

PATRÍCIA CARNEIRO SOUTO

**DECOMPOSIÇÃO DA CELULOSE E DA SERRAPILHEIRA
EM ÁREA DE CAATINGA**

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

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
PATOS – PARAÍBA
1999

PATRÍCIA CARNEIRO SOUTO

**DECOMPOSIÇÃO DA CELULOSE E DA SERRAPILHEIRA
EM ÁREA DE CAATINGA**

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

ORIENTADOR: JACOB SILVA SOUTO

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
PATOS – PARAÍBA
1999

PATRÍCIA CARNEIRO SOUTO

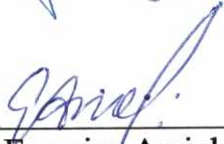
**DECOMPOSIÇÃO DA CELULOSE E DA SERRAPILHEIRA
EM ÁREA DE CAATINGA**

Monografia aprovada em 03/09/99

Banca Examinadora



Prof. Jacob Silva Souto, Dr.



Prof. Éder Ferreira Arriel, MSc.



Prof. Gilmar Trindade de Araújo, MSc.

PATOS – PARAÍBA

NOVEMBRO/1999

AGRADECIMENTOS

A DEUS, Força Suprema que nos guia ajudando a superar os obstáculos da vida.

Aos meus pais FRANCISCO E GLÓRIA, aos meus irmãos e sobrinhos que sempre me apoiaram e acreditaram no meu potencial.

A UFPB e, particularmente ao Departamento de Engenharia Florestal, pela confiança que me foi depositada.

Em especial, agradeço ao Professor JACOB SILVA SOUTO, pela valiosa e competente orientação.

Aos professores ÉDER ARRIEL, GILMAR TRINDADE, RIVALDO VITAL, LÚCIO VALÉRIO, JOSUEL ARCANJO, PAULO BASTOS, OLAF BAKKE, GRAÇA MARINHO, ALANA CANDEIA, NADEGE DANTAS, JOEDLA RODRIGUES, RAMONILDES ALVES, JOHN KENNEDY , ANTONIO LUCINEUDO e JOSÉ ROMILSON , pela colaboração e atenção dispensadas.

A todos os professores do DEF e do DCB pela valiosa orientação.

Aos colegas Stênio, Cláudia, Cidinha, Wilma, Rose, Eleide, Adriana Vital, Lucinha, Ceixa, Sílvia Sátyro, Sílvio e Ricardo, pela saudável convivência.

A todos os funcionários do CSTR, em especial Damião Amaro, Ednalva, José Trajano (Zé Beré), Ana Alves, Lourdinha, Aminthas, Carlos, Jeroan, Didida e Ilma, pela valiosa prestação de serviço.

Aos meus cunhados, em especial a LAUDA pela grande ajuda nos momentos mais difíceis.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a minha formação.

Sinceros agradecimentos



Ao meu esposo
JACOB

e aos meus filhos
INGRID, BREMMER e SAMILLY.

Com muito carinho
DEDICO

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE FOTOS.....	vii
RESUMO	viii
SUMMARY.....	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Decomposição da serrapilheira e da celulose	3
2.2. Liberação de nutrientes	9
2.3. Respiração edáfica	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1. Aspectos gerais	15
3.2. Caracterização da área	15
3.3. Metodologia utilizada	16
3.3.1. Decomposição da celulose e da serrapilheira	16
3.3.2. Implantação do experimento	16

3.3.3. Método químico de medição da respiração edáfica	17
3.3.3.1. Confeção do material utilizado no campo	19
3.3.4. Medição da respiração edáfica no campo	19
3.3.5. Preparo das soluções e dos indicadores em laboratório	23
3.3.6. Titulação das amostras	23
3.3.7. Cálculo para determinação do CO ₂ contido nas amostras ...	23
3.3.8. Delineamento experimental	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1. Condições de temperatura e precipitação	26
4.2. Respiração edáfica	27
4.3. Decomposição da celulose e da serrapilheira	28
4.4. Liberação de nutrientes	30
5. CONCLUSÕES	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1- Medidas aproximadas do material utilizado (balde) no experimento para medir a respiração edáfica	21

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 – Características químicas do solo onde foi instalado o experimento	15
TABELA 2 – Teores (%) dos nutrientes encontrados na serrapilheira por ocasião da instalação do experimento	16
TABELA 3 – Tratamentos utilizados por ocasião da instalação do experimento	17
TABELA 4 – Esquema de análise de variância utilizado no experimento	25
TABELA 5 – Precipitação registrada no Município de Patos durante a condução do experimento (OUT/97 – JUL/98)	26
TABELA 6 – Produção de CO ₂ determinado nos turnos noturno e diurno, no mês de março de 1998	27
TABELA 7 – Produção de CO ₂ determinado nos turnos noturno e diurno, no mês de abril de 1998	27
TABELA 8 - Produção de CO ₂ determinado nos turnos noturno e diurno, no mês de maio de 1998	28
TABELA 9 – Decomposição da serrapilheira, através da perda de peso em relação ao peso inicial (10g), em função do tempo e da profundidade (dezembro de 1997 a julho de 1998)	28
TABELA 10 – Decomposição da celulose, através da perda de peso em relação ao peso inicial (10g), em função do tempo e da profundidade (dezembro de 1997 a julho de 1998)	29

TABELA 11 – Decomposição da serrapilheira e da celulose em diferentes profundidades no período compreendido entre dezembro de 1999 e julho de 1998	30
TABELA 12 - Teores médios de nutrientes (%) na serrapilheira submetidas ao tratamento 1 (0,0)	30
TABELA 13 – Teores médios de nutrientes (%) na serrapilheira submetidas ao tratamento 2 (2,5 cm)	31
TABELA 14 – Teores médios de nutrientes (%) na serrapilheira submetidas ao tratamento 3 (10 cm)	31
TABELA 15 – Teores médios de nutrientes (%) na serrapilheira submetidas ao tratamento 4 (20 cm)	32

LISTA DE FOTOS

	Página
FOTO 1 – Vista geral do experimento em que se determinou a taxa de decomposição da celulose e da serrapilheira	18
FOTO 2 – Recipiente (copo plástico descartável) utilizado para acondicionar a solução de KOH 0,5 N	20
FOTO 3 – Vista geral do experimento em que se mediu a respiração edáfica	22
FOTO 4 – Titulação da amostra de KOH 0,5 N no Laboratório de Solos e Água/CSTR	24

RESUMO

A decomposição da serrapilheira é a principal via de entrada de nutrientes no solo, destacando-se sua importância na sustentabilidade da cobertura vegetal, principalmente em solos pobres. Para avaliar a decomposição da celulose e da serrapilheira utilizou-se litterbags, que foram distribuídos em blocos casualizados, em arranjo fatorial 8 x 4 x 2. Os litterbags foram acondicionados em quatro profundidades: 0,0; 2,5; 10,0 e 20,0 cm. Mensalmente foram realizadas coletas dos litterbags e feitas análises para N, P, K, Ca, Mg e S. Em três períodos, durante a realização do ensaio, foi avaliada a respiração edáfica, onde o CO₂ liberado por uma área do solo era absorvido por uma solução de KOH 0,5 N e sua dosagem por titulação com HCl a 0,1 N. Observou-se que a decomposição da celulose e da serrapilheira foi bastante prejudicada, devido aos baixos índices pluviométricos registrados no período de estudo. Os nutrientes N, P, K, Ca e Mg foram liberados à medida em que a serrapilheira foi sendo decomposta, sendo o S o único nutriente, praticamente, a não sofrer alteração nas diversas profundidades. O método da respiração edáfica foi muito útil na avaliação da biodinâmica do solo, permitindo se obter uma idéia de ciclagem de nutrientes no ecossistema caatinga. Face a simplicidade do método e seu baixo custo, recomendamos o seu uso.

Palavras-chave: Caatinga – Serrapilheira - Respiração edáfica

LITTER AND CELLULOSE DECOMPOSITION IN CAATINGA FOREST.

SUMMARY

Litter decomposition is the main source of nutrients in the soil, and it is of great importance for the sustainability of the vegetation, specially on poor soils.

To evaluate cellulose and litter decomposition, litterbags were distributed over the experimental area divided in randomized blocks, in a 8 x 4 x 2 factorial arrangement. The litterbags were buried at four depths (0,0; 2,5; 10,0 and 20,0 cm). Samples from the litterbags were collected monthly, and analyses were performed to determine N, P, K, Ca, Mg and S contents.

Soil respiration was evaluated three times during the experimental period. In these occasions, the CO₂ liberated from a known area of soil was absorbed by a solution of KOH (0,5 N). This CO₂ was quantified by backtitration with HCl (0,1 N). It was observed that cellulose and litter decomposition was quite depressed due to the low precipitation registered during the experimental period. N, P, K, Ca and Mg were released concomitantly with litter decomposition. Only sulphur concentration showed practically no differences up to 20 cm deep in the soil.

The soil respiration method showed to be very useful to evaluate the biodynamics of the soil, that allowed to obtain an idea of the nutrient cycling model in the Caatinga ecosystem.

Due to the simplicity of the method and its low cost, we recommend its use.

Key words:

Caatinga - Litter – Soil respiration

1. INTRODUÇÃO:

A serrapilheira, importante componente de um ecossistema florestal, compreende o material precipitado ao solo pela biota, o que inclui principalmente folhas, ramos, frutos, raízes, galhos, flores e resíduos animais. Entre as várias formas de transferência de nutrientes, a serrapilheira é a mais importante, no que diz respeito aos efeitos sobre o solo e à manutenção da qualidade de sítio e da produtividade (KOEHLER et al., 1990).

Segundo LANDSDALE (1988) o conceito de serrapilheira não está bem definido, podendo incluir desde folhas até grandes pedaços de troncos, ao passo que o conceito de folhedo restringe-se apenas às folhas caducas.

O solo estando coberto pela vegetação, estará protegido pela erosão, mantendo dessa forma, o equilíbrio entre os fatores de sua formação e aqueles que provocam sua degradação. Caso esse equilíbrio seja quebrado, ocorrerá alterações físicas, químicas e biológicas, levando à degradação do ecossistema.

