



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ - REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

VANDRESSA DANDARA ALMEIDA DAMASCENO

O PAPEL DAS ESPÉCIES FLORESTAIS NO CICLO BIOGEOQUÍMICO DE
NUTRIENTES: O ESCOAMENTO PELO TRONCO COMO ROTA DE
TRANSFERÊNCIA

MACAPÁ

2025

VANDRESSA DANDARA ALMEIDA DAMASCENO

**O PAPEL DAS ESPÉCIES FLORESTAIS NO CICLO BIOGEOQUÍMICO DE
NUTRIENTES: O ESCOAMENTO PELO TRONCO COMO ROTA DE
TRANSFERÊNCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Ciências
Ambientais da Universidade Federal do
Amapá, como parte dos requisitos para
obtenção do grau de Bacharel em
Ciências Ambientais.

Orientador(a): Prof^ª Dr^ª Julieta
Bramorski

MACAPÁ

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

D155p Damasceno, Vandressa Dandara Almeida.

O papel das espécies florestais no ciclo biogeoquímico de nutrientes: o escoamento pelo tronco como rota de transferência / Vandressa Dandara Almeida Damasceno. - Macapá, 2025.

1 recurso eletrônico.

28 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Ciências Ambientais, Macapá, 2025.

Orientadora: Julieta Bramorski.

Coorientador: .

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Repartição de chuva. 2. Fluxo pelo caule. 3. Ciclo biogeoquímico. I. Bramorski, Julieta, orientadora. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 577.309811

DAMASCENO, Vandressa Dandara Almeida. **O papel das espécies florestais no ciclo biogeoquímico de nutrientes: o escoamento pelo tronco como rota de transferência.** Orientadora: Julieta Bramorski. 2025. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Ciências Ambientais. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2025.

VANDRESSA DANDARA ALMEIDA DAMASCENO

**O PAPEL DAS ESPÉCIES FLORESTAIS NO CICLO BIOGEOQUÍMICO DE
NUTRIENTES: O ESCOAMENTO PELO TRONCO COMO ROTA DE
TRANSFERÊNCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Bacharelado em Ciências
Ambientais, da Universidade Federal do
Amapá, para obtenção do título de bacharel
em Ciências Ambientais.

Data de aprovação: 15/04/2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 JULIETA BRAMORSKI
Data: 15/10/2025 10:01:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Julieta Bramorski (UNIFAP)
Orientadora

Documento assinado digitalmente
 KARINA CARDOSO VALVERDE
Data: 15/10/2025 11:00:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Karina Cardoso Valverde (UNIFAP)
Avaliador 1

Documento assinado digitalmente
 MARCELO JOSE DE OLIVEIRA
Data: 15/10/2025 10:10:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Marcelo José de Oliveira (UNIFAP)
Avaliador 2

APRESENTAÇÃO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso - TCC será apresentado em formato de artigo científico submetido no e-Book: “Investigações de Iniciação Científica na Universidade Federal do Amapá”, a ser publicado pela Editora da UNIFAP, cuja prévia da publicação é apresentada no ANEXO 1. Este ato está justificado na Resolução nº 11/2008 – CONSU/UNIFAP, que considera no Art. 2º, inciso II, o Artigo Científico como uma modalidade de TCC, dentro do eixo de Produções Diversas. Também está respaldado na Normatização 003/2019 – CAMB no Art. 8º do capítulo III que admite o TCC “em formato de artigo completo publicado ou aceito em revista científica – periódico Qualis A1 a B5 desde que seja na área de Ciências Ambientais ou em área interdisciplinar”, sendo que o discente deve ser o primeiro autor.

O PAPEL DAS ESPÉCIES FLORESTAIS NO CICLO BIOGEOQUÍMICO DE NUTRIENTES: O ESCOAMENTO PELO TRONCO COMO ROTA DE TRANSFERÊNCIA

THE ROLE OF FOREST SPECIES IN THE BIOGEOCHEMICAL CYCLE OF NUTRIENTS: STEMFLOW AS A TRANSFER ROUTE

Vandressa Dandara Almeida Damasceno – Universidade Federal do Amapá¹

Kelly Cristina Tonello - Universidade Federal de São Carlos²

Karina Cardoso Valverde - Universidade Federal do Amapá³

Julieta Bramorski - Universidade Federal do Amapá⁴

RESUMO

A floresta Amazônica é caracterizada por uma rica biodiversidade, com clima quente e úmido, abrigando diversas espécies de fauna e flora. Como os solos locais apresentam predominantemente baixa fertilidade química natural, o escoamento pelo tronco pode desempenhar um papel importante nos insumos de nutrientes para o solo florestal. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi identificar e avaliar os processos de enriquecimento de nitrato (NO_3^-) e amônia (NH_3), após a interceptação da água da chuva em indivíduos arbóreos de terra firme. Foram instalados pluviômetros para monitoramento da precipitação em aberto (P), assim como sistemas de monitoramento de escoamento pelo tronco (EPT). As amostras foram coletadas no período hidrológico 2022-2023. Foram medidos os volumes de água após a precipitação e as concentrações de NO_3^- e NH_3 . O volume de precipitação e a concentração de nutrientes na precipitação em aberto não determinaram a concentração de nutrientes que aporta ao solo florestal. As concentrações não apresentaram diferenças estatísticas entre o primeiro mês de precipitação e o último (dezembro-abril) para ambos os elementos analisados. Os indivíduos contribuíram de formas distintas com o enriquecimento dos nutrientes após a interceptação. Os resultados demonstram a importância das espécies florestais no aporte de nutrientes ao solo florestal através do escoamento pelo tronco.

Palavras-Chave: *Ecologia Florestal, Repartição de chuva, Fluxo pelo caule; Ciclo biogeoquímico.*

¹ Discente do curso de bacharelado em Ciências Ambientais da UNIFAP e bolsista de iniciação científica PROBIC-AC.

² Docente da Universidade Federal de São Carlos/ Campus Sorocaba-SP. Coordena o grupo de pesquisa sobre Hidrologia em Ecossistemas Florestais (Hidrolef-UFSCar). <http://lattes.cnpq.br/3844965971290638>

³ Docente da Universidade Federal do Amapá. Coordena o grupo de pesquisa sobre Água, Saneamento e Meio Ambiente. <http://lattes.cnpq.br/4314270496889269>

⁴ Docente da Universidade Federal do Amapá. Coordena o grupo de pesquisa sobre Hidrologia em Ecossistemas Florestais (Hidrolef-UNIFAP) <http://lattes.cnpq.br/9489561669191042> Email: bramorski@gmail.com

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. METODOLOGIA	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	15
REFERÊNCIAS.....	16

INTRODUÇÃO

A Amazônia é uma região tropical extensa, com alta diversidade biológica, abundante em água, onde a floresta interage fortemente com a atmosfera, rios e lagos (Luizão, 2007). Trata-se de um bioma heterogêneo, abrigando desde áreas de savana até florestas densas, de planície, de terras altas e inundáveis. Os solos locais apresentam predominantemente baixa fertilidade química natural (Benedetti *et al.*, 2011; Melo *et al.*, 2006). Desta forma, a reciclagem da matéria orgânica é condicionada à atividade biológica que, em condições naturais na floresta, é potencializada pelas condições de temperatura e umidade da região.

Além dos nutrientes reciclados a partir da matéria orgânica, as chuvas (deposição úmida) e os aerossóis (deposição seca) representam entradas importantes de alguns dos nutrientes essenciais para a Amazônia. De acordo com Luizão (2007) a importância relativa dessas fontes pode variar de um nutriente para outro. Por exemplo, as fortes e frequentes chuvas dos trópicos constituem o maior fluxo de entrada de fósforo (P) para o sistema florestal, porém representam uma fração muito pequena nas entradas totais de nitrogênio (N) para a floresta. Laclau *et al.*, (2003) destacam que a interceptação das chuvas pelo dossel da floresta tem grande relevância para o ciclo geoquímico de nutrientes em regiões tropicais.

