

Análise de Nutrientes Lixiviados pela Chuva na Serapilheira sob a Perspectiva das Formas de Humus em Floresta Ombrófila Densa de Médio Montana do Bioma Mata Atlântica – Parque Nacional da Tijuca – RJ

Analysis of Nutrients Leached by Litter Rain from the Perspective of the Humus Forms in Dense Ombrophilous Forest of Medium Montane of the Atlantic Forest Biome - Tijuca National Park – RJ

Análisis de Nutrientes Lixiviados por la Lluvia a través de las Capas de Hojas desde la Perspectiva de las Formas de Humus en el Denso Bosque Ombrófilo de Montaña Media del Bioma del Bosque Atlántico - Parque Nacional Tijuca – RJ

Marcio Luiz Gonçalves D'Arrochella¹

RESUMO: A partir da perspectiva das “formas de humus”, a serapilheira é indicadora da integridade de ecossistemas florestais: o material orgânico disposto em camadas internas, variando em peso e em espessura, expressa a ciclagem de nutrientes que sintetiza o funcionamento dos ecossistemas. Assim, esta pesquisa propõe estudar quais são os nutrientes liberados pela ação da chuva, lixiviando o material orgânico presente na copa e no solo, bem como aquele nas camadas internas da serapilheira numa floresta urbana de clima tropical. Para tanto, foram construídos pluviômetros experimentais que coletavam a chuva e a depositava em recipientes abaixo de cada camada de serapilheira para análise química. Como resultado, percebemos que, quando esse processo acontece com formas de humus mull-moder, as diferentes camadas vão nutrir o solo de maneira diferenciada, por exemplo, o cálcio é liberado em maior quantidade pelas camadas F e MFB; o potássio e o magnésio têm maior disponibilização pela camada L, indicando que durante esse processo esses nutrientes são mais consumidos do que liberados. E, finalmente, o sódio é abundante nas chuvas antes de atingir a serapilheira.

PALAVRAS-CHAVE: Formas de humus. Lixiviação. Mata Atlântica.

ABSTRACT: *From the perspective of the "forms of humus", the litter is an indicator of the integrity of forest ecosystems: the organic material arranged in internal layers, varying in weight and thickness, expresses the cycle of nutrients that synthesizes the functioning of ecosystems. Thus, this research seeks to study which nutrients are released by the action of rain, leaching the organic material present in the treetop and in the soil, as well as that in the inner layers of the litter in an urban forest of tropical climate. For this purpose, experimental rain gauges were built to collect the rain and deposit it in containers below each layer of litter for chemical analysis. As a result, we realized that, when this process happens with humus mull-moder forms, the different layers will nourish the soil in a different way, for example, calcium is released in greater quantity by layers F and MFB; potassium and*

¹ Laboratório de Ecologia Florestal da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Praça Presidente Aguirre Cerda – 47 ap. 209, CEP: 20240-200, Centro, Rio de Janeiro: RJ. mdarrochella@gmail.com.

magnesium are more available through the L layer, indicating that during this process these nutrients are consumed more than released. And finally, sodium is abundant in the rains before it reaches the litter.

KEYWORDS: *Humus forms. Leaching. Atlantic forest.*

RESUMEN: *A partir de la perspectiva “formas de humus”, las capas de material orgánico esparcidas por el suelo forestal son indicadoras de la integridad de los ecosistemas forestales: dispuesto en capas internas, variando en peso y en espesor, este material expresa los ciclos de nutrientes, sintetizando el funcionamiento de los ecosistemas. Así, esta investigación pretende estudiar cuáles son los nutrientes liberados por la lluvia, lixiviando el material orgánico presente en la copa de los árboles y en el suelo, así como también el encontrado en las diferentes capas internas de hojas esparcidas en una zona forestal urbana de clima tropical. Fueron construidos pluviómetros experimentales para coleccionar la lluvia, depositándola en recipientes colocados debajo de cada capa de hojas para, posteriormente, pasar por un análisis químico. Como resultado percibimos que, cuando ese proceso se da en formas de humus mull-moder, las diferentes capas nutrirán el suelo de manera diferenciada; por ejemplo, el calcio es liberado en mayor cantidad por las capas F y MFB; por otro lado, el potasio y el magnesio aparecen mayoritariamente en la capa L, indicando que durante el proceso estos nutrientes son más consumidos que liberados. Y, finalmente, el sodio es abundante en las lluvias ante de llegar a las capas de hojas dispersas en el suelo forestal.*

PALABRAS CLAVE: *Formas de humus. Lixiviación. Mata Atlántica.*

INTRODUÇÃO

A ciclagem de nutrientes compreende a trajetória cíclica dos elementos essenciais à vida dentro dos ecossistemas. Resulta de um conjunto de processos interconectados, de forma que os mesmos recursos nutricionais são utilizados em sucessivos períodos de fixação de energia (DELITTI, 1995). Assim, reflete o metabolismo integrado da comunidade e depende das propriedades de cada elemento químico e de sua interação com o ambiente. Deste processo decorre uma íntima relação entre a circulação de materiais e o fluxo de energia nos ecossistemas (GOLLEY *et al.*, 1978).

