

ALTERAÇÕES DOS CICLOS BIOGEOQUÍMICOS EM FLORESTAS

Fábio POGGIANI¹

RESUMO

Os ciclos biogeoquímicos em florestas integram a movimentação global dos elementos químicos que ocorre na biosfera. Parte destes elementos químicos são reconhecidos como nutrientes e circulam na natureza através dos ciclos gasoso e sedimentar. Em cada ecossistema os nutrientes têm suas formas características de ciclagem. Em floresta podem ser reconhecidos os ciclos: geoquímico, biológico e bioquímico. As alterações da ciclagem dos nutrientes a nível geoquímico podem ocorrer nas entradas e nas saídas do ecossistema.

Devido às mudanças climáticas vem sendo observadas atualmente perturbações no ciclo do carbono com repercussões no teor de CO₂ da atmosfera, assim como alterações que ocorrem no microclima das florestas, por ocasião do desmatamento, podem interferir na fixação, lixiviação e volatilização do nitrogênio. Os poluentes também podem constituir-se em elementos que alteram o ciclo biogeoquímico incorporando-se ao ecossistema florestal através da cadeia alimentar como componentes tóxicos indesejáveis. As queimadas, especialmente nos trópicos, constituem sérias perturbações do equilíbrio dos nutrientes, visto que aceleram as suas transferências da biomassa para o solo, para a atmosfera e para a água dos rios e lagos.

Efetivamente a biomassa vegetal é o maior repositório de vários nutrientes nas florestas tropicais onde o solo fortemente intemperizado é geralmente de baixa fertilidade. Neste sentido, a dinâmica dos nutrientes na serapilheira e na matéria orgânica da camada superficial do solo merece cuidados especiais que se refletem na capacidade produtiva do sítio. Alterações a nível de clima e microclima podem também afetar vários processos do ciclo biológico dentre os quais destacam-se: a deposição da serapilheira, a decomposição e a reabsorção dos nutrientes pelo sistema radicular. A escolha de essências florestais também pode se refletir na qualidade e quantidade da serapilheira produzida, alterando conseqüentemente a fertilidade além de certas características físicas do solo.

Cuidados especiais devem ser tomados nas florestas tropicais para que a intervenção humana através do manejo inadequado não altere de forma irreversível os ciclos biogeoquímicos e conseqüentemente o funcionamento e própria estrutura dos ecossistemas.

Palavras-Chave: Ciclos biogeoquímicos, alterações, florestas, nutrientes.

1 INTRODUÇÃO

Dos quase cem elementos conhecidos na natureza, sabe-se que apenas trinta ou quarenta são necessários aos seres vivos e reconhecidos como "nutrientes".

Estes elementos transferem-se na biosfera seguindo rumos característicos, passando do ambiente para os organismos e dos organismos para o ambiente.

O estoque de nutrientes em cada compartimento do ecossistema (como por exemplo: solo, vegetação, serapilheira, etc.), bem como a transferência entre os compartimentos, podem ser quantificadas. O estudo da distribuição dos bio-elementos no ambiente e nos organismos e também a análise dos seus ciclos, constituem a biogeoquímica (DUVIGNEAUD, 1974).

Dezesseis elementos químicos são chamados essenciais para o crescimento das plantas e são divididos em dois grupos principais: os não minerais (carbono, hidrogênio e oxigênio) que seguem o ciclo gasoso e os minerais fornecidos às plantas pelo solo (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) que seguem o ciclo sedimentar. Outros elementos são absorvidos pelas plantas em quantidades muito pequenas e constituem os micronutrientes (boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco). O nitrogênio, apesar de ter seu grande reservatório na atmosfera (80% do ar), é absorvido pelas plantas através do solo onde é previamente fixado pelos microorganismos.

Podemos dizer que o fluxo de nutrientes na floresta não segue caminhos rígidos, mas varia de acordo com a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas característicos das diferentes zonas de vida da terra.

Como exemplos, as florestas boreais apresentam baixa diversidade de espécies e baixa produtividade primária, se comparadas com as florestas pluviais tropicais que têm alta diversidade de espécies e alta produtividade primária.

