

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

VARIABILIDADE DA CHUVA INTERNA NA VÁRZEA AMAZÔNICA

*Luiz Felipe Pereira de Brito¹ ; Ewerthon Cezar Schiavo Bernardi² ; Tamna Gadelha da Silva³ ;
Ayan Santos Fleischmann⁴ & Pedro Luiz Borges Chaffe⁵*

Abstract: Throughfall tends to increase with the rainfall of an event, reflecting the interception process and rainfall redistribution by vegetation. However, differences in values measured by troughs and funnel-type collectors indicate that the choice of monitoring method directly influences throughfall estimates and consequently the interception loss. This study analyzed throughfall variability in a high floodplain forest plot in Central Amazon. The results show that throughfall measurements from funnel-type collectors exhibited greater variability than those from troughs, revealing the influence of preferential flow paths in the vegetation. Events with highly concentrated throughfall distribution may obscure more subtle spatial patterns, compromising the spatial representativeness of the estimates. The presence of extreme values, associated with preferential drainage pathways, can distort the average and affect the accuracy of interception calculations. The findings highlight the need for caution when using funnel-type collectors to monitor throughfall, especially when data are applied to spatial interpolation analyses. The study underscores the importance of considering the density, distribution, and type of equipment used in monitoring to properly capture throughfall variability in forest ecosystems.

Resumo: A chuva interna tende a aumentar com a precipitação total do evento, refletindo o processo de interceptação e redistribuição da água da chuva pela vegetação. No entanto, diferenças nos valores medidos por calhas e pluviômetros artesanais indicam que a escolha do método de monitoramento influencia diretamente as estimativas de chuva interna e, portanto, de perda por interceptação. Este estudo analisou a variabilidade da chuva interna em uma parcela de floresta de várzea alta na Amazônia Central. Os resultados mostram que a variabilidade da chuva interna dos pluviômetros é maior que das calhas, revelando a influência de caminhos preferenciais na vegetação. Eventos com distribuição de chuva interna muito concentrada podem mascarar padrões espaciais mais sutis, comprometendo a representatividade espacial das estimativas. A presença de valores extremos, associados a caminhos preferenciais de escoamento, pode distorcer a média e comprometer a representatividade espacial das estimativas, afetando diretamente o cálculo da interceptação. Os resultados reforçam a necessidade de cautela no uso de pluviômetros para monitorar a chuva interna, especialmente quando os dados serão utilizados em análises de interpolação espacial. Destaca-se a importância de considerar a densidade, a distribuição e o tipo de equipamento utilizado no monitoramento, a fim de capturar a variabilidade da chuva interna em florestas.

Palavras-Chave – floresta de várzea, chuva interna, interceptação da chuva

1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, britofelipe85@gmail.com

2) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, ewerthon.bernardi@gmail.com

3) Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá; tamna.silva@mamiraua.org.br

4) Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá; ayan.fleischmann@mamiraua.org.br

5) Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, pedro.chaffe@ufsc.br

INTRODUÇÃO

A interceptação da chuva pela vegetação representa uma fração importante do balanço hídrico em ecossistemas florestais, influenciando diretamente a quantidade de água que atinge o solo e retorna à atmosfera por evaporação. Esse processo é particularmente relevante em florestas tropicais úmidas, como as da Amazônia, onde a interação entre grandes volumes de precipitação e copas densas e heterogêneas redistribui a água no sistema solo-planta-atmosfera. No entanto, apesar da relevância hidrológica desse processo, a interceptação ainda é pouco quantificada em boa parte da bacia Amazônica, especialmente em áreas de várzea.

As perdas por interceptação em florestas de terra firme na Amazônia são estimadas entre 12% e 26% da precipitação total (Franken *et al.*, 1992; Ferreira *et al.*, 2005; Cuartas *et al.*, 2007; Oliveira *et al.*, 2008). Além disso, a variabilidade da chuva interna observada em florestas tropicais tem sido associada à heterogeneidade estrutural do dossel, como características da copa e disposição das árvores (Germer *et al.*, 2006), que geram caminhos preferenciais de escoamento (Kunadi *et al.*, 2024). Essa variabilidade afeta diretamente as estimativas de interceptação, especialmente quando se utilizam métodos de monitoramento com baixa densidade ou baixa sensibilidade às variações estruturais da vegetação.