A quantidade de nutrientes num ecossistema florestal é representada pela somatória de nutrientes contida nos diferentes compartimentos da biomassa arbórea (folhas, ramos, casca, lenho etc.), vegetação do sub-bosque, serapilheira e solo (POGGIANI; SHUMACHER, 2000).

A ciclagem recebe subsídios energéticos naturais representados pelo transporte de nutrientes pelos elementos do clima. A água das precipitações e as massas de ar que atravessam os ecossistemas são importantes agentes transportadores de nutrientes e se relacionam intimamente com a atividade biológica (DELITTI, 1995).

Os fatores climáticos (temperatura e precipitação) tornam-se de extrema importância para a definição do funcionamento de florestas tropicais uma vez que influenciam o ciclo de nutrientes na interface vegetação/solo, já que podem regular a lixiviação e a perda de nutrientes, influenciando sobre a funcionalidade da floresta. Nesse contexto uma ciclagem eficiente dos nutrientes tem papel fundamental para entendê-los. É a partir do processo de decomposição da matéria orgânica que estes serão reutilizados e mantidos dentro do sistema (LOUZADA; QUINTELA; PENNA, 1995).

As áreas tropicais úmidas são as que de maneira geral apresentam maior velocidade de decomposição, já que a seca tem um efeito depressor sobre a decomposição. No entanto, desvios dessa tendência ocorrem devido às variações locais dos elementos do clima, que podem afetar o processo de maneira direta ou indireta, promovendo variações na decomposição sob diferentes condições microambientais, como as condições microclimáticas. Isto é percebido nos diferentes ecossistemas tropicais, que apresentam variações drásticas entre si (DELITTI, 1995).

A classificação das “formas de húmus”, adotada no presente estudo segue a metodologia apresentada por Kindel e Garay (2001), baseada no grupo de trabalho da Associação de Estudos de Solo Francês (Association Française pour l'Étude des Sols - Groupe de Réflexion sur la Classification des Humus). Nesta classificação, somada a diferenciação entre mull e moder dada pela presença ou não do horizonte (ou camada) diagnóstico MFB (ou H) e sua magnitude e pela relação C/N do horizonte A, utilizam-se também como características distintivas os atributos químicos do solo (V% e pH).

Segundo Kindel e Garay (2001) o termo “forma de húmus” refere-se ao material orgânico não decomposto sobreposto ao solo mineral, bem como ao material orgânico misturado às partículas minerais do horizonte A. Por isso, as formas de húmus são subdivididas em horizontes inteiramente orgânicos, ou horizontes holorgânicos, e em horizontes compostos, tanto de material orgânico como de material mineral, ou horizontes hemiórgânicos (DOUCHAUFOR, 1979; GREEN; TROWBRIDGE; KLINKA, 1993).

Nesta perspectiva a estrutura das camadas orgânicas do solo reflete a dinâmica da decomposição e as modalidades de ciclagem de elementos essenciais à manutenção do vegetal, o que nos permite avaliar o grau de integridade de um ecossistema florestal, haja vista que representam os dois principais processos que sintetizam e modulam o seu funcionamento, a produção e a decomposição da matéria orgânica (GARAY *et al.*, 1995).

Segundo Kindel e Garay (2001) o que diferencia basicamente uma forma de húmus de outra é a velocidade de decomposição (Quadro 1), maior no Mull e menor no Moder e menor ainda no Dysmoder (também chamado de Mor).

A maior velocidade de decomposição é percebida por meio da descontinuidade entre as camadas de serapilheira e o horizonte A_i. As formas de húmus estão intimamente

relacionadas com diferentes formas de funcionamento dos ecossistemas, já que resumem a produtividade e a decomposição (os dois processos fundamentais que caracterizam a operacionalidade dos mesmos); ou seja: inter-relações entre qualidade do aporte epígeo, estrutura e composição da biota edáfica, natureza do solo e clima.

