a atividade biológica, material orgânico em decomposição, a quantidade de biomassa microbiana e a determinação do conteúdo de carbonato.

Métodos baseados na absorção de CO<sub>2</sub> usando solução alcali ou na forma sólida são comumente usados em laboratório e em estudos de campo, onde mostra grande sensibilidade acima do solo e é econômico. O CO<sub>2</sub> total absorvido pela solução pode ser

estimado pelos métodos gravimétricos, condutimétrico, manométrico, litrimétrico e potenciométrico.

Pesquisas comprovam que a liberação de CO<sub>2</sub> é limitada pela fertilidade do solo sendo o nitrogênio, o nutriente que mais limita o processo (Lira, 1999).

Witkamp (1971) citado por Grisi (1978) afirma que a relação linear e positiva entre o CO<sub>2</sub> emanado do solo e a imobilização de minerais, ou seja, com o aumento da atividade metabólica dos microorganismos, há uma correspondente fixação dos nutrientes pelos microorganismos, após terem sido eliminados da matéria orgânica em decomposição. Ainda de acordo com o autor, a diminuição da respiração dos microorganismos do solo indica uma correspondente remineralização, ou seja, os minerais anteriormente imobilizados são liberados; isto ocorre após a morte dos microorganismos. Diante disso, pode-se inferir que a taxa de CO<sub>2</sub> de respiração edáfica é indicadora da dinâmica da ciclagem dos nutrientes no ecossistema.

Sampaio e Salcedo (1982) estudando o efeito da adição de nitrogênio e palha (<sup>14</sup>C) na liberação de CO<sub>2</sub> e formação de biomassa microbiana em latossolo vermelho amarelo, verificaram que a liberação de CO<sub>2</sub> foi menor em tratamentos com mais nitrogênio, mas ela pode ou não ter sido compensada por maior formação de biomassa microbiana. Munevar e Wollum (1977) verificando efeitos da adição de fósforo, nitrogênio e carbono inorgânico na mineralização do nitrogênio em Andepts para Colombia, também encontraram decréscimo na liberação de CO<sub>2</sub> com a adição de nitrogênio e inferiram que este fato se deve a uma maior incorporação de carbono na biomassa microbiana.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Aspectos gerais da área de estudo.

O experimento foi instalado em dezembro de 2001, em área do CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DO ALGODÃO/EMBRAPA, em Patos-PB (Figura 1).



**Fig. 1: Experimento instalado na área do CNPA/EMBRAPA–Patos**

A cidade de Patos está localizada em uma latitude de 7° 1' S, longitude 37° 18' W e uma altitude média de 249,09 m, no semi-árido paraibano. Na microrregião de Patos predomina um clima quente e seco durante a maior parte do ano, com temperatura média anual de aproximadamente 30°C, médias totais anuais de precipitação que oscilam entre 500 a 800mm/ano, apresentando ainda forte concentração em alguns meses, com marcada irregularidade na sua distribuição e, longa estação seca. O solo da área experimental foi classificado como LUVISSOLO CRÔMICO ÓRTICO Planossólico vértico (EMBRAPA,1999). O solo é pouco profundo, A moderado, textura média

cascalhenta/argilosa, caatinga hiperxerófila e relevo plano a suave ondulado e, cujas características químicas são apresentadas na tabela 1, que foram analisadas, conforme descrito por EMBRAPA (1997).

**Tabela 1.** Características químicas do solo, em amostras coletadas na profundidade de 0-20cm.

pH <sup>(1)</sup>	P	K	Ca	Mg	Na	S <sup>(2)</sup>	H+Al	Al	T <sup>(3)</sup>	V <sup>(4)</sup>	M.O.
	mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%		g dm <sup>-3</sup>	
6,0	0,75	68,99	3,4	1,6	0,07	5,25	1,1	0,05	6,35	83	5,29

<sup>(1)</sup> pH em H<sub>2</sub>O (1:2,5). <sup>(2)</sup> S: soma de bases. <sup>(3)</sup> T: capacidade de troca de cátions. <sup>(4)</sup> V: saturação por bases.

\* Análises realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural/CCA/UFPB - Areia.



## 3.2. Parâmetros avaliados

### 3.2.1. Decomposição dos Resíduos Vegetais.

Neste experimento foram utilizados resíduos vegetais (folhas + galhos finos) provenientes de 08 espécies: algaroba (*Prosopis juliflora*), leucena (*Leucaena leucocephala*), jurema-preta (*Mimosa hostilis*), nim (*Azadirachta indica* A. Juss.), tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*), juazeiro (*Ziziphus joazeiro*), angico (*Anadenanthera macrocarpa*) e jucá (*Caesalpinia ferrea*). Os resíduos vegetais, após serem coletados, foram secos em estufa ( $\pm 65^{\circ}\text{C}$ ) e acondicionados em sacolas de náilon (litterbags) de 20 cm x 20 cm, de 1,0 mm<sup>2</sup> de malha. Cada sacola recebeu 20,0g de resíduos vegetais secos, que foi enterrada a 20,0 cm de profundidade, em número de 05 sacolas/parcela, perfazendo um total de 160 sacolas.

Os tratamentos utilizados foram: tratamento T1: incorporação de resíduos de algaroba, tratamento T2: incorporação de resíduos de leucena, tratamento T3: incorporação de resíduos de jurema-preta, tratamento T4: incorporação de resíduos de nim, tratamento T5: incorporação de resíduos de tamboril, tratamento T6: incorporação de resíduos de juazeiro, tratamento T7: incorporação de resíduos de angico, tratamento T8: incorporação de resíduos de jucá.

Mensalmente, até o 5<sup>o</sup> mês foi retirada uma sacola de náilon de cada tratamento. As amostras, após retiradas do solo, foram limpas, secas em estufa ( $\pm 65^{\circ}\text{C}$ ) e pesadas, para determinar a percentagem de perda de peso em relação ao seu peso inicial.

### 3.2.2. Avaliação da atividade microbiana por meio da produção C-CO<sub>2</sub>

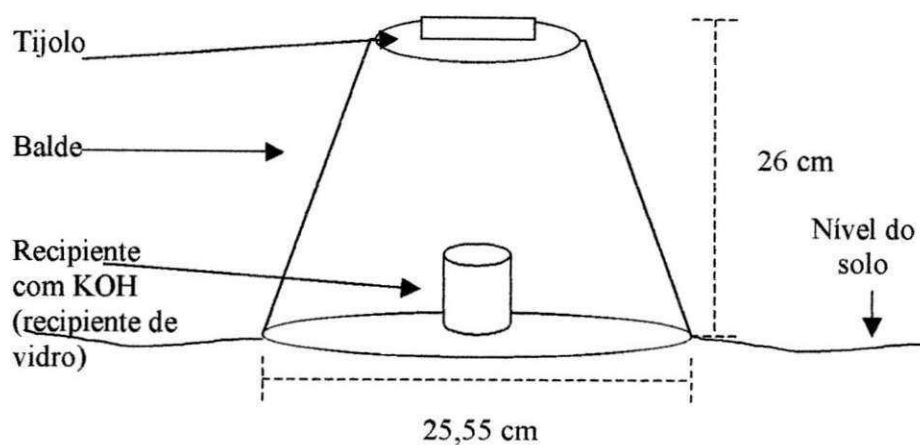
Na determinação da respiração edáfica foi utilizado o método descrito por Grisi (1978). Nesse método, o CO<sub>2</sub> liberado por uma área do solo é absorvido por uma solução de KOH e sua dosagem feita por titulação com HCl, utilizando como indicadores a fenolftaleína e o alaranjado de metila, preparados segundo Morita e Assumpção (1993).