Essas estimativas, referem-se predominantemente a áreas não alagáveis, havendo ainda pouca informação sobre florestas de várzea, ecossistemas sazonais e altamente dinâmicos que ocupam cerca de 12% da bacia Amazônica (Ferreira-Ferreira *et al.*, 2015; Melack e Hess, 2010). Essas áreas são caracterizadas por solos alagáveis (Melack e Hess, 2010) e por uma vegetação adaptada a regimes de inundação (Junk *et al.*, 1989; Ferreira-Ferreira *et al.*, 2015), com variações na densidade do dossel e presença de espécies que toleram longos períodos submersos. Nesses ambientes, a estrutura da vegetação pode modificar substancialmente os padrões de interceptação.

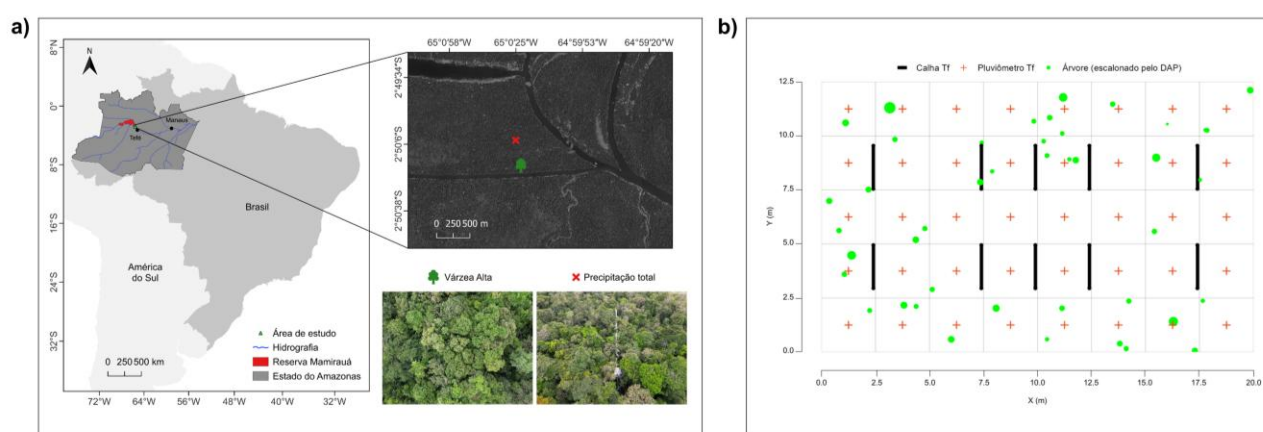
Neste trabalho, analisamos a variabilidade da chuva interna em uma parcela de floresta de várzea alta na Amazônia Central e estimamos as perdas por interceptação da água da chuva. O objetivo foi avaliar de que forma a vegetação influencia os padrões de redistribuição da precipitação e como a chuva interna varia entre os eventos de chuva.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Analizou-se uma parcela de floresta de várzea localizada na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, no Médio Solimões, estado do Amazonas (Figura 1). A reserva, com cerca de 11.240 km², é a maior unidade de conservação inteiramente inserida em ambiente de várzea no Brasil (Queiroz e Peralta 2006). O regime de inundação anual, com variações que podem atingir cerca de 10 metros nos níveis dos rios, influencia fortemente a dinâmica ecológica local, transformando periodicamente os ambientes de terrestres em aquáticos (Ramalho *et al.*, 2009).