De acordo com OKEKE & OMAIKO (1992) o processo de decomposição contribui para a fertilidade dos solos através da regeneração dos nutrientes da planta e da manutenção da matéria orgânica no solo. Nos ecossistemas tropicais, onde os solos são de baixa fertilidade, o crescimento de espécies nativas e cultivadas dependem da composição da serrapilheira para a liberação desses elementos ou do "status" de nutrição do solo.

A taxa de desintegração da serrapilheira está determinada pela natureza física e química do tecido fresco, das condições de aeração, temperatura e umidade da serrapilheira, assim como os tipos e quantidades de microflora e fauna presentes. Como os processos de decomposição são sobretudo biológicos, essas taxas são influenciadas pelos mesmos fatores que governam a atividade dos microorganismos (PRITCHETT, 1990).

Segundo SPURR & BARNES (1980), em condições ótimas de atividade microbiológica do solo, sendo este suficientemente arejado e aquecido, a decomposição da serrapilheira deverá ocorrer satisfatoriamente, sem acúmulo de material vegetal sobre o solo. Todavia, quando a atividade biótica é inibida pelo frio, condições ácidas, umidade excessiva ou

insuficiente, a decomposição pode tornar-se mais lenta, com conseqüente prejuízo na produtividade do ecossistema.

O material orgânico que é representado pelo folheto, ramos e troncos caídos, são decompostos no solo, sendo o carbono devolvido à atmosfera sob a forma de CO₂.

A respiração edáfica está relacionada com a quantidade de carbono produzido e liberado pelo solo onde esse processo depende da atuação dos microorganismos na decomposição da matéria orgânica.

Reconhecendo a importância da serrapilheira como fonte de nutrientes, o presente estudo teve como finalidade **examinar a decomposição do material orgânico mediante a determinação das taxas de decomposição da celulose e da serrapilheira, a liberação de nutrientes a partir da decomposição da serrapilheira, objetivando-se verificar possíveis interferências sazonais na dinâmica do processo e, atividade dos microorganismos do solo, através da medição da respiração edáfica, em área de caatinga.**

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Decomposição da serrapilheira e da celulose:

A serrapilheira é todo tipo de material biogênico em vários estádios de decomposição o qual representa uma fonte potencial de energia para as espécies consumidoras (MASON, 1980).

Grande quantidade de matéria orgânica acumulada na superfície do solo é formada de material vegetal como folhas, flores, galhos, estando presente também restos de animais mortos. A serrapilheira ao ser formada sofre um processo de decomposição com a liberação eventual dos elementos minerais que compõem os tecidos orgânicos. Ela contém uma grande parte dos nutrientes extraídos do solo, que são liberados à medida que ocorre a decomposição, podendo ser reaproveitados pelas plantas num ciclo biológico fechado solo-planta-solo. (KOEHLER et al., 1990).

A maior parte da matéria orgânica acumulada na superfície do solo de uma floresta é constituída de material vegetal, transferida via queda do folheto, embora excrementos e restos de animais mortos estejam aí presentes. Dentre os componentes do folheto, as folhas perfazem, por sua vez, a fração mais significativa, não só pela massa, como pelo conteúdo de nutrientes orgânicos e inorgânicos (MEGURO et al., 1979).

A queda da serrapilheira é uma das formas de transferência de nutrientes, no que diz respeito aos efeitos sobre o solo e a manutenção da qualidade do sítio e da produtividade (KOEHLER et al., 1990).

Segundo COSTA et al.(1997) a deposição anual de serrapilheira fina com a contribuição de folhas, galhos finos, estruturas reprodutivas e uma parte fragmentada, são componentes que apresentam alta velocidade de decomposição e são a principal via de entrada de nutrientes no solo, destacando-se sua importância na sustentabilidade da cobertura vegetal, principalmente em solos pobres.

A matéria orgânica do solo é um dos principais responsáveis pelo potencial de nutrientes disponíveis para as plantas e, um estudo sobre decomposição e mineralização da serrapilheira, é de grande importância para a compreensão do processo de fertilização natural dos solos (SANTOS &

GRISI, 1981). Conseqüentemente, de solos originariamente pobres, poderão extrair-se benefícios para o homem do campo através do aperfeiçoamento de práticas ligadas ao manejo desses solos.

Em um estágio inicial a transferência e transformação da serrapilheira promove o acúmulo de material orgânico na superfície do solo, devido as taxas de entradas serem superiores as taxas de caimento desse material. Num segundo estágio as taxas de caimento se aproximam das taxas de aporte promovendo um estado de equilíbrio entre estoque e entradas de serrapilheira (ODUM, 1985; MELILLO et al., 1989).

POGGIANI et al., (1990) relatam que a periodicidade na deposição do folheto varia de espécie para espécie arbórea nas regiões tropicais e subtropicais, sendo que a distribuição das chuvas influencia significativamente este fenômeno. Diferentemente nas regiões frias, é o outono que desencadeia esse processo.

BRAY & GHORAN (1964) concluíram que a quantidade de material orgânico depositado no solo está relacionado com as condições climáticas, sendo menor nas regiões frias e maior nas regiões equatoriais quentes e úmidas.

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_2) e bioelementos (SALAS, 1987).

Para POWLSON et al. (1987) 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. Os resíduos orgânicos fornecem grande quantidade de C e energia para os microorganismos, aumentando a atividade biológica e melhorando a ecologia do solo.

Segundo KIEHL (1998) os microorganismos são considerados plantas inferiores não clorofiladas (e não "bichinhos", como alguns costumam se referir a eles). Necessitam para sua alimentação, como suas irmãs plantas superiores de macronutrientes e de micronutrientes.

Os microorganismos do solo vivem, em sua maioria, até 20 a 30 cm de profundidade por necessitarem de oxigênio e matéria orgânica. Toda fauna edáfica depende de um certo grau de umidade, de modo que qualquer aumento na temperatura na superfície do solo a prejudica (PRIMAVESI, 1990).

A atividade microbiana assume importância particular nos solos tropicais, favorecida pelas condições ambientais durante todo o ano.

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 parâmetro indicador de ciclagem da matéria.

Muitos estudos sobre a decomposição da cobertura vegetal morta mostraram que o nitrogênio, e não o carbono, regula a atividade dos microorganismos decompositores e as taxas de decomposição (Swift et al., 1979; Taylor et al., 1989 citados por WARDLE et al., 1994).

Ao se multiplicarem, os microorganismos competem, com vantagem, com as plantas pelo N inorgânico disponível no solo, causando uma diminuição no teor do elemento. A medida em que os microorganismos vão consumindo o C e liberando CO₂, a relação C/N diminui (CANTARELLA et al., 1992)

Segundo TSAI et al.(1992) as condições ótimas de desenvolvimento dos microorganismos nem sempre correspondem à umidade ótima, indicando que vários fatores interagem para fornecer a umidade adequada, sendo que extremos de umidade podem ser prejudiciais à atividade microbiana. A umidade ótima para as atividades metabólicas varia entre os tipos de solo, teor de argila, grupos de microorganismos, vegetação, etc.

Para COUTEX et al., (1995) são três os fatores principais que controlam a decomposição da serrapilheira: clima, qualidade do substrato e a natureza e abundância dos organismos decompositores.

A reciclagem dos nutrientes originários da fitomassa dependerá da rapidez da mineralização do material, regulada por uma série de variáveis tais como a ação dos elementos climáticos, tipos de solo, atividade biológica e características próprias das frações do folheto (MEENTEMEYER, 1978).

SOUTO et al.,(1996) verificaram que as chuvas provocaram uma maior velocidade de decomposição da serrapilheira e da celulose, em área de caatinga, propiciando melhores condições para o desenvolvimento da atividade microbiana.

O ritmo de decomposição da serrapilheira pode ser muito rápida, com taxa de renovação que varia de um a três anos nos climas temperados e frios, até alguns meses nos trópicos (PRITCHETT, 1990).

Segundo SIQUEIRA (1993) os resíduos com elevados teores de lignina e compostos aromáticos são de difícil decomposição, enquanto que os com teores elevados de carboidrato solúveis ou celulose, são facilmente decompostos.

WEAVER (1947) afirma que a taxa de decomposição decresce com a profundidade devido a diminuição da concentração de O₂, o decréscimo do conteúdo de material orgânico no solo, ou uma menor estrutura física favorável do solo. Desse modo o decréscimo intrínseco da taxa de decomposição de acordo com a profundidade foi relatado em diversos estudos quando foi comparada a decomposição em diferentes profundidades.

A atividade decompositora dos microorganismos do solo sobre a matéria orgânica tem sido intensivamente estudada em diferentes ecossistemas, contudo, nas condições do ecossistema caatinga não há relatos para tais estudos. O metabolismo dos microorganismos do solo é, portanto, um parâmetro indicador da dinâmica de ciclagem da matéria.

SANTOS & GRISI(1979) avaliando a decomposição da celulose e da serrapilheira em uma área intocada e em uma área queimada, verificaram que a decomposição foi menor quando os materiais (celulose e serrapilheira) estavam enterrados a 5,0cm de profundidade na área queimada. Isto deve-se, segundo os autores, a destruição da camada orgânica, onde predomina os decompositores. Já a taxa de decomposição, nessa profundidade, na área intocada foi maior, demonstrando, dessa forma, o papel dos microorganismos nas camadas superficiais do solo. Por outro lado, a taxa de decomposição da celulose e do folheto decresceu à medida em que se aprofundou no solo da área intocada. Tal fato reflete uma variação na população microbiana e/ou redução do teor de nitrogênio.

Já SOUTO et al., (1997) trabalhando em área de caatinga, verificaram que a celulose se decompõe mais rapidamente que a serrapilheira à medida em que vai aumentando a profundidade. A decomposição dos materiais (celulose e serrapilheira) foi satisfatória quando estes se encontravam enterrados a 10,0 e 20,0 cm de profundidade. Isto mostra que a atividade microbiana nesse ecossistema é mais intensa nas camadas mais profundas, devido à fatores como umidade e temperatura favorecerem o processo de decomposição.