Foram utilizados 32 recipientes de vidro, contendo em cada 10mL da solução de KOH 0,5 N para absorver o CO<sub>2</sub>. Os recipientes contendo a solução de KOH foram cobertos com baldes de PVC com capacidade para 7,5 L (Figura 2). Esses baldes possuem formato cilíndrico, com 25,55 cm de diâmetro e 26,0 cm de altura, cobrindo uma área do solo de 510,70 cm<sup>2</sup>, conforme visualizado na Figura 3.



Fig. 2: Recipiente de vidro e balde utilizados na medição da respiração edáfica.





**Fig. 3: Medidas aproximadas do material utilizado (balde e recipiente de vidro) no experimento para medir a respiração edáfica**

As amostras foram coletadas de 12 em 12 horas, correspondendo ao período diurno entre 7:00 e 19:00 h e, de 19:00 às 7:00 h, o período noturno.

Após o período de 12 horas, os recipientes com a solução foram trocados e transportados hermeticamente fechados, evitando-se trocas gasosas com a atmosfera, para o Laboratório de Análises de Solo e Água/DEF/CSTR/UFCG, onde foi feita a titulação com HCl 0,1 N. A cada medição, utilizou-se também um frasco controle ou testemunha que permaneceu hermeticamente fechado no Laboratório, e que também passou pelo processo de titulação durante todas as etapas do ensaio.

A evolução do  $\text{CO}_2$  nos diferentes tratamentos foi determinada de 12 em 12 horas quinzenalmente, por um período de 05 meses.

Após a titulação do KOH 0,5 N com o HCl 0,1 N, determinou-se o  $\text{CO}_2$  absorvido pela solução de KOH, conforme descrito por Grisi (1978):

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{352 \cdot (\Delta V_A - \Delta V_C) \cdot N_B \cdot N_A}{3 \cdot P \cdot A_B} \cdot 10^4$$

onde:

$m_{\text{CO}_2}$  = massa de  $\text{CO}_2$  em  $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$

$\Delta V_A$  = diferença de volume de HCl gasto na primeira e segunda etapa da titulação da amostra (mL).

$\Delta V_C$  = diferença de volume de HCl gasto na primeira e segunda etapa da titulação do controle (mL).

$N_A$  = concentração de HCl, em N-eq/L.

$N_B$  = concentração de KOH, em N-eq/L.

P = período de permanência da amostra no solo (horas)

$A_B$  = área de abrangência do balde ( $\text{cm}^2$ )

### 3.2.3. Temperatura do solo.

Durante a medição da respiração edáfica foram realizadas medições da temperatura do solo em diferentes profundidades: 0,0 cm e 20,0 cm de profundidade.

### 3.3. Delineamento experimental

Foi utilizado um delineamento em blocos casualizados, com parcelas subdivididas. Os tratamentos na parcela principal foram os materiais (resíduos vegetais) e, nas sub-parcelas, os meses do ano. O esquema de análise de variância utilizado encontra-se na tabela 2.

**Tabela 2.** Esquema de análise de variância utilizado no experimento com resíduos vegetais.

Fonte de variação	Graus de liberdade
Materiais (M)	7
Blocos (B)	3
Resíduo 1	21
Parcelas	31
Meses (T)	4
M X T	28
Resíduo 2	96
Total	159

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Dados pluviométricos e temperatura do solo

Na tabela 3 é apresentada a pluviosidade mensal ( $L/m^2$ ) no período estudado, no qual foi registrado um total de  $679,8 L/m^2$ , tendo o mês de janeiro apresentado o maior índice pluviométrico ( $304,8 L/m^2$ ) e o mês de maio o menor ( $71,5 L/m^2$ ).

**Tabela 3.** Precipitação ( $L/m^2$ ), na área estudada, em 2002.

Meses	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI
Chuva ( $L/m^2$ )	304,8	79,2	138,7	85,6	71,5

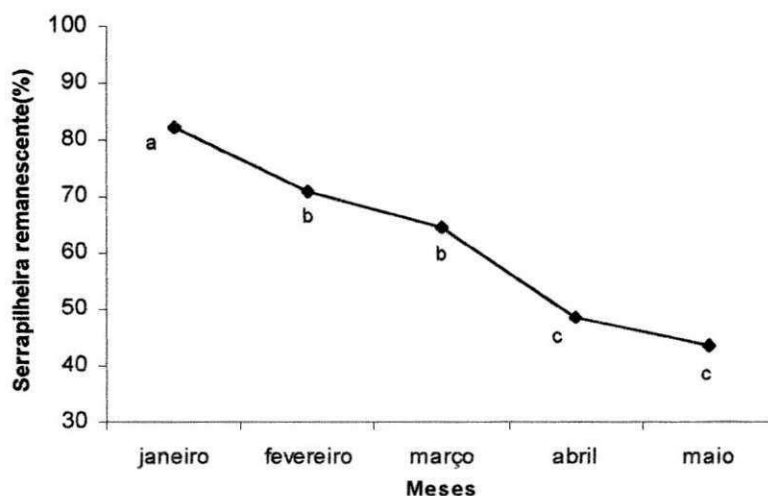
A temperatura do solo, às 19:00h e às 7:00h, medida durante o período de estudo, nas profundidades de 0,0 cm e 20,0 cm, encontra-se na tabela 4. Observa-se que as temperaturas do solo obtidas às 19:00h foram, em geral, superiores às observadas às 7:00h, o que pode ser atribuído ao acúmulo de calor no solo durante o dia, refletindo temperaturas superiores às 19:00h.

**Tabela 4.** Média da temperatura do solo às 19:00h e às 7:00h, a 0,0cm e 20cm de profundidade.

Períodos	Profundidades	----- Dias após a instalação do experimento -----								
		30	45	60	75	90	105	120	135	150
19:00h	0,0 cm	30,2	37,8	32,0	31,8	35,8	30,3	30,8	31,1	30,8
	20,0 cm	33,1	39,2	33,0	32,6	39,2	33,7	33,2	34,0	35,1
7:00h	0,0 cm	25,2	23,8	22,9	23,0	23,8	23,2	24,0	26,4	33,2
	20,0 cm	30,0	33,6	29,8	29,7	33,5	30,0	32,8	32,3	32,6

#### 4.2. Decomposição dos resíduos vegetais

A curva do percentual médio remanescente de serrapilheira das diversas espécies estudadas no presente projeto é visualizada na figura 4, onde se vê o percentual remanescente mês a mês.



