




Article

Partição de Chuva e Nível Freático em uma Floresta Ripária Tropical nos Domínios da Savana Brasileira

Gleicon Queiroz de Brito ¹, Johnny Rodrigues de Melo Murta ², Luiz Felipe Salemi³

¹ Doutor em Ciências ambientais pela Universidade de Brasília (UNB). ORCID: 0000-0002-5491-2334. E-mail: gleicon_brasileiro@hotmail.com

² Mestre em Ciências ambientais pela Universidade de Brasília (UNB). ORCID: 0000-0002-5379-5666. E-mail: johnnymurta@yahoo.com.br

³ Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo (USP). Professor da Universidade de Brasília (UnB). ORCID 0000-0003-2271-5712. E-mail: lfsalemi@unb.br

RESUMO

As florestas ripárias contribuem com diversos serviços ecossistêmicos, tais como filtragem de poluentes, controle de erosão, influencia na qualidade da água, entre outros. No entanto, pouco se sabe a respeito do funcionamento hidrológico das florestas que ladeiam os corpos d'água na região da savana brasileira. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a partição de chuva e o nível do lençol freático em uma floresta ripária tropical situada nos domínios da savana brasileira. Para isso, mediu-se a precipitação, precipitação interna, interceptação do dossel, interceptação da serrapilheira e o nível do lençol freático. O volume da precipitação, da precipitação interna e, da interceptação do dossel foram, respectivamente, 1685 mm, 1440 mm (85,5%) e, 245 mm (14,5%). No mesmo período, a interceptação da serrapilheira foi de 59,1%. Já o nível do lençol freático teve média de 33,4 cm, com maior aproximação da superfície do solo no período úmido (média de 27,8 cm) do que no período seco (média de 64,3 cm).

Palavras-chave: aquífero; transprecipitação; interceptação negativa; floresta de galeria; cerrado.

ABSTRACT

Riparian forests contribute to diverse ecosystems services, such as filtering pollutants, controlling erosion, influencing water quality, among others. However, little is known about the hydrological functioning of forests bordering water bodies in the Brazilian savanna region. This work aimed to characterize rainfall partitioning and water table in tropical riparian forest located in the Brazilian savanna domains. Precipitation, throughfall, canopy interception, litter interception, and water table level were measured. The precipitation, throughfall, and canopy interception volumes were 1685 mm, 1440 mm (85.5%), and 245 mm (14.5%), respectively. In the same period, the litter interception was 59.1%. The water table averaged 33.4 cm, with greater proximity to the soil surface in the humid period (average 27.8 cm) than in the dry period (average 64.3 cm).

Keywords: groundwater; throughfall; negative interception; gallery forest; savanna.



Submissão: 23/08/2022



Aceite: 04/08/2023



Publicação: 10/08/2023



Introdução

As florestas ripárias são muito importantes na conservação de rios e riachos (Hilary et al. 2021; Naiman et al. 2005; Swanson et al. 1982). Esses ecossistemas realizam diversos serviços ecossistêmicos, tais como servem (i) de fonte e conservação de recursos genéticos (Riis et al. 2020); (ii) atividades de recreação (González et al. 2017; Riis et al. 2020); (iii) regulação do microclima (Riis et al. 2020; Singh et al. 2021); (iv) mitigação do fogo (Riis et al. 2020); (v) filtragem de poluentes (Cole et al. 2020; Riis et al. 2020; Singh et al. 2021); (vi) controle de erosão (Cole et al. 2020; Riis et al. 2020; Singh et al. 2021); (vii) controle do escoamento superficial (Riis et al. 2020; Tabacchi et al. 2000); (viii) influência na qualidade da água (Cole et al. 2020; González et al. 2017; Tabacchi et al. 2000), entre outros. Tais serviços estão em constante ameaça devido à conversão do uso da terra que traz uma série de distúrbios a tais sistemas (Metzger et al. 2019; Ramião et al. 2020). O crescimento de cidades (urbanização) é um desses usos da terra que, aliado à invasão de espécies e mudanças climáticas, constitui uma fonte estressora dessas florestas (Johnson et al. 2020). Diante dessas ameaças, as funções ecohidrológicas que essas vegetações exercem podem ser comprometidas.

Várias dessas funções previamente referidas estão conectadas à partição de chuva. Essa última pode ser definida como o processo de redistribuição da água precipitada que encontra o dossel vegetal e se divide em três caminhos: (a) interceptação da água pelo dossel vegetal, (b) precipitação interna e (c) escoamento pelo tronco (Chang 2002; Davie 2008; Duval 2019; Helvey & Patric 1965; Zabret et al. 2018). Além do dossel vegetal, a serrapilheira também atua na interceptação da água antes de encontrar o solo (Acharya et al. 2018; Helvey & Patric 1965). Posteriormente, a água infiltra na superfície do solo e percola até encontrar o lençol freático e recarregar o aquífero. Diante disso, é importante destacar que as florestas ripárias facilitam a infiltração de água e possibilitam a recarga das águas subterrâneas (Singh et al. 2021; Tabacchi et al. 2000). Isso mostra que é importante monitorar as águas subterrâneas nesses ecossistemas, mas também em outros, já que esse recurso equivale a 97% da água doce e líquida no mundo e abastece 52% das cidades urbanas brasileiras (Hirata et al. 2019).