Figura 1 – a) Localização da área de estudo no Médio Solimões e b) Croqui da parcela Várzea Alta



Os principais tipos de vegetação observados na reserva são o chavascal, a várzea baixa e a várzea alta, além de povoamentos de vegetação herbácea (Ferreira-Ferreira *et al.*, 2015). As florestas de várzea se dividem em várzea baixa e várzea alta, que apresentam diferenças marcantes em estrutura, composição florística e regime de inundação, moldadas principalmente pela duração e profundidade da cheia anual. As florestas de várzea baixa, sujeitas a inundações mais longas (120 a 180 dias/ano) e profundas (2,5 a 5 m), abrigam menor número de espécies arbóreas, geralmente de menor porte, mas com maior densidade individual (Wittmann *et al.*, 2010b). Já as florestas de várzea alta, localizadas em áreas geomorfologicamente mais estáveis, como diques e barras de rolagem, são menos inundadas (60 a 120 dias/ano, com 1 a 2,5 m de profundidade) e possuem maior riqueza, diversidade e complexidade estrutural, com copas que chegam a 35 m e árvores emergentes até 45 m (Wittmann *et al.*, 2002). A diferença no regime hidrológico entre esses habitats explica a baixa sobreposição florística (~12%) (Wittmann *et al.*, 2002) e influencia fortemente a estrutura e o funcionamento ecológico dessas comunidades.

Monitoramento de precipitação total e chuva interna

O monitoramento da precipitação total foi realizado utilizando um pluviômetro automático instalado na torre de fluxo Mamirauá (Figura 1a), localizada nas proximidades do Flutuante Jarauá, uma das bases de campo do Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. A chuva interna foi medida em uma parcela com vegetação de várzea alta (Figura 1a), denominada neste trabalho como Várzea Alta (área de 250 m²). Na parcela, foram instalados 40 pluviômetros artesanais (~0,017 m² cada) e 10 calhas de PVC (~0,2 m² cada), todos construídos com materiais de baixo custo (Figura 1b). No início da instalação dos equipamentos, a área encontrava-se parcialmente alagada, e ao final do período de monitoramento, já estava completamente submersa. A precipitação total e a chuva interna foram monitoradas de 30 de março de 2025 a 08 de abril de 2025.

Figura 2 – Monitoramento da chuva interna: pluviômetros artesanais distribuídos na parcela e sistema de calhas ligadas a galões com medição manual



Caracterização dos eventos de precipitação

Os eventos de precipitação foram caracterizados com base na sua duração, no total de precipitação total (P), intensidades máxima ($P_{máx}$) e média ($P_{méd}$) da precipitação total, e no total de chuva interna (Tf). A duração do evento foi definida como o intervalo entre o primeiro e o último registro de precipitação total, conforme medido pelo pluviômetro automático. O total de precipitação total corresponde à soma da precipitação acumulada ao longo do evento. A intensidade máxima foi considerada como o maior valor de precipitação registrado durante o evento em um intervalo de 1 minuto, que corresponde à resolução temporal dos dados. A intensidade média foi calculada a partir da média da intensidade de precipitação total ao longo de todos os intervalos de tempo do evento. Por fim, o total de chuva interna foi determinado com base no volume acumulado nos coletores ao final de cada evento.

Estimativa da perda por interceptação da chuva

A interceptação da chuva pela vegetação corresponde à fração da precipitação que é interceptada pelas copas das árvores, onde fica temporariamente retida antes de evaporar de volta à atmosfera, sem atingir o solo. Essa perda de água é conhecida como perdas por interceptação (I) e pode ser estimada de forma indireta por meio de um balanço hídrico, representado pela Equação (1). Para isso, são monitoradas três variáveis: (1) a precipitação total, que é a precipitação que incide diretamente sobre a copa das árvores; (2) a chuva interna, que corresponde a parte da precipitação que atravessa a vegetação e atinge o solo; e (3) o escoamento pelo tronco, que é a água que escoar pelos troncos das árvores até o solo.

$$I = P - (Tf + Sf) \quad (1)$$

em que I é a perda por interceptação; P é a precipitação total; Tf é a chuva interna (do inglês *throughfall*); e Sf é o escoamento pelo tronco (do inglês *stemflow*).