Quadro 1 - Tipos e características de Formas de Húmus

Classificação	Características
Mull	É caracterizado pelo desaparecimento rápido das folhas, criando-se uma descontinuidade entre as folhas inteiras e o horizonte A _i . Presença de complexos argilo-húmicos, evidenciado pela presença de agregados. É característica de áreas tropicais, onde há alta produção de serapilheira o ano todo e rápida decomposição. No entanto, características ambientais adversas podem não fazer disto uma regra (KINDEL; GARAY, 2001).
Moder	Caracterizado pela passagem progressiva entre horizontes holorgânicos e o horizonte A _i , com ausência de complexo argilo-húmico, no caso, com justaposição de partículas orgânicas e minerais. É bem comum encontrá-lo em áreas temperadas, mas esse não é um fator preponderante, visto que já foram diagnosticados solos tropicais recobertos por Mata Atlântica como Moder (KINDEL, 2001).
Dysmoder ou Mor	Constitui uma forma acentuada do húmus tipo Moder, apresentando um acúmulo de matéria orgânica bem maior e uma quase ausência de atividade da fauna. A fauna é pouco abundante em decorrência das condições edáficas pouco favoráveis para o seu desenvolvimento, pois o húmus tipo dysmoder está, geralmente, associado a solos com baixas porcentagens de argila e maiores de areia, onde as variações microclimáticas são mais intensas, assim, o crescimento da fauna é muito dificultado. A matéria orgânica é geralmente ácida e apresenta alta relação C/N. O acúmulo de matéria orgânica observado nesse tipo de húmus representa um estoque de nutrientes, que é lentamente liberado para o uso pelas plantas (KINDEL, 2001).
Mull-Moder	O Mull Moder ou o Moder Mull são classificações de formas de húmus que caracterizam-se por possuírem alguma estratificação das camadas, mas possuem uma grande percentagem de material fino (< 2 mm), este seria um Moder Mull; o Mull Moder tende a se mostrar de maneira que não haja muita estratificação de camadas, no entanto percebe-se a presença de grande malha de raízes finas (KINDEL; GARAY, 2002).

Fonte: Adaptado de D'Arrochella (2008).

De acordo com Duchaufor (1979) a aplicação da variabilidade de formas de húmus com objetivo de identificar os diversos padrões funcionais do subsistema de decomposição se baseia na estruturação do húmus a partir de processos físico-químicos e biológicos, sendo sua estrutura um reflexo das inter-relações dos componentes bióticos (que inclui a vegetação e os organismos decompositores) e abióticos (características pedológicas e geomorfológicas, além da distribuição hídrica e dos fatores climáticos), o que permite compreender o papel da vegetação e do meio ambiente físico no processo de decomposição e, portanto, no funcionamento do ecossistema florestal.

Para a identificação destes tipos de formas de húmus devemos considerar o estoque de matéria orgânica de superfície (serapilheira) como uma camada tridimensional composta por sub-horizontes que expressam os diferentes processos que ocorrem durante a decomposição (D'ARROCHELLA *et al.*, 2012) (Quadro 2).

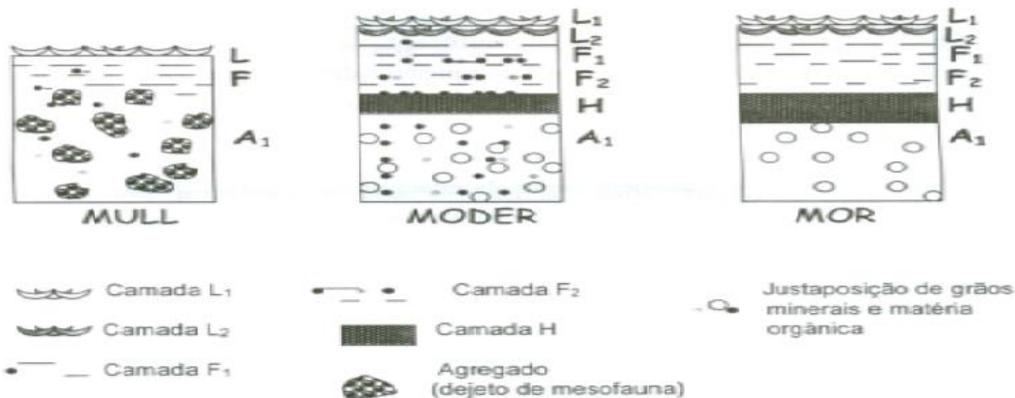
Quadro 2 - As camadas da serapilheira

Camada L	Composta por folhiço fresco, formado por folhas praticamente inteiras, seja com ou sem ataque fungico. Kindel e Garay (2001) indicam que pode ser subdividido em Camada L 1 de folhas recém caídas, não fragmentadas e não apresentando alteração na coloração e L 2 onde o folhiço está levemente alterado, evidenciado pela parcial ou total descoloração.
Camada F	Segundo Pereira (2005) é composta por folhiço em decomposição, formado por restos foliares fragmentados, caracterizando uma certa quantidade de matéria orgânica fina. Kindel e Garay (2001) subdividem em camada F 1, onde o folhiço é composto por fragmentos de fácil identificação, apresentando quantidades pequenas de material fino (< 2mm) e camada F 2, com quantidades equilibradas de folhiço fragmentados e material fino (< 2 mm), além das raízes finas, galhos, frutos, flores e sementes que podem passar por todo esse processo de decomposição. Neste estudo considera-se todo o material fragmentado como camada F, inclusive galhos e miscelânea (material reprodutivo – frutos, flores e sementes).
Camada MFB	Segundo Kindel e Garay (2001) é composta inteiramente por material orgânico e mineral fino (< 2 mm). Inclui-se também as raízes e agregados, pois estes localizam-se nesta camada.

