

## ***Fluxo de nutrientes em precipitação direta e interna na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, Pará***

A precipitação é uma importante fonte de entrada de nutrientes para ecossistemas, principalmente em floresta tropical, que depende extremamente dessa fonte para a sua sobrevivência. A pesquisa objetivou quantificar os fluxos de potássio (K<sup>+</sup>), fósforo (P), cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>) e ferro (Fe<sup>2+</sup>) presentes na precipitação direta (PD) e precipitação interna (PI), e também verificar a influência do efeito de borda na composição química da PI. O estudo foi realizado na Floresta Nacional do Tapajós (FLONA Tapajós), no município de Belterra, Pará, na zona de influência da rodovia BR 163 (Santarém-Cuiabá), em duas áreas, km 67 e km 126. Para a realização da amostragem delimitou-se um transecto, da borda até 100 m dentro da floresta, onde as coletas de PI ocorreram nas bordas da FLONA e de PD nas respectivas zonas de entorno. Somente no km 67, também, foram considerados os fluxos de nutrientes presentes na PI, do centro da FLONA Tapajós. O fluxo de nutrientes, de uma forma geral, mostrou a ordem decrescente: K<sup>+</sup>>Ca<sup>2+</sup>>Mg<sup>2+</sup>>P>Fe<sup>2+</sup>. Foi possível verificar que a PI é uma importante fonte de entrada para potássio e que as atividades de agricultura de grande porte influenciam expressivamente a composição química da PI, na zona de planalto e da FLONA Tapajós.

**Palavras-chave:** Região Amazônica; Floresta Tropical; Qualidade da Água.

## ***Flux of nutrients in rainfall and throughfall in the Tapajós National Forest, Belterra, Pará***

The rainfall is an important source of nutrients to ecosystems, especially in Tropical forest, which is extremely dependent on this source for their survival. The objective of this research was to quantify the of potassium (K<sup>+</sup>), phosphorus (P), calcium (Ca<sup>2+</sup>), magnesium (Mg<sup>2+</sup>) and iron (Fe<sup>2+</sup>) flux present in the direct precipitation (PD) and throughfall (PI) and also to verify the influence of the edge effect on the chemical composition of PI. The study was conducted in the Tapajós National Forest (FLONA Tapajós), in Belterra town, Pará, in the zone of influence of highway BR-163 (Santarém-Cuiabá), in two areas, km 67 and km 126. For the realization of the sampling outlined a transect, from the edge up to 100 m inside the forest, where the collections of PI occurred on the edges of the FLONA and PD in the respective surrounding areas. Only at km 67, also, were considered the flows of present nutrients in the PI, in FLONA Tapajós center. The nutrients flow, in general, showed the decreasing order: K<sup>+</sup>>Ca<sup>2+</sup>>Mg<sup>2+</sup>>P>Fe<sup>2+</sup>. It was possible to verify that the PI is an important source for potassium and that large-scale agriculture activities influence significantly the chemical composition of PI, in the zone of the plateau and FLONA Tapajós.


**Keywords:** Water Quality; Tropical Forest; Amazon Region.


Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**


Received: **10/04/2018**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Approved: **24/05/2018**

Elen Kericy Siqueira da Cruz   
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4610172462770384>  
<http://orcid.org/0000-0002-9870-0798>  
[elenkericy@gmail.com](mailto:elenkericy@gmail.com)

Raimundo Cosme de Oliveira Júnior   
Embrapa Amazônia Oriental, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/6425044612146340>  
<http://orcid.org/0000-0002-2735-1746>  
[raimundo.oliveira-junior@embrapa.br](mailto:raimundo.oliveira-junior@embrapa.br)

Troy Patrick Beldini   
Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4839442418020669>  
<http://orcid.org/0000-0001-8024-8361>  
[tpbeldini@yahoo.com](mailto:tpbeldini@yahoo.com)

Alessandra Damasceno da Silva  
Centro Universitário Luterano de Santarém, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7103259011324055>  
[sda.alessandra@gmail.com](mailto:sda.alessandra@gmail.com)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2018.004.0006

### **Referencing this:**

CRUZ, E. K. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, R. C.; BELDINI, T. P.; SILVA, A. D..  
Fluxo de nutrientes em precipitação direta e interna na Floresta Nacional Do Tapajós, Belterra, Pará. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.4, p.73-82, 2018. DOI:  
<http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.004.0006>

## INTRODUÇÃO

Os estudos das formas de entradas de nutrientes de florestas tropicais são de grande importância, tendo em vista que se trata de um meio que, geralmente, apresenta solos ácidos e baixa reserva de nutrientes (CHANG et al., 2017). Cada elemento químico, em uma floresta apresenta um complexo ciclo compostos de vias de entradas e saídas (OZIEGBE et al., 2011). Em ecossistema florestal, as principais vias de entradas de nutrientes são por decomposição de liteira, o intemperismo do solo e a precipitação pluviométrica (LUIZÃO, 2007).

A PD é a chuva que incide diretamente no solo, enquanto que, a PI é a água que escorre entre as copas das árvores, em direção ao piso florestal (SHINZATO et al., 2011). Ao escorrer, a água arrasta o material acumulado na superfície das copas para o solo, nesse material há a presença de nutrientes, além de outros elementos químicos (TOBÓN et al., 2004). A PI é uma importante via de entrada de nutrientes em ecossistema florestal, haja visto que essa água é enriquecida pelo material acumulado da superfície das árvores (LUIZÃO, 2007).