Para estudar melhor o ciclo de nutrientes em florestas, PRITCHETT (1979) subdivide o ciclo biogeoquímico em: ciclo geoquímico e ciclo biológico.

O ciclo geoquímico envolve a transferência de elementos químicos para dentro e para fora do ecossistema. As entradas de elementos nos ecossistemas podem ser constituídas pela própria fixação do CO₂ através da atividade fotossintética, fixação do nitrogênio pelos microorganismos, arraste de elementos através da precipitação, deposição de poeiras, intemperismo do solo, adubação, etc.

(1) Professor Associado do Depto. de Ciências Florestais da ESALQ/USP

As saídas de elementos do ecossistema podem ser constituídas pelos processos de lixiviação e erosão, denitriação, decomposição, queimada, remoção da biomassa florestal, etc.

O ciclo biológico envolve a transferência de nutrientes entre o solo e as plantas e os animais associados ao ecossistema florestal. Este ciclo é basicamente constituído pela deposição da serapilheira sobre o solo, decomposição da mesma e retorno dos nutrientes para a biomassa através da absorção do sistema radicular. Alguns autores, dentre os quais SWITZER & NELSON (1972) reconhecem a existência de um ciclo de nutrientes dentro da própria biomassa (transferências internas) e que designam como ciclo bioquímico.

2 ALTERAÇÕES DO CICLO GEOQUÍMICO

2.1 Entrada de nutrientes no ecossistema florestal

A movimentação dos nutrientes do ciclo gasoso no ecossistema florestal está em grande parte relacionada com os processos da fotossíntese, respiração e decomposição. Neste sentido, os fatores do clima tais como: energia luminosa, temperatura e precipitação têm papel preponderante (JORDAN, 1985).

Grande disponibilidade de luz e água, como ocorre nas florestas pluviais tropicais, propicia uma elevada atividade fotossintética com a consequente fixação de CO_2 .

Hoje, reconhece-se o importante papel das florestas na fixação do gás carbônico do ar cuja concentração na atmosfera tem aumentado de forma preocupante a partir do início deste século. Segundo ODUM (1983), se a concentração de CO_2 chegar ao dobro do nível pré-industrial, o que poderá acontecer até a metade do próximo século, é provável que ocorra um aquecimento do clima global com aumento da temperatura da terra e mudanças nos padrões de precipitação. Isto deverá alterar o funcionamento e a estrutura de muitos ecossistemas terrestres provocando mudanças imprevisíveis.

Segundo BRUENIG (1991), a influência das florestas sobre o equilíbrio atmosférico do carbono é indicada pela quantidade total armazenada na biomassa, a quantidade absorvida, ciclada e liberada por ano. Segundo estimativas recentes de KING et alii (1990), o carbono fixado nos ecossistemas terrestres em sua totalidade chega a variar entre 560 e 830 Gt (Gt = 1 bilhão de toneladas); destas, 90% são fixadas na biomassa dos ecossistemas florestais. Cerca de 1400 Gt de carbono estariam armazenadas ainda no solo. Estes dados devem ser considerados em relação ao conteúdo de dióxido de carbono na atmosfera que gira ao redor de 700 Gt.

Ainda BRUENIG (1991) assinala que as estimativas da produção primária da terra varia entre 120 e 160 Gt de matéria orgânica seca por ano. As culturas agrícolas fixam aproximadamente 5% desta quantidade, as florestas ao redor de 45%, as outras vegetações cerca de 13% e o restante (37%) seria fixado pelo fitoplacton.

As florestas tropicais que cobrem cerca de 20 milhões de km^2 . ou seja 4% da superfície da terra, representam pelo menos 25% da fixação total do carbono terrestre.

As florestas tropicais, em virtude de sua elevada produtividade funcionam como coletoras eficazes de CO_2 da atmosfera, porém não podem ser consideradas como fontes de oxigênio. Ainda de acordo com este autor, não se pode prever com precisão as conseqüências do incremento do CO_2 na atmosfera. Todavia, é certo que ocorrerão alterações climáticas. A vegetação poderá reagir com uma maior taxa fotossintética. Todavia as mudanças climáticas poderão provocar sérios distúrbios no equilíbrio dos ecossistemas, sendo difícil prever suas conseqüências.