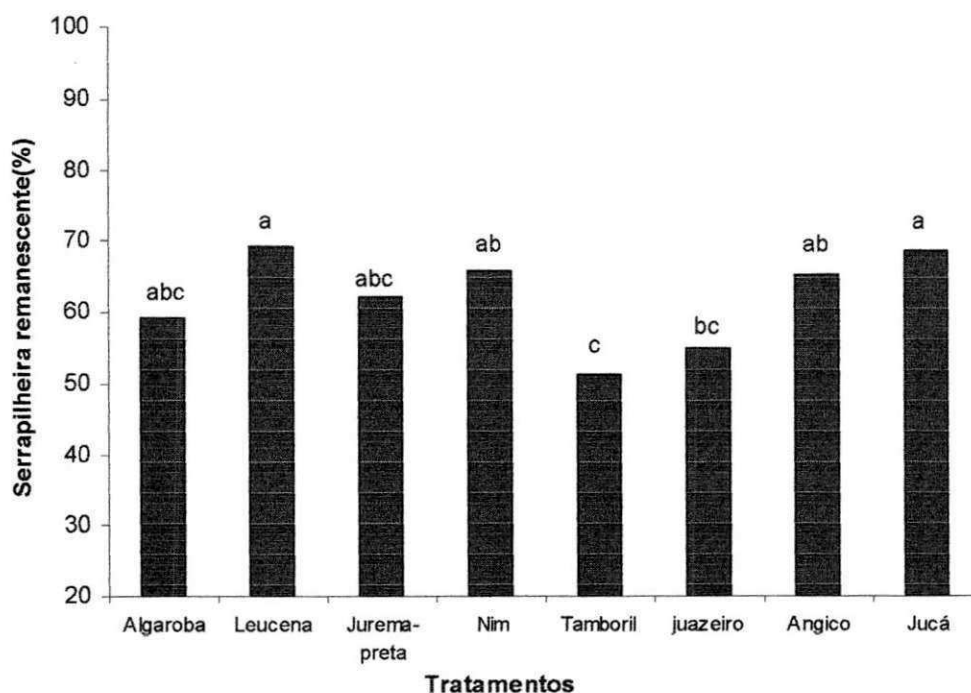
**Figura 4.** Serrapilheira remanescente (%) em função do tempo para cada período estudado. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Conforme se nota na figura 4, os períodos em que ocorreram maiores decomposições corresponderam aos meses de janeiro e março/2002, o que pode ser confirmado pela maior inclinação da curva. Esta maior taxa de decomposição pode ser atribuída às condições favoráveis de água no solo, visto que, nos meses de janeiro e março ocorreram as maiores pluviosidades (304,8 e 138,7 L/m<sup>2</sup>, respectivamente).

No final da fase experimental, verificou-se que, restaram 43,6% das serrapilheiras utilizadas. Para que sejam inferidas maiores conclusões a respeito deste trabalho, mister se faz a condução de experimentos com maior período de duração.

Na figura 5 é visualizado o valor médio da serrapilheira remanescente nos diversos tratamentos, durante a fase experimental. Observa-se que a serrapilheira do tamboril

foi a que mais se decompôs, restando por ocasião do término do experimento, 51,3%. Contudo, esse valor não diferiu estatisticamente dos valores referentes a serrapilheira remanescente do juazeiro (55,0 %), algaroba (59,2 %) e jurema-preta (62,2 %).

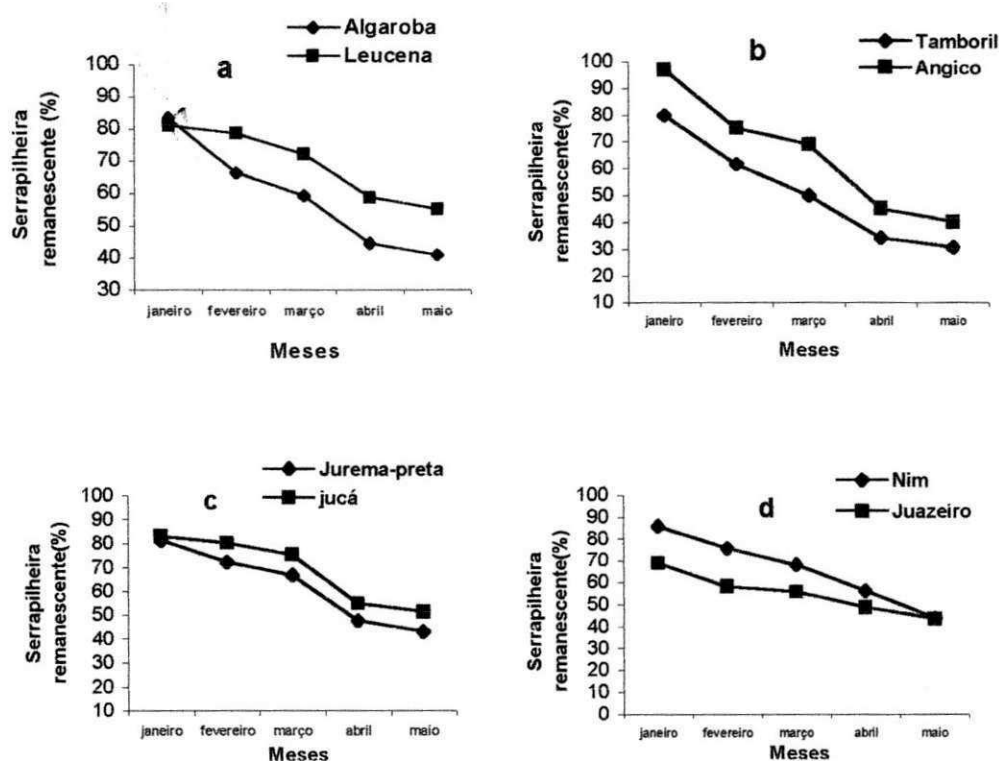


**Figura 5.** Serrapilheira remanescente (%) das espécies vegetais, durante o período estudado. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Observa-se também, na figura 5, que a serrapilheira de leucena mostrou uma certa resistência ao ataque de microrganismos, o que pode ser constatado pela serrapilheira remanescente (69,3 %), não diferindo estatisticamente, contudo, dos tratamentos com serrapilheira de jucá, nim, angico, jurema-preta e algaroba. Resultados semelhantes aos ora encontrados para serrapilheira de leucena e jucá, foram observados por Silva (2001).

Na figura 6 é mostrada a curva referente a serrapilheira remanescente (%) nos diversos tratamentos. Nota-se na figura 6a que a serrapilheira de algaroba decompôs mais

rapidamente do que a de leucena, sendo que no final do experimento ainda permaneceram 41,2% e 55,4%, nos litterbags, da serrapilheira de algaroba e leucena, respectivamente.



**Figura 6.** Serrapilheira remanescente (%) das espécies algaroba e leucena (a), tamboril e angico (b), jurema-preta e jucá (c) e, nim e juazeiro (d) durante o período estudado.

A mesma tendência de decomposição das serrapilheiras de tamboril e angico é visualizada na figura 6b. Nesta, a serrapilheira remanescente de tamboril e angico, após a fase experimental correspondeu a 30,6% e 40,2%, respectivamente. Constata-se, assim, que nas condições experimentais, a serrapilheira de tamboril sofreu maior ataque dos microrganismos do solo, quando comparado às espécies algaroba, leucena e angico.

O valor da serrapilheira remanescente de jurema-preta e jucá é mostrado na figura 6c. As curvas apresentadas na referida figura se assemelham durante toda a fase experimental; entretanto, a serrapilheira de jurema-preta foi mais atacada pelos microrganismos do solo do que a serrapilheira de jucá. Do total de serrapilheira colocada nos

litterbags, restaram 43% de serrapilheira de jurema-preta e 51,4% de serrapilheira de jucá, valores estes semelhantes àqueles vistos na figura 6a.