A interceptação é responsável por mudanças na qualidade da água que chega ao solo, tanto por gotejamento a partir do dossel quanto pelo escoamento de água pelos troncos. Estas alterações são principalmente resultado de dois fatores: a lavagem dos elementos depositado na folhagem (deposição seca como poeira) devido a mudanças que ocorrem diretamente na copa das árvores e/ou pela absorção direta de nutrientes pelas folhas (absorção pelos estômatos ou poros hidrofílicos dentro da cutícula). (Marshner, 1995; Zimmermann *et al.*, 2008).

Estudar as diferentes formas de entrada de nutrientes nos ecossistemas florestais, especialmente nas florestas tropicais, é de grande relevância, pois são ambientes que geralmente apresentam baixas reservas nutricionais e/ou solos ácidos (Chang *et al.*, 2017).

As gotas interceptadas pelo dossel atingem o solo florestal através do gotejamento direto ou escoam pelos troncos (Tonello *et al.*, 2014). O escoamento pelo tronco representa uma pequena parcela da precipitação, entre 1 e 15% (Bessi *et al.*, 2018; Sari *et al.*, 2006; Tonello *et al.*, 2014).

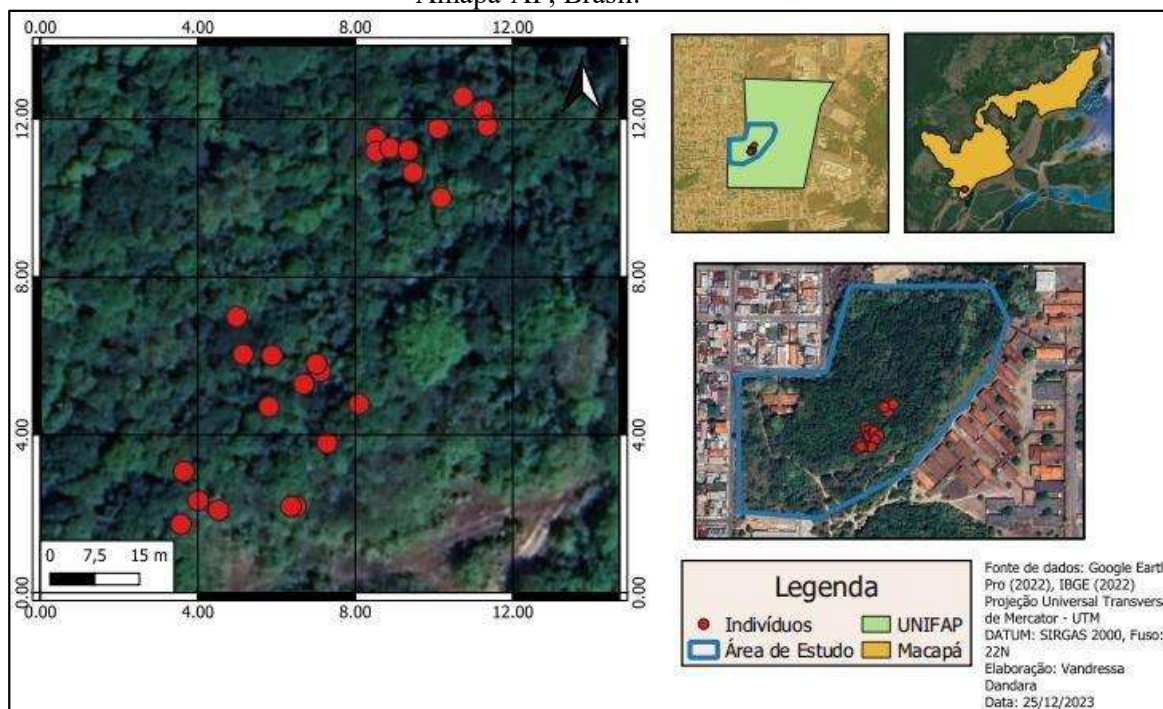
Para algumas espécies o volume de água escoado pelo tronco pode estar diretamente relacionado à sua sobrevivência no ambiente, principalmente nos períodos mais secos do ano (Lorenzon, 2011). Sabe-se que o escoamento pelo tronco desempenha um papel importante nos insumos de nutrientes para partes localizadas do solo florestal (Carnol e Bazgir, 2013).

Diversos são os elementos adicionados aos sistemas florestais através da água da chuva, pesquisas relacionadas ao escoamento pelo tronco podem fomentar informações valiosas para a recuperação de áreas degradadas e determinar espécies que contribuem mais com o transporte de nutrientes para o solo florestal via escoamento pelo tronco (EPT). Este estudo considerou os nutrientes nitrogenados nitrato (NO_3^-) e amônia (NH_3), no sentido de identificar e avaliar os processos de enriquecimento ou retenção após a interceptação da água da chuva em espécies arbóreas de terra firme.

METODOLOGIA

A área de estudo está localizada em um fragmento de floresta de terra firme no Campus Marco Zero, da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Foram selecionados 25 indivíduos florestais aleatoriamente (Figura 1).

Figura 1. Localização da área de estudo e dos indivíduos selecionados. Floresta de Terra Firme, Amapá-AP, Brasil.



Fonte: Autores, 2023.

O monitoramento da precipitação em aberto (P) foi realizado por meio de pluviômetro confeccionado a partir de tubo e conexões de PVC com área de captação de 78.5 cm e altura de 20 cm, com recipiente de armazenamento de 5 litros (Figura 2 a). O período hidrológico amostrado correspondeu aos meses de dezembro de 2022 a abril de 2023.

Para monitorar o escoamento pelo tronco (EPT) foram fixadas calhas, a 1,30 cm do solo, formadas por espuma de poliuretano, ao redor dos troncos (Figura 2 b). A água drenada através da superfície do tronco foi direcionada por uma mangueira até coletores de volumes variados (Figura 2 c).

Figura 2. (a) Pluviômetro para precipitação em aberto; (b) Coletor de EPT; (c) Armazenamento.



Fonte: Autores, 2023.

O volume da precipitação em aberto e escoamento pelo tronco foram medidos em campo com auxílio de uma proveta de 1 L e balde graduado de 20 L, após cada evento de precipitação. Subamostras de precipitação em aberto e escoamento pelo tronco foram reunidas a cada mês, de forma a compor amostras compostas, submetidas à análise de concentração de NO_2^- e NH_3 .

As análises de NO_2^- e NH_3 foram realizadas em um espectrofotômetro HACH (modelo DR 3900). Para NO_2^- utilizou-se o método 8507: método de diazotização LR (0,002 a 0,300 mg/L NO_2^- -N com reagentes em pó; e para NH_3 utilizou-se o método 8038: método Nessler (0,02 a 2.50 mg/L NH_3 -N), adaptado do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

O teste T de Student (5%) foi utilizado para a comparação dos volumes médias mensais de precipitação em aberto, volumes médios mensais de escoamento pelo tronco e concentrações médias mensais de NO_2^- e NH_3 . O teste de correlação de Pearson foi utilizado para avaliar a relação entre os volumes de escoamento pelo tronco e as concentrações de NO_2^- e NH_3 . Ambos os testes estatísticos foram realizados no software Excel.