De acordo com SANTOS & GRISI (1979) afirmam que a decomposição da celulose e da serrapilheira vai diminuindo à medida em que se aprofunda no solo. Isso deve-se provavelmente, a uma variação vertical na população dos microorganismos.

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, através do processo de decomposição da matéria orgânica, de volta para o primeiro, é imprescindível à manutenção de ecossistemas (SANTOS & GRISI, 1981), como a caatinga.

Para WITKAMP (1971) a decomposição da serrapilheira é de grande importância para o ciclo bioquímico dos ecossistemas florestais.

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 (VOGT et al., 1983), qualidade da serrapilheira (BERG et al., 1982; BERG, 1986a) e reação do solo (WRITE et al., 1949; BERG, 1986b).

Gnittke et al., (1961) citados por SANTOS & GRISI (1979), afirmam que o mais abundante constituinte da planta é a celulose, que compreende 15-16% de seu peso seco, enquanto o conteúdo de hemicelulose varia de 10 a 30% e, o de lignina de 5 a 30%. Torna-se, portanto, de grande importância o estudo do comportamento da celulose nos ecossistemas.

PRIMAVESI (1990) e GRISI (1976) estudaram a decomposição da celulose em solos da depressão central em Santa Maria (RS) e Sul da Bahia, respectivamente.

No âmbito do estudo da ciclagem dos nutrientes, a produção de folheto e o processo de decomposição constituem parte importante e mais acessível da trajetória dos elementos no setor biológico e seu ambiente imediato, compartimentos planta-folheto-solo. A ordem de grandeza da restituição e a velocidade com que se processa, estão relacionadas com a produtividade e, por conseguinte, com a capacidade de regeneração do ecossistema (MEGURO et al., 1979).

A cobertura vegetal em solos pobres atua como fonte e mecanismo regulador da liberação e ciclagem de nutrientes contidos na serrapilheira.

Vários estudos tem encontrado padrões gerais da queda da serrapilheira, no decorrer do tempo e no espaço físico das florestas, correlacionados com a precipitação, temperatura, disponibilidade de luz e umidade do solo. (LAM & DUDGEON, 1985)

Espécies eficientes quanto à produção de biomassa normalmente produzem serrapilheira de baixa qualidade, concentrando altas quantidades de nutrientes em outras estruturas tais como troncos e cascas (Carmo et al., 1980 & Cardenas, 1987; citados por BARROS & NOVAIS, 1990) com reduzida reciclagem de nutrientes. Em contrapartida, espécies menos eficientes na produção de biomassa parecem produzir serrapilheira mais rica em nutrientes, o que pode levar ao incremento da disponibilidade destes (Binkley et al., 1992 citado por FROUFE et al., 1997).

Segundo COLEMAN et al., (1989) a velocidade de decomposição do material pelos microorganismos depende da sua constituição química e das condições ambientais.

A quantidade de material orgânico depositado no solo está relacionado com as condições climáticas, sendo menor nas regiões frias e maior nas regiões equatoriais quentes e úmidas.

A influência do substrato está relacionado com as fases de decomposição, uma vez que o N e outros nutrientes como o P e S, controlariam a decomposição (< 30% perda de massa) e o conteúdo de lignina se tornaria progressivamente mais importante ao longo do processo (Berg & Staaf, 1980; Berg, 1984; 1986; Berg & Agren, 1984, citados por REZENDE et al., 1997).

As taxas de decomposição dependem da qualidade do material dos resíduos incorporados e, também, de agentes modificadores que podem inibir ou acelerar a atividade dos microorganismos e/ou enzimas (SINGH & GUPTA, 1977; SWIFT et al., 1979).

O solo com pH 7,2, representa a reação do solo ótima para a decomposição da celulose (WHITE et al., 1949).

Fatores que afetam a taxa de decomposição devem também afetar a taxa de crescimento. A decomposição pode ser quantificada utilizando vários métodos, inclusive a perda de folhas na superfície (HEATH et al., 1964) e o percentual de peso seco (ANDERSON, 1973).

Para St.JOHN (1980) o método dos litterbags é a técnica mais frequentemente usada para avaliar a decomposição da serrapilheira em ecossistemas terrestres.

Segundo WILL et al., (1983) alguns autores criticam o uso dos litterbags para estudar a decomposição (WIEDER & LANG, 1982), porém este é o método mais usado tecnicamente. Ele possui limitações que devem ser consideradas, mas a falta de um método alternativo nos leva a utilizar essa técnica de baixo custo, particularmente em estudos comparativos de diferentes estágios de decomposição.

O método de decomposição celulótica desenvolvido por STEUBING (1973) possibilita fazer uma estimativa da decomposição da celulose, de resíduos orgânicos adicionados ao solo pelas plantas e animais e, conseqüentemente, da atividade microbiana celulótica.

2.2. Liberação de nutrientes

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_2 consumido e CO_2 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 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, transforma esses elementos que estão na forma orgânica em inorgânicos que é a forma solúvel, facilmente absorvido pelas plantas (CANTARELLA et al., 1992).

A decomposição de resíduos de plantas e animais no solo constitui o processo biológico básico no qual o carbono é reciclado para a atmosfera como dióxido de carbono (CO_2), o nitrogênio torna-se disponível como amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) e outros elementos associados como o P, S e vários nutrientes aparecem em formas assimiláveis pelas plantas superiores (VARGAS & HUNGRIA, 1997).

A vegetação no solo estabelece uma nova dinâmica de nutrientes, seja pelo fluxo de material orgânico transferido para a superfície do solo via serrapilheira ou pela ação mecânica e incremento dos tecidos radiculares incorporados ao solo (PROCTOR, 1987).

A concentração de nutrientes na serrapilheira no período da queda das folhas é um importante fator que favorece a decomposição e o ponto de partida para a medição total de nutrientes reciclados.

Os processos de liberação dos nutrientes das liteiras e de absorção destes pelas plantas ocorrem em perfeita sincronia, resultando em alta eficiência de uso, o que explica a sobrevivência e o equilíbrio desses ecossistemas.

A ciclagem e disponibilidade de vários elementos químicos exigidos pelas várias formas de vida constituem o alicerce de sustentação da biosfera

terrestre e a chave de entendimento da relevância dos processos biológicos no solo (BOLIM & COOK, 1983; STEVENSON, 1986).

A retranslocação de nutrientes após a queda constituem uma economia valiosa ou um estratégico mecanismo de conservação especialmente quando a disponibilidade de nutrientes é limitada para a maioria dos solos de regiões tropicais.

POGGIANI et al.,(1990) afirmam que é através da decomposição da serrapilheira que os macro e micronutrientes retornam à disposição do sistema radicular das plantas em crescimento.

As transformações dos nutrientes via matéria orgânica do solo representa importante fase do ciclo geoquímico dos elementos e constituem o alicerce da sustentabilidade dos ecossistemas (BOLIM & COOK, 1983).

Alguns nutrientes, particularmente o nitrogênio, são fatores limitantes em ecossistemas terrestres. Desse modo, a ciclagem na natureza é essencial para o funcionamento dos ecossistemas, e a disputa na decomposição tem função de reserva decisiva no processo. A taxa de decomposição da serrapilheira e a dinâmica de nutrientes são fatores afetados inicialmente pela composição da serrapilheira.

Segundo SAMPAIO et al.(1995) no semi-árido, as baixas precipitações e a não utilização de fertilizantes limitam bastante a produção de fitomassa, diminuindo a reciclagem de carbono e nutrientes associados em relação à vegetação nativa.

Para CUNHA et al.,(s.d.) um dos conceitos mais conhecidos em estudos sobre nutrientes decorre do paradigma de que existe um maior estoque de nutrientes na vegetação do que no solo a 1 metro de profundidade. Esse conceito atualmente vem sendo modificado. Mesmo em solos inférteis alguns nutrientes apresentam um maior estoque no solo do que na vegetação.

Já SIQUEIRA et al.,(1994) relatam que a quantidade de C presente no solo em determinado momento depende da taxa de sua decomposição nesse solo. Em ecossistemas florestais dos trópicos úmidos, o principal reservatório de nutrientes é a fitomassa (parte aérea e raízes) enquanto em florestas de clima temperado é o solo.

Outros componentes contribuem para a entrada de nutrientes: na superfície, galhos e troncos mortos são responsáveis pela imobilização de nutrientes e principalmente na formação de estoque de carbono; no solo, a morte das raízes representam uma importante fonte de entrada de matéria orgânica e nutrientes no solo (PROCTOR, 1987; HARCUMB, 1980).

Os termos mineralização e imobilização aplicam-se às transformações dos elementos C, N, P e S na forma inorgânica para a forma orgânica.

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

Os microorganismos do solo e seus processos influenciam a ciclagem, distribuição e disponibilidade de diversos elementos, interferindo na fertilidade do solo (Mc Gill & Cristie, 1983; Melilo & Gosz, 1983, citados por BOLIM & COOK, 1983).

Avaliando o papel dos micróbios e da mesofauna na decomposição da serrapilheira é importante entender a ciclagem de nutrientes em ecossistemas terrestres (VOSSBRINCK et al., 1979) a perda de folhas na superfície (HEATH et al., 1964) e o percentual de perda de peso seco (ANDERSON 1973).

A atividade microbiana constitui-se um componente fundamental nos processos de transformação e transferência de carbono, energia e nutrientes no sistema solo-planta-atmosfera, representando a base da sustentabilidade dos ecossistemas em equilíbrio (SIQUEIRA, 1993).

Do ponto de vista de fertilidade, a decomposição pode ter efeito benéfico ou maléfico na disponibilidade de nutrientes, dependendo das condições de solo e da qualidade (composição química e relação com nutrientes) do resíduo em decomposição. A decomposição pode apresentar imobilização e mineralização líquida, em função das relações C/N, C/P e C/S ou dependendo dos teores de N e P no material.

BARGALI et al., (1993) verificaram que auto valor para a relação C/N, indica uma baixa liberação de nutrientes a partir da serrapilheira.