No que concerne a serrapilheira do nim e do juazeiro (Figura 6d), observa-se que o material do nim nos quatro primeiros meses, decompôs mais lentamente do que o material de jucá, contudo, após os cinco meses correspondentes a toda a fase experimental, a serrapilheira remanescente de ambas as espécies foi praticamente igual, restando 43,8% e 43,4% das serrapilheira do nim e juazeiro, respectivamente.

### 4.3. Respiração edáfica

A produção média de CO<sub>2</sub> resultante da atividade microbiana nos turnos diurno e noturno, por ocasião da condução do experimento é mostrado na tabela 5.

**Tabela 5.** Médias de produção total de CO<sub>2</sub> (mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>), nos turnos diurno e noturno.

Turnos	Produção de CO <sub>2</sub> (mg CO <sub>2</sub> .m <sup>-2</sup> .h <sup>-1</sup> )
Noturno	385,78 a*
Diurno	326,53 b

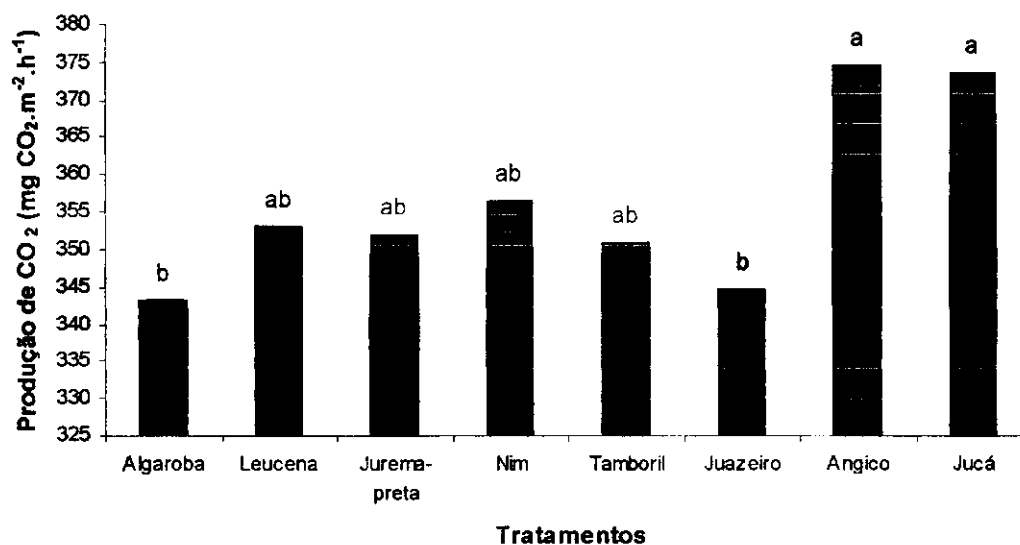
\*médias seguidas de letras iguais não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Observa-se na tabela 5 que houve diferença significativa entre a produção de CO<sub>2</sub> no turno diurno e noturno, tendo o turno noturno apresentado o maior valor. Resultados semelhantes a estes foram detectados por Silva (2001) ao estudar a atividade microbiana através da medição da respiração edáfica no município de Patos (PB).

Na figura 7, são observados os valores de produção de CO<sub>2</sub> nos diferentes tratamentos, resultante das observações obtidas 150 dias após a instalação do experimento (d.a.i.e.). Verifica-se que entre as espécies analisadas, os tratamentos em que foram utilizadas



a serrapilheira de angico e jucá foi os que apresentaram as maiores produções de CO<sub>2</sub>, diferenciando-se estatisticamente, apenas, da serrapilheira de algaroba e juazeiro, as quais apresentaram as menores produções de CO<sub>2</sub>.



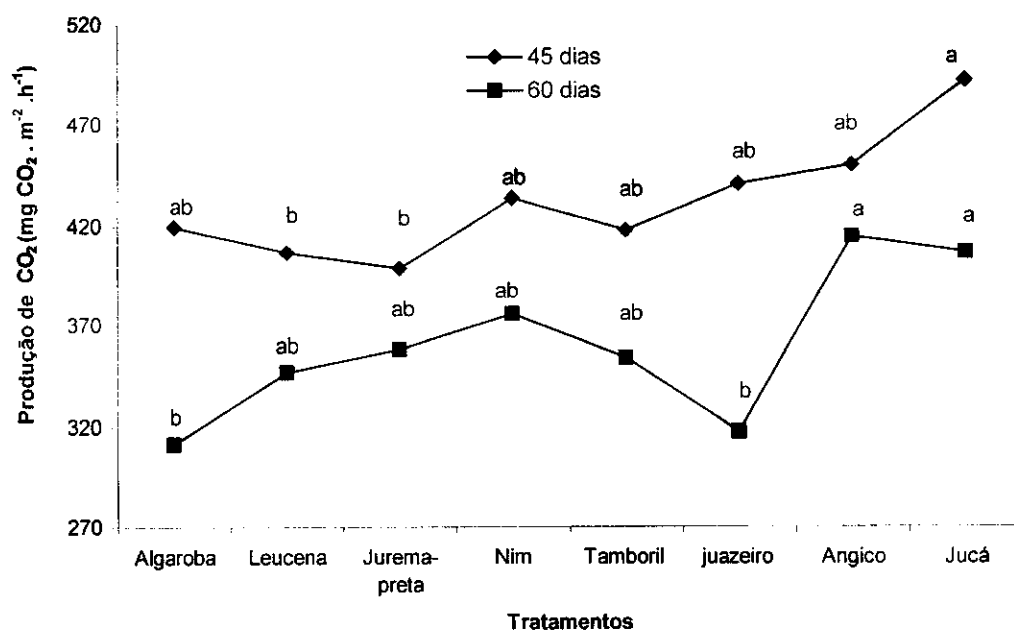
**Figura 7.** Média da produção de CO<sub>2</sub> (mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>), nos diferentes tratamentos no final do experimento. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Observa-se que, no presente trabalho, a maior liberação de CO<sub>2</sub> não está diretamente relacionada com a maior taxa de decomposição, uma vez que a espécie de jucá teve uma baixa taxa de decomposição em relação a maioria das espécies analisadas (Figura 5) e, a segunda maior liberação de CO<sub>2</sub>. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva (2001) quando estudava as taxas de decomposição e atividade dos microrganismos do solo através da medição da respiração edáfica para as espécies de algaroba, leucena, jurema-preta, nim, tamboril, sabiá e jucá, onde a serrapilheira de sabiá obteve a maior decomposição e uma das menores produções de CO<sub>2</sub>, quando comparada as demais tratamentos.

Para que haja um maior entendimento da dinâmica de decomposição da serrapilheira e, conseqüente produção de CO<sub>2</sub> necessário se faz a determinação de alguns

constituintes químicos das serrapilheiras utilizadas, tais como celulose, lignina, taninos, N total, C solúvel, fenóis solúveis, relação lignina/N e relação (lignina + fenóis)/N; o que poderia ser executado em futuros trabalhos em nível de pós-graduação.

Observa-se na figura 8 que, aos 45 dias após a incorporação dos materiais (serrapilheira), o tratamento onde se aplicou resíduo de jucá proporcionou a maior produção de  $\text{CO}_2$  ( $492,75 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ), ou seja, a atividade microbiana neste tratamento foi mais intensa que nos demais, apesar de, estatisticamente, não diferir dos tratamentos onde se aplicou resíduos de angico, juazeiro, tamboril, nim e algaroba. Ainda na figura 8, nota-se que os tratamentos onde se aplicou resíduos de jurema-preta e leucena apresentaram as menores produções de  $\text{CO}_2$ .