O nitrogênio, apesar de ser absorvido pelas plantas, principalmente através do sistema radicular, tem o seu grande compartimento no ar e sua fixação no solo depende da ação de bactérias de vida livre, bactérias simbióticas dos nódulos das plantas leguminosas, das algas cianofíceas e nódulos de actinomicetos. Na floresta tropical a atividade fixadora dos microorganismos, está muito relacionada com as condições do microclima. Debaixo das copas, segundo DAJOZ (1973) a temperatura do solo supera de pouco os 25°C nas horas mais quentes. É justamente nesta temperatura que o ganho e a perda de nitrogênio no solo tropical se equilibram. Compreende-se assim a razão pela qual a floresta pode conservar-se em um solo pobre que perderá rapidamente sua fertilidade, quando desmatado.

A entrada de nutrientes minerais na floresta pode variar segundo a sua localização e de acordo com as condições climáticas. A proximidade do mar ou de grandes centros urbanos e industriais pode afetar significativamente a quantidade de nutrientes que dispersos na atmosfera são arrastados sobre a floresta pela precipitação ou se depositam sob a forma de partículas (MILLER, 1978).

As queimadas periódicas de culturas, como por exemplo a cana de açúcar, podem aumentar de forma acentuada a deposição de elementos. COUTINHO (1979), estudando a precipitação atmosférica numa área de cerrado próximo a Pirassununga (SP), registrou uma elevada precipitação de sulfatos que atribuiu ao efeito das queimadas. POGGIANI et alii (1983), em plantações de *Pinus* em Agudos (SP), observaram que durante as épocas mais secas do ano, uma parte considerável do "input" atmosférico de nutrientes provinha de partículas, provavelmente originadas das queimas das culturas de cana. Nas florestas e principalmente no caso dos talhões de *Pinus* que apresentam grande superfície foliar, as copas agem como verdadeiros filtros, retendo as partículas, que com as chuvas são arrastadas para o solo.

Neste aspecto, também os diferentes tipos de poluentes atmosféricos podem afetar o ciclo biogeoquímico das florestas. As emissões fitotóxicas vindas das mais variadas fontes podem prejudicar as plantas e o ecossistema como um todo, tomando vários caminhos e trabalhando de forma diferente (DASSLER & BORTITZ, 1988).

A influência dos gases poluentes sobre os órgãos de assimilação das espécies florestais é um dos aspectos mais sérios, visto que diminui a taxa fotossintética, provoca necroses, alterações bioquímicas, etc. Por outro lado, as partículas poluentes que sedimentam sobre as folhas prejudicam as trocas gasosas, reduzem a incidência de luz, provocam superaquecimento. A penetração das substâncias tóxicas nas folhas propicia a translocação de elementos nocivos para a cadeia alimentar.

Todos os tipos de poluentes, uma vez arrastados pela água, podem afetar as plantas provocando alterações do pH do solo, prejudicando o crescimento das raízes que, por sua vez, podem absorver as substâncias tóxicas. Desta maneira, os processos de decomposição que ocorrem na serapilheira e no solo também são afetados, prejudicando a reciclagem dos nutrientes. DOMINGOS et alii (1990), estudando o efeito da poluição na Serra do Mar, próximo a Cubatão, observaram que nas áreas mais poluídas o dossel apresentava amplas clareiras devido à morte das árvores e que no estrato inferior predominavam grupos restritos de espécies herbáceas e arbustivas com forte redução da biodiversidade, visto que apenas as plantas mais tolerantes conseguiram sobreviver.

O intemperismo é tido como uma das formas mais importantes para reabastecer a reserva de nutrientes da maioria dos ecossistemas florestais. Entretanto, são poucas as contribuições científicas que esclarecem este processo por causa das dificuldades em se obter medidas confiáveis. Dentre os fatores que influenciam a taxa de entrada através do intemperismo estão: a natureza da rocha matriz, as condições climáticas, a topografia e a vegetação. Nas florestas de clima temperado e boreal a maioria dos solos contém os minerais primários e secundários como componentes da rocha matriz (PITCHETT, 1979).