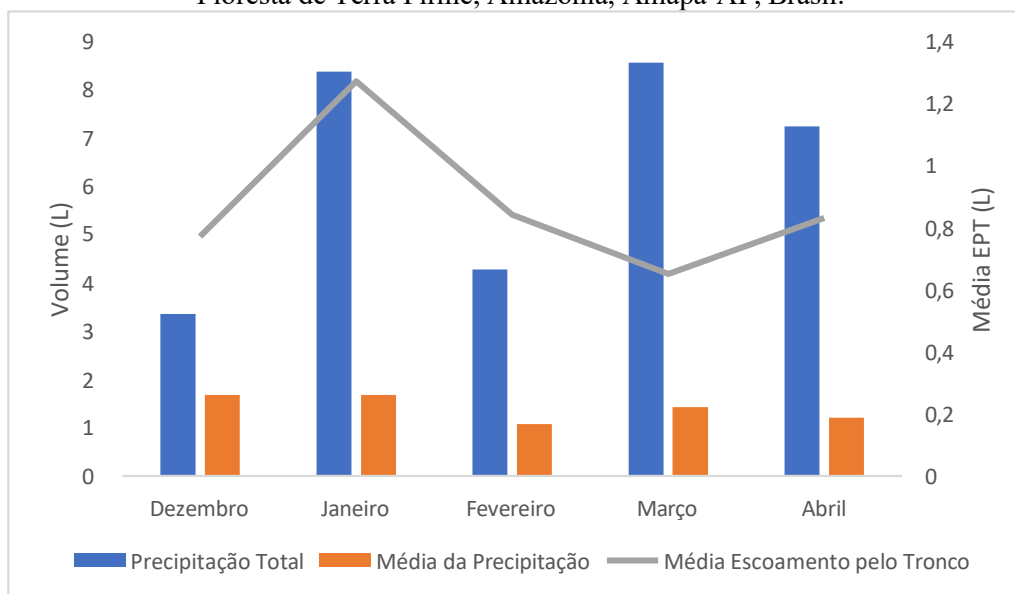
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mês de março registrou o maior volume de precipitação em aberto (8,6 L). No entanto, se considerada a média de precipitação mensal, o mês de janeiro apresentou maior média, resultante de uma melhor distribuição de chuvas volumosas ao longo do período. O escoamento pelo tronco seguiu tendência similar à média de precipitação, com o maior volume médio registrado em janeiro (Figura 3). O teste T não indicou variação significativa entre os volumes médios mensais de precipitação em aberto, mas indicou

diferença significativa no volume médio de escoamento pelo tronco no mês de janeiro, evidenciando a influência da precipitação nos volumes de água escoada pelo tronco.

A fração média de água escoada pelo tronco foi de 13,73%, em relação à precipitação em aberto. Esses valores são superiores aos encontrados por Melo *et al.*, (2005) na região Amazônica, que mostrou valor médio de 4,27%. Em mesma fitofisionomia, Franken *et al.*, (1982) determinaram um percentual de escoamento pelo tronco de apenas 0,3%.

Figura 3. Volume mensal de precipitação em aberto, volume médio mensal de precipitação em aberto e volume médio mensal de escoamento pelo tronco (EPT, L) dos indivíduos arbóreos. Floresta de Terra Firme, Amazônia, Amapá-AP, Brasil.



Fonte: Autores, 2023.

As concentrações de NO_2^- e NH_3 na precipitação em aberto foram comparadas com as concentrações presentes no escoamento pelo tronco, ou seja, após o processo de interceptação da água da chuva pelo dossel, considerando todos os indivíduos (Tabela 1). Constatou-se aporte de NO_2^- considerável no mês de fevereiro, com enriquecimento de 119,1 % em relação à concentração verificada na precipitação em aberto. Ressalta-se que o mês de fevereiro apresentou um dos menores volumes de chuva e de escoamento pelo tronco. Para o NH_3 , verificou-se enriquecimento após a interceptação em todos os meses, com maior valor registrado em março, com 566,6%. Estes resultados indicam que o volume de precipitação não determina a concentração de nutrientes que aporta ao solo florestal, nem tampouco a concentração de nutrientes presentes na precipitação, evidenciando o papel das espécies florestais no aporte de nutrientes ao solo florestal.

Tabela 1. Concentrações mensais de NO_2^- e NH_3 na precipitação em aberto, no escoamento pelo tronco e percentual de enriquecimento após a interceptação. Floresta de Terra Firme, Amazônia, Amapá-AP, Brasil. Fonte: Autores, 2023.

* medida não realizada

	P média (L)	EPT médio (L)	Concent ração de NO_2^- (mg/L) em P	Acrésci mo de concentr ação no EPT (mg/L)	Enriquec imento (%)	Concent ração de NH_3 (mg/L) em P	Acrésci mo de concentr ação no EPT (mg/L)	Enriquec imento (%)
Dezembr o	1,67	0,77	9,00	0,84	9,33	0,65	0,72	110,76
Janeiro	1,67	1,27	16,00	-4,28	-26,75	0,31	0,28	90,32
Fevereiro	1,07	0,84	14,00	16,68	119,14	0,28	1,14	406,14
Março	1,42	0,65	*	*	*	0,15	0,85	566,66
Abril	1,20	0,83	12,00	-1,76	-14,67	0,36	0,82	227,77

O montante de enriquecimento em NO_2^- após a interceptação aumentou significativamente nos meses de janeiro e fevereiro, conforme indicado no teste T. Quando comparadas as médias do início e do final do período chuvoso analisado constatou-se que não houve diferença significativa. Para o NH_3 ocorreu diminuição significativa e abrupta em janeiro, mas com acréscimos significativos nos meses seguintes, tanto em relação ao mês de janeiro como entre os períodos mensais

considerados, confirmados pelo teste estatístico. Se considerado o início e o final do período chuvoso o teste T não apontou diferenças significativas.

Melo e Sá (2002), analisaram a concentração de alguns elementos, entre eles o nitrogênio total, em uma floresta tropical primária e encontraram concentrações maiores no início do período chuvoso, explicando que este padrão seria decorrente do acúmulo de material depositado durante o período menos chuvoso. Zhang *et al.*, (2016) encontraram as maiores concentrações de nutrientes lixiviando a partir da primeira chuva para arbustos de ecossistemas desérticos.

No presente estudo as concentrações não apresentaram diferenças estatísticas entre o primeiro mês de precipitação e o último (dezembro-abril) para ambos os elementos analisados, evidenciando que o enriquecimento a partir da vegetação é bastante relevante. Os indivíduos contribuíram de formas distintas com o enriquecimento dos nutrientes após a interceptação, sendo que em alguns indivíduos a concentração média de NO_2^- (I2, I3, I5, I16, I17, I19, I20 e I24) após a interceptação da água da chuva foi menor, indicando absorção deste elemento em processos fisiológicos dessas espécies e também influenciado pelos seus status iônicos, conforme indicado por Talkner *et al.*, (2010).

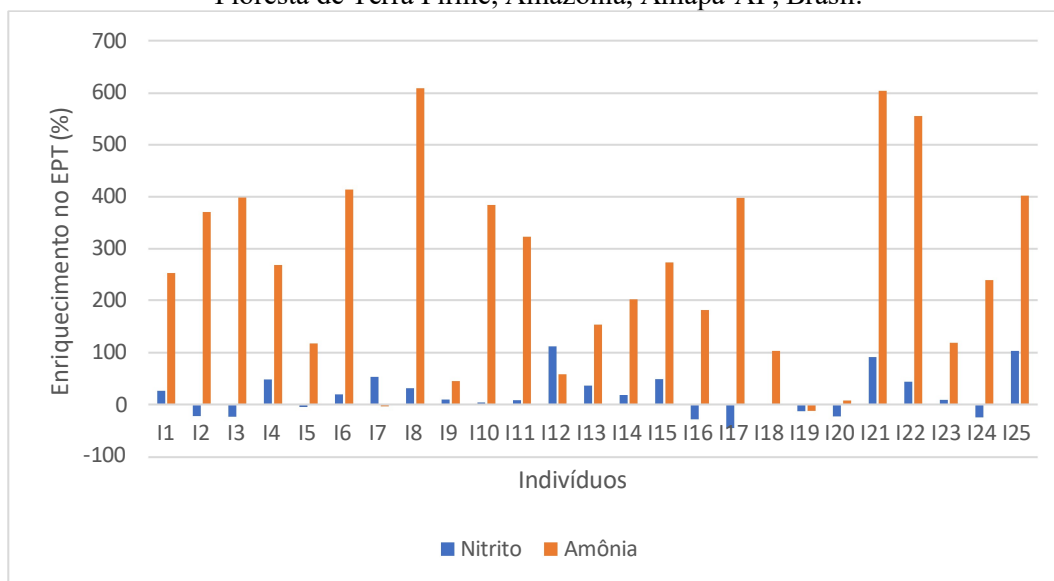
O mesmo ocorreu em relação a concentração de NH_3 , com valores médio menores do que a entrada via precipitação em aberto nos indivíduos I 7 e I19 (Figura 4).