MASON (1980) afirma que os teores mais elevados de N deverão estabelecer uma relação C/N mais favorável à decomposição da serrapilheira.

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 & HUNGRIA, 1997).

De acordo com SMITH & PAUL (1990) a reciclagem de C e N é de 13-14 anos em floresta tropical e de 60 a 100 anos em floresta temperada.

VITOUSEK et al., (1984) demonstraram que existe uma certa abundância na quantidade de nitrogênio disponível no sistema que faz com que as florestas não precisem manter uma ciclagem fechada. Possivelmente um dos fatores que contribuem para esse fato é a fixação do nitrogênio atmosférico (SALATI et al., 1982; VITOUSEK et al., 1984).

As relações entre C/N/S são aproximadamente constantes entre solos de diferentes tipos e climas, mas são bastante diferentes entre solos virgem e cultivado (FRENEY, 1986; STEVENSON, 1986).

A grande constância da relação N/S é atribuída à similaridade e à sintonia dos ciclos dos dois elementos (BARROW, 1961; BIEDERBECK, 1978).

Os teores mais elevados de Ca e Mg devem ter também uma ação benéfica na elevação do pH da serrapilheira e melhoria das condições para a decomposição do material.

De acordo com COSTA et al., (1997) os elementos N, P e K apresentaram seus maiores níveis nas estruturas reprodutivas, Ca nos galhos e o Mg não apresentou teores que diferenciasse estatisticamente nas frações que formaram a serrapilheira.

As maiores concentrações dos macronutrientes encontram-se em floresta de inundação e as menores concentrações em vegetação denominada Caatinga do Brasil e Bana na Venezuela (Klinge, 1976; Klinge et al., 1983; Cuevas & Klinge, 1986 citados por CUNHA & VICTORIA, s.d.).

Ciclos de secagem e umedecimento aceleram a decomposição da matéria orgânica do solo e, como ocorre com o N, também favorecem a mineralização do S orgânico.

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).

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 menor proporção, à atividade respiratória dos sistemas subterrâneos das plantas (LUNDEGARDH, 1924).

O material orgânico que é representado pelo folheto, ramos e troncos caídos, são decompostos no solo, sendo o carbono devolvido à atmosfera sob a forma de CO₂.

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

Pelo menos 50% de CO₂ emanado do solo de uma comunidade vegetal tem origem na respiração das raízes. O restante provém das atividades da microflora e microfauna do solo e dos pequenos invertebrados que atuam também na degradação da matéria orgânica.

A atmosfera difere da atmosfera da superfície sendo a concentração de CO₂ de 10 a 100 vezes maior na atmosfera do solo, ocorrendo o inverso com o teor de O₂. Essas diferenças são devida à respiração dos microorganismos e raízes que consomem o O₂ e eliminam o CO₂. Em geral o O₂ diminui e o CO₂ aumenta com a profundidade (TSAI et al., 1992).

O total de CO₂ produzido pela respiração da população heterotrófica do solo atinge $63,9 \times 10^9 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$ com a maior contribuição proveniente das bactérias. A este total adiciona-se o CO₂ produzido pelas raízes das plantas, ou seja, $71,5 \times 10^9 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$. Dessa forma, a quantidade total de CO₂, de origem biológica, fornecida pelo solo, atinge $13,5 \times 10^{10} \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$, o que corresponde ao requerimento total das plantas terrestres na Terra, cerca de $8 \times 10^{10} \text{ t}$ de CO₂ por ano (Kononova, 1961 citado por VARGAS & HUNGRIA, 1997).

Em condições aeróbicas, a atividade microbiana produz uma conversão seqüencial de compostos reduzidos de C orgânico para um produto final oxidado, sobretudo CO₂ e, em condições de deficiência de O₂, para uma variedade de compostos parcialmente oxidados (SOMMERS et al., 1981).

Segundo Lavelle (1994) citado por VARGAS & HUNGRIA (1997) 80 a 99,9 % do CO₂ liberado no solo provém de processos de digestão oxidativa.

Para TSAI et al., (1992) as alterações na constituição do ar do solo governam o crescimento e a atividade da microbiota, pois o CO₂ e O₂ são necessários ao crescimento. Em contrapartida, o aumento demasiado da atividade microbiana elevará a taxa de CO₂ liberado para a atmosfera, favorecendo o “aquecimento global ou efeito estufa”, reduzindo a camada de ozônio. Um dos fatores que contribui para esse aumento é a elevação da temperatura.

O solo, portanto, armazena ou emite gases poluidores, dependendo do clima e das condições de manejo. Para evitar a emissão desses gases especialistas sugerem o manejo adequado do solo e de seus processos biológicos e o reflorestamento de áreas desmatadas (US-EPA 1990 citado por SIQUEIRA et al., 1994).

De acordo com CARDOSO (1992) o aumento da temperatura do solo, até um determinado valor, aumenta a cinética das convenções enzimáticas microbianas.

Segundo GRACE & GRISI (1992) os solos da Inglaterra apresentam valores mais elevados de emissão de CO₂ e taxa de mineralização de C de duas a três vezes maior do que solos do Brasil quando a temperatura foi

elevada de 15 para 35°C. Ao final do período de inoculação, a biomassa dos solos ingleses foi reduzida em 70 a 80%, enquanto a dos solos brasileiros a redução foi de 40 a 60%. Isso mostra que a microbiota dos solos tropicais é mais adaptada às temperaturas elevadas, enquanto que a do hemisfério norte são mais sensíveis ao aumento da temperatura (JOERGENSEN et al., 1990).

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 CO₂ e a temperatura do solo medida "in situ" (TSAI et al., 1992).

As análises de CO₂ 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 (ROWELL, 1995).

Métodos baseados na absorção de CO₂ 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 CO₂ total absorvido pela solução pode ser estimado pelos métodos gravimétricos, condutimétrico, manométrico, litimétrico e potenciométrico (STOTZKY, 1965; ANDERSON, 1982).

WALTER & HABER (1957) desenvolveram um método para medir a respiração edáfica. Este método é muito simples e requer pouco equipamento, tornando-se assim, adequado aos trabalhos de campo, onde a disponibilidade é geralmente escassa (COUTINHO & LAMBERTI, 1971). Apesar de suas limitações (LIETH, 1961, 1965; SCHULTZE, 1967) ele tem sido usado por diversos autores em diferentes tipos de comunidades vegetais (MEDINA, 1966; SCHULTZE, 1967; LIETH e OVELLETTE, 1962; WANNER, 1970).

O método de respiração edáfica apresenta rendimento que pode variar de 50 a 80% (LIETH, 1961).

Witkamp (1971) citado por GRISI (1978) afirma que a relação linear e positiva entre o CO₂ emanado do solo e a imobilização de minerais, ou seja, com o aumento da atividade metabólica dos microorganismos, há uma correspondente fixação dos minerais 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 CO₂ de respiração edáfica é indicadora da dinâmica da ciclagem dos nutrientes no ecossistema.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Aspectos gerais:

A cidade de Patos situa-se a 249,09 metros de altitude nas seguintes coordenadas: 7°1'S de latitude sul e 37°18'W de longitude oeste, no semi-árido paraibano. A região apresenta clima quente e seco durante a maior parte do ano, com temperatura média anual de aproximadamente 30°C, com máximas de 35,3°C e mínimas de 31,4°C nos meses de novembro e de junho. A pluviosidade é distribuída de forma irregular no espaço e no tempo, e esta região apresenta déficit hídrico. Predominam solos rasos do tipo Bruno Não Cálcico e suas associações, e Litólicos Eutróficos com afloramentos rochosos.

3.2. Caracterização da área

O experimento foi instalado no dia 10 de novembro de 1997 no NUPEÁRIDO (Núcleo de Pesquisa para o Semi-Árido) pertencente ao CSTR/UFPB, localizado a 5Km da cidade de Patos, e o término em 30 de julho de 1998.

Amostras do solo da área de estudo foram coletadas, realizando-se análise de macronutrientes e do pH como mostra a tabela 1.

TABELA 1. Características químicas do solo onde foi instalado o experimento*

Profundidade e (cm)	P mg/kg	K Mg/kg	Ca + Mg cmol/kg	Al cmol/kg	pH H ₂ O
0 - 20	11	0,4	13	0,0	6,5

*Análises realizadas no Laboratório de Solos e Água do Departamento de Engenharia Florestal/CSTR/UFPB.

3.3. Metodologia utilizada

3.3.1. Decomposição da celulose e da serrapilheira

A decomposição da celulose e da serrapilheira foi avaliada utilizando-se bolsas de nylon (litterbags) de 20 cm x 20 cm, de malha de 1,0 mm² nas quais colocou-se 10g de celulose (algodão hidrófilo) e 10g de serrapilheira (STEUBING, 1973).

A serrapilheira coletada na área onde foi conduzido o experimento, foi previamente seca em estufa a 70°C, para retirada do excesso de umidade e, depois de seca, foi moída e enviada para análise química no Laboratório de Análise Química de Solos e Tecidos Vegetais da FRUNORTE (Frutas do Nordeste Ltda) em Assu (RN), conforme resultado apresentado na tabela 2.

TABELA 2. Teores (%) dos nutrientes encontrados na serrapilheira, por ocasião da instalação do experimento.

N	P	TEORES (%)			
		K	Ca	Mg	S
1,98	0,16	0,40	1,77	0,30	0,15

3.3.2. Implantação do experimento

Os materiais (celulose e serrapilheira) foram distribuídos em 216 litterbags, sendo 108 com serrapilheira e 108 com celulose.

Depois, os litterbags foram colocados no solo, em quatro situações: sobre a superfície do solo (0,0 cm) e incubadas a 2,5 ; 10,0 e 20,0 cm de profundidade.

Com o objetivo de manter o solo quase que na mesma posição do qual foi retirado, os litterbags correspondentes a um mesmo tratamento, em número de 8, foram incubados numa mesma profundidade, como mostra a tabela 3.