Entretanto, nas florestas tropicais as situações são diferentes. Os solos são em sua grande maioria fortemente intemperizados, com altos teores de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, pobres em bases e com baixa capacidade de troca catiônica (SANCHEZ, 1981).

Outro fator que altera o ciclo biogeoquímico, mais especificamente nas plantações florestais, é a prática da fertilização mineral que já se constitui numa forma tradicional de aumentar o fluxo de nutrientes no ecossistema e incrementar a produção de biomassa arbórea. Em sua maioria os solos brasileiros que vêm sendo destinados às plantações florestais são quase sempre carentes dos principais nutrientes. Portanto, a adição inicial de macro e micronutrientes serve para ativar a ciclagem como um todo (POGGIANI, 1985).

2.2 Saída de nutrientes do ecossistema florestal

As principais formas de saída dos nutrientes do ecossistema florestal são constituídas pela lixiviação, pela erosão do solo superficial, pela volatilização e finalmente pela exploração da biomassa. Em geral, a perda de nutrientes por lixiviação ou erosão superficial

em florestas pouco perturbadas é mínima e ligada a fatores básicos, tais como: a intensidade da precipitação, as características topográficas e pedológicas e o manejo da floresta e seus reflexos sobre a conservação do solo. SANCHEZ (1981), citando diversos trabalhos realizados em regiões tropicais, salienta o efeito desastroso da erosão em áreas desmatadas, principalmente quando situadas em solos declivosos. Também o fogo é considerado por este autor como um grande causador da perda de nutrientes do ecossistema florestal, mesmo quando usado como prática florestal. A respeito das queimadas, BRUENIG (1991) evidencia que a queima das florestas contribui para o aumento de CO₂ na atmosfera com quantidades que variam de 1 a 2 Gt de carbono ao ano e que estes valores continuam aumentando. É preciso lembrar, entretanto, que as florestas em fase de regeneração têm capacidade de fixar parte do CO₂ atmosférico.

A maioria dos trabalhos efetuados em florestas tropicais evidencia que a utilização das queimadas provoca uma perda de nutrientes do ecossistema. O'CONNEL et alii (1981) registraram severas perdas atmosféricas de nutrientes em florestas mistas da Tasmânia, tanto em relação à deposição das cinzas, posteriormente lixiviadas, como em relação à volatilização do nitrogênio estimada em 85% do nitrogênio total contido na biomassa florestal. POGGIANI et alii (1983), comparando o nível da fertilidade do solo em áreas declivosas queimadas e não queimadas por ocasião da exploração florestal, observaram um acentuado decréscimo no teor de nutrientes da camada superficial do solo, nas áreas em que havia sido aplicado o fogo, em virtude da lixiviação das cinzas pela água das chuvas. Medições posteriores acusaram também uma redução do incremento volumétrico das árvores resultantes da rebrota dos talhões onde havia sido utilizado o fogo.

Também a exploração da biomassa florestal com suas variações de forma e intensidade pode ser um fator de alteração importante no ciclo dos nutrientes.

A quantidade de nutrientes num ecossistema florestal é representada pela somatória dos nutrientes contidos nos diferentes compartimentos da biomassa arbórea, (folhas, ramos, casca, lenho, etc.), vegetação do sub-bosque, serapilheira e solo. A remoção de nutrientes do sítio, em função da exploração florestal, deve-se primeiramente à exportação dos nutrientes contidos na biomassa arbórea. Potencialmente outras perdas podem ocorrer em virtude da erosão ou da lixiviação após a retirada das árvores, quando o solo permanece descoberto. A exportação de nutrientes é proporcional à quantidade de fitomassa exportada. Todavia, cada componente da árvore, possui diferentes concentrações de elementos químicos em seus tecidos, havendo um gradiente que apresenta geralmente a seguinte seqüência: folhas>casca>ramos>lenho.

A concentração de nutrientes pode variar ainda de acordo com a espécie e com a idade da planta. TURNER & LAMBERT (1983), na Austrália, estimaram a fitomassa dos diversos componentes de uma floresta plantada com *Eucalyptus grandis*, aos 27 anos de idade,

totalizando 394 t/ha e contendo 435 kg de N, 25 kg de P, 937 kg de Ca, 162 kg de Mg e 315 de K.