O material existente na superfície arbórea é composto de substâncias expelidas pelo metabolismo vegetal, além de partículas e aerossóis provindos de deposição seca (DS) (SCHEER, 2009; LUIZÃO, 2007), sendo esse último, o fator de maior interferência para a PI (AGUILLAUME et al., 2016). A DS pode ocasionar efeitos benéficos ou maléficis para o ambiente e as principais formas de contribuições para a DS são por ação humana (DINIZ et al., 2013). As atividades antrópicas podem liberar poluentes e nutrientes para a floresta (CARNOL et al., 2013).

A FLONA Tapajós, na zona de planalto, limita-se a leste com a rodovia Santarém/Cuiabá (BR 163), em um percurso de 165 km; nesse trecho há um contraste entre a cobertura vegetal e a zona de entorno (à leste da floresta). Em consequência, A FLONA é suscetível aos efeitos de bordas ocasionados pelo diferentes usos das terras existentes nas áreas de entorno (IBAMA, 2004). É de grande importância levar em consideração essa fragmentação, pois, as atividades de agricultura intensiva são importantes fontes de material para a DS (ARTAXO et al., 2014).

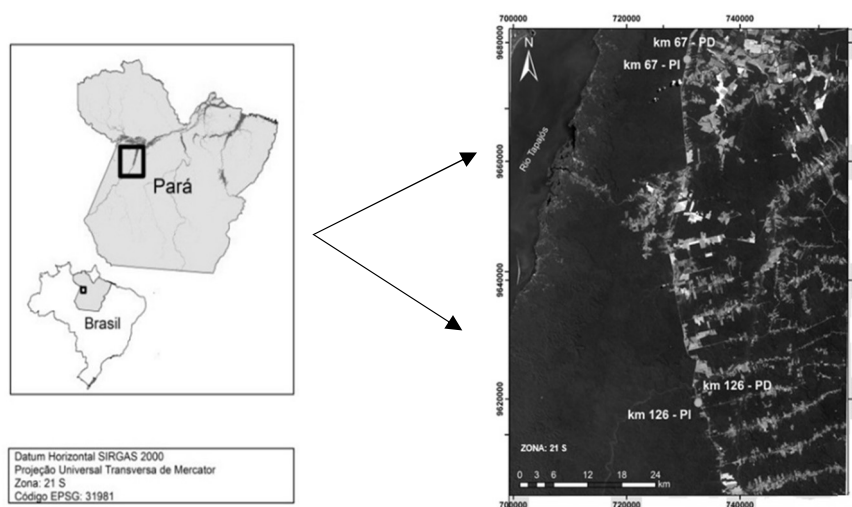
Os estudos que envolvem o fluxo de nutrientes na precipitação são de extrema importância, haja visto que o conhecimento dos atributos químicos que chegam ao solo pode auxiliar na compreensão de problemas relacionados com a deficiência nutricional e a toxidez em ecossistemas florestais (DINIZ et al., 2013). A pesquisa objetivou quantificar os fluxos de  $K^+$ ,  $P$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Fe^{2+}$  presentes na PD e PI e verificar a influência do efeito de borda na composição química da PI.

## METODOLOGIA

### Localização e caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado no planalto do município de Belterra, Pará, Brasil. Na zona de influência da rodovia BR 163 (Santarém-Cuiabá), em duas áreas da rodovia localizadas, respectivamente, a 67 km e 126

km de distância da sede do município de Santarém, Pará de coordenadas 0732644 9619342 e 0732665 9619530 UTM, Zona 21 S, dentro da FLONA Tapajós (Figura 1).



**Figura 1:** Área de estudo na FLONA Tapajós e zona de entorno.

A classificação climática é do tipo Am, segundo Koppen, de clima tropical (RUSCHEL, 2008). De temperaturas médias oscilando entre 28º C e 29º C e precipitação pluviométrica anual de aproximadamente 2.000 mm. O período de dezembro a junho é o de maior volume de chuvas em comparação com outros meses (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2001).

A vegetação é alterada do tipo secundária com desmatamento de ambientes fitoecológicos de floresta ombrófila densa (VELOSO et al., 1991), de árvores predominante de grande porte e fisionomia de dossel semelhantes em estadios de emergência (IBAMA, 2004). Os solos na categoria de Latossolo Amarelo Distrófico (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2001; IBAMA, 2004), geralmente álicos e pobres em nutrientes, sobretudo de P, K e Mg (RODRIGUES et al., 2001).

### Coleta de dados

Para a realização da amostragem delimitou-se um transecto, da borda da FLONA Tapajós até 100 m da zona de entorno, a leste da floresta, a 5 km de distância da borda. Assim, as coletas de PI ocorreram nas bordas da FLONA Tapajós no km 67 (B67) e no km 126 (B126) e de PD nas respectivas zonas de entorno, em campo aberto. Para as coletas foram utilizados frascos de plásticos de 2 L, com medida volumétrica, para facilitar a quantificação da lâmina de precipitação. Em cada frasco foi acoplado um funil de 110 mm de diâmetro.

Os coletores foram instalados um metro acima do solo e aleatoriamente dispersos numa área de 100 x 100m, sendo utilizados doze coletores para PI e oito para PD. As coletas ocorreram mensalmente no período de abril/2016 a dezembro/2016. No período, do estudo (nove meses) obtiveram-se 27 amostras compostas de PI na B67, na B126 e de PD totalizando 81 amostras.