Compreender a partição de chuvas é importante devido ao fato dela influenciar todos os processos hidrológicos subsequentes (e.g. escoamento superficial e subsuperficial, transpiração, infiltração, recarga subterrânea e, em última análise, a vazão) (Dunkerley 2020; Sadeghi et al. 2018; Yue et al. 2021). Além disso, compreender como a água, que é um recurso vital, se comporta em ecossistemas ripários é fundamental, devido aos diversos serviços ecossistêmicos previamente citados, especialmente, os serviços ligados aos recursos hídricos, como a filtragem de poluentes e a consequente influência na qualidade da água. Contudo, alguns estudos destacaram que, em certas localidades, o escoamento pelo tronco pode ser negligenciado (Chen et al. 2019; Jiang et al. 2021; Levia & Germer 2015), pois, nessas situações, tal processo é proporcionalmente irrelevante comparado à precipitação interna. Com isso, ao poder negligenciar o escoamento pelo tronco, é possível estimar a precipitação efetiva de modo simplificado, isto é, apenas subtraindo a precipitação da precipitação interna (Grosso et al. 2019; Scheer 2011).

Existem alguns estudos de partição de chuva em florestas ripárias (Kermavnar & Vilhar 2017; Távora & Koide 2020). Contudo, numericamente, esses estudos são mais escassos quando comparados àqueles realizados em florestas não ripárias. Por exemplo, revisões a respeito da partição de chuva não incluem florestas ripárias (Barbier et al. 2009; Crockford & Richardson 2000; Llorens & Domingo 2007; Yue et al. 2021). Além disso, as florestas ripárias geralmente possuem lençol freático raso (Marimon et al. 2003; Walter 1996), logo é importante entender seu comportamento ao longo do tempo, especialmente, no contexto de períodos úmidos e secos.

Na região do Brasil central, as florestas ripárias que ladeiam os rios de pequeno porte são conhecidas como matas de galeria (Ribeiro & Walter 2008). Tais florestas possuem similaridade florística em relação às florestas



de outros biomas como Mata Atlântica e Amazônia (Oliveira-Filho & Ratter 1995). Tal fato pode indicar que as florestas do Planalto Central podem ter funcionamento hidrológico similar no tocante à partição de chuvas em relação às florestas da Amazônia e da Mata Atlântica. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar a partição de chuva e o nível do lençol freático em floresta ripária tropical situada nos domínios da savana brasileira (Cerrado). Nesse sentido, a ênfase foi dada aos processos de precipitação, precipitação interna, interceptação do dossel, interceptação da serrapilheira e o nível do lençol freático (que reflete a resposta de entrada de água no solo). Face à similaridade florística das florestas do Brasil central em relação às florestas da Amazônia e Mata Atlântica, espera-se obter valores dos componentes da partição de chuvas semelhantes aos das referidas florestas.

2. Material e métodos

2.1 Área de estudo

Essa pesquisa foi realizada em uma floresta ripária próxima a uma área urbanizada nas coordenadas 15°40' sul e 47°51' oeste. Tal vegetação ladeia o córrego Paranoazinho, localizada na região administrativa de Sobradinho II – Distrito Federal, Brasil (Figura 1). O declive e altitude da floresta ripária, respectivamente, é de aproximadamente 7% e de 1170 m. A classificação climática do local diante da classificação Koppen-Geiger é Aw com duas estações, úmida e seca (Alvares et al. 2013).