TABELA 3. Tratamentos utilizados por ocasião da instalação do experimento

Profundidade (cm)	M1 (Serrapilheira)	M2 (Celulose)
P1 (0,0 cm)	M1P1	M2P1
P2 (2,5 cm)	M1P2	M2P2
P3 (10,0 cm)	M1P3	M2P3
P4 (20,0 cm)	M1P4	M2P4

A foto 1 mostra a colocação dos litterbags durante a instalação do experimento.

A cada mês era retirado um litterbag de cada tratamento. O material de cada bolsa (serrapilheira ou celulose) foi limpo, seco em estufa a 70°C e pesado para determinar a percentagem de perda de seu peso inicial.

As amostras que continham serrapilheira, após a pesagem, foram moídas e enviadas para análise de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na FRUNORTE. Desse modo, verificou-se as perdas de macronutrientes a partir da decomposição da serrapilheira. Para determinar as concentrações dos macronutrientes foi utilizado o método descrito por MALAVOLTA et al.(1989).

3.3.3. Método químico de medição da respiração edáfica.

Na medição da respiração edáfica foi utilizado o método descrito por WALTER & HABER (1957). Nesse método, o CO₂ liberado por uma área do solo é absorvido por uma solução de KOH 0,5 N e sua dosagem por titulação com HCl a 0,1 N.

O método químico de medição da respiração, por sua simplicidade e pelos resultados obtidos por vários autores em diversos tipos de ecossistemas, é um processo recomendado para ser utilizado no campo (GRISI, 1978).



FOTO 1. Vista geral do experimento em que se determinou a taxa de decomposição da celulose e da serrapilheira

3.3.3.1. Confeção do material utilizado no campo.

O recipiente com a solução de KOH para absorver o CO₂ foi confeccionado utilizando-se copos descartáveis de polietileno. Foram utilizados 10 recipientes contendo cada um, 10 ml da solução de KOH, no período diurno (07:00 h às 19:00 h) e, 10 recipientes no período noturno (20:00 h às 17:00 h). Pequenos copos de polietileno foram colados no fundo dos que continham a solução, servindo-lhes de suporte, como mostra a foto 2.

Os recipientes contendo a solução de KOH foram cobertos com balde de PVC com capacidade para 7,5 litros, que foram pintados internamente com tinta fosca para garantir uma melhor impermeabilização. São recipientes em formato cilíndrico, com 21 cm de diâmetro e 26 cm de altura, cobrindo uma área do solo de 346,36 cm². Alguns furos existentes na extremidade fechada do balde foram tampados com cola de silicone. Ao realizar a troca das soluções era aberto um dos buracos e, feita a troca, era novamente tampado como mostra a Figura 1.

3.3.4. Medição da respiração edáfica no campo.

Foram utilizados os mesmos procedimentos relatados por GRISI (1978) onde colocou-se 10 ml de KOH 0,5 N em cada recipiente, cobrindo-os imediatamente com os baldes e enterrando-os cerca de 3 cm no solo.

Os recipientes com a solução de KOH, num total de 10, foram instalados em lugares diferentes distante entre si de alguns metros, evitando-se, assim, a influência de uma cobertura muito prolongada do solo, conforme descrito por GRISI (1978).

A foto 3 mostra o experimento montado no campo.

Durante o período do ensaio, foi mantido no campo um controle ou testemunho, que era constituído de um frasco contendo 10 ml de KOH, sendo este hermeticamente fechado.

Após o período de 12 horas a solução das 10 amostras eram trocadas e colocadas em um recipiente fechado, sendo então transportadas para o laboratório onde foi feita a titulação com o HCl 0,1 N, e em seu lugar era colocado outro recipiente contendo a solução de KOH. As observações realizadas foram de 7 dias consecutivos durante 3 etapas e nelas eram coletados dados de temperatura do solo e do ar.



FOTO 2. Recipiente (copo plástico descartável) utilizado para acondicionar a solução de KOH 0,5 N.

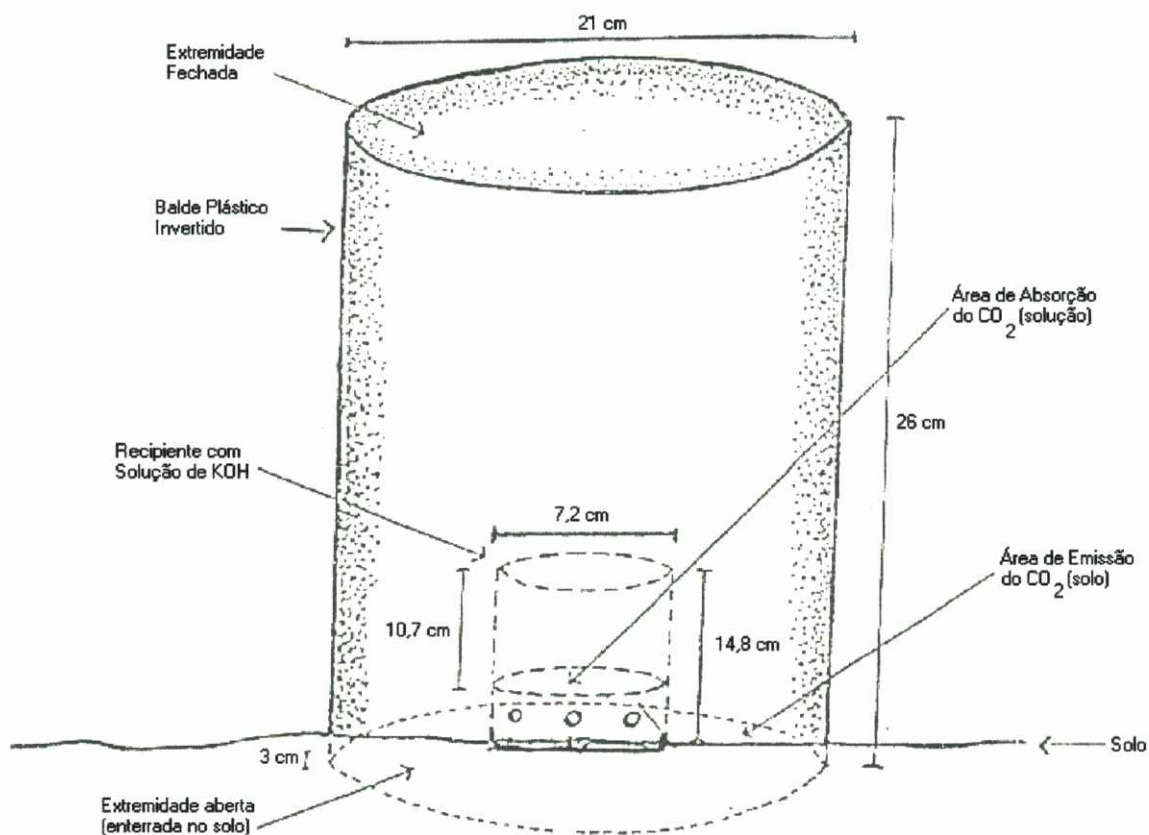


FIGURA 1. Medidas aproximadas do material utilizado (balde) no experimento para medir a respiração edáfica.



FOTO 3. Vista geral do experimento em que se mediu a respiração edáfica.

3.3.5. Preparo das soluções e dos indicadores em laboratório.

As soluções e indicadores utilizados durante o experimento para medir a respiração edáfica foram preparadas no Laboratório de Solos e Água do DEF/CSTR/UFPB.

- Solução de KOH 0,5 N : utilizou-se 28,05 g de KOH em 1000 ml de H₂O destilada. A solução foi padronizada utilizando 0,5 g de biftalato de potássio e diluído em 50 ml de H₂O destilada.
- Solução de HCl 0,1 N : utilizou-se 3,65 g de HCl em 1000 ml de H₂O destilada.
- Indicadores : os indicadores (fenolftaleína e metilorange) foram preparados seguindo metodologia utilizada por MORITA & ASSUMPÇÃO (1972).

3.3.6. Titulação das amostras.

As amostras enviadas para o laboratório foram tituladas com HCl a 0,1 N utilizando o método tradicional de titulação (Foto 4). Além das amostras coletadas no campo o frasco controle ou testemunha também passou por esse processo durante todas as etapas do ensaio.

3.3.7. Cálculo para determinação do CO₂ contido nas amostras.

Após a titulação do KOH 0,5 N com o HCl 0,1 N, foram feitos alguns cálculos para determinar o CO₂ absorvido pela solução de KOH, como utilizado por GRISI (1978):

$$\text{mg CO}_2 = (A - B) \times 2 \times 2,2 \quad \text{onde:}$$

A = diferença, em ml, entre a 1^a e a 2^a viragem da coloração da amostra;

B = diferença, em ml, entre a 1^a e a 2^a viragem da coloração do frasco controle ou testemunha;

x2 = porque o HCl 0,1 N adicionado, titulou apenas metade do carbonato da amostra;



FOTO 4. Titulação da amostra de KOH 0,5 N no Laboratório de Solos e Água/CSTR

x 2,2 = sendo o equivalente-grama de $\text{CO}_2 = 44/2 = 22$, e como se usou HCl 0,1 N. esse equivalente torna-se então : $22/10 = 2,2$.

A quantidade de CO_2 das amostras, após calculada a média, expressa a respiração edáfica do local estudado e é geralmente dada em $\text{mgCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ deve ser multiplicada por 4/3.

3.3.8. Delineamento experimental.

Os fatores estudados foram: material a ser decomposto (2) - celulose e serrapilheira; profundidade (4) - 0,0; 2,5; 10,0 e 20,0 cm e, meses (8) - de novembro/97 a julho/98.

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com tratamentos em arranjo fatorial $8 \times 4 \times 2$, estando as parcelas subdivididas no tempo, como proposto por BANZATTO & KRONKA (1989) com três repetições. O esquema de análise de variância encontra-se na tabela 4.