Os autores assinalam que o cálcio foi o elemento mais extraído pelas árvores por causa do seu grande acúmulo na casca. Sugerem que a exploração deveria ser evitada antes dos 15 anos de idade, por causa do elevado teor de nutrientes ainda contidos nos tecidos. Por exemplo, o teor de nutrientes no tronco vai diminuindo à medida que a árvore envelhece. Desta forma, a exportação de nutrientes por unidade de fitomassa retirada da floresta é proporcionalmente menor nos talhões mais antigos em relação aos mais jovens.

No Brasil deve ser salientado que grande parte das plantações florestais vem sendo efetuadas em solo de fertilidade muito baixa onde a retirada da biomassa pode representar uma grande parcela do estoque de nutrientes contido no ecossistema. (POGGIANI et alii 1983; POGGIANI, 1985; TIMONI, 1990). Nestas áreas é necessário manter um monitoramento contínuo, acompanhado por um programa de fertilização mineral adequado.

3 ALTERAÇÕES DO CICLO BIOLÓGICO

3.1 Deposição de nutrientes sobre o solo florestal através da serapilheira

A deposição de material orgânico que constitui a serapilheira 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 desenvolver-se, mesmo sobre solos de baixa fertilidade, como é usual observar-se em regiões tropicais úmidas.

A quantidade de material orgânico depositado ao longo de um ano está relacionada principalmente com as condições climáticas, sendo menor nas regiões frias e maior nas regiões equatoriais quente e úmidas. Por exemplo, florestas situadas em regiões árticas ou alpinas produzem anualmente cerca de 1 tonelada de serapilheira por hectare, florestas temperadas frias 3,5 toneladas, florestas temperadas quentes 5,5 toneladas e florestas equatoriais cerca de 11 toneladas.

Quanto à periodicidade da deposição, esta varia de espécie para espécie nas regiões tropicais e sub-tropicais, sendo que os fatores climáticos influenciam significativamente este fenômeno. Nas florestas de regiões temperadas e frias, a chegada do outono é sempre o fenômeno que desencadeia o processo de derrubada total das folhas.

Ainda, segundo BRAY & GORHAN (1964), haveria uma certa relação entre quantidade de serapilheira depositada anualmente e a idade das árvores que compõem um determinado stand. Em geral se observa um aumento na deposição da serapilheira até a idade em que as árvores atingem a maturidade ou fecham as suas copas. Após este ponto pode ocorrer um ligeiro decréscimo ou uma estabilização.

Quanto à composição química da matéria orgânica proveniente do dossel de florestas naturais ou plantadas, numerosos estudos já foram realizados e, mesmo no

Brasil, já foram publicadas várias pesquisas e outras estão em andamento.

CARPANEZZI (1980) acompanhou a deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de *Eucalyptus grandis*, no interior do estado de São Paulo. Observou que a mata natural depositou 10,5 t/ha/ano de detritos, sendo 6,7 apenas de folhas. O eucaliptal depositou 7,5 t/ha/ano de detritos, sendo 4,6 apenas de folhas. Na mata, a deposição mais intensa, foi registrada no período de agosto a novembro, enquanto que no eucaliptal de dezembro a março. O folheto da mata apresentou-se mais rico em nutrientes do que o folheto do eucaliptal.

Foi observado ainda que cada espécie arbórea produz a própria serapilheira em quantidades e características diferentes.

GARRIDO & POGGIANI (1981/82) analisaram comparativamente a deposição de folhas e nutrientes em talhões coetâneos de espécies florestais nativas e observaram que a deposição ocorre na seguinte seqüência expressa em kg/ha/ano de acordo com os talhões: cambará 4751, angico 4381, misto de todas as espécies 2616, aroeira 2298 e ipê-roxo 980. As espécies demonstraram um comportamento bem diferenciado em relação à época de deposição das folhas e em relação à concentração de nutrientes.

É preciso ressaltar ainda que a qualidade da serapilheira depositada pelas diferentes espécies florestais altera de forma significativa, em poucos anos, as características químicas do solo superficial, influenciando também o processo de regeneração natural do sub-bosque (POGGIANI & MONTEIRO, 1990).