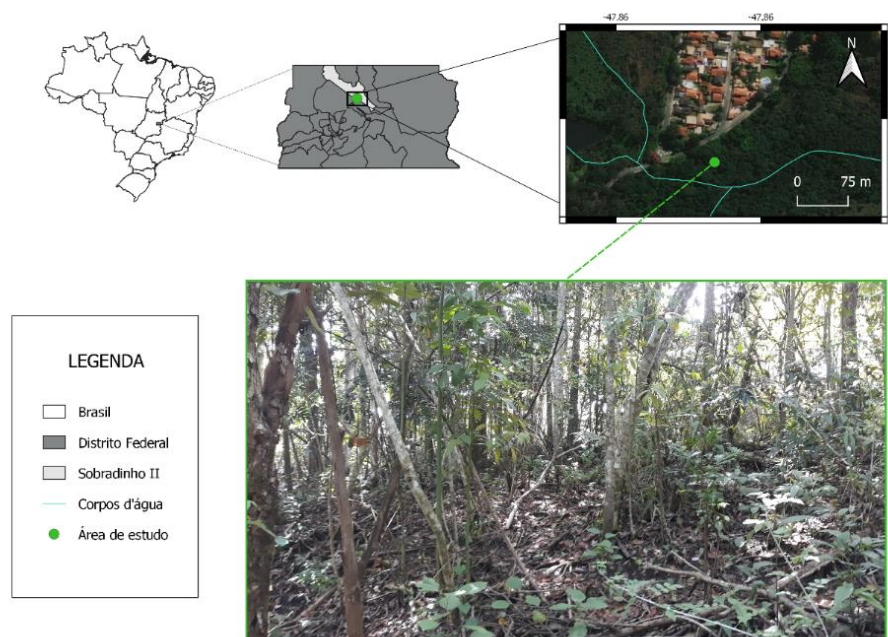


Figura 1. Área de estudo. Fonte: Gleicon Queiroz de Brito

Essa floresta ripária possui uma largura de 36 m e 84% de cobertura do dossel (mensurado pelo Canopy cover software). Esse tipo de vegetação possui a densidade de árvores por volta de 1600-1900 trees ha⁻¹ com área basal de 38-45 m² ha⁻¹ (Silva Júnior 2005, Silva Júnior 2004, Silva Júnior 1999). Entre as espécies encontradas estão *Aspidosperma spp.*, *Bauhinia rufa*, *Copaifera langsdorffii*, *Matayba guianensis*, *Sclerolobium paniculatum var. rubiginosum* and *Tapirira guianensis* (Ribeiro & Walter 2008; Silva Júnior et al. 1998). O solo local é classificado

como Organossolo (classificação da EMBRAPA) reconhecido pelo horizonte hístico, com saturação parcial ou total no período chuvoso, além de partículas do solo com tamanho variável e resíduos de plantas em diferentes estágios de decomposição (Santos et al. 2018).

2.2 Delineamento amostral

Esse estudo monitorou semanalmente a precipitação (P), a precipitação interna (P_i) e o lençol freático entre janeiro de 2020 a fevereiro de 2021. Os eventos de precipitação (P) foram mensurados (34 semanas) por meio de um coletor manual instalado em área aberta, a aproximadamente 350 metros da floresta ripária. Já a precipitação interna (P_i) mensurada na floresta ripária (34 semanas) foi obtida por meio de 20 coletores, distribuídos da proximidade da borda da vegetação até próximo do córrego (Figura 2), os quais ficaram na mesma posição durante o período de coleta. Este estudo não avaliou o escoamento pelo tronco, como realizado por outras pesquisas (Groppo et al. 2019; Parron et al. 2011).

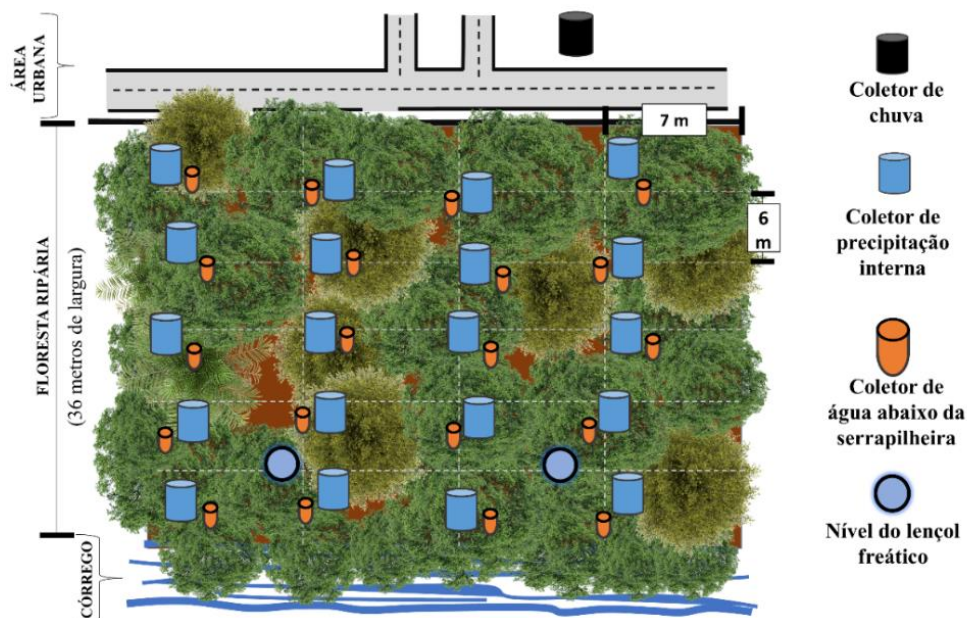


Figura 2. Delineamento amostral. Fonte: Gleicon Queiroz de Brito

Os volumes das precipitações eram mensurados com uma proveta graduada e os coletores de P e P_i possuíam a área de captação de 674 cm^2 e situavam-se a 35 cm acima da superfície (Figura 3a). Para verificar o efeito da quantidade de precipitação interna na interceptação da serrapilheira os volumes de P_i foram divididos em quatro categorias baseadas na precipitação interna semanal, a saber: 1 a 25 mm; 25 a 50 mm; 50 a 75 mm; e acima de 75 mm. O processo de interceptação do dossel (I) foi calculado pela diferença entre a precipitação e a precipitação interna (Davie 2008; Groppo et al. 2019), como mostra a equação 1:

$$I = P - P_i$$

Onde: I = Interceptação do dossel; P = Precipitação; P_i = Precipitação interna.



Figura 3. Coletor de precipitação interna (a), coletores do volume de água que atravessa serrapilheira (b), instalado no campo sem (c) e com (d) a presença de serrapilheira. Fonte: Gleicon Queiroz de Brito

Para calcular a interceptação da serrapilheira (I_s), foi utilizado um recipiente com tela sombrite (50% de proteção) (Figura 3b) colocado a cerca de 50 cm próximo do coletor de P_i , totalizando 20 recipientes (a área de captação de cada coletor era de 58 cm²). A instalação seguia a retirada da serrapilheira e posterior abertura no solo para colocar o recipiente. Em seguida, a serrapilheira era devolvida acima do recipiente, buscando preservar as mesmas condições naturais que foram encontradas (Figura 3c e d). Diante disso, o excesso de água que não é interceptado pela serrapilheira é drenado para o recipiente (Helvey & Patric 1965) e a interceptação da serrapilheira é obtida por meio da diferença entre a precipitação interna e o volume coletado no recipiente (equação 2).

$$I_s = P_i - V_c$$

Onde: I_s = Interceptação da serrapilheira; P_i = Precipitação interna; V_c = Volume coletado pelo recipiente abaixo da serrapilheira.

Para mensurar o nível do lençol freático, foram instalados dois poços com profundidade de aproximadamente 80 cm abaixo da superfície do solo e que distavam cerca de sete metros de distância do córrego. O monitoramento dessa variável ocorreu por 46 semanas por meio de leituras semanais (uma vez por semana no período chuvoso) e quinzenais (uma vez a cada 15 dias no período de seca).

2.3 Análises estatísticas

Realizou-se o teste de normalidade dos resíduos com o teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$) das variáveis. Todos os resíduos apresentaram distribuição não normal. Assim, para identificar o grau de associação entre as variáveis utilizou-se duas abordagens: (i) o coeficiente de correlação de Spearman (teste não paramétrico) e (ii) o coeficiente de determinação (R^2) entre as variáveis. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa Paleontological Statistics (PAST) (Hammer et al. 2001) versão 3.25.



3. Resultados e Discussão

Durante o período avaliado de 34 semanas, a precipitação e a precipitação interna foram, respectivamente, 1685 mm e 1440 mm (Figura 4). A quantidade mensurada da precipitação está dentro da média anual da região do presente estudo que varia de 1440 a 1780 mm (Campos & Chaves 2020). Portanto, trata-se de um ano hidrológico com volume de chuvas dentro do esperado como normal para a região. Em relação à precipitação interna, o valor aqui encontrado esteve próximo dos valores encontrados em florestas da Mata Atlântica (Tabela 1).