A estimativa inicial das perdas por interceptação foi realizada a partir da diferença entre a P e a Tf , devido à indisponibilidade de dados de Sf na parcela Várzea Alta. Essa abordagem simplificada foi adotada com o objetivo de avaliar como a variabilidade da chuva interna afeta diretamente a estimativa de I .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características dos eventos

Foram monitorados 8 eventos de precipitação na Várzea Alta, cujas principais características estão apresentadas na Tabela 1, incluindo a duração, a precipitação total (P), as intensidades máxima ($P_{máx}$) e média (P_{med}), os totais de chuva interna obtidos por diferentes equipamentos (pluviômetros artesanais e calhas), e a estimativa inicial das perdas por interceptação ($I_{Várzea Alta}$), calculada como a diferença entre P e $Tf_{Várzea Alta}$ (chuva interna da parcela). A $Tf_{Várzea Alta}$ foi calculada por meio da média ponderada dos valores obtidos pelos pluviômetros artesanais e pelas calhas, considerando as respectivas áreas de captação de cada equipamento.

Tabela 1 - Características dos eventos monitorados na Várzea Alta: totais de precipitação total (P), intensidade máxima ($P_{máx}$) e intensidade média (P_{med}) da precipitação total, totais de chuva interna (Tf) e interceptação ($I_{Várzea Alta}$)

Evento	Data	Duração (h)	P (mm)	$P_{máx}$ (mm/min)	P_{med} (mm/min)	Tf_{Pluv} (mm)	Tf_{Calha} (mm)	$Tf_{Várzea Alta}$ (mm)	$I_{Várzea Alta}$ (mm)
1	2025-04-03	2	1.8	0.5	0.01	0.8	0.8	0.8	1.0
2	2025-04-08	2	5.6	0.5	0.05	8.9	7.7	7.8	-2.2
3	2025-04-04	3	7.4	0.5	0.04	7.4	5.8	5.9	1.5
4	2025-04-07	1	13.0	0.8	0.26	15.0	11.3	11.6	1.4
5	2025-04-01	13	14.2	0.8	0.02	10.5	8.8	8.9	5.3
6	2025-03-31	21	15.0	0.5	0.01	8.4	5.3	5.6	9.4
7	2025-04-02	17	28.7	1.3	0.03	32.0	26.8	27.2	1.5
8	2025-04-05	21	168.4	2.0	0.13	141.6	108.8	111.4	57.0

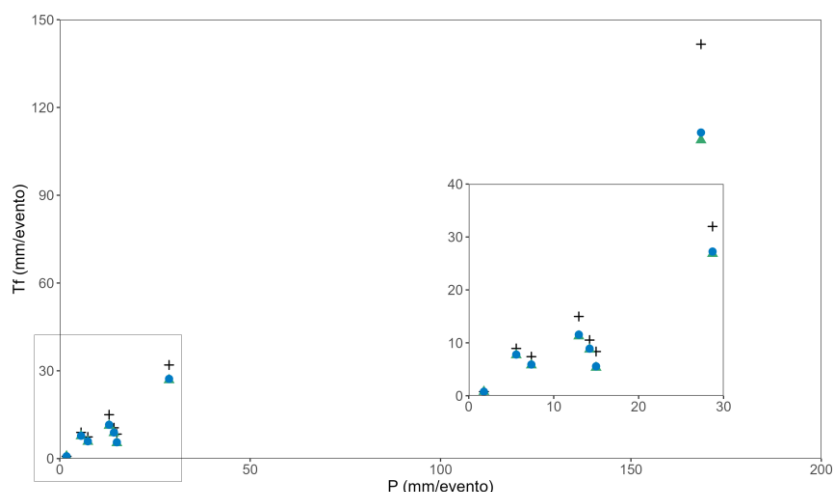
Observa-se uma grande variabilidade entre os eventos, com precipitação total variando de 1,8 mm a 168,4 mm e durações entre 1 e 21 horas. Em geral, eventos de maior precipitação total apresentaram também maiores totais de chuva interna, como no evento 8 (168,4 mm de P e 111,4 mm de $Tf_{Várzea Alta}$), que resultou em uma interceptação estimada de 57 mm. Já eventos de menor magnitude e curta duração, como o evento 1, apresentaram valores mais baixos tanto de $Tf_{Várzea Alta}$ quanto de $I_{Várzea Alta}$.