**Figura 8.** Média da produção de  $\text{CO}_2$  ( $\text{mg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ), nos diferentes tratamentos, aos 45 e 60 d.a.i.e. Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente a 5% pelo teste de Tukey.

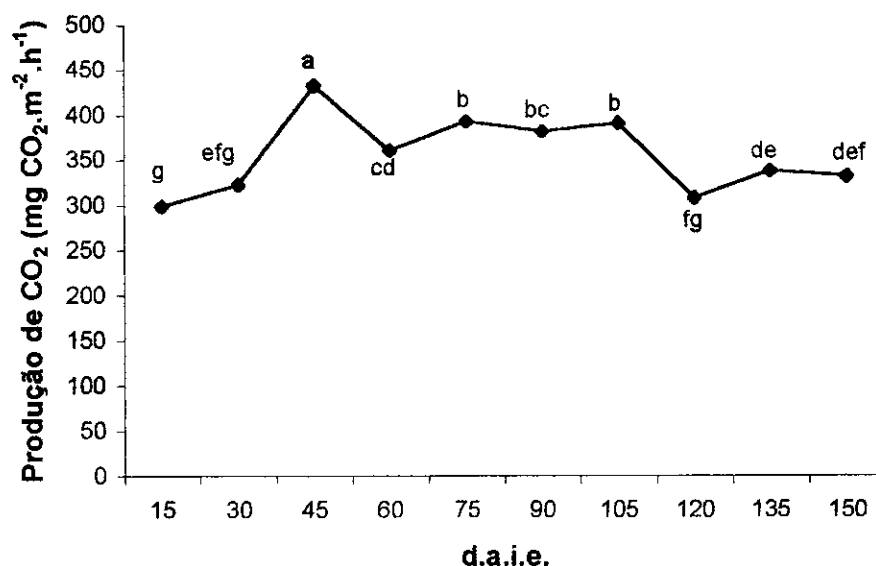
Aos 60 dias após a incorporação da serrapilheira das espécies utilizadas no experimento (figura 8) as maiores produções de  $\text{CO}_2$  foram atingidas nos tratamentos onde se

utilizou resíduos de angico e jucá ( $414,81$  e  $406,89 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ), respectivamente. É de se notar também na figura 8, que a produção de  $\text{CO}_2$  aos 45 d.a.i.e. foi superior aquela obtida aos 60 d.a.i.e.

Inferese, desta forma, que os microorganismos do solo atuam mais ativamente quando o material adicionado está mais fresco, não oferecendo muita resistência à decomposição. Com o decorrer do tempo, restam apenas as partes mais resistentes, tais como: lignina, hemi-celulose e polifenóis.

Já os tratamentos onde se aplicou serrapilheira de juazeiro e algaroba apresentaram as menores produções de  $\text{CO}_2$  ( $317,67$  e  $311,45 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ , respectivamente), apesar de não diferirem estatisticamente dos tratamentos com leucena, jurema-preta, nim e tamboril.

Observa-se na figura 9, a atividade microbiana medida por meio da respiração edáfica, dos 15 aos 150 d.a.i.e.

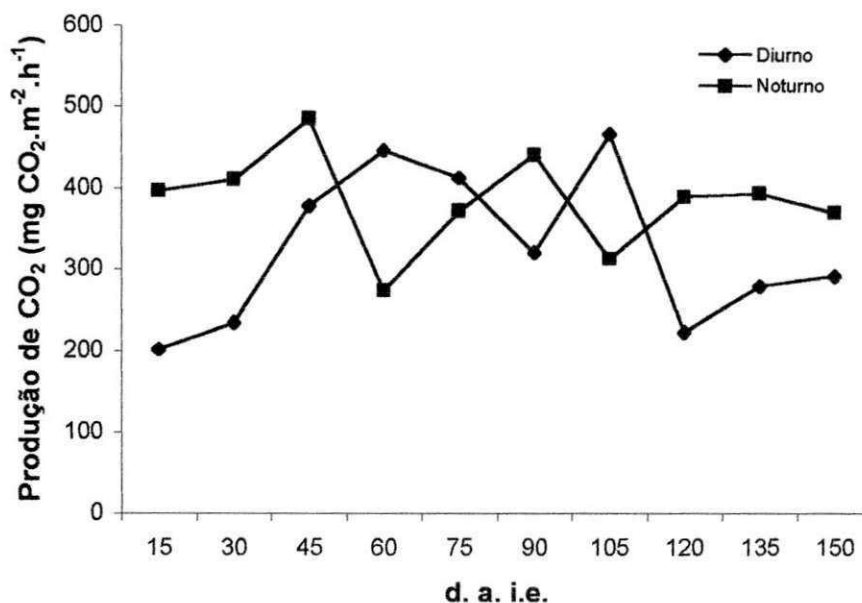


**Figura 9.** Atividade microbiana ( $\text{mgCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ), no período compreendido entre 15 e 150 dias após a instalação do experimento. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

A análise dos dados mostra que, nos primeiros 15 d.a.i.e. a atividade microbiana registrou a menor produção de CO<sub>2</sub> (299,12 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>) em toda a fase experimental; a partir deste período ocorreu um aumento significativo na atividade microbiana, tendo aos 45 d.a.i.e., sido registrado os maiores valores (432,53 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>). Possivelmente, este aumento na respiração microbiana deve-se a alta pluviosidade ocorrida neste período (304,8 L/m<sup>2</sup>), aumentando, assim, a umidade do solo e, por conseguinte, favorecendo a atividade microbiana.

Nota-se, ainda, na figura 9, que ocorreu queda significativa na atividade microbiana aos 60 d.a.i.e., elevando-se em seguida até os 105 d.a.i.e.. A partir dos 135 d.a.i.e. pareceu haver uma estabilização na atividade microbiana, o que poderia ter sido comprovado com a continuidade das coletas.

A produção de CO<sub>2</sub>, medida quinzenalmente, resultante da atividade microbiana nos turnos diurno e noturno é visualizada na figura 10. Verifica-se que, durante a fase experimental, ocorreram oscilações na produção de CO<sub>2</sub>, tanto no período diurno quanto no período noturno.



**Figura 10.** Atividade microbiana nos turnos diurno e noturno, em função do tempo.

Constata-se na figura 10, que a produção de CO<sub>2</sub> no período diurno é crescente até os 60 d.a.i.e., atingindo neste período 447,15 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>. A partir de então, até os 90 d.a.i.e., houve decréscimo da produção de CO<sub>2</sub> (321,68 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>). Aos 105 d.a.i.e. ocorreu o pico máximo de produção de CO<sub>2</sub> (469,30 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>), devido, provavelmente às precipitações ocorridas no período (138,7 L/m<sup>2</sup>). Daí em diante, houve decréscimo até os 120 d.a.i.e. e, uma tendência de estabilização de produção de CO<sub>2</sub> a partir dos 135 d.a.i.e..