Fonte: Adaptado de D'Arrochella *et al.* (2012).

Esta composição de sub-horizontes pode conter outras subdivisões tais como L1 e L2, F1 e F2, ao passo que a decomposição for mais lenta. Esta proporção entre os sub-horizontes permitem a caracterização das formas de húmus (Figura 1) conforme Kindel (2001).

Figura 1 - Representação esquemática dos três tipos clássicos de húmus

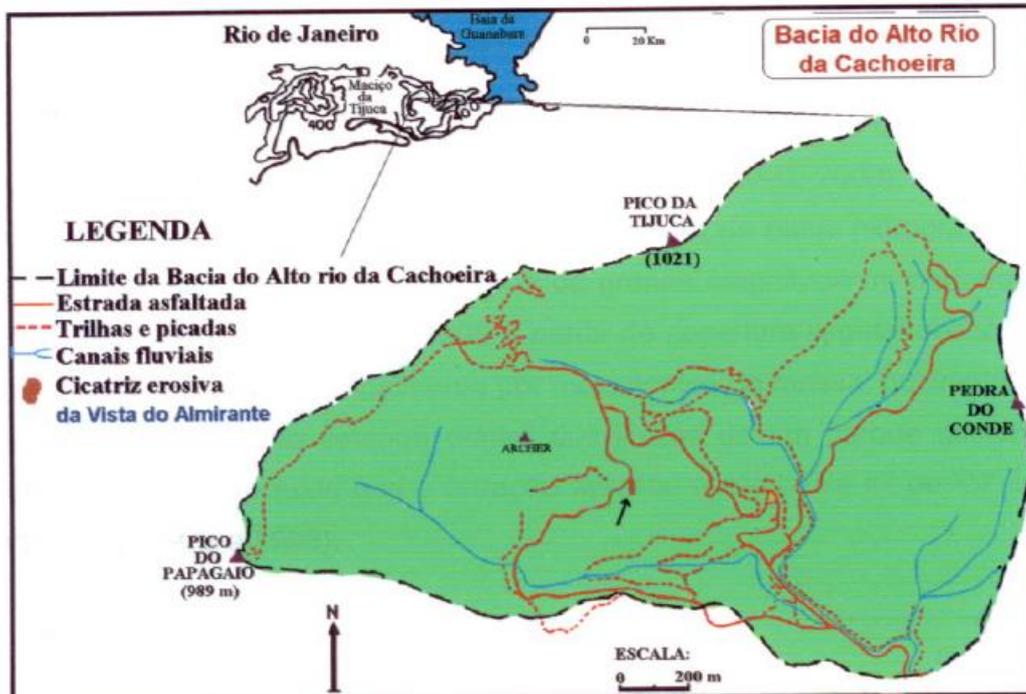


Fonte: Kindel (2001).

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi executado na localidade do “Morro do Archer” identificado como pertencente ao Domínio Geo-Hidroecológico do Archer, localizado na Bacia Experimental do Alto Cachoeira, no interior do Parque Nacional da Tijuca, na cidade do Rio de Janeiro (Figura 2). Quanto a classificação de formas de húmus, Kindel e Garay (2002) classificam a área como de Mull-Moder.

Figura 2 - Croquí da Bacia do Alto Rio da Cachoeira



Fonte: Montezuma (2005).

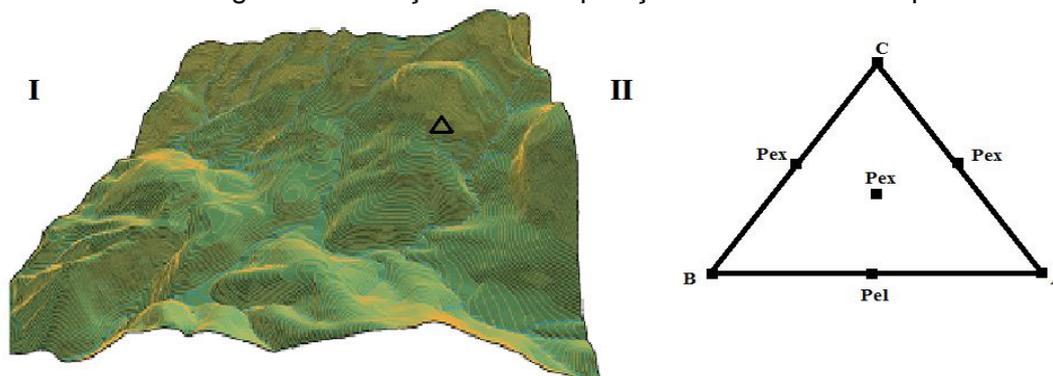
Esta área possui histórico de pesquisas de mais de 20 anos no âmbito da Hidrologia Florestal, sendo lócus de diversas pesquisas de teses de doutorado, tais como Figueiró (2005), Montezuma (2005) e Coelho Netto (1985), que tornaram esta bacia o lócus de boa parte da construção teórica em ecologia e hidrologia florestal no âmbito da Geografia.