Em eventos de maior magnitude, é comum que a proporção da precipitação total que atinge o solo como chuva interna é alta. Isso se confirma, por exemplo, no evento 8, em que 111,4 mm dos 168,4 mm de precipitação total foram registrados como chuva interna. No entanto, o evento 2 representa uma exceção a essa tendência: com uma precipitação total de 5,6 mm, a chuva interna registrada foi de 7,8 mm, resultando em um valor negativo de perda por interceptação (-2,2 mm), o que não é fisicamente possível. Essa inconsistência pode estar relacionada a limitações no delineamento experimental, especialmente em eventos de menor magnitude, nos quais erros de medição ou falhas na representatividade espacial dos coletores têm maior impacto.

Os valores de chuva interna (Tf) aumentam com o aumento da precipitação total (P) do evento, como mostrado na Figura 3. Observa-se também uma variação nos resultados obtidos pelos diferentes métodos de medição da chuva interna: calhas e pluviômetros artesanais. Essa discrepância afeta diretamente as estimativas das perdas por interceptação, uma vez que o valor de Tf influencia no cálculo da interceptação ($P - Tf - Sf$). Uma possível explicação para essa diferença está na área de captação de cada equipamento. As calhas, com aproximadamente 2 m², possuem área de coleta cerca de 3 vezes maior que os pluviômetros artesanais (~0,68 m²), o que as torna mais representativas.

Consequentemente, na média ponderada utilizada para calcular $Tf_{Várzea Alta}$, os dados das calhas exercem maior influência sobre o valor final.

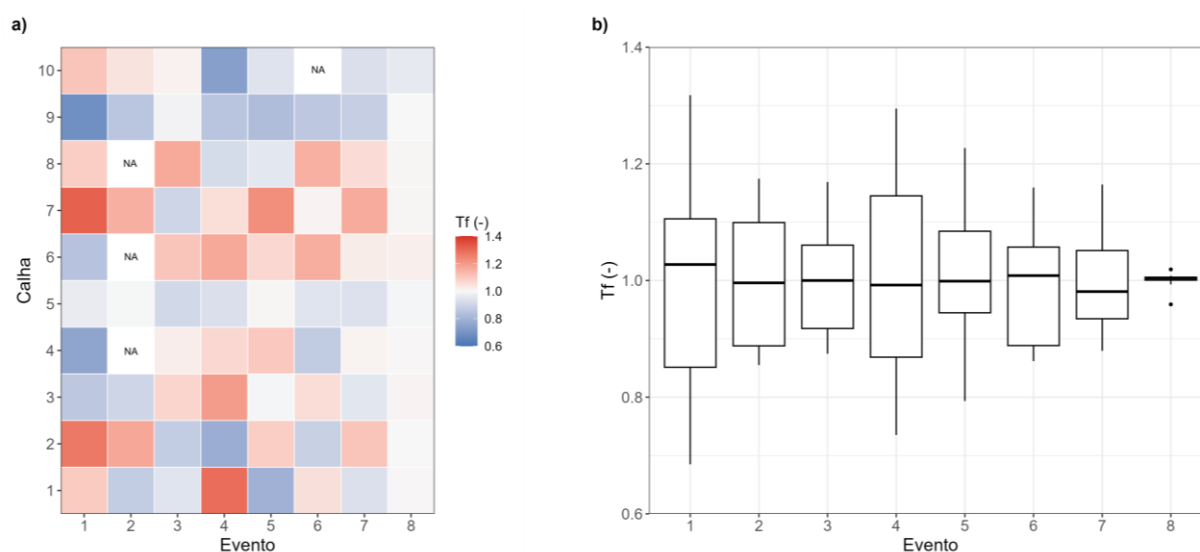
Figura 3 – Totais por evento de chuva interna (Tf) na Várzea Alta. As cruzes pretas representam os valores obtidos pelos pluviômetros artesanais. Os triângulos verdes indicam os valores medidos pelas calhas. Os pontos azuis representam a média ponderada entre pluviômetros e calhas ($Tf_{Várzea Alta}$)



Variabilidade da chuva interna

A variabilidade da chuva interna registrada pelas calhas na Várzea Alta ao longo dos 8 eventos de precipitação monitorados foi avaliada com base na normalização dos valores (Figura 4). Especificamente, a Figura 4a mostra os valores obtidos por meio da razão entre o valor medido em cada calha pela média do evento, permitindo comparar a distribuição relativa da chuva interna entre as calhas para cada evento. Observa-se uma variabilidade entre as calhas, mesmo dentro de um mesmo evento, com valores variando entre aproximadamente 0,6 e 1,4 vezes a média do evento.