4 ALTERAÇÕES DO CICLO BIOQUÍMICO

A variação sazonal na composição mineral dos diferentes tecidos das árvores é um fenômeno assinalado por diversos pesquisadores dentre os quais se destacam DUVIGNEAUD & DENAEYER-DE SMET (1973) os quais observaram, em florestas decíduas, que a concentração de cálcio e do potássio no suco xilemático das árvores varia durante o ciclo vegetativo, havendo uma translocação geral dos nutrientes dos órgãos senescentes para as regiões em fase ativa de crescimento.

ATTIWILL (1980), estudando a transferência de nutrientes em *Eucalyptus obliqua* assinala que a formação do cerne nas árvores pode ser considerada como um processo regulador do crescimento em virtude da grande redistribuição de nutrientes que proporciona. Por exemplo, a concentração média de fósforo no alburno e no cerne das árvores estudadas foi respectivamente de 0,12 e 0,016 g/kg e a concentração de potássio foi de 0,6 e 0,075 g/kg. Segundo este autor, a transição que ocorre nos tecidos do tronco, de alburno para cerne, pode ter um papel significativo no ciclo bioquímico, especialmente durante o estágio intermediário de crescimento da floresta. A demanda anual de nutrientes de um talhão de *Eucalyptus obliqua* é suprida através do ciclo bioquímico e biogeoquímico em 82% para o fósforo, 86% para o potássio, 78% para o magnésio e 84% para o cálcio. O ciclo bioquímico do fósforo supre 46% da demanda,

enquanto que o ciclo bioquímico do cálcio (elemento imóvel) supre apenas 2%.

A partir dos resultados das pesquisas realizadas, ATTIWILL (1980) concluiu que, a elevada eficiência que algumas espécies de eucaliptos apresentam de reciclarem o fósforo, seria uma explicação para o seu sucesso adaptativo nos solos pobres deste elemento.

5 FATORES QUE AFETAM A FORMAÇÃO E A DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA

É bem conhecido que, de maneira geral, a camada de detritos orgânicos e principalmente de folhas que se acumulam sobre o solo de florestas formadas predominantemente por coníferas, é maior do que a camada que se forma sob florestas de folhosas.

De acordo com NOIRFALISE & VANESSE (1975) as acículas de coníferas são menos ricas em proteínas do que as folhas das angiospermas, os tecidos superficiais são mais duros e com um teor de lignina mais elevado, dificultando o ataque dos insetos, do detritívoros e dos organismos decompositores. Além disso, a serapilheira das coníferas libera, ao se decompor, vários derivados fenólicos tais como, o fluoroglucinol, o ácido clorogênico, o ácido gálico e o ácido cumárico que são inibidores de bactérias.

Normalmente as folhas, bem como os outros componentes da serapilheira, acumulam-se sobre o solo até que a decomposição se inicie. Inicialmente a deposição de folhas sobre o solo pode exceder a decomposição, mas, cedo ou tarde, será atingido o equilíbrio entre a adição anual de matéria orgânica e a taxa de decomposição.

Os fatores ambientais são muito importantes na determinação da taxa de decomposição.

Segundo SPURR & BARNES (1980), em condições ótimas de atividade biológica do solo, sendo este suficientemente aquecido, úmido e arejado durante grande parte do ano, a decomposição deverá ocorrer satisfatoriamente, sem nenhum acúmulo de matéria orgânica. Todavia, quando a atividade biótica é inibida pelo frio, condições ácidas, umidade excessiva ou insuficiente e pouco arejamento, a serapilheira poderá acumular-se com uma maior intensidade.

O tempo necessário para um solo florestal atingir o equilíbrio em relação ao acúmulo da serapilheira varia de 10 anos, na florestas tropicais de rápido crescimento, a mais de cem anos nas florestas de coníferas das regiões boreais.

Do ponto de vista ecológico, dentro da ciclagem dos nutrientes, a serapilheira pode representar um depósito considerável de elementos químicos. Neste sentido, vários autores vem dedicando suas pesquisas para enfocar quantitativamente os fenômenos relativos ao acúmulo e decomposição da serapilheira.