Os métodos do estudo foram baseados e adaptados de Oliveira Junior et al. (2015). Como auxílio para verificação da influência do efeito de borda, somente no km 67 foram considerados fluxos do centro da

FLONA Tapajós (C67) obtidos a uma distância de 5 km da borda, onde os dados deste local foram cedidos por Oliveira Junior et al. (2015).

### Análises químicas

As análises químicas foram embasadas e adaptadas de Gordon et al. (2000). No qual iniciou com a verificação do pH, por medidor digital, marca Instrutherm, com precisão de  $\pm 0,05$ . Para aguardo das posteriores análises as amostras ficaram congeladas, a uma temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ . A concentração dos íons foram obtidos por fotômetro multiparâmetro, modelo HI 83200, marca Hanna Instruments Inc. (Tabela 1).

**Tabela 1:** Métodos e escalas específicos, fotômetro Hanna, modelo HI 83200.

Elemento	Método	Escala (mg/L)
K+	Turbidimétrico Tetrafenilborato	20-200
P	Ácido Amino	0-30
Mg <sup>2+</sup>	Calmagita	0-150
Ca <sup>2+</sup>	Adaptação do método oxalato	0-400
Fe <sup>2+</sup>	Fenantrolina	0-5
Al <sup>3+</sup>	Aluminon	0-1

### Análises de dados

O fluxo dos elementos foi calculado em  $\text{kg ha}^{-1}$  em função da equação:  $F(\text{PI ou PD}) = X * P(\text{PI ou PD})/100$ , onde X é a concentração do íon (mg/L) e P o volume da precipitação (mm) (Oliveira Junior et al., 2015). A precipitação em milímetros foi calculada dividindo o volume de amostra do coletor (ml) com a área do funil:  $P(\text{mm}) = \text{volume coletor}/\text{área do funil}$ . A Interceptação I (%) da precipitação interna com base de Oliveira Junior et al. (2015) foi estimada pela equação:  $I = ((\text{PD}-\text{PI})/\text{PD}) * 100$ ; no qual PD é o volume de precipitação direta (mm) e PI o volume de precipitação interna (mm).

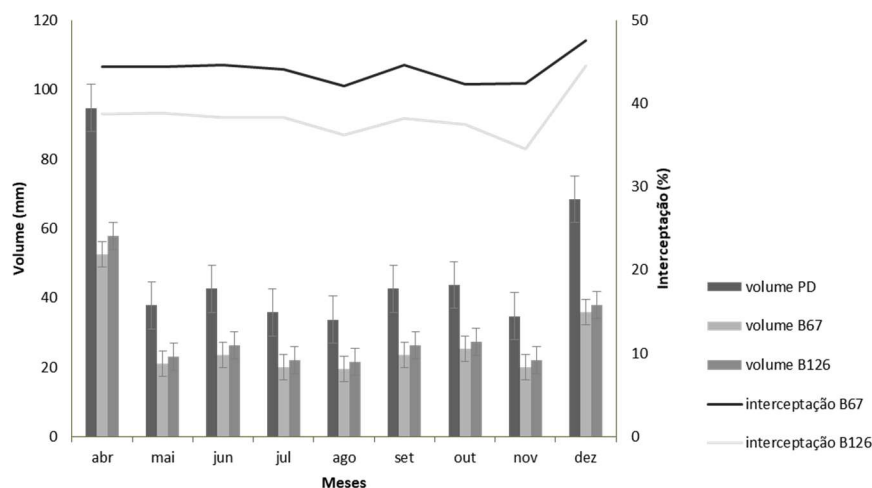
### Análises estatísticas

As comparações dos fluxos de nutrientes, alumínio e pH foram realizadas por ANOVA Fatorial. Para verificação da correlação das variáveis foi aplicado matriz de correlação de Pearson e também o teste de regressão linear. Para extração de componentes principais foi usado a rotação varimax com normalização de Kaiser. As intensidades das correlações seguiram as diretrizes de Ayres et al. (2007). Para a realização das análises foram utilizados os softwares estatísticos: BioEstat 5.0 e SPSS Statistcs 22.

## RESULTADOS

### Volume e interceptação

O volume mensal de PD foi maior que a precipitação incidente nas bordas (Figura 2). Entre o volume de bordas não houve diferenças significativas. No geral, os volumes foram superiores nos meses de dezembro e abril e inferiores nos meses de julho e agosto. As interceptações de cada borda, não apresentou correlação forte com o volume de precipitação. A interceptação da B67 ficou em torno de 44, 05% e da B126 em 38,55%.



**Figura 2:** Intercepção e volume de precipitação e intercepção nas bordas da FLONA Tapajós e suas respectivas zonas de entorno.

### Fluxo de nutrientes, alumínio e pH

Apesar de não diferir estatisticamente entre si (ANOVA Fatorial), a B126 mostrou o pH levemente mais baixo no decorrer do estudo do que a B67 (Tabela 1). O pH para PI da B67 mostrou índices mais altos do que a B126 e a PD. O alumínio não apresentou diferenças expressivas entre as precipitações, na PD apresentou maiores fluxos no mês de abril e agosto e nas bordas no mês de dezembro (Tabela 2).