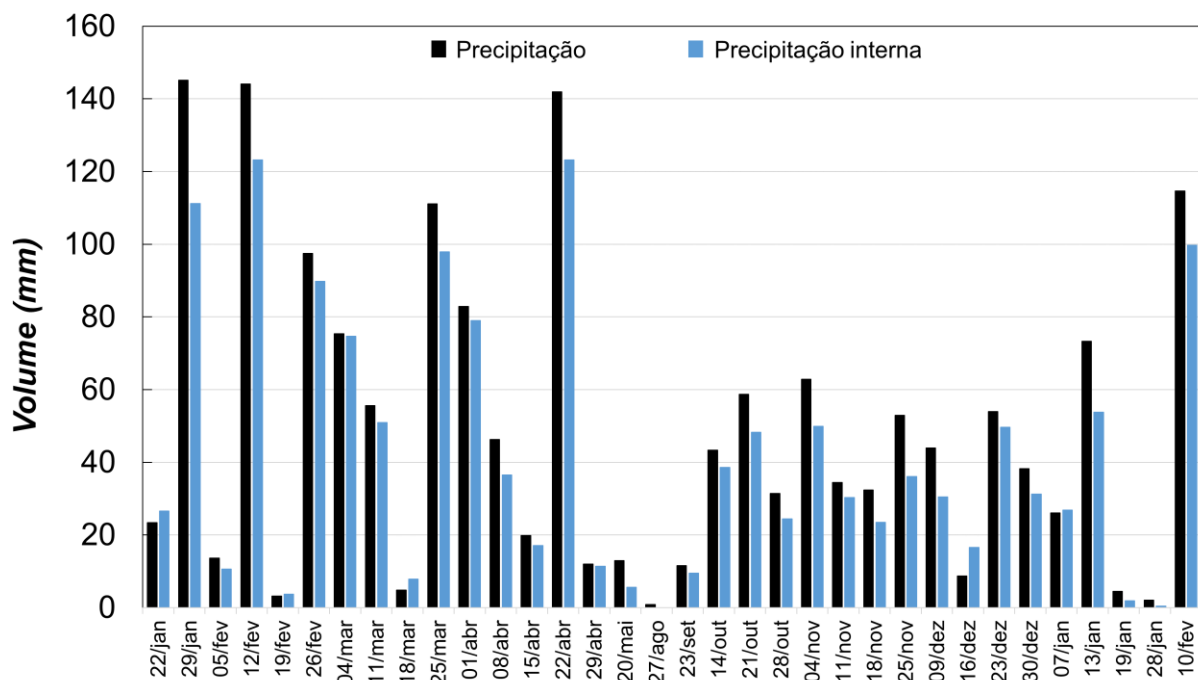


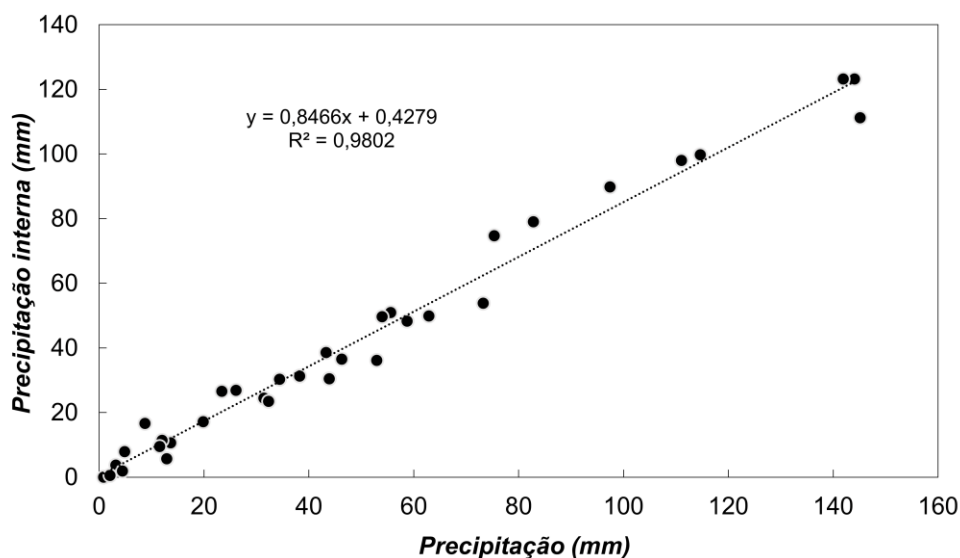
Figura 4. Variação temporal da quantidade de precipitação e precipitação interna. Fonte: Gleicon Queiroz de Brito

A precipitação e a precipitação interna tiveram um forte grau de associação ($\rho = 0,985$). A precipitação explicou 98% da precipitação interna (Figura 5). Essa relação positiva entre a precipitação e a precipitação interna aqui encontrada indica como a precipitação interna é altamente dependente da precipitação (e.g. Bessi et al. 2018; Groppo et al. 2019; Loescher et al. 2002).


Tabela 1. Partição da chuva em estudos de diversas formações florestais.

Autores	Bioma-Fisionomia	Características vegetais	Precipitação interna (%)	Escoamento pelo tronco (%)	Interceptação do dossel (%)
Presente estudo	Cerrado – Floresta ripária	-	85,5	-	14,5
Távora & Kóide (2020)	Cerrado – Floresta ripária	1010 ind.ha-1 e altura máxima do dossel 21,5 m	75,3	-	24,7
Bäse et al. (2012)	Amazônia	1392 ind.ha-1	91,6	0,3	8,1
Moura et al. (2009)	Mata Atlântica	Altura do dossel de 20 m	84,9	2,4	12,7
Arcova et al. (2003)	Mata Atlântica-Floresta Latifoliada	Altura máxima do dossel de 20 m	81,2	0,2	18,6
Lima & Leopoldo (2000)	Cerrado- Floresta ripária	350 ind.ha-1 e altura máxima do dossel de 25 m	61,5	0,9	37,6
Lloyd & Marques (1988)	Amazônia	3000 ind.ha-1 e altura máxima do dossel de 40 m	91	1,8	7,2

Fonte: autores


Figura 5. Relação entre precipitação e precipitação interna. Fonte: Gleicon Queiroz de Brito



A interceptação do dossel encontrada na floresta ripária foi de 14,5% (245 mm). Os valores mais próximos ao encontrado no presente estudo foram os realizados em floresta de Mata Atlântica (Tabela 1). A estimativa de interceptação do dossel no presente estudo possui incerteza, uma vez que não foi medido o escoamento pelo tronco. Contudo, assumindo o valor do escoamento pelo tronco (0,9%) de uma floresta ripária encontrada na região do bioma Cerrado (Lima & Leopoldo 2000), nota-se que a interceptação do dossel pode ter sido inferior, com aproximadamente 13,6%.