A área piloto foi montada na localidade denominada de Morro do Archer, a partir de um transecto instalado em 2006 às margens da Estrada Major Archer, no interior do Parque Nacional da Tijuca, sendo um vale não canalizado (bacia de ordem zero), em um ambiente com energia potencial relativamente alta (influenciado parcialmente por paredão rochoso), onde predominam os fluxos subsuperficiais. Em função das características do Vale do Archer (solos relativamente profundos) o ambiente torna-se relativamente mais permeável.

MÉTODO

Para a instalação do sistema de pluviômetros experimentais em campo foi delimitada uma parcela triangular de 200 metros quadrados (Figura 3) em encosta retilínea há pelo menos 20 metros da borda e buscando segmentos de encosta mais suaves. A escolha dos 20 metros se deu a partir de estudos de D'Arrochella (2008), em que se delimitou a ação do efeito de borda na floresta adjacente às estradas que cortam o Parque Nacional da Tijuca em apenas 10 metros e duas áreas. Na área de instalação da parcela (Morro do Mesquita) sequer foi detectada a ação do efeito de borda.

Figura 3 - Parcela Experimental instalada em campo, I – Posição na encosta a partir do Modelo Digital de Elevação e II – Disposição dos sistemas de pluviômetros



Fonte: adaptado de D'Arrochella (2013).

Triagem da Serapilheira

Em laboratório as amostras são postas para secar em estufa a 100°C durante 24 horas com a finalidade de eliminar a umidade antecedente. Após a secagem é executada a triagem de suas partes componentes segundo metodologia proposta por Kindel e Garay (2001) e executada por diversos outros autores como Kindel (2001), Pereira (2005), D'Arrochella (2008) e Miranda (2010).

São separadas as camadas L (folhas íntegras), F (folhas fragmentadas), galhos, raízes finas, material reprodutivo (flores, frutos e sementes), agregados e a camada MFB ou H (todo o material fino menor que 2 milímetros).

Para a separação da camada MFB as amostras são colocadas em peneirador por 15 minutos utilizando peneira de 2 milímetros de malha. As demais frações são separadas manualmente. Após a triagem cada parte componente é pesada separadamente em balança digital de 4 dígitos.

As amostras são recolocadas em sacos de papel, sendo que, os galhos, raízes, material reprodutivo e agregados são aglutinados à camada F para serem recolocados nos pluviômetros em campo.

Coleta da Água da Chuva

Foi construído um sistema de pluviômetros experimentais compostos por escorredores de macarrão acoplados em funis, que sustentados por uma haste de PVC estão ligados a galões por mangueiras de borracha (Figura 4). Somam um total de três jogos de cinco pluviômetros, conforme os experimentos executados por D'Arrochella *et al.* (2012) e D'Arrochella (2013). Sobre cada escorredor de macarrão é colocada uma fração da

serapilheira, sendo: Camada L, Camada F, Camada MFB (para essa camada usou-se uma peneira pedológica de malha 0,25 mm), serapilheira total e um pluviômetro sem matéria orgânica.

Figura 4 - Sistema de pluviômetros experimentais para medir a lixiviação



Fonte: arquivo pessoal (2013).

Cada jogo de pluviômetros foi instalado numa parcela triangular dentro da floresta a uma altura de 1,30 metros (para evitar o efeito do salpicamento). Com essa estrutura a chuva atingia a serapilheira já triada em laboratório contida nos escorredores de macarrão lixiviando cada camada e depositando a água nos garrafões para os testes de laboratório.

Análise Química em Laboratório

Parte da água depositada nos garrafões foi retirada e colocada em pequenas garrafas de 600 milímetros para análise química. Estas foram levadas ao Laboratório de Geografia Física (LABFIS) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro para análise de presença de macronutrientes, inicialmente por pH para ver se havia diferenças em relação a alcalinidade/acidez e por fotometria. Foram retiradas amostras de água dos garrafões da camada L, camada F, camada H, serapilheira total e do garrafão vazio randomicamente entre os pluviômetros. Estas amostras foram retiradas a fim de permitir inferir sobre a presença e concentração nutricional para cada camada. A amostra retirada do garrafão do funil vazio teve como finalidade demonstrar o quanto ocorre de lixiviação durante o fluxo de atravessamento (Throughfall).

Este protocolo teve a intenção avaliar se há diferenças entre a quantidade nutricional da serapilheira e a água que a lixivia. Os elementos químicos investigados são apenas os analitos inorgânicos metálicos (Na, K, Ca e Mg), que são nutritivos às plantas, contidos na água que lixiviou a serapilheira.