Os fluxos dos nutrientes na precipitação da B67 exibiu a sequência decrescente de:  $K^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+} > P > Fe^{2+}$ . Para a precipitação da B126 a sequência foi:  $K^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+} > P > Fe^{2+}$ . A PD exibiu o padrão de:  $K^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+} > P > Fe^{2+}$  (Tabela 2). Os dados cedidos por Oliveira Junior et al. (2015) referentes os componentes químicos da precipitação no C67 permitiram esclarecimentos referentes ao aporte dos nutrientes no âmbito borda e o centro florestal (Tabela 2).

**Tabela 2:** Fluxos de nutrientes (média  $\pm$  erro padrão) em  $kg\ ha^{-1}$  (Continua).

PD							
	K +	P	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	pH
abr	14 $\pm$ 6.1	0.05 $\pm$ 0.04	3.95 $\pm$ 0	0	0.22 $\pm$ 0.06	0.01 $\pm$ 0.001	4.80 $\pm$ 0.15
mai	11.5 $\pm$ 1.5	0.11 $\pm$ 0.09	0	4.2 $\pm$ 2.4	0.02 $\pm$ 0.02	0.007 $\pm$ 0.006	5.89 $\pm$ 0.15
jun	3.5 $\pm$ 0.66	0.03 $\pm$ 0.002	0.4 $\pm$ 0.4	3.9 $\pm$ 0.77	0	0.0	5.72 $\pm$ 0.04
jul	11.3 $\pm$ 3.3	0.19 $\pm$ 0.09	1.33 $\pm$ 0.4	6 $\pm$ 3.04	0.02 $\pm$ 0.002	0.006 $\pm$ 0	6.16 $\pm$ 0.09
ago	2.6 $\pm$ 0.3	0.14 $\pm$ 0.07	0.65 $\pm$ 0.3	1.3 $\pm$ 1.3	0.06 $\pm$ 0	0.006 $\pm$ 0.003	5.30 $\pm$ 0.07
set	3.54 $\pm$ 0	0.05 $\pm$ 0	1.6 $\pm$ 0.4	2.36 $\pm$ 2.3	0.005 $\pm$ 0.008	0.007 $\pm$ 0.003	5.90 $\pm$ 0.11
out	3.8 $\pm$ 0	0.1 $\pm$ 0	0	0	0	0.01 $\pm$ 0	4.92 $\pm$ 0.55
nov	3.5 $\pm$ 1.2	0.12 $\pm$ 0.06	0.6 $\pm$ 0.3	0.6 $\pm$ 0.3	0	0	4.78 $\pm$ 0.51
dez	5.9 $\pm$ 1	0.18 $\pm$ 0.06	2.3 $\pm$ 0.6	1.2 $\pm$ 0	0	0.003 $\pm$ 0.001	5.88 $\pm$ 0.25
B126							
	K +	P			Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>
abr	7.7 $\pm$ 0.5	0.26 $\pm$ 0.11	5.8 $\pm$ 0	4.8 $\pm$ 3.1	0.07 $\pm$ 0.04	0.017 $\pm$ 0.002	4.92 $\pm$ 0.14
mai	2.7 $\pm$ 0.3	0.16 $\pm$ 0.04	1.1 $\pm$ 0.66	0	0.02 $\pm$ 0.02	0	6.19 $\pm$ 0.05
jun	3 $\pm$ 0.44	2.1 $\pm$ 0.02	2.2 $\pm$ 1.01	0.8 $\pm$ 0.8	0.007 $\pm$ 0.006	0.005 $\pm$ 0.002	5.75 $\pm$ 0.06
Jul	3.7 $\pm$ 0.3	0.09 $\pm$ 0.05	1.5 $\pm$ 0.86	4.42 $\pm$ 3.3	0.006 $\pm$ 0.006	0.006 $\pm$ 0.004	6.19 $\pm$ 0.07
ago	2.5 $\pm$ 0.04	0.06 $\pm$ 0.04	1.8 $\pm$ 0.36	0	0.004 $\pm$ 0.002	0.002 $\pm$ 0	5.13 $\pm$ 0.09
set	3.94 $\pm$ 0	0.11 $\pm$ 0.09	3.06 $\pm$ 0.44	0.8 $\pm$ 0.8	0	0.002 $\pm$ 0	5.83 $\pm$ 2.96
out	4.09 $\pm$ 0.27	0.06 $\pm$ 0.08	3.07 $\pm$ 0.27	3.4 $\pm$ 2.1	0.01 $\pm$ 0.008	0	5.33 $\pm$ 0.15
nov	3.68 $\pm$ 1.48	0.17 $\pm$ 0.01	0.37 $\pm$ 0.37	0.26 $\pm$ 0.11	0.05 $\pm$ 0.002	0.004 $\pm$ 0.002	4.98 $\pm$ 0.09
dez	7.58 $\pm$ 1.09	0.17 $\pm$ 0	3.16 $\pm$ 0.64	0.16 $\pm$ 0.04	0	0.01 $\pm$ 0.002	5.37 $\pm$ 0.16