Alguns dos eventos semanais (5 semanas ou 15% das semanas avaliadas) registraram valores negativos de interceptação do dossel (Figura 4). Esses eventos de interceptação negativa já foram mensurados em outros trabalhos (Dykes 1997; Eliades et al. 2022; Gomez-Peralta et al. 2008; Lloyd & Marques 1988; Nytch et al. 2019; Staelens et al. 2008). Algumas dessas pesquisas indicaram que esse fenômeno pode se originar da interação dossel-neblina, o que provoca adição de água (precipitação oculta) (Eliades et al. 2022; Gomez-Peralta et al. 2008; Staelens et al. 2008), pela alta velocidade do vento, que pode subestimar a precipitação total, além de concentra-la no dossel e poder gerar o aumento da precipitação interna (Eliades et al. 2022; Nytch et al. 2019) e, por pontos do dossel, que concentram o gotejamento de água (Eliades et al. 2022; Lloyd & Marques 1988). De fato, este último fator foi observado em campo, com alguns coletores que recebiam gotejamentos concentrados de água vindo dos ramos. Tais ramos atuavam como um funil que direcionava a água coletada pela copa para o coletor. Dessa forma, essa é a provável causa dos eventos em que a interceptação calculada teve resultados negativos.

Houve baixa e não significativa correlação entre a precipitação interna e a interceptação da serrapilheira ($\rho = 0,009$). Esse resultado pode ser atribuído, possivelmente, à variação espacial da precipitação interna (Lloyd & Marques 1988; Su et al. 2019; Zhang et al. 2019) devido às características como tipo e desenvolvimento de espécies (Carvalho et al. 2013), e características da chuva como intensidade, volume, e ângulo de incidência (Carvalho et al. 2013; Távora & Koide 2020) e também a variação da espessura da camada de serrapilheira que era distinta entre os pontos coletados.

A interceptação da serrapilheira teve ampla variação (8% a 87%) (Figura 6) com a média de 59,1%. Tal variação entre os eventos já foi destacada na literatura (Dunkerley 2015). Além disso, as classes dos volumes de precipitação interna de 1 a 25 mm, de 50 a 75 mm e acima de 75 mm tiveram valores médios de interceptação da serrapilheira acima de 60%. Já a classe de 25 a 50 mm, teve, em média, 46% de interceptação da serrapilheira. A menor interceptação da serrapilheira dos eventos de precipitação interna entre 25 e 50 mm, pode estar associada à intensidade desses eventos chuvosos (Du et al. 2019). Especula-se a possibilidade desses eventos terem sido mais intensos e, conseqüentemente, ter diminuído a capacidade da interceptação da serrapilheira, já que os eventos com volumes maiores (50 a 75 mm e >75 mm) tiveram interceptação da serrapilheira superior a essa classe. Além disso, é importante destacar que o método aqui utilizado para avaliar a interceptação da serrapilheira possui limitações, pois pode ter havido superestimativa das medições em função da água que fica retida na tela do coletor (*e.g.* sombrite), como destacado por Helvey e Patric (1965). Com isso, pode o método também estar contribuindo com a variabilidade entre eventos.