Figura 4 – Variabilidade da chuva interna (Tf) registrada pelas calhas na Várzea Alta. a) Valores normalizados de Tf para cada calha (linhas) e evento (colunas). Valores em branco (NA) indicam dados ausentes. b) Boxplots dos valores normalizados de Tf por evento

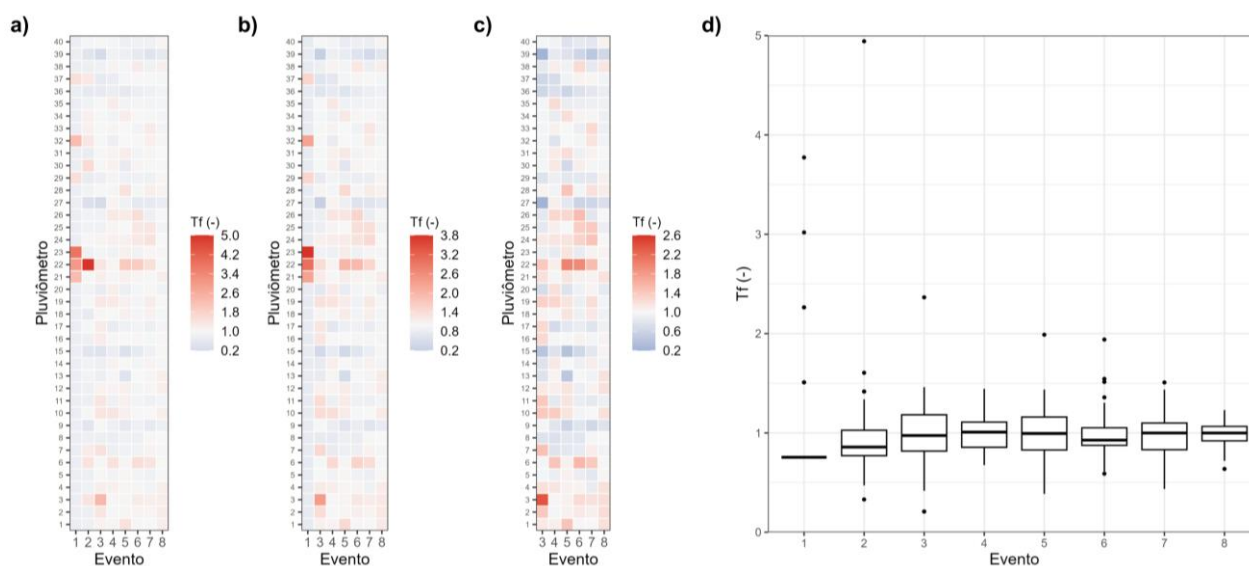


A distribuição dos valores normalizados de chuva interna por evento revela padrões distintos entre os eventos (Figura 4b). Embora as medianas se mantenham próximas de 1, há dispersão

considerável e presença de outliers em todos os eventos, indicando diferenças na quantidade de chuva interna registrada pelas calhas em um mesmo evento. No evento 8, que apresentou a maior precipitação total, a variabilidade relativa entre as calhas foi menor. Isso pode estar relacionado à saturação da vegetação. Nessa condição, em que a precipitação excede a capacidade de armazenamento das copas das árvores, o excedente de água passa diretamente como chuva interna, favorecendo uma redistribuição mais homogênea da água da chuva pela vegetação.