**Tabela 2:** Fluxos de nutrientes (média  $\pm$  erro padrão) em kg ha<sup>-1</sup> (Conclusão).

B67							
	K <sup>+</sup>	P	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	pH
abr	15 $\pm$ 0.66	0.2 $\pm$ 0.13	5.9 $\pm$ 1.7	0	0.1 $\pm$ 0.09	0.014 $\pm$ 0.002	5.31 $\pm$ 0.21
mai	28.3 $\pm$ 6.8	0.4 $\pm$ 0.1	3.14 $\pm$ 1.6	2.52 $\pm$ 2.53	0.15 $\pm$ 0.03	0.007 $\pm$ 0	5.21 $\pm$ 0.05
jun	7.1 $\pm$ 1.4	0.02 $\pm$ 0.004	4.26 $\pm$ 2.13	7.1 $\pm$ 5.11	0.09 $\pm$ 0.04	0.013 $\pm$ 0.002	6 $\pm$ 0.11
jul	43 $\pm$ 14.3	0.17 $\pm$ 0.08	1.19 $\pm$ 0.6	14.3 $\pm$ 4.11	0.05 $\pm$ 0.04	0.007 $\pm$ 0.001	6.32 $\pm$ 0.06
ago	5 $\pm$ 0.33	0.14 $\pm$ 0.07	2.24 $\pm$ 1.11	0	0.01 $\pm$ 0.01	0.007 $\pm$ 0.003	5.21 $\pm$ 0.08
set	5.7 $\pm$ 0.72	0.08 $\pm$ 0.05	2.8 $\pm$ 1.4	2.8 $\pm$ 1.4	0.05 $\pm$ 0.04	0.008 $\pm$ 0.006	5.71 $\pm$ 0.16
out	14.5 $\pm$ 6.9	0.21 $\pm$ 0.2	1.4 $\pm$ 1.44	4.3 $\pm$ 2.01	0	0	5.56 $\pm$ 0.07
nov	9.2 $\pm$ 4.9	0.35 $\pm$ 0.11	1.73 $\pm$ 0,3	0	0.1 $\pm$ 0.09	0	5.40 $\pm$ 0.24
dez	13.7 $\pm$ 1.1	0.43 $\pm$ 0.34	4.5 $\pm$ 1.16	0	0	1.00 $\pm$ 0.004	5.30 $\pm$ 0.21
C67*							
	P	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	pH		
abr	0,4 $\pm$ 0,2	2,58 $\pm$ 0,72	1,35 $\pm$ 0,01	2,25 $\pm$ 0,08	6,3 $\pm$ 0,17		
mai	1 $\pm$ 0,5	2,35 $\pm$ 0,52	1,63 $\pm$ 0,20	2,80 $\pm$ 0,24	6,4 $\pm$ 0,23		
jun	0,05 $\pm$ 0,01	2,09 $\pm$ 0,04	0,80 $\pm$ 0,04	1,08 $\pm$ 0,10	6,6 $\pm$ 0,21		
jul	0,05 $\pm$ 0,04	2,34 $\pm$ 0,26	0,85 $\pm$ 0,02	1,17 $\pm$ 0,11	6,9 $\pm$ 0,21		
ago	0,05 $\pm$ 0,02	2,73 $\pm$ 0,11	0,96 $\pm$ 0,04	1,19 $\pm$ 0,21	6,1 $\pm$ 0,35		
set	0,07 $\pm$ 0,06	2,47 $\pm$ 0,37	0,75 $\pm$ 0,11	1,02 $\pm$ 0,05	6,2 $\pm$ 0,66		
out	0,4 $\pm$ 0,2	3,12 $\pm$ 0,65	1,05 $\pm$ 0,25	1,25 $\pm$ 0,15	6,2 $\pm$ 0,44		
nov	0,5 $\pm$ 0,32	2,83 $\pm$ 1,02	1,03 $\pm$ 0,44	1,32 $\pm$ 0,44	6,0 $\pm$ 0,63		
dez	0,23 $\pm$ 0,16	5,05 $\pm$ 2,20	2,74 $\pm$ 0,71	4,19 $\pm$ 2,24	5,6 $\pm$ 0,46		

\* Extraído e adaptado de Oliveira Jr et al. (2015).

### Interações entre os fatores

Com a aplicação da análise de componentes principais foi possível identificar três fatores de maior influência na variância do fluxo de nutrientes e alumínio na precipitação da B67 (Tabela 3). O primeiro componente, com coeficiente de variância de 50% foi atribuído ao uso de fertilizante nos agrossistemas das redondezas do km 67. Para o segundo componente foi conferido ao material fornecido por suspensão de solo, pois os nutrientes de maior relação para esse fator foram os elementos Fe<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup>. O terceiro componente sugeriu-se que seja por influência de queimadas, uma vez que esse componente exerceu controle em magnitudes menores que o primeiro sobre os macronutrientes.

**Tabela 3.** Componentes de influência dos nutrientes e alumínio na PI da FLONA Tapajós B67.

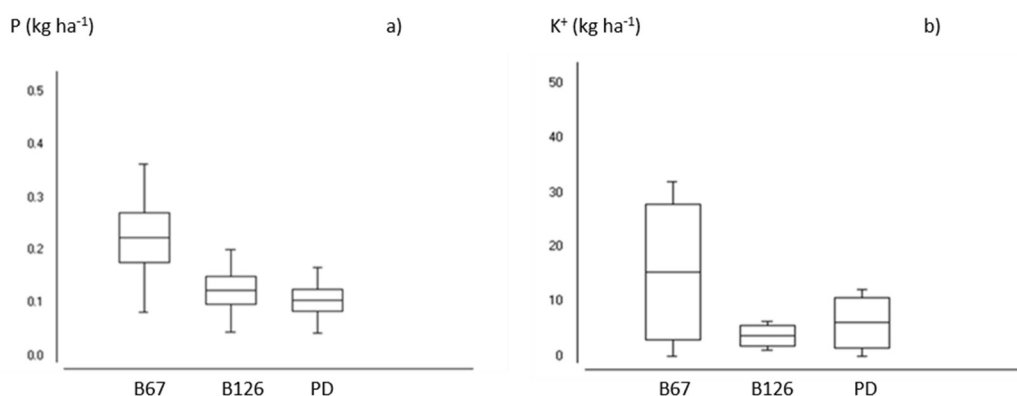
Matriz de componente rotativa				
	Fertilizantes	Suspensão do solo	Queimadas	Comunalidades
K <sup>+</sup>	0.997	-0.050	0.056	0.999
P	0.997	-0.050	0.056	0.999
Mg <sup>2+</sup>	0.997	-0.050	0.056	0.999
Ca <sup>2+</sup>	-0.148	-0.118	-0.757	0.608
Fe <sup>2+</sup>	-0.084	0.993	0.061	0.998
Al <sup>3+</sup>	-0.041	0.995	0.016	0.993
Componentes	1º	2º	3º	
Variância (%)	50,073	25,049	15,859	Variância (%)