As análises foram feitas através da espectroscopia em laboratório no Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ/Nilópolis). A espectroscopia, ou espectrofotometria de absorção atômica, é um método utilizado para detectar quantitativa e qualitativamente a presença de metais em soluções ou amostras sólidas, usando como princípio a radiação ultravioleta dos elétrons. No método GFAAS foi utilizado um tubo de grafite, ao invés de uma lâmpada como atomizador, trabalhando na faixa de detecção da ordem de $\mu\text{g/L}$. Isto permitiu o controle do ambiente térmico e químico, e maior tempo de permanência da nuvem atômica na zona de observação.

Cada tubo pode ser utilizado de 100 a 200 vezes, dependendo da amostra analisada. A ideia básica desse método é gerar uma nuvem atômica de alta densidade, proporcionando assim maior sensibilidade, o que facilita a detecção de elementos na amostra. As condições controladas incluem remoção de interferentes (programa de aquecimento), e temperatura controlada (ambiente isotérmico). No método de forno de grafite, as principais interferências são causadas por componentes da matriz.

O FAAS tem como sua faixa típica de trabalho a unidade de medida Mg/L . Os principais problemas a se pensar quando se trabalha com esta técnica são a baixa eficiência do processo de introdução de amostras, a diluição da nuvem atômica nos gases da chama, gradientes de temperatura e de composição química na chama e o tempo de residência dos átomos na zona de observação.

Na FAAS, a amostra é previamente convertida em um fino aerossol (se usam soluções aquosas na realização deste método), e é introduzida na mistura de gases que alimentam a chama produzida em um queimador laminar. Este método apresenta altos índices de detecção. Os limites de detecção que se conseguem atingir são da ordem de grandeza ou um pouco inferiores aos conseguidos por FAAS, mas mais elevados do que os alcançados com GFAAS (TYLER; COSNIER; LE CORRE, 1999).

RESULTADOS

Os dados da análise de pH não apresentaram diferenças substanciais entre as amostras, não sendo possível inferir sobre qualquer comportamento diferenciado da água da chuva tanto no que tange à lixiviação das copas arbóreas quanto cada camada da serapilheira como pode ser observado na Tabela 1, em que todas amostras tem um pH neutro.

Tabela 1 - Estimativa do pH para cada pluviômetro

pH da água contida em cada garrafão (estimadas a 28C)				
vazio	total	L	F	MFB
6,94	6,78	6,85	6,72	6,69

Fonte: D'Arrochella (2013).

Analisando a metodologia empregada, os índices dos elementos e suas trações estavam em geral muito concentradas em absoluto e em ambos os casos extrapolando o índice de absorvância. Como o método do GFAAS possui maior sensibilidade que o FAAS, geralmente dilui-se a amostra ou trabalha-se com porções amostrais já muito diluídas, sendo possível com o GFAAS identificarmos ultra-traços dos elementos metálicos, enquanto com o FAAS apenas identificaríamos os traços.

A interferência da radiação da própria chama deve ser corrigida com lâmpadas de deutério. Também podemos contar com a questão da formação de óxidos. Se tivermos uma chama de acetileno de alta pureza, alguns metais formariam óxido refratário como é o caso do AL por exemplo, desta forma havendo necessidade de mudar o gás ou usar o tubo em chama.

Os dados gerais são apresentados na Tabela 2 em que a unidade de medida é a frequência de radiação (nm) que expressa medida de luz absorvida ou emitida por uma espécie química.

Tabela 2 - Frequência de radiação (nm) de cada amostra de água retirada dos garrafões. Na coluna de amostras as letras iniciais A, B e C indicam o pluviômetro no qual a amostra foi coletada, seguidas das letras V (pluviômetro sem serapilheira – Vazio), T (serapilheira Total), L (camada L), F (camada F) e MFB (camada MFB)