A variabilidade da chuva interna foi normalizada entre os pluviômetros artesanais da Várzea Alta (Figura 5). No painel a), são mostrados todos os eventos registrados, evidenciando alta heterogeneidade espacial, com valores elevados em determinados pontos, como nos eventos 1 e 2. Esses picos localizados podem indicar a presença de caminhos preferenciais de escoamento (*pour points*), que direcionam grandes volumes de água para áreas específicas da copa, gerando superestimativas de Tf . Para investigar o impacto desses eventos na análise espacial, os painéis b) e c) mostram os mesmos dados com a exclusão, respectivamente, do evento 2 e dos eventos 1 e 2. A remoção desses eventos permite uma visualização mais clara da variabilidade espacial entre os pluviômetros nos demais eventos, antes ofuscada por valores extremos. Essa abordagem revela como eventos com distribuição de chuva interna muito concentrada podem mascarar padrões espaciais mais sutis. O painel d) apresenta boxplots dos valores normalizados de chuva interna por evento, reforçando a presença de outliers e indicando que alguns pluviômetros receberam volumes desproporcionalmente altos de água da chuva, notadamente nos eventos 1 e 2.

Figura 5 – a) Chuva interna normalizada em cada pluviômetro artesanal da Várzea Alta, para todos os eventos. b) Mesmo que a), com exclusão do evento 2. c) Mesmo que a), com exclusão dos eventos 1 e 2. d) Boxplots dos valores normalizados de Tf por evento



A presença de *pour points* pode estar associada a características estruturais da copa das árvores, como a confluência de galhos ou mudanças no ângulo dos ramos, conforme observado também por Kunadi *et al.* (2024). Esses pontos influenciam a distribuição da chuva interna, elevando os volumes registrados em determinadas áreas. Como consequência, pode haver subestimativa da interceptação nessas locais e superestimava em outros, onde menos água atinge o solo, comprometendo a representatividade espacial das estimativas.

Com os resultados apresentados nas Figuras 4 e 5 fica claro que a variabilidade da chuva interna dos pluviômetros é maior que das calhas. Essa diferença está associada, em parte, à área de captação de cada equipamento: as calhas, com área aproximadamente três vezes maior que a dos pluviômetros artesanais, tendem a suavizar os efeitos de caminhos preferenciais de escoamento (*pour points*),

enquanto os pluviômetros, por sua menor área de coleta, registram variações mais acentuadas, evidenciando a complexidade da redistribuição da água da chuva pela vegetação. Esse padrão reforça a necessidade de cautela ao estimar a chuva interna com base em pluviômetros e ao interpolar espacialmente esses dados, pois poucos pontos com valores extremos podem distorcer a média e comprometer a representatividade espacial. De acordo com a área das calhas, seria necessário de pelo menos 118 pluviômetros artesanais para atingir a área de cobertura equivalente de 10 calhas. Além disso, análises complementares como correlação espacial e métodos de reamostragem (e.g., bootstrap) são recomendadas para quantificar a incerteza e a representatividade dos dados.

CONCLUSÃO

Neste estudo, analisamos a variabilidade da chuva interna em uma parcela de floresta de várzea alta na Amazônia Central. A variabilidade observada foi maior nos dados dos pluviômetros. Essa maior dispersão está associada à presença de caminhos preferenciais de escoamento, que podem direcionar volumes desproporcionais de água para pontos específicos. Os pluviômetros podem registrar valores extremos que distorcem a média e comprometem a representatividade espacial das estimativas. Essa limitação é especialmente relevante em análises que envolvem interpolação espacial, nas quais poucos pontos com valores atípicos podem mascarar padrões importantes. As diferenças entre os valores registrados por calhas e por pluviômetros artesanais mostraram que a escolha do método de medição influencia as estimativas de chuva interna e, consequentemente, as estimativas das perdas por interceptação.

O trabalho destaca a importância do correto dimensionamento do número de pluviômetros para o monitoramento de chuva interna, principalmente em florestas com estruturas complexas como a várzea amazônica. A combinação de diferentes métodos de monitoramento de interceptação, aliada a um planejamento que leve em conta a densidade, a distribuição e a área de captação dos equipamentos, é importante para garantir com maior precisão as estimativas das perdas por interceptação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC), bem como ao Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá pelo suporte logístico e nas atividades de campo, à comunidade do Jarauá pelo acolhimento e apoio às atividades.