Morais *et al.*, (2021) avaliando a precipitação efetiva em fragmento de floresta tropical e o aporte de nutrientes via escoamento pelo tronco de espécies arbóreas em diferentes períodos de precipitação pluviométrica verificaram que os aportes diferem entre as espécies, assim como o volume de escoamento pelo tronco.

Dawoe *et al.*, (2018) verificaram concentrações de nutrientes menores no escoamento pelo tronco do que na precipitação em aberto, indicando que não houve enriquecimento de nutrientes ao solo a partir das espécies avaliadas, explicadas pela presença de musgos e líquenes nos troncos das árvores que acabam absorvendo os nutrientes impedindo que cheguem à superfície do solo.

Arcova *et al.*, (2003) destacam que vários fatores, como área do dossel, tamanho das folhas, densidade e características da precipitação podem ser responsáveis por diferenças na magnitude desta interação água-floresta.

Figura 4. Enriquecimento de NO_2^- e NH_3 após a interceptação nos indivíduos arbóreos. Floresta de Terra Firme, Amazônia, Amapá-AP, Brasil.



Fonte: Autores, 2023.

No entanto, na maioria dos indivíduos houve enriquecimento de nutrientes no escoamento pelo tronco, evidenciando que a lixiviação de nutrientes ocorre a partir da casca e dos tecidos foliares, consistindo em uma fonte importante de nutrientes que são transportados ao solo.

A correlação de Pearson indicou que ambos os nutrientes apresentam alta correlação negativa com os volumes médios de escoamento pelo troco, com $-0,68$ para NO_2^- e $-0,81$ para NH_3 . Isso indica que o volume de escoamento não é determinante para a lixiviação de nutrientes, ou seja, a lixiviação é resultado da ocorrência de escoamento pelo tronco. Como serviço, o escoamento pelo tronco pode ser considerado uma fonte muito importante e rota de transferência de nutrientes para o solo, que mesmo representando uma pequena fração da precipitação em aberto quase sempre contribui para a zona de fluxo do solo da floresta o maior insumo de água e nutrientes (Ling-hao e Peng, 1998).

Van San e Gordon (2018) revisaram uma série de estudos que demonstram esta relação entre o escoamento pelo tronco e as concentrações de solutos ou elementos, indicando que em menores volumes de escoamento pelo tronco são verificadas altas concentrações de solutos. Muitos trabalhos demonstraram que o escoamento pelo tronco, mesmo que conduza baixos volumes de água aos solos próximos do troco pode conter até 100 vezes as concentrações de soluto da precipitação em aberto.

As concentrações de NO_2^- foram menores do que as de NH_3 em todos os indivíduos. Pathak e Singh (1984) indicam que elementos em sua forma iônica, como é o caso do NO_2^- , associados com tecido vegetal, geralmente são ciclados lentamente. Possivelmente, essa é a razão para as baixas concentrações de NO_2^- quando comparadas com NH_3 , que está em sua forma não iônica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O volume de precipitação e a concentração de nutrientes na precipitação em aberto não determinaram a concentração de nutrientes que aporta ao solo florestal, evidenciando o papel das espécies florestais no aporte de nutrientes ao solo florestal através do escoamento pelo tronco.

As concentrações não apresentaram diferenças estatísticas entre o primeiro mês de precipitação e o último (dezembro-abril) para ambos os elementos analisados, evidenciando que o enriquecimento a partir da vegetação é bastante relevante.

Os indivíduos contribuíram de formas distintas com o enriquecimento dos nutrientes após a interceptação, sendo que em alguns indivíduos a concentração média de nutrientes após a interceptação da água da chuva foi menor, indicando absorção deste elemento em processos fisiológicos dessas espécies e a influência de seus status iônicos.

Na maioria dos indivíduos houve enriquecimento de nutrientes no escoamento pelo tronco, evidenciando que a lixiviação de nutrientes ocorre a partir da casca e dos tecidos foliares, consistindo em uma fonte importante de nutrientes que são transportados ao solo.

REFERÊNCIAS

- ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V.; ROCHA, P.A.B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha – São Paulo. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 257-262, 2003.
- BENEDETTI, U; VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G.R.; MELO, V. F.; UCHÔA. Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos plioleustocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, norte Amazônico. **Revista brasileira de ciências do solo**, v. 35, p. 299-312, 2011.
- BESSI, D.; TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T. Rainfall partitioning in fragments of cerrado vegetation at different stages of conduction of natural regeneration. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 42, p. 1-11, 2018.
- CARNOL, M., BAZGIR, M.. Nutrient return to the forest floor through litter and throughfall under 7 forest species after conversion from Norway spruce. **For. Ecol. Manage.** v. 309, p. 66–75, 2013.
- DAWOE, E. K.; BARNES, V. R.; OPPONG, S. K. Spation-temporal dynamics of gross rainfall partitioning and nutriente fluxes in shaded-cocoa (*Theobroma cocoa*) systems in a tropical semi-deciduous forest. **Agroforestry Systems**, v. 92, n. 2, p. 397 – 413, 2018.
- FRANKEN, W.; LEOPOLDO, P.R.; MATSUI, E.; RIBEIRO, M. N. G. Interceptação das precipitações em floresta amazônica de terra firme. **Acta amazonica**, v. 12, p. 15-22, 1982.
- LACLAU, J.P.; RANGER, J.; NZILA, J. D.; BOUILLET, J.; PHILIPPE DELEPORTE, P. Nutrient cycling in a clonal stand of *Eucalyptus* and an adjacent savanna ecosystem in Congo: Chemical composition of the rainfall, throughfall and the stemflow solutions. **Forest Ecology and Management**, v.176, n.1/3, p.105-119, 2003.
- LING-HAO, L.; PENG, L. Throughfall and stemflow nutrient depositions to soil in a subtropical evergreen broad-leaved forest in the Wuyi mountains. **Journal of Environmental Sciences**, v. 10 (4), p. 426–432, 1984.□
- LORENZON, A. S. Processos hidrológicos em um fragmento de floresta estacional semidecidual no município de Viçosa. MG. Universidade Federal de Viçosa, p. 105–116, 2011.
- LUIZÃO, F.J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciência e Cultura**. v.59, p. 31-36, 2007.
- MARSHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press, p.116-130, 1995.
- MELO, V. S.; SÁ, T. D. A.; MÖLLER, M. R. F. Escoamento pelo tronco (EPT) em floresta primária explorada seletivamente na Amazônia Oriental. **Revista de ciências agrárias**. Belém, n 44, p. 97-106 jul./dez., 2005.

MORAIS, Y. Y. G. A.; FREIRE, F. J. LIMA, R. B. A. L.; ASSUNÇÃO, A. A.; LEÃO, S. L. M.; RALPH, L. N. Stemflow nutrient input in trees in a tropical forest in Pernambuco, Brazil. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 51, n. 3, p. 604-613, 2021.