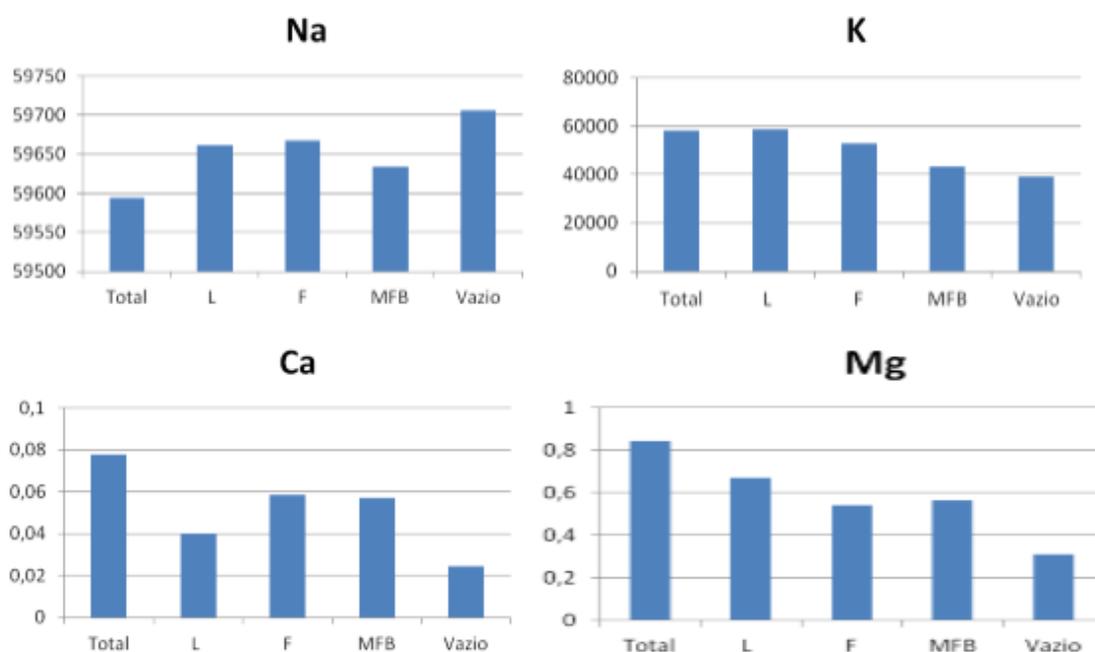
Amostra	Na	K	Ca	Mg
AV	59681	39861	0,0233	0,3713
AT	59552	55231	0,0532	0,5772
AL	59611	59856	0,0434	0,6321
AF	59659	57639	0,0568	0,6094
AMFB	59634	38029	0,0509	0,4467
BV	59712	24369	0,0298	0,2575
BT	59664	59795	0,0463	0,6484
BL	59708	56440	0,0439	0,4646
BF	59677	47958	0,06	0,4759
BMFB	59746	31510	0,0395	0,314
CV	59726	53458	0,021	0,2979
CT	59596	59805	0,1345	13,014
CL	59665	59848	0,0327	0,9136
CMFB	59549	59819	0,0803	0,9245

Fonte: D'Arrochella (2013).

Este tipo de análise foi feito via repetições em laboratório, não sendo necessário a coleta de água em outras ocasiões, além do fato deste tipo de análise ser bastante custosa pelos reagentes químicos utilizados e pela mão-de-obra necessária.

Como a frequência de radiação encontrada para cada elemento químico segue um padrão diferenciado de comportamento, não é possível criar gráficos que os comparem. Do mesmo modo, como a intenção é entender como a serapilheira em suas diferentes camadas internas liberam diferencialmente cada nutriente no ambiente microclimático na área demarcada, não foram feitas análises das diferenças entre cada conjunto de pluviômetros e sim a análise da média entre eles (Figura 5).

Figura 5 - Média do Comprimento de Onda (nm) para Sódio (Na), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg)



Fonte: D'Arrochella (2013).

É perceptível a maior quantidade de sódio no pluviômetro vazio, o que seria anormal em ambiente aberto, no entanto a água da chuva faz a lavagem (lixiviação) das folhas e ramos durante o atravessamento da copa das árvores além desta ser uma área urbana que pode conter este elemento na atmosfera. Silva Filho (1985) encontrou dados semelhantes e enfatiza que há nesta proporção uma adição de $Na > K > Mg$ à água da chuva quando ela lixivia a copa das árvores. O mesmo autor enfatiza que boa parte da presença do sódio nas chuvas que caem na Floresta da Tijuca se dá pela proximidade com o mar e como não foram coletadas amostras de água de chuva para análise química em ambiente aberto, é temeroso afirmar com estas amostras que são as copas que efetivamente adicionam este elemento à amostra.

Quanto a presença do potássio em cada amostra, é perceptível que o quanto mais fragmentado o material se apresenta, menor liberação ocorre, indicando que a fauna decompositora mais consome K do que libera. Isto é perceptível também pois o vazio é o menor resultado.

O cálcio mostra-se quase que proporcionalmente inverso, pois a Serapilheira Total, a as camadas F e MFB são as que possuem maior liberação deste elemento pois são mais fragmentados evidenciando o papel da fauna decompositora nesse processo. A camada L composta de folhas inteiras e o vazio resultante da lixiviação das folhas ainda nas copas são os que apresentam menores valores, sendo o vazio ainda menor pois a folha não passou pela senescência.

O magnésio apresenta padrão de liberação semelhante ao potássio, no entanto demonstra que em certo estágio de fragmentação do material outros processos bioquímicos podem estar influenciando além da própria fragmentação como a fermentação e o catabolismo, pois os resultados do MFB são semelhantes ao da camada F.

CONCLUSÕES

As camadas internas da serapilheira liberam nutrientes por lixiviação de maneira diferenciada, mas sabendo-se que estão dispostas em conjunto é possível que haja interações químicas que não foram possíveis de detectar. Ficou evidente que a chuva ao chegar na serapilheira já vem com grande conteúdo de sódio (seja pelas condições da atmosfera ou pela lixiviação das copas). Quanto mais a matéria orgânica é fragmentada, maior é a liberação de potássio e de magnésio, já o material menos fragmentado libera uma maior proporção de cálcio.