\*Extração de componente principal utilizando rotação varimax com normalização de Kaiser.

### Fluxo de nutrientes em precipitação (bordas / campo aberto)

A análise de variância detectou diferenças significativas apenas nos fluxos de potássio e fósforo. A precipitação da B67 mostrou maior fluxo de fósforo em relação à precipitação da B126 e da PD, com diferença significativa de F=6,35 e p= <0,05 (Figura 3). O potássio entre a PD e PI da B67 demonstrou divergências significativas (F= 7,16; p<0,05), no qual a chuva de campo aberto apresentou menor fluxo de potássio que a

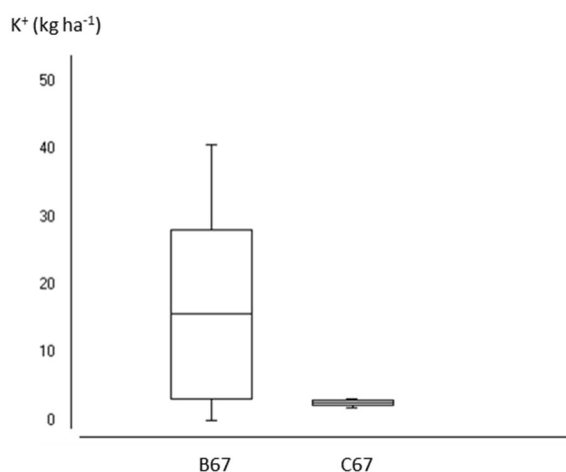
B67. Também ocorreram diferenças expressivas ( $F=7,16$ ;  $p<0,01$ ) entre os fluxos das bordas, no qual a B126 apresentou menor fluxo e B67 maior fluxo (Figura 3).



**Figura 2:** Comportamento dos fluxos de nutrientes a) fluxo de fósforo b) fluxo de potássio.

### Fluxo de nutrientes em precipitação (borda/centro)

Em relação ao fluxo de nutrientes incidentes na PI do C67 houve diferenças significativas no fluxo de  $K^+$  [ $F=9,38$ ;  $p < 0,05$ ] (Figura 4) O potássio da B67 foi superior do fluxo presente no C67. Os demais nutrientes não apresentaram diferenças significativas.



**Figura 4:** Fluxo de  $K^+$  na borda e no centro da FLONA Tapajós km 67.

## DISCUSSÃO

### Volume e interceptação

Os valores de interceptação, nas duas bordas tiveram um índice maior de 40%, valor alto em relação aos outros estudos como o realizado por Scheer (2009), em uma floresta ombrófila densa, que exibiu a interceptação em torno de 14% e foi menor em relação ao estudo realizado por Ferreira et al. (2005), no qual a interceptação chegou a 77,7%.

As interceptações de cada borda, não apresentou correlação forte com o volume de precipitação, ou seja, o grau de interceptação das bordas é também influenciado por outras variáveis desconhecidas. Em estudos semelhantes frequentemente a interceptação possui uma correlação alta com o volume de precipitação, como no caso de uma área de floresta e de plantação de *Pinus* em uma pesquisa realizada por

Calux et al. (2012), no qual a tendência foi o aumento do volume de PI e proporcionalmente a diminuição de interceptação. O volume encontrado foi menor em relação a um em estudo realizado na Amazônia Central, que mostrou em um período de 14 meses, 2721 mm na PI (FERREIRA et al., 2005).

### **Fluxo de nutrientes, alumínio e pH**

O pH das amostras florestais foram semelhantes as encontradas por Chiwa et al. (2004) e menor que o estudo de Marques et al. (2015) em uma floresta ombrófila densa. Na precipitação da B67 apresentou maior constância do que o pH da PD e precipitações da B126. É proposto que as copas das árvores tenham apresentado material alcalino elevando levemente o pH da B67 e o mantendo constante.

O potássio mostrou maior fluxo que o fósforo, o mesmo resultado foi encontrado por Gordon et al. (2000) que observou a abundância do potássio, em relação a outros nutrientes, sendo que os maiores fluxos encontravam-se na PI. A alta concentração do potássio pode ser explicada por sua alta mobilidade, elevada concentração na superfície foliar e fácil propensão para lixiviação (DEZZEO et al., 2006) e também pela propensão de influência por DS oriundo de emissões antrópicas e biogênicas (LUIZÃO, 2007).