MELO, V. F. SCHAEFER, C. E. G. R, FONTES, L. E. F, CHAGAS, A. C; LEMOS JÚNIOR, J. B & ANDRADE. R. P. Caracterização física, química e mineralógica de solos da Colônia Agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia) sob diferentes usos e após queima. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 30, p.1039-1050, 2006.

PATHAK, P.C.; PANDEY, A.N.; SINGH, J.S. Overland flow, sediment output and nutrient loss from certain forested sites in the central Himalaya, India. **Journal of Hydrology**, v.71, p.239-251, 1984.

SARI, V. PAIVA, E. M. C. D.; PAIVA, J. B. D. Interceptação da chuva em diferentes formações florestais na região sul do Brasil. **RBRH**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 65-79, 2016.

TALKNER, U.; KRAMER, I.; HÔLSCHER, D.; BEESE, F.O. Deposition and canopy exchange processes in central-German beech forests differing in tree species diversity. **Plant Soil** v.336, p.405-420, 2010.

TONELLO, K. C.; GASPAROTO, E. A. G.; SHINZATO, E. T.; VALENTE, R. O. A.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em diferentes formações florestais na Floresta Nacional de Ipanema. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 383 – 390, 2014.

VAN STAN, J.T., GORDON, D.A., Mini-Review: Stemflow as a Resource Limitation to Near-Stem Soils. **Front. Plant Sci.** v.9, p. 0–7, 2018.

ZHANG, Y.; WANG, X. ; PAN, Y.; HU, R. Variations of Nutrients in Gross Rainfall, Stemflow, and Throughfall Within Revegetated Desert Ecosystems. **Water Air Soil Pollut**, p. 227:183, 2016.

ZIMMERMANN, A.; GERMER, S.; NEILL, C.; KRUSCHE, A.V.; ELSENBEER, H. Spatio-temporal patterns of throughfall and solute deposition in an open tropical rain forest. **J Hydrol**, v. 360, p. 87-102, 2008.

ANEXO 1

**O PAPEL DAS ESPÉCIES FLORESTAIS NO CICLO
BIOGEOQUÍMICO DE NUTRIENTES: O ESCOAMENTO PELO
TRONCO COMO ROTA DE TRANSFERÊNCIA**

***THE ROLE OF FOREST SPECIES IN THE BIOGEOCHEMICAL CYCLE OF
NUTRIENTS: STEMFLOW AS A TRANSFER ROUTE***

Vandressa Dandara Almeida Damasceno – Universidade Federal do Amapá¹²

Kelly Cristina Tonello - Universidade Federal de São Carlos²

Karina Cardoso Valverde - Universidade Federal do Amapá³

Julieta Bramorski - Universidade Federal do Amapá⁴

RESUMO

A floresta Amazônica é caracterizada por uma rica biodiversidade, com clima quente e úmido, abrigando diversas espécies de fauna e flora. Como os solos locais apresentam predominantemente baixa fertilidade química natural, o escoamento pelo tronco pode desempenhar um papel importante nos insumos de nutrientes para o solo florestal. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi identificar e avaliar os processos de enriquecimento de nitrato (NO_3^-) e amônia (NH_3), após a interceptação da água da chuva em indivíduos arbóreos de terra firme. Foram instalados pluviômetros para monitoramento da precipitação em aberto (P), assim como sistemas de monitoramento de escoamento pelo tronco (EPT). As amostras foram coletadas no período hidrológico 2022-2023. Foram medidos os volumes de água após a precipitação e as concentrações de NO_3^- e NH_3 . O volume de precipitação e a concentração de nutrientes na precipitação em aberto não determinaram a concentração de nutrientes que aporta ao solo florestal. As concentrações não apresentaram diferenças estatísticas entre o primeiro mês de precipitação e o último (dezembro-abril) para ambos os elementos analisados. Os indivíduos contribuíram de formas distintas com o enriquecimento dos nutrientes após a interceptação. Os resultados demonstram a importância das espécies florestais no aporte de nutrientes ao solo florestal através do escoamento pelo tronco.

² Discente do curso de bacharelado em Ciências Ambientais da UNIFAP e bolsista de iniciação científica PROBIC-AC.

² Docente da Universidade Federal de São Carlos/ Campus Sorocaba-SP. Coordena o grupo de pesquisa sobre Hidrologia em Ecossistemas Florestais (Hidrolef-UFSCar). <http://lattes.cnpq.br/3844965971290638>

³ Docente da Universidade Federal do Amapá. Coordena o grupo de pesquisa sobre Água, Saneamento e Meio Ambiente. <http://lattes.cnpq.br/4314270496889269>

⁴ Docente da Universidade Federal do Amapá. Coordena o grupo de pesquisa sobre Hidrologia em Ecossistemas Florestais (Hidrolef-UNIFAP) <http://lattes.cnpq.br/9489561669191042> Email: bramorski@gmail.com

Palavras-Chave: *Ecohidrologia Florestal, Repartição de chuva, Escoamento pelo tronco; Ciclo biogeoquímico.*

INTRODUÇÃO

A Amazônia é uma região tropical extensa, com alta diversidade biológica, abundante em água, onde a floresta interage fortemente com a atmosfera, rios e lagos (Luizão, 2007). Trata-se de um bioma heterogêneo, abrigando desde áreas de savana até florestas densas, de planície, de terras altas e inundáveis. Os solos locais apresentam predominantemente baixa fertilidade química natural (Melo et al., 2006; Benedetti et al., 2011). Desta forma, a reciclagem da matéria orgânica é condicionada à atividade biológica que, em condições naturais na floresta, é potencializada pelas condições de temperatura e umidade da região.

Além dos nutrientes reciclados a partir da matéria orgânica, as chuvas (deposição úmida) e os aerossóis (deposição seca) representam entradas importantes de alguns dos nutrientes essenciais para a Amazônia. De acordo com Luizão (2007) a importância relativa dessas fontes pode variar de um nutriente para outro. Por exemplo, as fortes e frequentes chuvas dos trópicos constituem o maior fluxo de entrada de fósforo (P) para o sistema florestal, porém representam uma fração muito pequena nas entradas totais de nitrogênio (N) para a floresta. Laclau et al. (2003) destacam que a interceptação das chuvas pelo dossel da floresta tem grande relevância para o ciclo geoquímico de nutrientes em regiões tropicais.

A interceptação é responsável por mudanças na qualidade da água que chega ao solo, tanto por gotejamento a partir do dossel quanto pelo escoamento de água pelos troncos. Estas alterações são principalmente resultado de dois fatores: a lavagem dos elementos depositado na folhagem (deposição seca como poeira) devido a mudanças que ocorrem diretamente na copa das árvores e/ou pela absorção direta de nutrientes pelas folhas (absorção pelos estômatos ou poros hidrofílicos dentro da cutícula). (Marshner, 1995; Zimmermann et al. 2008).

Estudar as diferentes formas de entrada de nutrientes nos ecossistemas florestais, especialmente nas florestas tropicais, é de grande relevância, pois são ambientes que geralmente apresentam baixas reservas nutricionais e/ou solos ácidos (Chang et al., 2017).

As gotas interceptadas pelo dossel atingem o solo florestal através do gotejamento direto ou escoam pelos troncos (Tonello, et al., 2014). O escoamento pelo tronco representa uma

pequena parcela da precipitação, entre 1 a 15% (Sari et al., 2006; Tonello et al., 2014; Bessi et al., 2018).

Para algumas espécies o volume de água escoado pelo tronco pode estar diretamente relacionado à sua sobrevivência no ambiente, principalmente nos períodos mais secos do ano (Lorenzon, 2011). Sabe-se que o escoamento pelo tronco desempenha um papel importante nos insumos de nutrientes para partes localizadas do solo florestal (Carnol e Bazgir, 2013).