REFERÊNCIAS

- CUARTAS, L.A.; TOMASELLA, J.; NOBRE, A.D.; HODNETT, M.G.; WATERLOO, M.J.; MÚNERA, J.C. (2007). "Interception water-partitioning dynamics for a pristine rainforest in Central Amazonia: Marked differences between normal and dry years". *Agricultural and Forest Meteorology*, 145(1-2), pp. 69–83. doi:10.1016/j.agrformet.2007.04.008
- FERREIRA, S.J.F.; LUIZÃO, F.J.; DALLAROSA, R.L.G. (2005). "Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central". *Acta Amazonica*, 35(1), pp. 55–62. doi:10.1590/s0044-59672005000100009
- FERREIRA-FERREIRA, J.; SILVA, T.S.F.; STREHER, A.S.; AFFONSO, A.G.; FURTADO, L.F.A.; FORSBERG, B.R.; VALSECCHI, J.; QUEIROZ, H.L.; NOVO, E.M.L.M. (2015). "Combining ALOS/PALSAR derived vegetation structure and inundation patterns to characterize major vegetation types in the Mamirauá Sustainable Development Reserve, Central Amazon floodplain, Brazil". *Wetlands Ecology and Management*, 23, pp. 41–59. https://doi.org/10.1007/s11273-014-9359-1
- FRANKEN, W.; LEOPOLDO, P.R.; MATSUI, E.; RIBEIRO, M.N.G. (1992). "Estudo da interceptação da água de chuva em cobertura florestal amazônica do tipo terra firme". *Acta Amazonica*, 12(2), pp. 327–331.
- GERMER, S.; ELSENBEER, H.; MORAES, J.M. (2006). "Throughfall and temporal trends of rainfall redistribution in an open tropical rainforest, south-western Amazonia (Rondônia, Brazil)". *Hydrology and Earth System Sciences*, 10(3), pp. 383–393.
- JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B.; SPARKS, R.E. (1989). "The flood pulse concept in river-floodplain systems". *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, 106, pp. 110–127.
- KUNADI, A.S.; LARDNER, T.; SILBERSTEIN, R.P.; LEOPOLD, M.; CALLOW, N.; VENEKLAAS, E.; PURI, A.; SYDNEY, E.; THOMPSON, S.E. (2024). "Introducing Pour Points: Characteristics and Hydrological Significance of a Rainfall-Concentrating Mechanism in a Water-Limited Woodland Ecosystem". *Water Resources Research*, 60(3), p. e2023WR035458.
- MELACK, J.M.; HESS, L.L. (2010). "Remote sensing of the distribution and extent of wetlands in the Amazon basin". in *Amazonian floodplain forests: Ecophysiology, biodiversity and sustainable management*. Springer, pp. 43–59. https://doi.org/10.1007/978-90-481-8725-6_3
- OLIVEIRA, L.L.; COSTA, R.F.D.; SOUSA, F.A.S.; COSTA, A.C.L.; BRAGA, A.P. (2008). "Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental". *Acta Amazonica*, 38(4), pp. 723–732. doi:10.1590/s0044-59672008000400016
- QUEIROZ, H.L.; PERALTA, N.; GATAY, I.; BECKER, B. (2006). *Reservas de Desenvolvimento Sustentável: Manejo Integrado de Recursos Naturais e Gestão Participativa*. Dimensões Humanas da Biodiversidade, Vozes, Petrópolis.
- RAMALHO, E.E.; MACEDO, J.; VIEIRA, T.M.; VALSECCHI, J.; CALVIMONTES, J.; MARMONTEL, M.; QUEIROZ, H.L. (2009). "Ciclo Hidrológico nos ambientes de várzea da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá - Médio Solimões, período de 1990 a 2008". *Uakari*, 5(1), pp. 61–87.
- WITTMANN, F.; ANHUF, D.; JUNK, W.J. (2002). "Tree species distribution and community structure of central Amazonian várzea forests by remote-sensing techniques". *Journal of Tropical Ecology*, 18, pp. 805–820.
- WITTMANN, F.; SCHÖNGART, J.; JUNK, W.J. (2010). "Phytogeography, species diversity, community structure and dynamics of central Amazonian floodplain forests". in *Central Amazonian floodplain forests: Ecophysiology, biodiversity and sustainable management*. Junk, W.J., Piedade, M.T.F., Wittmann, F., Schöngart, J., Parolin, P. (eds), Springer, Berlin/Heidelberg/New York, pp. 61-102