TABELA 4. Esquema de análise de variância utilizado no experimento

Fonte de Variação (F.V)	Graus de Liberdade (G.L.)
Blocos	2
Materiais (M)	1
Profundidade (P)	3
M x P	3
Resíduo 1	14
Tempo (T)	7
M x T	7
P x T	21
M x P x T	21
Resíduo 2	112
TOTAL	191

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

4.1. Condições de temperatura e precipitação

As condições de precipitação, temperatura do ar, da superfície do solo (2,0 cm de profundidade) e temperaturas máximas e mínimas do dia foram anotadas onde estavam instalados os experimentos de respiração edáfica e decomposição da celulose e da serrapilheira.

A tabela 5 mostra a distribuição da precipitação (mm) no período compreendido entre agosto/1997 e julho/1998. Pode-se notar que a precipitação no período supra correspondeu a apenas 315,5 mm, valor este 56% inferior ao período compreendido entre agosto/1996 e julho/1997.

TABELA 5. Precipitação registrada no Município de Patos durante a condução do experimento (OUT/97 - JUL/98).

NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL
(mm)								
26,4	34,8	68,6	33,7	60,8	67,2	0,0	0,0	14,4

No que concerne a temperatura do solo, à 2,0 cm de profundidade, efetuaram-se medidas durante 07 dias, correspondendo a primeira semana dos meses de março, abril e maio de 1998. A temperatura do solo apresentou variações de 0,8 - 4,4°C entre a temperatura obtida durante o dia e aquela obtida durante a noite. As temperaturas máxima e mínima obtidas durante o dia, no período acima citado corresponderam a 39,5°C e 29°C, respectivamente. Já para o período noturno, encontrou-se temperatura máxima de 37,5°C e mínima de 28°C.

Hadas (1954) citado por MEENTEMEYER (1978) encontrou em Lydda, Israel, temperaturas máxima e mínima, a 2,0 cm de profundidade, da ordem de 57,8°C e 28°C, respectivamente. Mesmo no deserto esses valores nunca foram ultrapassados. Albrecht (1941) citado por MEENTEMEYER (1978), mediu no deserto de Gobi, na Mongólia, com o solo descoberto e a 2,0 mm abaixo da superfície do solo, 55°C no momento da máxima radiação.

4.2. Respiração edáfica

Os resultados obtidos sobre a produção de CO₂ pelo solo, durante os 07 (sete) primeiros dias dos meses de março, abril e maio/1998, respectivamente, estão nas tabelas 6, 7 e 8.

TABELA 6. Produção de CO₂ determinado nos turnos noturno e diurno, no mês de março de 1998.

		CO ₂ (mg.m ⁻² .h ⁻¹)						

		DIA/ MÊS						
Turno		04/03	05/03	06/03	07/03	08/03	09/03	10/03
Diurno		163,03	161,20	144,07	145,51	136,47	139,12	270,30
Noturno		159,75	152,02	140,86	142,85	132,81	134,51	315,05

Podemos observar na tabela 6 que, de uma forma geral, a produção de CO₂ foi mais elevada durante o dia; contudo a média dos valores diurnos foi de 165,67 mg CO₂. m⁻². h⁻¹, enquanto que a média dos valores noturnos atingiu 168, 26 mg CO₂. m⁻². h⁻¹. COUTINHO & LAMBERTI (1971) encontraram valores mais baixos do que os encontrados no presente estudo ao determinarem a respiração edáfica numa comunidade amazônica de mata de terra-firme.

TABELA 7. Produção de CO₂ determinado nos turnos noturno e diurno, no mês de abril de 1998.

		CO ₂ (mg.m ⁻² .h ⁻¹)						

		DIA/ MÊS						
Turno		01/04	02/04	¾	04/04	05/04	06/04	07/04
Diurno		207,78	196,62	285,83	249,42	239,12	207,36	232,89
Noturno		221,89	328,30	261,70	237,96	219,36	213,26	229,36

Na tabela 7 notamos que, das observações realizadas entre 01/04/98 e 07/04/98, em quatro desses dias a produção de CO₂ foi maior durante o dia, tendo o maior valor observado sido da ordem de 285,83 mg CO₂. m⁻². h⁻¹. Nos demais dias, a produção de CO₂ foi maior no período noturno. Também neste mês (abril/1998), a média dos valores noturnos de produção de Co₂ foi maior do que a média dos valores diurnos.

TABELA 8. Produção de CO₂ determinado nos turnos noturno e diurno, no mês de maio de 1998.

		CO ₂ (mg.m ⁻² .h ⁻¹)					

		DIA/ MÊS					
Turno	05/05	06/05	07/05	08/05	09/05	10/05	11/05
Diurno	170,79	161,20	136,21	154,56	109,65	114,04	129,15
Noturno	199,44	185,74	186,19	145,67	137,62	144,26	286,82

Já na tabela 8, verificamos que em apenas um dos dias de maio (08/05/1998) em que foi medida a respiração edáfica, a produção de CO₂ foi maior durante o dia, sendo de 154,56 mg CO₂. m⁻². h⁻¹, superior a média dos valores diurnos, que atingiu 139,37 mg CO₂. m⁻². h⁻¹.

Ressaltamos que a respiração do solo representa não só a produção de CO₂ por deposição da matéria orgânica do solo, mas também o CO₂ eliminado pela respiração dos sistemas radiculares.

4.3. Decomposição da celulose e da serrapilheira

De acordo com os dados da tabela 9, estatisticamente não houve diferença significativa entre as médias com relação a decomposição da serrapilheira durante o período de duração do experimento, à exceção do mês de abril onde ocorreu o maior índice de decomposição, onde foi decomposto cerca de 39% do material contido no litterbag na profundidade 2 (2,5 cm), sendo este um dos meses onde ocorreram as maiores chuvas.

TABELA 9. Decomposição da serrapilheira, através da perda de peso em relação ao peso inicial (10g), em função do tempo e da profundidade (dezembro de 1997 a julho de 1998).

PROFUNDIDADE (cm)	MESES							
	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL
(0,0)	9,44a	7,79a	8,10a	7,22a	8,37a	8,17 ^a	7,98a	7,68a
(2,5)	8,84a	7,61a	7,49a	6,66a	5,92b	6,24 ^a	7,15a	7,58a
(10,0)	9,24a	7,65a	7,54a	6,25a	7,37ab	7,26 ^a	7,30a	7,38a
(20,0)	9,16a	8,50a	7,99a	5,94a	6,49b	7,03 ^a	7,22a	7,25a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Um dos fatores que contribuíram para o baixo percentual de decomposição foi a escassez de chuva. Ocorrendo condições adequadas de umidade e temperatura, os microorganismos do solo iniciam o processo de decomposição, e na falta de alguma delas, o processo ficará comprometido.

As chuvas na região, no período de duração do experimento (agosto/97 a julho/98) chegaram a 305,9 mm, tendo os meses de janeiro e abril/98 registrado as maiores médias

Dessa forma, o solo não estava em condições de umidade adequada, contribuindo assim, para a diminuição da atividade microbiana

Com relação a decomposição da celulose, a tabela 10 mostra que nos dois primeiros meses a taxa de decomposição foi muito lenta, sendo decomposto menos de 20% do peso inicial (10 g).

TABELA 10. Decomposição da celulose, através da perda de peso em relação ao peso inicial (10g), em função do tempo e da profundidade (dezembro de 1997 a julho de 1998).

PROFUNDIDADE (cm)	MESES							
	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL
(0,0)	9,88a	8,23a	7,77a	7,90a	7,55a	7,64a	7,84a	7,63a
(2,5)	9,84a	8,69a	7,95a	6,88a	6,20ab	6,25a	7,07a	6,84a
(10,0)	9,46a	8,68a	7,33a	6,95a	5,83b	7,22a	6,75a	6,87a
(20,0)	9,91a	8,09a	7,58a	6,10a	7,37ab	7,79a	7,92a	7,63a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As médias não diferiram estatisticamente entre si em todos os meses estudados. Apenas no mês de abril é que houve uma variação, sendo a profundidade de (10,0 cm) a menor média de decomposição de todo o experimento.

Percebemos ainda que a decomposição nas camadas mais profundas não foi tão satisfatória, em relação aos outros anos estudados. Como essas camadas não estavam com umidade adequada devido a falta de chuva, a atividade dos microorganismos foi reduzida.

Ao compararmos a decomposição da celulose e da serrapilheira, numa mesma profundidade (tabela 11) verificamos apenas uma diferença na profundidade (0,0 cm) com relação a serrapilheira, logo no primeiro mês do ensaio. A partir daí não houve diferença estatística entre as médias numa mesma profundidade.

Com relação aos meses de março/abril de 1998, estes foram os que tiveram os maiores índices pluviométricos, e onde ocorreu o aumento nas taxas de decomposição da celulose e da serrapilheira .

No geral, a decomposição é maior quando os materiais (celulose e serrapilheira) estão incubados nas profundidades 3 (10,0 cm) e 4 (20,0 cm). Isso deve-se ao fato de que nessas profundidades as condições são mais propícias para a atividade dos microorganismos

TABELA 11. Decomposição da serrapilheira e da celulose em diferentes profundidades no período compreendido entre dezembro/1997 e julho/1998.

P ¹	M ²	MESES							
		DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL
SS*	S ³	9,44b	7,79a	8,10a	7,21a	8,37a	8,16a	7,98a	7,68a
	C ⁴	9,88a	8,23a	7,77a	7,90a	7,55a	7,64a	7,84a	7,63a
2 (2,5)	S	8,84a	7,61a	7,48a	6,66a	5,91a	6,23a	7,15a	7,58a
	C	9,84a	8,69a	7,95a	6,88a	6,20a	6,25a	7,01a	6,83a
3 (10,0)	S	9,24a	7,65a	7,54a	6,25a	7,37a	7,26a	7,30a	7,38a
	C	9,46a	8,68a	7,33a	6,95a	5,83a	7,22a	6,74a	6,87a
4 (20,0)	S	9,16a	8,50a	7,99a	5,93a	6,49a	7,03a	7,22a	7,24a
	C	9,90a	8,08a	7,58a	6,10a	7,37a	7,79a	7,91a	7,63a

P¹ = Profundidade; M² = Material; S³ = Serrapilheira; C⁴ = Celulose; SS* = Superfície do solo
Médias seguidas da mesma letra, na coluna, numa mesma profundidade, não diferem entre si, pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.4. Liberação de nutrientes

Na tabela 12 observa-se que houve uma redução nos teores de N dentro de cada mês, ocorrendo apenas nos meses de fevereiro e abril de 1998 um aumento substancial quando a serrapilheira encontrava-se na profundidade (0,0).