Diversos são os elementos adicionados aos sistemas florestais através da água da chuva. Este estudo considerou os nutrientes nitrogenados nitrato (NO_3^-) e amônia (NH_3), no sentido de identificar e avaliar os processos de enriquecimento ou retenção após a interceptação da água da chuva em espécies arbóreas de terra firme.

METODOLOGIA

A área de estudo está localizada em um fragmento de floresta de terra firme no Campus Marco Zero, da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP). Foram selecionados 25 indivíduos florestais aleatoriamente (Figura 1).

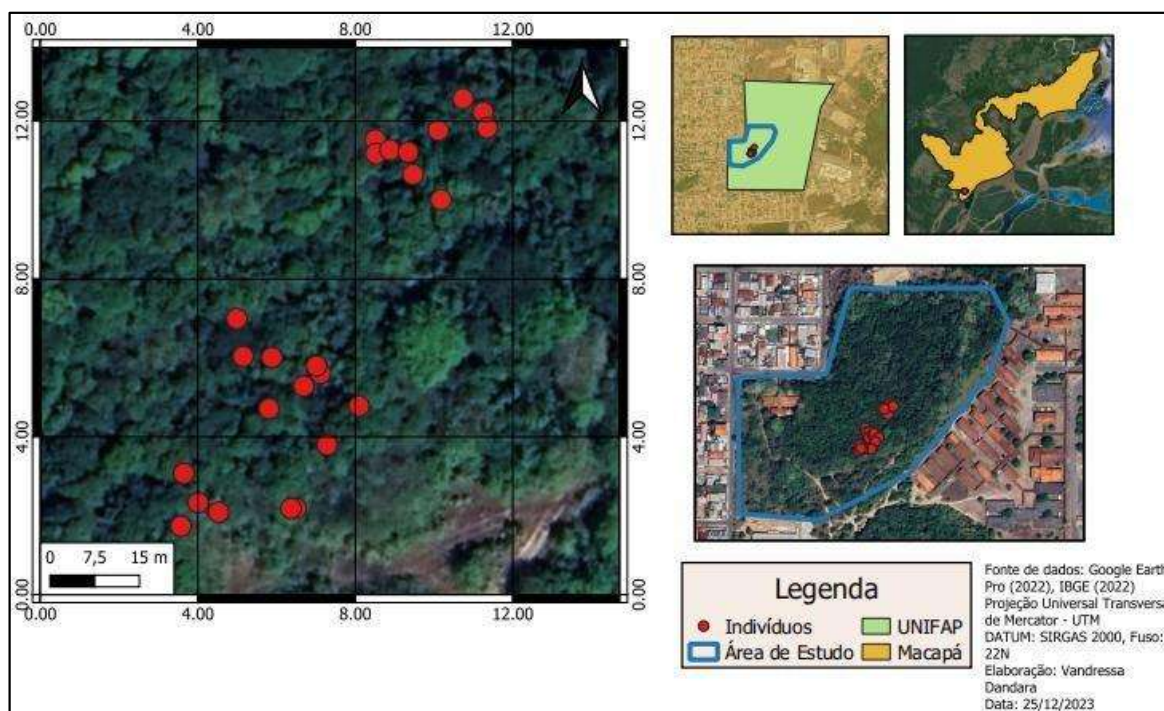


Figura 1. Localização da área de estudo e dos indivíduos selecionados. Floresta de Terra Firme, Amapá-AP, Brasil. Fonte: Autores, 2023.

O monitoramento da precipitação em aberto (P) foi realizado por meio de pluviômetro confeccionado a partir de tubo e conexões de PVC com área de captação de 78.5 cm e altura de 20 cm, com recipiente de armazenamento de 5 litros (Figura 2 a). O período hidrológico amostrado correspondeu aos meses de dezembro de 2022 a abril de-2023.

Para monitorar o escoamento pelo tronco (EPT) foram fixadas calhas, a 1,30 cm do solo, formadas por espuma de poliuretano, ao redor dos troncos (Figura 2 b). A água drenada através da superfície do tronco foi direcionada por uma mangueira até coletores de volumes variados (Figura 2 c).



Figura 2. (a) Pluviômetro para precipitação em aberto; (b) Coletor de EPT; (c) Armazenamento. Fonte: Autores, 2023.

O volume da precipitação em aberto e escoamento pelo tronco foram medidos em campo com auxílio de uma proveta de 1 L e balde graduado de 20 L, após cada evento de precipitação. Subamostras de precipitação em aberto e escoamento pelo tronco foram reunidas a cada mês, de forma a compor amostras compostas, submetidas à análise de concentração de NO_2^- e NH_3 .

As análises de NO_2^- e NH_3 foram realizadas em um espectrofotômetro HACH (modelo DR 3900). Para NO_2^- utilizou-se o método 8507: método de diazotização LR (0,002 a 0,300 mg/L NO_2^- -N com reagentes em pó; e para NH_3 utilizou-se o método 8038: método Nessler (0,02 a 2.50 mg/L NH_3 -N), adaptado do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

O teste T de Student (5%) foi utilizado para a comparação dos volumes médios mensais de precipitação em aberto, volumes médios mensais de escoamento pelo tronco e

concentrações médias mensais de NO_2^- e NH_3 . O teste de correlação de Pearson foi utilizado para avaliar a relação entre os volumes de escoamento pelo tronco e as concentrações de NO_2^- e NH_3 . Ambos os testes estatísticos foram realizados no software Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mês de março registrou o maior volume de precipitação em aberto (8,6 L). No entanto, se considerada a média de precipitação mensal, o mês de janeiro apresentou maior média, resultante de uma melhor distribuição de chuvas volumosas ao longo do período. O escoamento pelo tronco seguiu tendência similar à média de precipitação, com o maior volume médio registrado em janeiro (Figura 3). O teste T não indicou variação significativa entre os volumes médios mensais de precipitação em aberto, mas indicou diferença significativa no volume médio de escoamento pelo tronco no mês de janeiro, evidenciando a influência da precipitação nos volumes de água escoada pelo tronco.

A fração média de água escoada pelo tronco foi de 13,73%, em relação à precipitação em aberto. Esses valores são superiores aos encontrados por Melo et al. (2005) na região Amazônica, que mostrou valor médio de 4,27%. Em mesma fitofisionomia, Franken et al, (1982) determinaram um percentual de escoamento pelo tronco de apenas 0,3%.

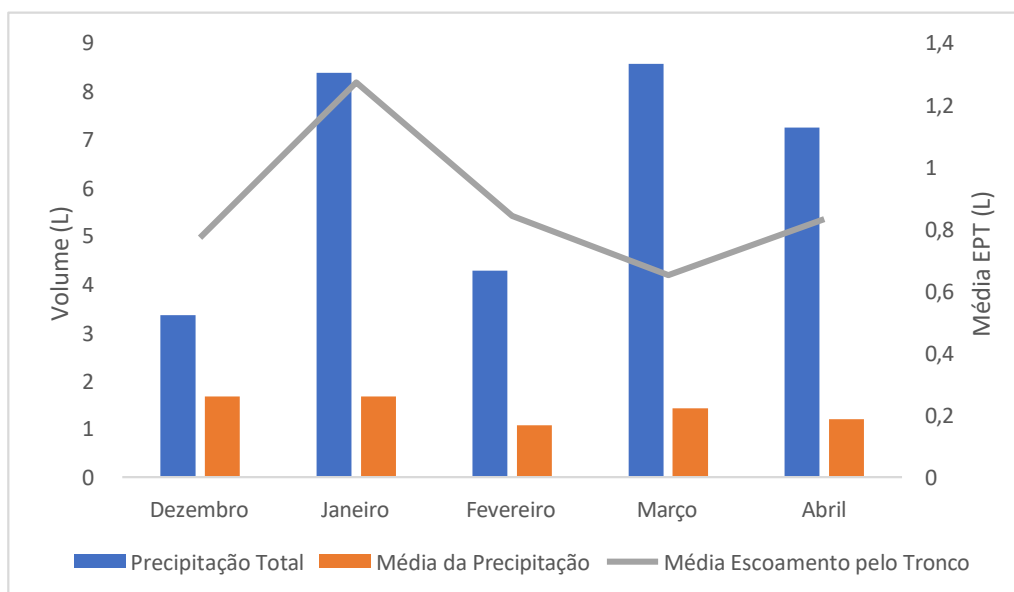


Figura 3. Volume mensal de precipitação em aberto, volume médio mensal de precipitação em aberto e volume médio mensal de escoamento pelo tronco (EPT, L) dos indivíduos arbóreos. Floresta de Terra Firme, Amazônia, Amapá-AP, Brasil. Fonte: Autores, 2023.