No que tange a produção de CO<sub>2</sub> no período noturno, verifica-se que nos primeiros 45 d.a.i.e. ocorreu um acréscimo, atingindo valor máximo aos 45 d.a.i.e. (486,17 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>). A partir deste período houve um decréscimo acentuado na produção de CO<sub>2</sub> (274,26 mg CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>), pode ser atribuído ao menor conteúdo de água no solo, resultando da baixa precipitação ocorrida no período (79,2 L/m<sup>2</sup>). Dos 60 aos 90 d.a.i.e. ocorreu um aumento na produção de CO<sub>2</sub>, podendo ser atribuído esta maior produção de CO<sub>2</sub> a maior atividade microbiana do solo, resultante das condições ideais do conteúdo de água e

temperatura do solo para o desenvolvimento dos microrganismos, visto que, no referido período a precipitação acumulada no mês atingiu valor de 138,7 L/m<sup>2</sup>. Aos 105 d.a.i.e. houve decréscimo na produção de CO<sub>2</sub> voltando a subir e praticamente permaneceu estável até o final do experimento.

Verifica-se na figura 11, a produção de CO<sub>2</sub> em função dos tratamentos aplicados. Observa-se que a curva representativa da produção de CO<sub>2</sub> no tratamento em que se incorporou serrapilheira de algaroba, a maior atividade microbiana deu-se aos 45 d.a.i.e., período este que correspondeu ao início do mês de fevereiro/2002, onde a precipitação total no mês de janeiro foi de 304,8 L/m<sup>2</sup>. É de se notar que o conteúdo de água no solo favoreceu, neste período, a maior atividade microbiana. Após, ocorreu uma sazonalidade na produção de CO<sub>2</sub>, porém com valores sempre inferiores aqueles obtidos aos 45 d.a.i.e.

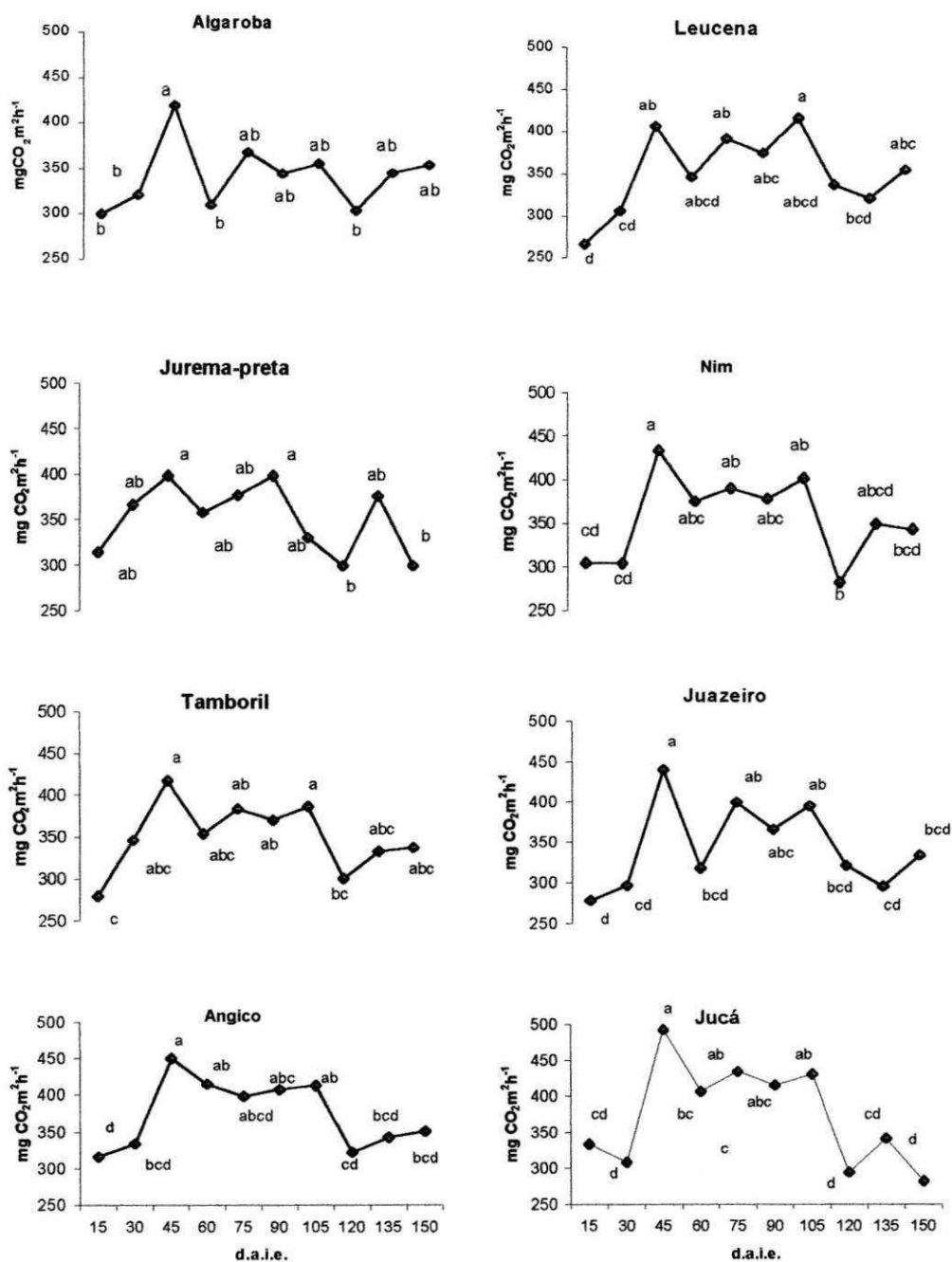
Já para os resíduos de leucena, nota-se que a produção inicial de CO<sub>2</sub> foi próxima de 250 mg de CO<sub>2</sub>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>. Daí em diante, até os 45 d.a.i.e. ocorreu um aumento brusco na produção de CO<sub>2</sub> devido provavelmente as elevadas precipitações registradas. Entretanto, a maior produção de CO<sub>2</sub> ocorreu aos 105 d.a.i.e., não diferindo, contudo da produção de CO<sub>2</sub> registrada aos 45, 60, 75, 90, 120 e 150 d.a.i.e.

Verifica-se que, no tratamento onde se incorporou serrapilheira de jurema-preta, a maior produção de CO<sub>2</sub> ocorreu aos 90 e 45 d.a.i.e., respectivamente. Contudo, estas produções de CO<sub>2</sub> só diferem significativamente das produções de CO<sub>2</sub> realizadas aos 120 e 150 d.a.i.e.. Essa queda na produção de CO<sub>2</sub> aos 120 dias foi quase uma regra quando visualizamos os demais tratamentos onde se incorporou resíduo de: nim, tamboril, juazeiro, angico e jucá.

Observa-se que, na maioria dos tratamentos estudados, a maior produção de CO<sub>2</sub> foi obtida aos 45 d.a.i.e., período este que correspondeu ao início de fevereiro/2002. Como a precipitação no mês de janeiro foi de 304,8 L/m<sup>2</sup>, isso fez com que as condições

edáficas no ambiente estudado fossem favoráveis a atividade microbiana e, por conseguinte na evolução de  $\text{CO}_2$ .

Para Souto et al. (2000) a taxa de  $\text{CO}_2$  resultante da respiração edáfica é indicadora da ciclagem de nutrientes nos ecossistemas.



**Figura 11.** Atividade microbiana medida através da respiração edáfica nos diversos tratamentos, durante o período experimental. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.