LOPES (1983), no estado de São Paulo, em talhões de *Pinus elliotii*, com 14 anos, estimou o acúmulo da serapilheira em 36,8 t/ha, enquanto que no Cerrado contíguo a serapilheira totalizava em média 21,7 t e

apresentava uma maior concentração de nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio.

A velocidade da decomposição da serapilheira em florestas naturais ou plantações depende em parte da própria constituição química do material vegetal. A diversidade biológica favorece a cadeia alimentar ampliando a variedade de organismos e microorganismos que colaboram na decomposição.

NOVAES & POGGIANI (1982) observaram em talhões de *Pinus* consorciados com folhosas que a serapilheira apresentava uma decomposição mais rápida do que em talhões puros.

6 PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA E CICLAGEM DOS NUTRIENTES

Nas florestas tropicais a produtividade primária está relacionada com a elevada quantidade de energia incidente e com a disponibilidade de chuvas abundantes. Sabe-se entretanto que, em sua grande maioria, as regiões tropicais são constituídas por solos pobres. Nestas áreas, o perfeito equilíbrio do ciclo dos nutrientes permite a formação de florestas exuberantes, mesmo sobre solos de baixa fertilidade. É neste aspecto que as práticas agrícolas e silviculturais atualmente utilizadas em regiões desenvolvidas de clima temperado, não podem ser aplicadas indiscriminadamente nos trópicos. Nas florestas tropicais, delicadas e ainda pouco conhecidas relações entre solo, plantas e animais permitem a otimização dos escassos nutrientes contidos no solo intemperizado, geralmente ácido e com elevados teores de alumínio.

Um dos aspectos principais a serem observados na utilização dos solos tropicais deve ser relacionado com a manutenção da matéria orgânica, cujo papel é imprescindível nos mecanismos que garantem certa fertilidade à camada superficial e, portanto, a sobrevivência e perpetuação da biota. É importante lembrar ainda, que nos ecossistemas das florestas tropicais uma grande parte dos nutrientes minerais é conservada na própria biomassa (GOLLEY et alii 1978), ao contrário das florestas temperadas onde o grande reservatório é o solo. Neste sentido, a manutenção da biomassa florestal é uma garantia da própria conservação dos nutrientes no ecossistema e a melhor maneira de se proteger o solo. Conseqüentemente, toda atividade humana deveria ser cuidadosamente planejada para não se alterar de forma irreversível o ciclo biogeoquímico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATTIWILL, P. M., 1980. Nutrient cycling in a *Eucalyptus obliqua* forest: 4 - Nutrient uptake and nutrient return. *Australian journal of botany*, Melbourne, 28:199-222.
- BRAY, R. J. & GORHAM, E., 1964. Litter production in forest of the world. *Advance in ecological research*, London, 2:101-57.
- BRUENIG, E. F., 1991. Forest et climat: nouvelles dimensions et perspectives. In: Congrès Forestier