As concentrações de NO_2^- e NH_3 na precipitação em aberto foram comparadas com as concentrações presentes no escoamento pelo tronco, ou seja, após o processo de interceptação da água da chuva pelo dossel, considerando todos os indivíduos (Tabela 1). Constatou-se aporte de NO_2^- considerável no mês de fevereiro, com enriquecimento de 119,1 % em relação à concentração verificada na precipitação em aberto. Ressalta-se que o mês de fevereiro apresentou um dos menores volumes de chuva e de escoamento pelo tronco. Para o NH_3 , verificou-se enriquecimento após a interceptação em todos os meses, com maior valor registrado em março, com 569,3%. Estes resultados indicam que o volume de precipitação não determina a concentração de nutrientes que aporta ao solo florestal, nem tampouco a concentração de nutrientes presentes na precipitação, evidenciando o papel das espécies florestais no aporte de nutrientes ao solo florestal.

Tabela 1. Concentrações mensais de NO_2^- e NH_3 na precipitação em aberto, no escoamento pelo tronco e percentual de enriquecimento após a interceptação. Floresta de Terra Firme, Amazônia, Amapá-AP, Brasil. Fonte: Autores, 2023.

	P média (L)	EPT médio (L)	Concent ração de NO_2^- (mg/L) em P	Acrésci mo de concentr ação no EPT (mg/L)	Enriquec imento (%)	Concent ração de NH_3 (mg/L) em P	Acrésci mo de concentr ação no EPT (mg/L)	Enriquec imento (%)
Dezembr o	1,67	0,77	9,00	0,84	9,33	0,65	0,72	110,76
Janeiro	1,67	1,27	16,00	-4,28	-26,75	0,31	0,28	90,32

Fevereiro	1,07	0,84	14,00	16,68	119,14	0,28	1,14	406,14
Março	1,42	0,65	*	*	*	0,15	0,85	569,33
Abril	1,20	0,83	12,00	-1,76	-14,67	0,36	0,82	227,22

* medida não realizada

O montante de enriquecimento em NO_2^- após a interceptação aumentou significativamente nos meses de janeiro e fevereiro, conforme indicado no teste T. Quando comparadas as médias do início e do final do período chuvoso analisado constatou-se que não houve diferença significativa. Para o NH_3 ocorreu diminuição significativa e abrupta em janeiro, mas com acréscimos significativos nos meses seguintes, tanto em relação ao mês de janeiro como entre os períodos mensais considerados, confirmados pelo teste estatístico. Se considerado o início e o final do período chuvoso o teste T não apontou diferenças significativas.

Melo e Sá (2002), analisaram a concentração de alguns elementos, entre eles o nitrogênio total, em uma floresta tropical primária e encontraram concentrações maiores no início do período chuvoso, explicando que este padrão seria decorrente do acúmulo de material depositado durante o período menos chuvoso. Zhang et al. (2016) encontraram as maiores concentrações de nutrientes lixiviando a partir da primeira chuva para arbustos de ecossistemas desérticos

No presente estudo as concentrações não apresentaram diferenças estatísticas entre o primeiro mês de precipitação e o último (dezembro-abril) para ambos os elementos analisados, evidenciando que o enriquecimento a partir da vegetação é bastante relevante.

Os indivíduos contribuíram de formas distintas com o enriquecimento dos nutrientes após a interceptação, sendo que em alguns indivíduos a concentração média de NO_2^- (I2, I3, I5, I16, I17, I19, I20 e I24) após a interceptação da água da chuva foi menor, indicando absorção deste elemento em processos fisiológicos dessas espécies e também influenciado pelos seus status iônicos, conforme indicado por Talkner et al. (2010).

O mesmo ocorreu em relação a concentração de NH_3 , com valores médio menores do que a entrada via precipitação em aberto nos indivíduos I 7 e I19 (Figura 4).

Moraes et al, (2021) avaliando a precipitação efetiva em fragmento de floresta tropical e o aporte de nutrientes via escoamento pelo tronco de espécies arbóreas em diferentes períodos de precipitação pluviométrica verificaram que os aportes diferem entre as espécies, assim como o volume de escoamento pelo tronco.

Dawoe et al. (2018) verificaram concentrações de nutrientes menores no escoamento pelo tronco do que na precipitação em aberto, indicando que não houve enriquecimento de nutrientes ao solo a partir das espécies avaliadas, explicadas pela presença de musgos e líquenes nos troncos das árvores que acabam absorvendo os nutrientes impedindo que cheguem à superfície do solo.

Arcova et al. (2003) destacam que vários fatores, como área do dossel, tamanho das folhas, densidade e características da precipitação podem ser responsáveis por diferenças na magnitude desta interação água-floresta.

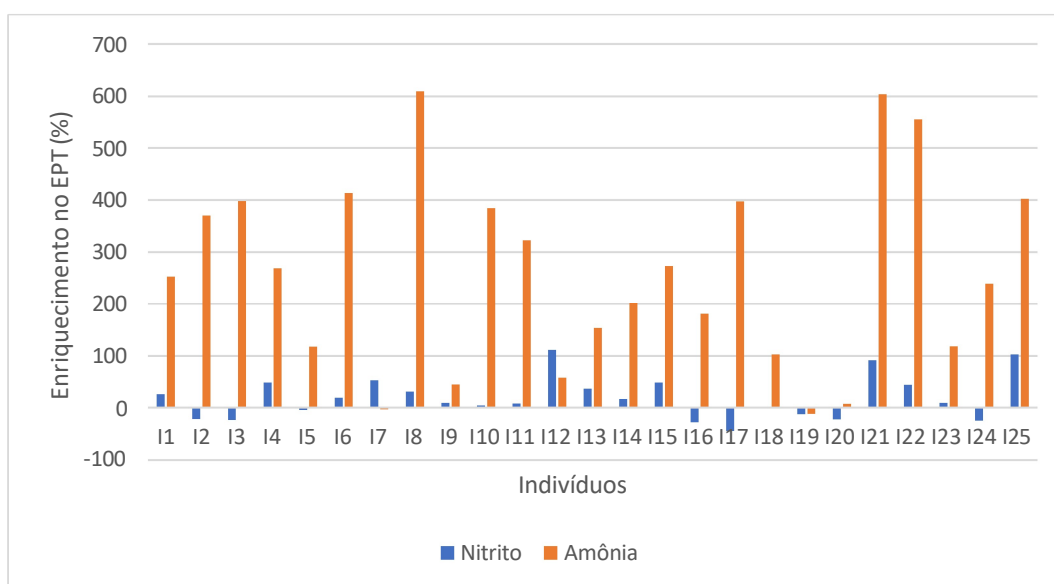


Figura 4. Enriquecimento de NO_2^- e NH_3 após a interceptação nos indivíduos arbóreos. Floresta de Terra Firme, Amazônia, Amapá-AP, Brasil. Fonte: Autores, 2023.