## 5. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos pode-se concluir que:

- ✓ A serrapilheira da leucena e jucá apresentaram maior resistência à decomposição;
- ✓ A serrapilheira do tamboril apresentou a maior taxa de decomposição no período estudado;
- ✓ A maior produção de CO<sub>2</sub> ocorreu no período noturno;
- ✓ A maior atividade microbiana, foi obtida aos 45 dias após a instalação do experimento;
- ✓ A maior e menor produção de CO<sub>2</sub> ocorreu, respectivamente, nos tratamentos com serrapilheira de angico e algaroba.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. New York: John Wiley & Sons, 1977, 472p.

ANGERS, D. A.; BISSONNETTE, N.; LÉGÈRE, A. & SAMSOM, N. Microbial and biochemical changes induced by rotation and tillage in soil under barley production. **Soil. Sci.**, Canadá, v. 73, p. 39-50, 1993.

ARAÚJO FILHO, J.A.; CARVALHO, F.C. Desenvolvimento sustentado da caatinga. In: ALVARES V. et al. (eds.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, SBCS, p.125-133,1996.

AZEVEDO, R. B.; CARVALHO, W. A. Avaliação da erosão de solos através da interpretação fotográfica da rede de drenagem e do relevo. **Energia na agricultura**. São Paulo: FCA/UNESP. V.14, n.3, p.1-12, 1999.

BARBOSA, J. H. C. Dinâmica da serrapilheira em estágios sucessionais de Floresta Atlântica (Reserva Biológica de Poço das Antas- RJ). Rio de Janeiro, 2000. 202p. (Tese de Mestrado).

BEHERA, N.; JOSHI, S. K.; PATI, D. P. Root contribution to total soil metabolism in a forest soil from Orissa, Índia. **Forest Ecology and Management**, v. 36, p. 125-134, 1990.

BERG, B.; WESSEN, B.; BOLIM, E.K. Nitrogen level and decomposition in Scots pine needle litter. **Oikos**, v. 38, p. 291-296, 1982.

BERG, B. The influence of experimental acidification on nutrient release and decomposition rate of needle and root litter in the forest floor. **Forest Ecology Manage**, v. 15, p.195-213, 1986.

BERTONI, J.; PESTANA, F. I. Relação chuva/perdas por erosão em diferentes tipos de solo. **Bragantia**, v.23, p.3-11, 1964.

BOHN, H. L. Estimate of organic carbon in world soils. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.40, p. 4689-4670, 1976.

BONI, N.R., ESPINDOLA, C.R. & GUIMARÃES, E.C. Uso de leguminosas na recuperação de um solo decapitado, In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2, **Anais...** 1994, p.563-568.

BRODER, M. W. ; WAGNER, G. H. Microbial colonization and decomposition of corn, wheat, and soybean residue. **Soil Sci. Am. J.**, v.52, p.112-117, 1988.

CAMARGO, A. O. de, SANTOS, G. A. de e GUERRA, J. G. M. Macromoléculas e Substâncias Húmicas. In: Santos, G. A. e Camargo, F. A. O. (Eds). **Fundamentos da matéria orgânica do solo de ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Ed. Genesis. 1999, 49p.

CAMPBELL, C.A Soil organic carbon, nitrogen and fertility. In: SCHNITZER, M.; KHAN, S.V., ed. **Soil organic matter**. Amsterdam, Elsevier, 1978.p.173 -271.

CANTARELLA, H.; ABREU, C.A. DE; BERTON, R.S. Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica do solo. In: GUERRINI, I.A.; BULL, L.T. Encontro sobre matéria orgânica do solo: problemas e soluções. Botucatu, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1992, p. 37-62.

CATTELAN, A. J. ; VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **R. Bras. Ci. Solo**, 14:133-142,1990.

CLEMENTINO, R. H. **Efeito residual de fontes de matéria orgânica e adubação mineral na produção e qualidade comercial de cenoura (Daucus carota L)**. Areia: 1998, Monografia de Graduação- Centro de Ciências Agrárias/ UFPB. 44p.

CONSTANTINIDES, M., FOWNES, J. H. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 26, n. 1, p. 49-55. 1994.

COSTA, G.S.; ANDRADE, A.G. de.; FARIA, S.M. de. Aporte de nutrientes pela serrapilheira de *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá) com seis anos de idade. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ÁREAS DEGRADADAS, 3, 1997, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto. 1997. p. 344-349.

DOMMERGUES, Y ; MANGENOT, F.. **Ecologie microbienne du sol**. Paris, Masson et Cie, Editeurs, 1970. 796p.

EHLERS, E. **Agricultura Sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma**. 2. ed. Cuiabá: Agropecuária, 1999. 175p.

ESPÍNDULA, J. A. Cyclos Agronomicos I. Terra, planta, adubo. **A lavoura**, n. 626, p. 45, set. 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS. 2ª ed., 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1999. 412p. (EMBRAPA – Solos. Documento 15).

FERRAZ, J.M.G.; CARVALHO, P.C.T. de. Influência de resíduos vegetal sobre a fertilidade de solo de cerrado. **O Solo**. v.70, n.2, Piracicaba, 1978. 68p.

FRANCO, A. A. Recuperação de áreas degradadas. In: Encontro para conservação da natureza, 1, Viçosa (MG), **Anais**. CMCN, 1997.p. 195-201.

FRANZLUEBBERS, A. J.; HONS, F. M.; ZUBERER, D. A. Long-term changes in soil carbon and nitrogen pools in wheat management systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, p. 1639-1645, 1994.

FREDERICK, K. D. Desenvolvimento agrícola no Nordeste do Brasil: alternativas tecnológicas e padrões prováveis de desenvolvimento. In: **Agricultura no Nordeste: dois ensaios**. Recife, PIMES – UFPE, 1975. (Comunicações,9).

GAMA-RODRIGUES, A. C. da Ciclagem de nutrientes por espécies florestais em povoamentos puros e mistos, em solos de tabuleiro da Bahia. Viçosa, UFV, 1997, 107p. (Tese de Doutorado). X *Tm ooutonob*

GOLLEY, F. B. Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida; tradução de Eurípidas Malavolta. São Paulo: EPU. Ed. da Universidade de São Paulo, 1975. 256p.

GREENLAND, D. J.; WILD, A.; ADAMS, D. Organic matter dynamics in soils of the tropics-from myth to complex reality. In: LAL, R., SANCHEZ, P. A. **Myths and science of soils of the tropics**. SSSA Special Publication n.29. Wisconsin: Copyright, 1992. p. 17-33.

GRISI, B. M. Método químico de medição da respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. **Ciência e Cultura**, v.30, n.1, p. 82-88, 1978.

JOERGENSEN, R. G.; KANDELER, E.; MEYER, B.; WOehler, V. Microbial biomass and activity in silt and sand loams after longterm. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 49, n. 1-2, p. 93-104, 1999.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 482p.

LIRA, A.C. S.de. **Comparação entre um povoamento de Eucalipto sob diferentes práticas de manejo e vegetação natural de cerradão, através da respiração, infiltração de água e mesofauna do solo**. Piracicaba, 1999. 70p. Dissertação (M. S)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo: CERES, 4. ed, 1979. 255p.

MANZATTO, H. R. H. **Dinâmica da matéria orgânica em solo glei pouco húmico cultivado com arroz inundado no vale do rio São João (RJ)**. 1990. 118f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – UFRRJ, Itaguaí.