Também houve diferença significativa ( $p=0,05$ ) para o fluxo de potássio presente nas precipitações de bordas, pois, a PI da borda do km 67 apresentou maiores concentrações em comparação a precipitação das outras áreas de estudo. É sugerido que o efeito de borda tenha influenciado esse comportamento, haja vista que a PI da borda do km 67 apresentou índices elevadíssimos de potássio, em comparação com o centro da FLONA, também no km 67 e com a outra borda no km 126. Convém lembrar que as bordas destes dois locais apresentam diferentes tipos de usos de solo na área de entorno, no km 67 com atividade de agricultura empresarial do tipo convencional e do km 126 com atividades de agricultura familiar.

Entre os macronutrientes analisados, o P foi que mostrou menor fluxo; esse comportamento foi o mesmo verificado por Dezzeo et al. (2006), que explicam esse comportamento pelas características da floresta tropical, que geralmente apresenta baixa reserva do nutriente, na composição natural do solo e nos próprios tecidos vegetativos.

O fluxo de fósforo também exibiu diferenças significativas entre a PI da borda no km 67 (maior), com a precipitação da borda do km 126 (menor) e com a PD (menor), comportamento semelhante do fluxo de  $K^+$ . Também é indicado que as intensas atividades agrícolas existentes no km 67 tenham favorecido essa alta concentração na B67. É possível que o material resultante das práticas agrícolas no entorno da FLONA, no km 67, tenham liberado partículas que foram depositadas na margem.

Tanto o fluxo de  $K^+$  e P mostraram diferenças expressivas entre a PI e PD, o mesmo comportamento foi identificado por Sánches et al. (2016). O fluxo de  $K^+$  observado neste estudo foi superior ao encontrado por Dezzeo et al. (2006) e Scheer (2009) e semelhante ao estudo de Marques et al. (2015). O fluxo de P foi elevado em comparação a pesquisa de Diniz et al. (2013) e menor do que o achado em PI, em uma unidade de conservação, por Sánches et al. (2016).

O fluxo de cálcio na PD foi superior o encontrado na B126 o que pode ser em decorrência da absorção do elemento pelos componentes arbóreos da borda, o mesmo comportamento ocorreu em uma vegetação



de uma floresta ombrófila densa no litoral do Paraná onde ocorreu a diminuição do cálcio na PI conforme Souza et al. (2010).

O magnésio apresentou fluxos mais altos na PI nas duas áreas de estudos, na B67 que apresentou índices mais altos, o fluxo foi inferior o encontrado em um estudo realizado por Diniz et al. (2013) e maior do que o detectado em uma floresta de submontana (MARQUES et al. 2015). O ferro e o alumínio observados, no estudo desempenharam relevantes funções como indicadores de possíveis fatores de influência de variância, que foi atribuído a suspensão do solo (Tabela 3). Sugere-se que o revolvimento do solo seja por aração, gradagem e limpeza dos solos podem ter desencadeado particulados contribuintes para o processo de DS para a B67.

Os óxidos de ferro e alumínio apresentam baixa mobilidade em solos superficiais, no qual se concentram em maior escala na superfície do solo (MARTINS et al. 2011). Destaque-se, que a composição natural do solo, da área de estudo há relevantes concentrações desses elementos, pela presença de sesquióxido de ferro e alumínio (RODRIGUES et al., 2001).

O fluxo de ferro, assim como demais elementos apresentaram maiores índices na PI da B67, de acordo com Oliveira et al. (2005), o ciclo atmosférico de metais traços, como ferro, cobre e zinco, é relevantemente influenciado pelas atividades antropogênicas e as possíveis fontes envolvem a contaminação de fertilizantes e pesticidas.

## CONCLUSÕES

A precipitação interna mostrou-se como uma importante via de entrada para os macronutrientes principalmente o potássio. Os fluxos de K<sup>+</sup> e P foram os nutrientes mais propensos a influências de atividades agrícolas. Com resultados estatísticos a deposição de K<sup>+</sup> via precipitação mostrou ser um relevante indicador da ocorrência de efeito de borda no km 67 da FLONA Tapajós. A precipitação da FLONA Tapajós demonstrou suscetibilidade, as atividades antrópicas do seu entorno.

## REFERÊNCIAS

AGUILLAUME, L.; RODRIGO, A.; AVILA, A.. Long-term effects of changing atmospheric pollution on throughfall, bulk deposition and streamwaters in a Mediterranean forest. **Science of the Total Environment**, v.544, p.919-928, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.017>

ARTAXO, P.; DIAS, M. A. F. S.; NAGY, L.; LUIZÃO, F.; CUNHA, H. B.; QUESADA, C. A. N. MARENGO, J. A.; KRUSCHE, A.. Perspectivas de pesquisas na relação entre clima e o funcionamento da floresta Amazônica. **Ciência Cultura**, v.66, n.3, 2014.

AYRES, M.; AYRES JR., M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. S.. **BioEstat aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas**. 5 ed, 2007.