No entanto, na maioria dos indivíduos houve enriquecimento de nutrientes no escoamento pelo tronco, evidenciando que a lixiviação de nutrientes ocorre a partir da casca e dos

tecidos foliares, consistindo em uma fonte importante de nutrientes que são transportados ao solo.

A correlação de Pearson indicou que ambos os nutrientes apresentam alta correlação negativa com os volumes médios de escoamento pelo troco, com -0,68 para NO_2^- e -0,81 para NH_3 . Isso indica que o volume de escoamento não é determinante para a lixiviação de nutrientes, ou seja, a lixiviação é resultado da ocorrência de escoamento pelo tronco. Como serviço, o escoamento pelo tronco pode ser considerado uma fonte muito importante e rota de transferência de nutrientes para o solo, que mesmo representando uma pequena fração da precipitação em aberto quase sempre contribui para a zona de fluxo do solo da floresta o maior insumo de água e nutrientes (Ling-hao e Peng, 1998).

Van San e Gordon (2018) revisaram uma série de estudos que demonstram esta relação entre o escoamento pelo tronco e as concentrações de solutos ou elementos, indicando que em menores volumes de escoamento pelo tronco são verificadas altas concentrações de solutos. Muitos trabalhos demonstraram que o escoamento pelo tronco, mesmo que conduza baixos volumes de água aos solos próximos do troco pode conter até 100 vezes as concentrações de soluto da precipitação em aberto.

As concentrações de NO_2^- foram menores do que as de NH_3 em todos os indivíduos. Pathak e Singh (1984) indicam que elementos em sua forma iônica, como é o caso do NO_2^- , associados com tecido vegetal, geralmente são ciclados lentamente. Possivelmente, essa é a razão para as baixas concentrações de NO_2^- quando comparadas com NH_3 , que está em sua forma não iônica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O volume de precipitação e a concentração de nutrientes na precipitação em aberto não determinaram a concentração de nutrientes que aporta ao solo florestal, evidenciando o papel das espécies florestais no aporte de nutrientes ao solo florestal através do escoamento pelo tronco.

As concentrações não apresentaram diferenças estatísticas entre o primeiro mês de precipitação e o último (dezembro-abril) para ambos os elementos analisados, evidenciando que o enriquecimento a partir da vegetação é bastante relevante.

Os indivíduos contribuíram de formas distintas com o enriquecimento dos nutrientes após a interceptação, sendo que em alguns indivíduos a concentração média de nutrientes após a interceptação da água da chuva foi menor, indicando absorção deste elemento em processos fisiológicos dessas espécies e a influência de seus status iônicos.

Na maioria dos indivíduos houve enriquecimento de nutrientes no escoamento pelo tronco, evidenciando que a lixiviação de nutrientes ocorre a partir da casca e dos tecidos foliares, consistindo em uma fonte importante de nutrientes que são transportados ao solo.

REFERÊNCIAS

- ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V.; ROCHA, P.A.B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha – São Paulo. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p. 257-262, 2003.
- BENEDETTI, U; VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G.R.; MELO, V. F.; UCHÔA. Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos plioleistocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, norte Amazônico. **Revista brasileira de ciências do solo**, v. 35, p. 299-312, 2011.
- BESSI, D.; TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T. Rainfall partitioning in fragments of cerrado vegetation at different stages of conduction of natural regeneration. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 42, p. 1-11, 2018.
- CARNOL, M., BAZGIR, M.. Nutrient return to the forest floor through litter and throughfall under 7 forest species after conversion from Norway spruce. **For. Ecol. Manage.** v. 309, p. 66–75, 2013.
- DAWOE, E. K.; BARNES, V. R.; OPPONG, S. K. Spation-temporal dynamics of gross rainfall partitioning and nutriente fluxes in shaded-cocoa (*Theobroma cocoa*) systems in a tropical semi-deciduous forest. **Agroforestry Systems**, v. 92, n. 2, p. 397 – 413, 2018.
- FRANKEN, W.; LEOPOLDO, P.R.; MATSUI, E.; RIBEIRO, M. N. G. Interceptação das precipitações em floresta amazônica de terra firme. **Acta amazonica**, v. 12, p. 15-22, 1982.
- LACLAU, J.P.; RANGER, J.; NZILA, J. D.; BOUILLET, J.; PHILIPPE DELEPORTE, P. Nutrient cycling in a clonal stand of *Eucalyptus* and an adjacent savanna ecosystem in Congo: Chemical composition of the rainfall, throughfall and the stemflow solutions. **Forest Ecology and Management**, v.176, n.1/3, p.105-119, 2003.
- LING-HAO, L.; PENG, L. Throughfall and stemflow nutrient depositions to soil in a subtropical evergreen broad-leaved forest in the Wuyi mountains. **Journal of Environmental Sciences**, v. 10 (4), p. 426–432, 1984. □
- LORENZON, A. S. Processos hidrológicos em um fragmento de floresta estacional semidecidual no município de Viçosa. MG. Universidade Federal de Viçosa, p. 105–116, 2011.
- LUIZÃO, F.J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciência e Cultura**. v.59, p. 31-36, 2007.
- MARSHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press, p.116-130, 1995.
- MELO. V. S.; SÁ. T. D. A.; MÖLLER, M. R. F. Escoamento pelo tronco (EPT) em floresta primária explorada seletivamente na Amazônia Oriental. **Revista de ciências agrárias**. Belém, n 44, p. 97-106 jul./dez., 2005.

MORAIS, Y. Y. G. A.; FREIRE, F. J. LIMA, R. B. A. L.; ASSUNÇÃO, A. A.; LEÃO, S. L. M.; RALPH, L. N. Stemflow nutrient input in trees in a tropical forest in Pernambuco, Brazil. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 51, n. 3, p. 604-613, 2021.

MELO, V. F. SCHAEFER, C. E. G. R, FONTES, L. E. F, CHAGAS, A. C; LEMOS JÚNIOR, J. B & ANDRADE. R. P. Caracterização física, química e mineralógica de solos da Colônia Agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia) sob diferentes usos e após queima. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 30, p.1039-1050, 2006.

PATHAK, P.C.; PANDEY, A.N.; SINGH, J.S. Overland flow, sediment output and nutrient loss from certain forested sites in the central Himalaya, India. **Journal of Hydrology**, v.71, p.239-251, 1984.

SARI, V. PAIVA, E. M. C. D.; PAIVA, J. B. D. Interceptação da chuva em diferentes formações florestais na região sul do Brasil. **RBRH**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 65-79, 2016.

TALKNER, U.; KRAMER, I.; HÔLSCHER, D.; BEESE, F.O. Deposition and canopy exchange processes in central-German beech forests differing in tree species diversity. **Plant Soil** v.336, p.405-420, 2010.

TONELLO, K. C.; GASPAROTO, E. A. G.; SHINZATO, E. T.; VALENTE, R. O. A.; DIAS, H. C. T. Precipitação efetiva em diferentes formações florestais na Floresta Nacional de Ipanema. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 383 – 390, 2014.

VAN STAN, J.T., GORDON, D.A., Mini-Review: Stemflow as a Resource Limitation to Near-Stem Soils. **Front. Plant Sci.** v.9, p. 0–7, 2018.

ZHANG, Y.; WANG, X. ; PAN, Y.; HU, R. Variations of Nutrients in Gross Rainfall, Stemflow, and Throughfall Within Revegetated Desert Ecosystems. **Water Air Soil Pollut**, p. 227:183, 2016.

ZIMMERMANN, A.; GERMER, S.; NEILL, C.; KRUSCHE, A.V.; ELSENBEER, H. Spatio-temporal patterns of throughfall and solute deposition in an open tropical rain forest. **J Hydrol**, v. 360, p. 87-102, 2008.