MATTER, U. F.; SILVA, M. S.; COSTA, L. A. de M.; PELÁ, A.; SILVA, C. J. da, DECARLI, L.; ZUCARELLI, C. Avaliação da biomassa microbiana em solo cultivado com

três espécies de adubo verde de verão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27. Brasília, 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: SBCS, 1999. 1 CD-ROM.

MORITA, T.; ASSUMPÇÃO, R. M. V. **Manual de soluções, reagentes e solventes**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1993. 629p.

MUNEVAR, V.; WOLLUM, A. G. Effects of the addition of phosphorus and inorganic nitrogen on carbon and nitrogen mineralization in Andepts from Colombia. **Soil Science Society of America Journal**, v. 41p. 540-545, 1977.

PAUL, E.A. ; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1989. 275p.

PAVAN, M. A.; CHAVES, J. C. D. **A importância da matéria orgânica nos sistemas agrícolas**. Londrina: IAPAR, p. 35, abr. 1998. (Circular, 98).

PEREIRA, J.; PEREZ, J.R.R. Manejo da matéria orgânica. In: GOEDERT, W.J. (ed). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo, Nobel, 1987. p. 261-284.

PIZAURO Jr., J.M.; MELO, W.J.; MELO, G.M.P. Incorporação de parte aérea de sorgo ou lablabe e frações de matéria orgânica de um latossolo. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 21. Petrolina, **Anais**. SBCS, 1994.p. 176-177.

QUEIROZ, A. F.; PASQUAL, A. Produção de serrapilheira em um fragmento de mata ciliar no estado de São Paulo. **Energia na Agricultura**. v. 15, n. 4, p. 119-131, 2000.

RESCK, D.V.S.; PEREIRA, J. Efeitos da incorporação de restos culturais e adubo verde nas propriedades físicas de um latossolo vermelho-amarelo fase cerrado. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.16, n.6, 1981.

SALAS, G. DE LA. **Suelos y Ecosistemas Forestales con énfasis en América Tropical**. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 1987. 450p. (Colección libros y materiales educativos/IICA; n.80).

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H. Efeito da adição de nitrogênio e palha ( $^{14}\text{C}$ ) na liberação de  $\text{CO}_2$  e formação de biomassa microbiana em latossolo vermelho amarelo. **Rev. Bras. Ciên. Solo**, v. 6, p. 177-181, 1982.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, J. H.; SILVA, F. B. R. Fertilidade de Solos do Semi-Árido do Nordeste. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 21. Petrolina, **Anais. SBCS**, 1995, p.51-71.

SANTOS, O.M.; GRISI, B.M. Efeito do desmatamento na atividade dos microorganismos do solo de terra firme na Amazônia. **ACTA Amazônica**, v.11, n.1, p. 97-102, 1981.

SANTOS, O.M. **Biodinâmica de um ecossistema de solo de tabuleiro da região sul do Estado da Bahia**. Universidade Federal da Bahia, 1977. 87p. (Tese de Mestrado).

SCHILENTER, R. E.; CLEVE, K. V. Relations hisps between  $\text{CO}_2$  evolution from soil, substrate temperature, and substrate moisture in four mature forest types in interior Alaska. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 15, p. 97- 106, 1985.

SCHUMACHER, M. V. Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalytus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalytus torelliana* F. Muell. Piracicaba, 1992. 87p. Dissertação (Mestrado)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ USP, 1992.

SILVA, G. A. E; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V. dos; ARAÚJO, G. T. de; MAIA, E. L.; SOUTO, P. C.; SOUTO, L. S. Decomposição de resíduos vegetais, no semi-árido paraibano, utilizando o método do litterbag. In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2001, Londrina. **Anais...(CD-Rom)**. Londrina: SBCS, 2001. v. 28. p. 68-68.

SILVA, G. A.. Decomposição da Celulose e da Serrapilheira em área de Caatinga no município de Patos (PB)- Serrapilheira. In: Encontro de Iniciação Científica da UFPB. **Relatório Final PIBIC/CNPq...** João Pessoa: UFPB, 2001.

SILVA, L.F. **Solos tropicais: aspectos pedológicos, ecológicos e de manejo**. Ed. Terra Brasilis, São Paulo, 1996. 137 p.



SILVA, J.E.; RITCHEY, K.D. Adubação potássica em solos de Cerrado. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N.R., ed. **Potássio na agricultura brasileira – Anais**. Piracicaba: Instituto Internacional da Potassa & Fosfato, Londrina: IAPAR, 1982.p.323-338.

SINGH, J. S.; GUPTA, S. R. Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystems. **Botan. Rev.** n.43, p. 449-528, 1977.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC, ABEAS; Lavras: ESAL, FAEP, 1988. 235p.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F.M.S. de.; GRISI, B. M.; HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R.S. **Microorganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. EMBRAPA. Brasília, 1994.

SKAMBRACKS, D.; ZIMMER, M. Combined methods for the determination of microbial activity of leaf litter. **Eur. J. Soil Biol.**, v. 34, n. 3, p. 105-110, 1998.

SOLLINS, P.; CALDWELL, B. A. Stabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. **Geoderma**, v.74, p. 65-105, 1996.

SOUTO, J. S.; MAIA, E. L.; SILVA, G. A. e. Efeitos da incorporação de diferentes resíduos vegetais na atividade microbiana, em solo Bruno não-cálcico, em Patos (PB). In: XIII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. **Anais em CD-Rom**. Ilhéus: SBCS, 2000. p. 881-882.

SOUTO, P. C. Decomposição da celulose e da serrapilheira em área de caatinga. 1999. 42p. Monografia- Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal da Paraíba, Patos.

THENG, B. K. G.; TATE, K. R.; SOLLINGS, P. Constituents of organic matter in temperate and tropical soils. In: COLEMAN, D. C., OADES, J. M. UEHARA, G. **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**, Hawaii: NiftAL Project, 1989. p. 5-32.



TOLAND, D. E.; ZAK, D. R. Seasonal patterns of soil respiration in intact and clear-cut northern hard wood forests. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 34, p. 1711-1716, 1994.

TREVISAN, R.; MATTOS, M. L. T.; HERTER, F. G. Atividade microbiana em argissolo vermelho-amarelo distrófico típico coberto com aveia preta (*Avena* sp.) no outono, em um pomar de pessegueiro. **Revista Científica Rural**, v. 7, n. 2, p. 83-89, 2002.

TSAI, S.M.; CARDOSO, E.J.B.N.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Soc. Bras. Ciên. Solo. Campinas, 1992. 360p.

UMALI-GARCIA, M., LIBUTT, J.S. ; AGGAYAN, R.L., Effects of *Rhizobium* inoculation on growth and nodulation of *Albizia falcataria* (L.) Fosh and *Acacia mangium* Willd. In the nursery, **Plant and Soil**. v.108, p. 71-78, 1988.

VARGAS, M.A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA- CPAC, 1997. 524p.

WEBER, M. G. Forest soil respiration after cutting and burning in immature aspen ecosystems. **Forest Ecology and Management**, v. 31, p. 1-14, 1990.

WHITE, I.W. et al. Celulose e decomposing power in relation to reaching of soil. **Soil Science**, Baltimore, v. 68, p. 229-235, 1949.

WITKAMP, M. Decomposition of leaf litter in relation to environment microflora and microbial respiration. **Ecology**, v. 47, p. 194-201, 1966.