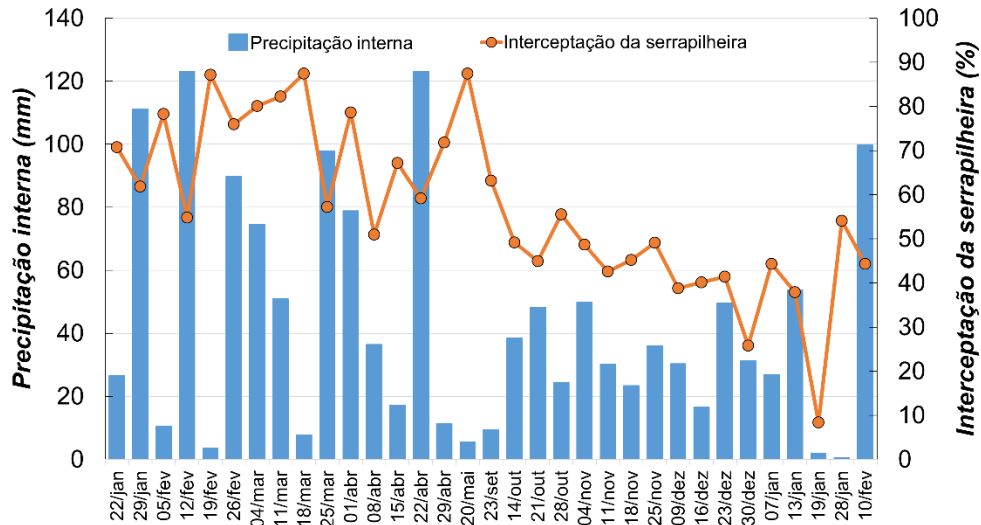


Figura 6. Variação temporal da precipitação interna e da interceptação da serrapilheira. Fonte: Gleicon Queiroz de Brito

A precipitação explicou 23% do nível do lençol freático e teve uma correlação inversa e significativa com a profundidade do lençol freático possuindo um forte grau de associação ($p < 0,05$; $\rho = -0,68$). A média do nível do lençol freático foi de 33,4 cm de profundidade e seu comportamento foi o seguinte: manteve-se próximo da superfície do solo quando a precipitação ocorria de maneira regular dentro do período chuvoso (média de 27,8 cm) e, com a entrada do período seco e a consequente diminuição da quantidade de chuva, o nível freático apresentou uma redução (média de 64,3 cm) (Figura 7). Contudo, a elevação do nível freático não foi imediata, pois no fim do período seco os dois eventos semanais de precipitação (volume de 12,4 mm) que antecederam a entrada regular de chuvas no período chuvoso, não geraram elevação do nível do lençol freático. Tal resposta pode não ter ocorrido devido à perda de água para a interceptação do dossel e serrapilheira, e devido ao déficit de água no solo que não permite a percolação de água para maiores profundidades no perfil do solo (Hussain et al. 2022). Outro ponto interessante é que, eventualmente, fluxos de retorno (exfiltração) foram vistos no período chuvoso, como observado na literatura (Lowrance & Sheridan 2005; Scheliga et al. 2019).

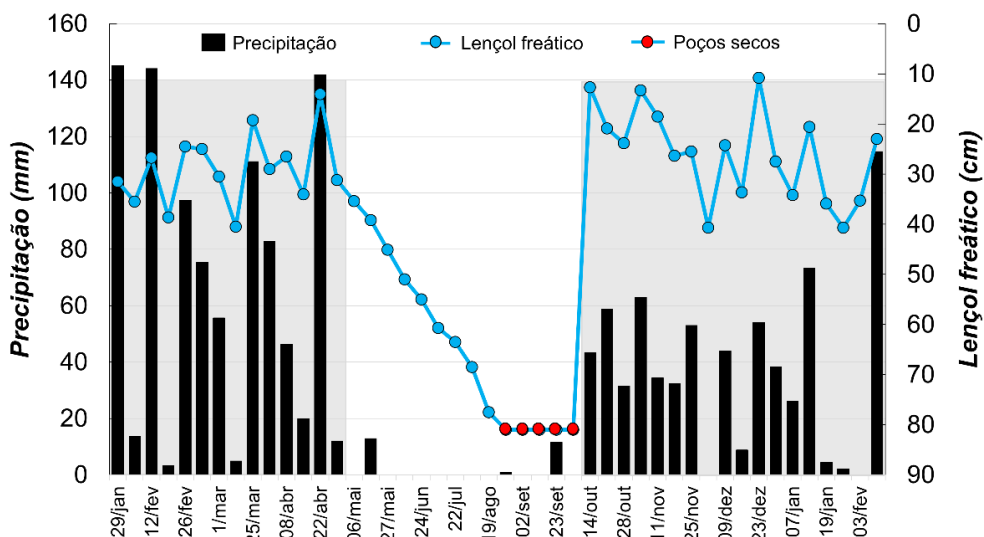


Figura 7. Variação temporal da precipitação e do nível do lençol freático (os poços secos não indicam que o lençol freático secou e a faixa cinza indica a estação úmida). Fonte: Gleicon Queiroz de Brito



Os processos hidrológicos avaliados nessa floresta ripária mostram que, similar a outros tipos de vegetação, tais florestas atuam minimizando, em algum grau, a quantidade de água que atinge o solo. Em outras palavras, com a chegada da precipitação o dossel, ocorre o processo de interceptação pelo dossel. A seguir, a água transpõe o dossel se transforma em outros processos hidrológicos como precipitação interna, escoamento pelo tronco, interceptação da serrapilheira até, finalmente, alcançar o lençol freático. Uma síntese desses processos aqui apresentados pode ser encontrada na Figura 8.