CALUX, J.; THOMAZ, E.. Interceptação e precipitação interna: comparação entre floresta ombrófila mista e Pinus elliotii var. elliotti. **GEO Ambiente**, n.19, p.01-16, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i19.26049>

CARNOL, M.; BAZGIR, M.. Nutrient return to the forest floor through litter and throughfall under 7 forest species after conversion from Norway spruce. **Forest Ecology and Management**, v.309, p.66-75, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.04.008>

CHANG, C. T.; WANG, L. J.; HUANG, J. C.; LIU, C. P.; LIN, N. H.; WANG, L.; LIN, T, C.. Precipitation controls on nutrient budgets in subtropical and tropical forests and the implications under changing climate. **Advances in Water Resources**, v.103, p.44-50, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2017.02.013>

CHIWA, M.; CROSSLEY, A.; SHEPPARD L. J.; SAKUGAWA, H.; CAPE, J. N.. Throughfall chemistry and canopy interactions in a Sitka spruce plantation sprayed with six different simulated polluted mist treatments. **Revista Elsevier**, v.127, p.57-64, 2004. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(03\)00259-8](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(03)00259-8)

DEZZEO, N.; CHACON, N.. Nutrient fluxes in incident rainfall, throughfall, and stemflow in adjacent primary and secondary forests of the Gran Sabana, southern Venezuela. **Forest Ecology and Management**, v.234, p.218–226, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.07.003>

DINIZ, A. R.; PEREIRA, M. G.; BALIEIRO, F. C.; MACHADO, D. L.; MENEZES, C. E.. Precipitação e aporte de Nutrientes em diferentes estádio sucessionais de floresta atlântica, Pinheiral/RJ. **Ciência Florestal**, v.23, p.389-399, 2013.

FERREIRA, S. J.; LUIZÃO, F. J.; MIRANDA, S. A. F.; SILVA, M. S. R.; VITAL, A. R. T.. Nutrientes na solução do solo em floresta de terra firme na Amazônia Central submetida à extração seletiva de madeira. **Acta Amazonica**, v.36, n.1, p.59–68, 2005.

GORDON, A. G. A. M.; CHOURMOUZIS, C.; GORDON, A. G.. Nutrient inputs in litterfall and rainwater fluxes in 27-year old red, black and white spruce plantations in Central Ontario, Canada. **Forest Ecology and Management**, v.138, p.65–78, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00412-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00412-6)

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Plano de manejo da Floresta Nacional do Tapajós**, v.1, 2004.

LUIZÃO, F.. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas.. **Ciência e Cultura**, p. 1–6, 2007.

MARQUES, R.; PIAZZA G. E.; BLUM, H.; PINTO, C.B.; BIANCHIN, J. E.; DALMASO, C. A.; DICKOW, K. M. C.. Contribuição da precipitação interna para o aporte de nutrientes em estágios sucessionais da floresta atlântica no Paraná. **Scientia Agraria**, v.16, n.4, p.80-95, 2015.

MARTINS, C. A. S.; NOGUEIRA, N. O.; RIBEIRO, M. M. R.; CANDIDO, A. O.. A dinâmica de metais-traço no solo. **R. Bras. Agrociência**. v.17, n.34, p.383-391, 2011.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; CORREA, J. R. V.. **Aptidão Agrícola dos Solos do Município de Belterra, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; KELLER, M. M.; RAMOS, J. F.; BELDINI, T. P.; CRILL, P. M.; CAMARGO, P.; C.; HAREN, J. V.. Chemical analysis of rainfall and throughfall in the Tapajós National Forest, Belterra, Pará, Brazil. **Ambiente & Agua-An**

**Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v.10, n.2, p.263-285, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1552>

OLIVEIRA, R. O.; SILVEIRA, C. L. P.; MAGALHÃES, A. C.; FIRME, R. P.. Ciclagem de metais pesados na serapilheira de uma floresta urbana no Rio de Janeiro. **Floresta e ambiente**, v.12, n.1, p.50-56, 2005.

OZIEGBE, M. B.; MUOGHALU, J. I.; OKE, S. O.. Litterfall, precipitation and nutrient fluxes in a secondary lowland rain forest in Ile-Ife, Nigeria. **Acta Botanica Brasilica**, v.25, n.3, p.664-671, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062011000300020>

RODRIGUES, T. E.; SANTOS, P. L.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; VALENTE, M. A.; SILVA, J. M. L.; CARDOSO JUNIOR, E. Q. C.. **Caracterização dos solos da área do planalto de Belterra, município de Santarém, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001.

RUSCHEL, A. R.. **Dinâmica da composição florística e do crescimento de uma floresta explorada há 18 anos na FLONA Tapajós**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008.

SÁNCHEZ, J. A.; GUZMÁN, G. B.; CAMPO, J.; LEÓN, R.. Inorganic nitrogen and phosphorus in stemflow of the palm *Astrocaryum mexicanum* Liebm. **Tropical Ecology**, Los Tuxtlas, v.57, p.45-55, 2016

SCHEER, M. B.. Fluxo de Nutrientes pela precipitação Pluviométrica em dois trechos de floresta ombrófila densa em Guaqueçaba, Paraná. **Floresta**, v.39, p.117-130, 2009.

SHINZATO, E. T.; SARDINHA, D. S.; NAVARRO, G. R. B; M ANTUNES; M. L. P.; ANGELUCCI, V. A.. Escoamento pelo tronco em diferentes povoamentos florestais na Floresta Nacional de Ipanema em Iperó, Brasil. **Scientia Forestalis**, v.39, n.92, p.395-402, 2011.

SOUZA, L. C.; MARQUES, R.. Fluxo de Nutrientes em floresta ombrófila densa das terras baixas no litoral do Paraná. **Revista Floresta**, v.40, n.1, p.125–136, 2010.

TOBÓN, C.; SEVINK, J.; VERSTRATEN, J. M.. Solute fluxes in throughfall and stemflow in four forest ecosystems in northwest Amazonia. **Biogeochemistry**, v.70, p.1–25, 2004.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A.. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.