TABELA 12. Teores médios de nutrientes (%) na serrapilheira submetidas ao tratamento 1 (0,0).

(%)	MESES							
	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL
N	1,80	1,73	2,02	1,54	2,21	1,65	1,54	1,50
P	0,15	0,15	0,13	0,11	0,12	0,13	0,12	0,11
K	0,34	0,20	0,15	0,18	0,20	0,20	0,15	0,17
Ca	1,71	1,62	1,42	1,26	1,35	1,30	1,23	1,27
Mg	0,26	0,25	0,22	0,23	0,22	0,23	0,21	0,20
S	0,12	0,18	0,15	0,15	0,18	0,14	0,16	0,15

Já o P, K, Ca e Mg sofreram um decréscimo nos seus teores em todos os meses estudados.

O S apresentou as maiores oscilações nos seus valores durante o ensaio, com tendência a estabilização nos meses de fevereiro, março e julho de 1998.

Já na tabela 13 verificamos que os teores de P sofreram um decréscimo significativo em relação aos teores inicialmente encontrados na serrapilheira (tabela 2) em todos os períodos estudados.

TABELA 13. Teores médios de nutrientes (%) na serrapilheira submetidas ao tratamento 2 (2,5 cm).

(%)	MESES							
	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL
N	1,74	1,60	1,84	1,66	1,38	1,23	1,15	0,97
P	0,14	0,11	0,09	0,09	0,09	0,07	0,06	0,07
K	0,25	0,20	0,15	0,15	0,14	0,15	0,15	0,14
Ca	1,23	1,28	1,07	1,23	1,10	0,71	0,65	1,13
Mg	0,28	0,22	0,16	0,18	0,18	0,17	0,16	0,17
S	0,15	0,15	0,16	0,15	0,16	0,16	0,15	0,16

No S houve uma tendência à estabilização em todos os meses.

Nas tabelas 14 e 15 observa-se que houve uma diminuição sensível nos teores de P.

TABELA 14. Teores médios de nutrientes (%) na serrapilheira submetidas ao tratamento 3 (10,0 cm).

(%)	MESES							
	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL
N	1,60	1,53	1,37	1,44	1,74	1,51	1,63	1,39
P	0,12	0,09	0,10	0,08	0,09	0,09	0,08	0,07
K	0,25	0,15	0,15	0,14	0,15	0,11	0,12	0,10
Ca	1,27	1,13	1,12	1,23	1,72	0,69	0,70	0,71
Mg	0,25	0,17	0,16	0,14	0,14	0,13	0,14	0,14
S	0,15	0,13	0,16	0,12	0,14	0,16	0,15	0,14

TABELA 15. Teores médios de nutrientes (%) na serrapilheira submetidas ao tratamento 4 (20,0 cm).

(%)	MESES							
	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL
N	1,29	1,55	1,70	1,87	1,02	1,18	1,17	1,46
P	0,12	0,07	0,09	0,11	0,08	0,07	0,09	0,09
K	0,20	0,15	0,15	0,12	0,11	0,13	0,15	0,10
Ca	1,12	1,38	1,07	1,23	1,98	0,87	0,73	0,69
Mg	0,23	0,18	0,16	0,15	0,15	0,13	0,13	0,15
S	0,14	0,16	0,15	0,15	0,14	0,15	0,15	0,14

Os teores de S nas profundidades de 10 e 20 cm não apresentaram perdas significativas, mantendo-se com uma tendência à estabilidade durante todo o experimento.

5. CONCLUSÕES:

- a) A decomposição da celulose e da serrapilheira apresentaram-se semelhantes, em todas as profundidades;
- b) Apesar de não ter havido diferenças significativas na decomposição da serrapilheira, houve uma leve tendência da decomposição ser mais intensa nas duas camadas mais inferiores, 10,0 e 20,0 cm respectivamente;
- c) Em relação ao ano de 1997, a decomposição da serrapilheira e da celulose foi bastante prejudicada, principalmente devido aos baixos índices pluviométricos registrados no ano de 1998.
- d) A liberação dos nutrientes N, P, Ca e Mg segue, de modo geral, o desaparecimento da serrapilheira;
- e) O enxofre, como no ano de 1997, foi o único nutriente que, praticamente, não sofreu alterações no seu teor, nas diversas profundidades.
- f) O método da respiração edáfica mostrou ser de grande utilidade na avaliação da biodinâmica do solo, permitindo se obter uma idéia de ciclagem dos nutrientes no ecossistema caatinga.
- g) O método químico da respiração edáfica apresenta a vantagem de ser relativamente simples, podendo ser recomendado para aplicação no campo em que pese a existência de métodos mais precisos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ANDERSON, J.M. The breakdown and decomposition of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill) and beech (*Fagus sylvatica* L.) in the deciduous woodland soils. I. Breakdown, leaching, and decomposition. II. Changes in the carbon, hydrogen, nitrogen, and polyphenol content. **Oecologia**. v. 12, p. 251-288, 1973.
- ANDERSON, J.P.E. Soil respiration. In Methods of Soil Analysis, Part 2 (A. L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney. Eds), p. 831-871. American Society of Agronomy, Madson, WI, 1982.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. FUNEP, Jaboticabal, 1989. 247p.
- BARGALI, S.S.; SINGH, S.P.; SINGH, R.P. Patterns of weight loss and nutrient release from decomposing leaf litter in an age series of eucalypt plantation. **Soil Biol. Biochem**, 25 (12) : 1731-1738, 1993.
- BARROS, N.F. de; NOVAIS, R.F. de. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, Editora Folha de Viçosa, 1990. 330p.
- BARROW, N.J. Phosphorus in soil organic matter. Soil and Fertilizers, v.24, p.169-173, 1961.
- BERG, B.; WESSEN, B.; E.K. BOLIM. Nitrogen level and decomposition in Scots pine needle litter. **Oikos**, v. 38, p. 291-296, 1982.
- BERG, B. Nutrient release from litter and humus in coniferous forest soils-a mini review. **Scandinavia Journal Forest Research**, v.1, p.350-369, 1986a.

- 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, 1986b.
- BIEDERBECK, V.O. Soil organic matter and soil fertility. In: SCHNITZER, M.; KHAN, S.V., eds. **Soil organic matter**. New York : Elsevier, 1978. p.273-310.
- BRAY, R.G.; GHORAN, E. Litter production in forest of the world. **Advances in ecological research**, London, v.2, p.101-157, 1964.
- BOLIM, B. COOK, R.B. **The major biogeochemical cycles and their interaction**. New York: John Wiley & Sons, 1983, 532p.
- 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.
- COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. **Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems**. Nifital project, Honolulu, 1989, 249 p.
- CARDOSO, E.J.B.N. Ecologia microbiana do solo. In: **Microbiologia do solo**. CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. Campinas, SBCS, 1992. 360p.
- COSTA, G.S.; ANDRADE, A.G. de.; FARIA, S.M. de. Aporte de nutrientes pela serrapilheira de *Mimosa caesalpinifoli* (sabiá) com seis anos de idade. In: III Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas. Anais. Ouro Preto, 1997. p. 344-349.
- COÛTEX, M.M.; BOTTNER, P. & BERG, B. Litter decomposition, climate and litter quality. **Trends Ecol. Evol.**, v. 10, p.63-66, 1995.
- COUTINHO, L.M.; LAMBERTI, A. Respiração edáfica e produtividade primária numa comunidade amazônica de mata de terra-firme. **Ciência e cultura**, v. 23. n.3. p. 411-419, 1971.
- CUNHA, H.B. da; VICTORIA, R.L. Ciclagem de nutrientes em floresta de inundação próximo a Manaus-AM (s.d).

- CUNHA, H.B. da; VICTORIA, R.L. Ciclagem de nutrientes em floresta de inundação próximo a Manaus-AM (s.d).
- FRENEY, J.R. Forms and reactions of organic sulfur compounds in soils. In: TABATAI, M.A., ed. **Sufur in agriculture**. Madson (WI) : American Society of Agronomy, 1986. p.207-232.
- FROUFE, L.C.M.; FRANCO, A.A.; FARIA, S.M. de; CAMPELLO, E.F.C. Produção de serrapilheira e ciclagem de nitrogênio, fósforo e potássio, em plantios puros e consorciados de *Eucalyptus grandis* e *Albizia guachapele*. In: **III Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas**. Anais. Ouro Preto, 1997. p. 205-213.
- GRACE, C. & GRISI, B.M. Soil microbial biomass and organic matter dynamics in northern European and tropical soils at elevated temperature. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MICROBIAL ECOLOGY**, 6, Spain, 1992. Abstracts. Spain, 1992. p. 103.
- GRISI, B.M. Biodinâmica de solo cultivado com cacauzeiros sombrados e ao sol. **Revista Theobroma**, Itabuna, v.6, p.87-99, 1976.
- GRISI, B.M.; SANTOS, O. Respiração edáfica em vegetação natural e submetida à queima, num ecossistema de floresta tropical no sul da Bahia. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v.38, p. 579-586, 1978.
- HARCOMB, P.A. Soil nutrient loss a factor in early tropical secondary succession. **Tropical succession**, v. 8, p.58. 1980.
- HEATH, G.W.; EDWARDS, C.A.; ARNOLD, M.K. Some methods for assessing the activity of soil animals in the breakdown of leaves. **Pedobiologia**, v. 4, p. 80-87, 1964
- JOERGENSEN, R.G.; BROOKES, P.C; JENKINSON, D.S. Survival of the soil microbial biomass at elevated temperatures. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford 22(8) : 1129-1136, 1990.
- KIEHL, E.J. Papel dos microorganismos na compostagem. **Ação ambiental**, v.1,n.1, p.17-20 1998.