Nesse sentido, haverá uma nutrição e uma adição de água ao solo diferenciada para cada área. Em áreas que se apresentam com um estoque de matéria orgânica de superfície semelhante ao encontrado na área de estudo, podem apresentar grande liberação de potássio e magnésio.

REFERÊNCIAS

COELHO NETTO, A. L. **Surface hydrology and soil erosion in a tropical mountainous rainforest drainage basin, Rio de Janeiro**. 1985. Phd Thesis (Doctoral) - Katholieke Universiteit Leuven, Belgium, 1985.

D'ARROCHELLA, M. L. G. **Análise do subsistema solo/serrapilheira em um trecho de Mata Atlântica sujeito aos efeitos de borda no Parque Nacional da Tijuca (RJ) utilizando os indicadores funcionais globais**. 2008. Monografia (Graduação em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

D'ARROCHELLA, M. L. G. **Relação entre pluviosidade efetiva e o estoque de matéria orgânica de superfície na ciclagem de nutrientes em floresta ombrófila urbana: Parque Nacional da Tijuca (RJ).** 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2013.

D'ARROCHELLA, M. L. G.; MIRANDA, R. A. C.; CASTRO JUNIOR, E.; SILVA, T. M. Retenção hídrica em serapilheira a partir da perspectiva das formas de húmus. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOMORFOLOGIA, 9., 2012, Rio de Janeiro, RJ. **Anais [...]**. Rio de Janeiro, 2012. PDF.

DELITTI, W. B. C. Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres. **Oecologia Brasiliensis: Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas Brasileiros**, Rio de Janeiro, RJ, v. 1, p. 469-486, 1995.

DUCHAUFOR, P. H. Ecologie de la humification et pedogenese. *In*: PESSON, P. (ed.). **Actualités d'écologie forestiere**. Sol, Flore et Faune. Paris: Gouthier – Villars, 1979. p. 177-200.

FIGUEIRÓ, A. S. **Mudanças ambientais na interface floresta-cidade e propagação do efeito de borda no Maciço da Tijuca, Rio de Janeiro: um modelo de vizinhança.** 2005. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2005.

GARAY, I.; KINDEL, A.; CALLIPO, A.; BARROS, M. E. O.; JESUS, R. M. Formas de húmus em ecossistemas de floresta costeira intertropical. I – A Mata Atlântica de Tabuleiros. **Oecologia Brasiliensis: Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas Brasileiros**, Rio de Janeiro, RJ, v. 1, p. 1-18, 1995.

GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G.; CHILD, G. I.; DUEVER, M. J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida.** São Paulo: EPU/ Universidade de São Paulo, 1978.

GREEN, R. N.; TROWBRIDGE, R. L.; KLINKA, K. Towards a taxonomic classification of humus forms. **Forest Science: Monograph**, Washington, US, v. 39, n. 1, p. 1-49, 1993.

KINDEL, A. **A fragmentação real: heterogeneidade de remanescentes florestais e valor indicador das formas de húmus.** 2001. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

KINDEL, A.; GARAY, I. Caracterização de ecossistemas da Mata Atlântica de Tabuleiros por meio das formas de húmus. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 551-563, 2001.

KINDEL, A.; GARAY, I. Humus form in ecosystems of the Atlantic Forest, Brazil. **Geoderma: an International Journal of Soil Science**, Amsterdam, NL, v. 108, n. 1-2, p. 101-118, 2002.

LOUZADA, M. A. P.; QUINTELA, M. F. S.; PENNA, L. P. S. Estudo comparativo da produção de serrapilheira em áreas de Mata Atlântica: a floresta secundária 'antiga' e uma floresta secundária (capoeira). **Oecologia Brasiliensis: Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas Brasileiros**, Rio de Janeiro, RJ, v. 1, p. 61-74, 1995.

MIRANDA, F. S. M. **Relações entre microtopografia e estoque de matéria orgânica de superfície em floresta hombrófila de encosta íngreme do PARNA - Tijuca, RJ.** 2010. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

MONTEZUMA, R. C. M. **Produção e reabilitação funcional do piso florestal em clareira de deslizamento: Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro.** 2005. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

PEREIRA, T. F. P. D. **Uso de indicadores funcionais globais no diagnóstico geobiofísico de casos de fragmentação da Floresta Atlântica na Bacia do Rio Macacú**

(RJ). 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

POGGIANI, F.; SHUMACHER, M. V. Ciclagem de nutrientes em florestas nativas. *In*: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 427- 447.

SILVA FILHO, E. V. **Estudos de chuva ácida e entradas atmosféricas de Na, K, Ca, Mg e Cl na Bacia do alto rio Cachoeira, Parque Nacional da Tijuca – RJ**. 1985. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 1985.

TYLER, G.; COSNIER, A.; LE CORRE, N. **Utilizing the far UV region in ICP for halogens and alternative wavelengths for other elements**. Santa Fé, NM: FACSS, 1999. Lecture.

Recebido: fevereiro de 2020.

Aceito: maio de 2020.