- Mondial, 10, Paris, 1991. Actes. Paris, Rerue Forestière Française, V.2, p:16-22.
- DAJOZ, R., 1973. *Ecologia Geral*. São Paulo, EDUSP, p.74
- CARPANEZZI, A. A., 1980. *Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de eucaliptos no interior do Estado de São Paulo*. Piracicaba, 107p. (Dissertação de Mestrado - ESALQ).
- COUTINHO, L. M., 1979. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado: 3 - A precipitação atmosférica de nutrientes minerais. *Revista Brasileira de botânica*, São Paulo, 2:97-101.
- DASSLER, H.G. & BORTITZ, S., 1988. *Air pollution and its influence on vegetation*. Boston, DRW, Junk. Publ., 223p.
- DOMINGOS, M.; POGGIANI, F.; DE VUONO, Y.S. & LOPES, M. I. M. S., 1990. Produção da serapilheira na reserva biológica de Paranapiacaba, sujeita aos poluentes atmosféricos de Cubatão, SP. *Hoehnea*, São Paulo, 17(1):47-58.
- DUVIGNEAUD, P., 1974. *A síntese ecológica*. Paris, Doin Ed. 10 V. 165 p.
- DUVIGNEAUD, P. & DENAYER-DE SMET, S., 1973. Biological cycling of mineral in temperate deciduous forest. In: REICHLE, D. E. (Ed.) *Analysis of temperate Forest ecosystems*. Berlin, Springer-Verlag, p.199-225.
- GARRIDO, M. A. & POGGIANI, F., 1981/82. Avaliação da quantidade e do conteúdo dos nutrientes do folheto de alguns povoamentos puros e misto de espécies indígenas. *Silvicultura em São Paulo*. São Paulo, 15/16:1-22.
- GOLLEY, F. B. et alii, 1978. *Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida*. São Paulo, EPU/EDUSP, 256p.
- JORDAN, C. F., 1985. *Nutrient cycling in tropical forest ecosystem*. New York, John Wiley & Sons, 190p.
- KING, G.A.; WINJUM, I. K.; DIXON, R. K. & ARNAUT, L. Y. (Eds), 1990. Responde and feedback of forest systems to global climate change. In: *U.S. Environmental Protection Agency*, Corvallis, 156p.
- LOPES, M. I. M. S., 1983. *Influência do cultivo de Pinus sobre algumas características de um latossolo vermelho escuro primitivamente sob vegetação de cerrado*. Piracicaba, 90p. (Dissertação de mestrado - ESALQ).
- MILLER, H. G., 1978. The nutrient budgets of evenaged forests. In: FORD, E. D. et alii (Eds.) *The ecology of evenaged plantations*. Edinburgh, Instituto of Terrestrial Ecology, p.221-56.
- NOIRFALISE, A. & VANESSE, R., 1975. *Conséquences de la monoculture des conifères pour la conservation de sols et pour le bilan hydrologique*. Bruxelles, ASBL, 44p.
- NOVAIS, R. F. & POGGIANI, F., 1982. Efeito da consorciação entre *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Liquidambar styraciflua* sobre a ciclagem de nutrientes em florestas implantadas. *Silvicultura*, São Paulo, 8(28):400-403.
- O'CONNEL, A. M.; GROVE, T. S. & LAMB, D., 1981. The influence of fire on the nutrition of australian forests. In: AUSTRALIAN FOREST NUTRITION WORKSHOP ON PRODUCTIVITY IN PERPETUITY, Canberra, CSIRO, p.277-89.
- ODUM, E. P., 1988. *Ecologia*. Rio de Janeiro, Guanabara, 434p.
- POGGIANI, F.; REZENDE, G. C. & SUITER FILHO, W., 1983. Efeito do fogo na brotação e crescimento de *Eucalyptus grandis* após corte raso e alterações nas propriedades do solo. IPEF, Piracicaba, (24):33-42.
- POGGIANI, F., 1985. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de *Eucalyptus* e *Pinus*. Implicações silviculturais. Piracicaba, ESALQ, 211p. (Tese de Livre-Docência).
- POGGIANI, F. & MONTEIRO, C.C., 1990. Efeito da implantação de maciços florestais puros na reabilitação do solo degradado pela mineração do xisto betuminoso. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6º, Campos do Jordão (SP) *Anais*. São Paulo, SBS/SBEF p.275-81.
- PRITCHETT, W. T., 1979. *Properties and management of forest soils*. New York, John Wiley, 500p.
- SANCHEZ, p. a., 1981. *Suelos del tropico*, San José, IICA, 634p.
- SPURR, H. S. & BARNES, B. V., 1980. *Forest ecology*. 3ª ed. New York, John Wiley 687p.
- SWITZER, G. L. & NELSON, L. E., 1972. Nutrient Accumulation and Cycling in Loblolly Pine: First 20 years. *Soil science society of America proceedings*, Madison, 36(1):143-7.
- TIMONI, J. L., 1990. Ciclagem de nutrientes em talhão de *Pinus kesyia* Royle ex Gordon, com e sem desbaste, no município de Itirapina (SP), Rio Claro, UNESP (Tese de Doutorado). 114p.
- TURNER, J. & LAMBERT, M. J., 1983. Nutrient cycling within a 27 years old *Eucalyptus grandis* plantations in New South Wales. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, 6(2):155-68.