- KOEHLER, C.W.; SOARES, R.V.; REISSMAN, C.B. Variação estacional da decomposição de serrapilheira em povoamentos de *Pinus taeda* na região de Ponta Grossa-PR. In: **6º Congresso Florestal Brasileiro**. Anais: São Paulo, 1990. p. 509-518.
- LAM, P.S.; DUDGEON, D. Seasonal effects on litterfall in a Hong Kong mixed forest. **Journal of Tropical Ecology**, Aberdeen, n. 1, p. 55-64, 1985.
- LANDSDALE, W.M. Predicting the amount of litterfall in forest of the world. **Annals of Botany**, Oxford, n.61 : 319-324, 1988.
- LIETH, H. La producción de sustancia orgánica por la capa vegetal terrestre y sus problemas. **Acta Científica Venezolana**, v. 12, p. 107-114, 1961.
- LIETH, H.; OUELLETTE, R. Studies on the vegetation of the Gaspé Peninsula II. The soil respiration of some plant communities. **Canadian Journal of Botany**. v. 40. p. 127-140, 1962.
- LUNDEGARDH, H. **Der Kreislauf der Kohlensäure in der Natur**. Jena, 1924.
- MALAVOLTA, E; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do fosfato, Piracicaba, 1989. 201 p.
- MASON, C.F. **Decomposição**. São Paulo : EPU/EDUSP. Temas de biologia, v. 18, 1980. 63p.
- MEDINA, E. Produccion de hojarasca, respiracion edáfica y productividad vegetal en bosques deciduos de los elanos e centrales de Venezuela. Em: **Progressos en Biologia del suelo** (Ed. E.A. Rapaportt). Monografia I Centr. Coop. Cient. UNESCO Amer. Lat.: p. 97-108. Montevideo, 1966.
- MEGURO, M.; VINUEZA, G. N.; DELITTI, W.B.C. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária. São Paulo. I – Produção e conteúdo de nutrientes minerais no folheto. **Boletim de Botânica**, São Paulo, v. 7, p. 11-31, 1979.

- MEENTEMEYER, V. Microclimate and lignin control of litter decomposition rates. **Ecology**, v.59. p. 465-472, 1978.
- MELILLO, J.M.; ABER, J.D.; LINKINS, A.E.; RICCA, A.; FRY, B.; NADELHOFFER, K.J. Carbon and nitrogen dynamics along the decay continuum : Plant litter to soil organic matter. **Plant and Soil**, v.115. p. 189-198, 1989.
- MORITA, T.; ASSUMPÇÃO, R.M.V. **Manual de soluções, reagentes & solventes**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1972. 629p.
- ODUM, P.E. **Ecologia**. Rio de Janeiro. Interamericana, 1985.
- OKEKE, A. I., & OMAIKO, C.P.E. Leaf decomposition and carbon dioxide evolution of some agroforestry fallow species in southern Nigeria, **Forest Ecology and Management**, 50: 103-116, 1992.
- PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**. Nobel. São Paulo, 1990. 549p.
- PRITCHETT, W.L. **Suelos forestales : propiedades, conservación y mejoramiento**. Limusa, México, 1990. 634 p.
- POGGIANI, F.; MONTEIRO JÚNIOR, E.S. dos. Deposição de folheto e retorno de nutrientes ao solo numa floresta estacional semidecídua, em Piracicaba - SP. In: **6º Congresso Florestal Brasileiro**. Campos do Jordão, 1990, **Anais**. p. 596-602.
- POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C.; CHRISTENSEN, B.T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 19, p. 159-164, 1987.
- PROCTOR, J. Nutrient cycling in primary and old secondary rainforest. **Applied Geography**, n. 7, p. 35-152, 1987.
- REZENDE, J.L.P. de; GARCIA, Q.S. de.; LEITÃO, M.R.S.M.M. Decomposição de folhas de *Dalbergia nigra* e *Eucalyptus grandis* incubadas em terra de mata e de eucalital, In: **Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, Ouro Preto -MG, 1997**. Anais... Viçosa, UFV, p.136-143.

- SALAS, G. DE LA. **Suelos y ecosistemas forestales com enfasis en América Tropical**. San José, Costa Rica : Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 1987, 450p.
- SALATI, E.; SILVESTER-BRADLEY, R., VICTORIA, R.L. Regional gains and losses of nitrogen in the Amazon basin. **Plant and Soil**. v. 67, p. 367-376, 1982.
- SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; SILVA, F.B.R. Fertilidade de solos do Semi-Árido do Nordeste. In: **Fertilizantes: Insumo básico para a agricultura e combate à fome**. Anais. XXI Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Petrolina, 1995. p. 51-69.
- SANTOS, O.M.; GRISI, B.M. Decomposição da celulose e do folheto em solo de floresta no Sul da Bahia: estudo comparativo em áreas queimada e não queimada. **Rev. Bras. Cienc. Solo**. v. 3, p. 149-153, 1979.
- 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.
- SMITH, J.L.; PAUL, E.A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J.M.; STOTSKY, G. **Soil Biochemistry**, 6. New York, p. 357-395, 1990.
- SING, I.S.; GUPTA, S.R. Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystems. **Botanical Review**, v. 43, p. 449-528, 1977.
- SIQUEIRA, J.O. **Biologia do solo**. ESAL/FAEPE. Lavras, 1993. 230 p.
- SIQUEIRA, O.J.; MOREIRA, F.M.S. de.; GRISI, B.M.; HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R.S. **Microorganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. EMBRAPA. Brasília, 1994.
- SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. de. Microbiologia do solo e a sustentabilidade agrícola : enfoque em fertilidade do solo e nutrição vegetal. In : **Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas**. Manaus, 1997.

- SPURR, H.S.; BARNES, B.V. **Forest Ecology**. John Wiley, New York, 1980. 687 p.
- SOMMERS, L.E.; GILMOUR, C.M.; WILDUNG, R.E.; BECK, S.M. The effect of water potential on decomposition processes in soils. **In: PARR, J.F; GARDNER, W.R.; ELLIOT, L.F., eds. Water potential relations in soil microbiology**. Madson : Soil Science Society American, 1981. p. 97-117.
- SOUTO, P.C.; SOUTO, J.S.; SANTOS, R.V. dos; ARRIEL, E.F. Decomposição da celulose e da serrapilheira em área de caatinga no município de Patos, PB. **In: V Encontro de Iniciação Científica da UFPB**. Anais. 3v. 363p. João Pessoa, 1996.
- SOUTO, P.C.; SOUTO, J.S.; SANTOS, R.V. dos; ARRIEL, E.F. Decomposição da celulose e da serrapilheira em área de caatinga no município de Patos, PB. **In: V Encontro de Iniciação Científica da UFPB**. Anais. 3v. 363p. João Pessoa, 1997
- STEVENSON, F.J. **Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients**. New York : J. Wiley, 1986. 380p.
- STEUBING, L. Soil flora: studies of the number and activity of microorganisms in woodland soils. **In: Analysis of temperate forest ecosystems**. D.D. Reichle Sringer - Verlag, Berlim, 1973, p. 131-146.
- St.JOHN, T.V. Influence of litterbags on growth of fungal vegetative structures. **Oecologia**, v. 46, p. 130-132, 1980.
- STOTZKY, G. Microbial respiration. **In: Methods of Soil Analysis, Part 2** (BLACK et al.). p. 1550-1572. American Society of Agronomy, Madison, WI. 1965.
- SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Oxford England : Blackwell Scientific, 1979.
- TSAI, S.M.; CARDOSO, E.J.B.N.; NEVES, M.C.P. **Microbiologia do solo**. Soc. Bras. Ciên. Solo. Campinas, 1992. 360p.

- VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina : EMBRAPA - CPAC, 1997. 524p.
- VICTOUSEK, P.M. Litterfall nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forest. *Ecology*, v.65, p 98-235, 1984
- VOSSBRINCK, C.R.; COLEMAN, D.C.; WOOLEY, T.A. Abiotic and biotic factors in litter decomposition in a semi-arid grassland. **Ecology**. v. 60, p. 265-271, 1979.
- VOGT, K.A., GRIER, C.C.; VOGT, D.J. Production, turnover and nutrient dynamics of above-and below-ground detritus of above-and below-ground detritus of world forests. In *Advances in Ecological Research*. V.15, p 303-377. Acad. Press, London. 1983.
- WANNER, H. Soil respiration, litter fall and productivity of tropical rain forest. **J. ecology**, v.58. p. 543-548. 1970
- WARDLE, D.A.; NICHOLSON, K.S.; AHMED, M.; RAHMNAM, A. Interference effects on the invasive plant *Carduus nutans* L. against the nitrogen fixation ability of *Trifolium repens* L. **Plant and Soil**, v. 3, n.6, 1994 p. 234-239.
- WALTER, H.; HABER, W. Über die Intensität der Bodenatmung mit Beuerkingen zu den Iundegardschen Werten. **Ber. Deut. Ges.**, v.70 : 275-282. 1957.
- WEAVER, J. E. Rate of decomposition of roots and rhizomes of certain range grasses in undisturbed prairie soil. **Ecology**. v. 28, p. 221-240, 1947.
- WIEDER, R.; LANG, G. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**. V. 63,p. 1636-1642. 1982.
- WHITE, I.W. et al. Celulose e decomposing power in relation to reaching of soil. **Soil Science**, Baltimore, v. 68, p. 229-235, 1949.
- WILL, G.M.; HODGKISS, P.D.; MADGWICK, H.A. Nutrient losses from litterbags containing *Pinus radiata* litter : Influences of thinning,

clearfelling, and urea fertiliser. New Zealand. **Journal of Forestry Science**. v. 13(3). p. 291-304, 1983.

WIEDER, R.; LANG, G. A critic of the analitical metods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**. v. 63, p. 1636-1642, 1982.

WITKAMP, M. Decomposition of leaf litter in relation to environment microflora and microbial respiration. **Ecology**, v. 47, p. 194-201, 1971.

UFPB - BIBLIOTECA