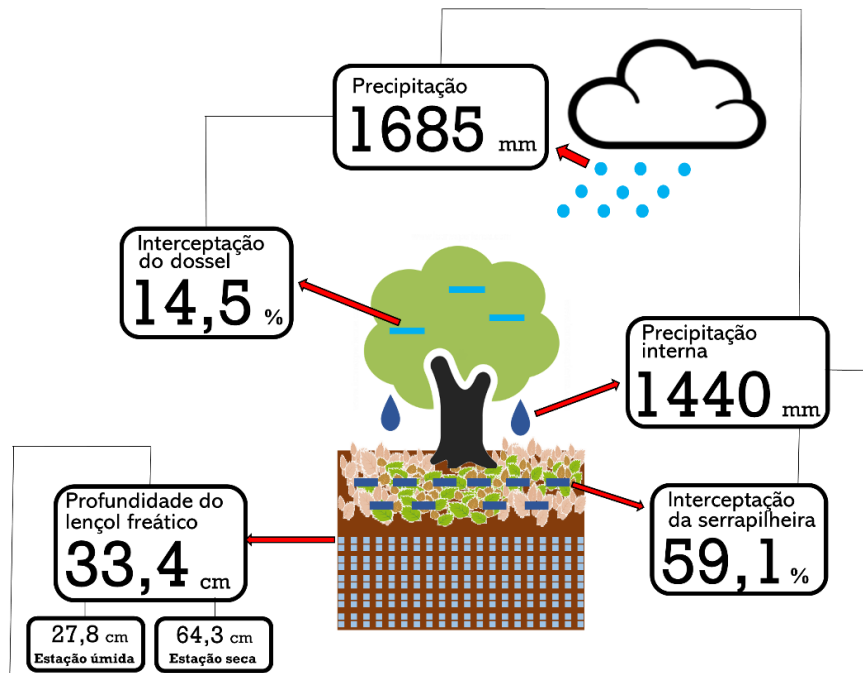


Figura 8. Modelo conceitual dos processos hidrológicos descritos na floresta ripária. Fonte: Gleicon Queiroz de Brito

Por fim, outros trabalhos já caracterizaram alguns processos hidrológicos como infiltração e repelência do solo à água (Brito et al. 2022), frequência de escoamento superficial (De Brito et al. 2022), relação águas subterrâneas e escoamento superficial (Scheliga et al. 2019). Entretanto, ainda resta entender outros processos igualmente importantes para caracterizar o ciclo hidrológico em tais ecossistemas, a saber: (i) quantificação de escoamento superficial gerado dentro desses ecossistemas; (ii) quantificação do escoamento superficial oriundo dos ecossistemas suprajacentes que essas florestas são capazes de absorver e (iii) regime da água do solo na zona vadosa. De posse dessas informações, poder-se-á ter uma visão mais completa a respeito da dinâmica hidrológica de florestas ripárias na região da savana neotropical brasileira.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.



Referências

- Acharya, B.S., Kharel, G., Zou, C.B., Wilcox, B.P., Halihan, T., 2018. Woody plant encroachment impacts on groundwater recharge: A review. *Water (Switzerland)* 10. <https://doi.org/10.3390/w10101466>
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., de Moraes Gonçalves, J.L., Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Zeitschrift* 22, 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Arcova, F.C.S., Cicco, V. de, Rocha, P.A.B., 2003. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha-São Paulo. *Rev. Árvore* 27, 257–262.
- Barbier, S., Balandier, P., Gosselin, F., 2009. Influence of several tree traits on rainfall partitioning in temperate and boreal forests: a review. *Ann. For. Sci.* 66, 602–602. <https://doi.org/10.1051/forest/2009041>
- Bäse, F., Elsenbeer, H., Neill, C., Krusche, A. V., 2012. Differences in throughfall and net precipitation between soybean and transitional tropical forest in the southern Amazon, Brazil. *Agric. Ecosyst. Environ.* 159, 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.06.013>
- Bessi, D., Dias, H.C.T., Tonello, K.C., 2018. Rainfall Partitioning in Fragments of Cerrado Vegetation At Different Stages of Conduction of Natural Regeneration. *Rev. Árvore* 42. <https://doi.org/10.1590/1806-90882018000200015>
- Campos, J. de O., Chaves, H.M.L., 2020. Tendências e Variabilidades nas Séries Históricas de Precipitação Mensal e Anual no Bioma Cerrado no Período 1977-2010. *Rev. Bras. Meteorol.* 35, 157–169. <https://doi.org/10.1590/0102-7786351019>
- Carvalho, F., Assunção, H.F. da, Scopel, I., 2013. Partição pluviométrica em fitofisionomias do Cerrado. *Mercator* 12, 135–147. <https://doi.org/10.4215/RM2013.1227.0010>
- Chang, M., 2002. *Forest hydrology: An introduction to water and forests*, 1st ed. CRC press.
- Chen, S., Cao, R., Yoshitake, S., Ohtsuka, T., 2019. Stemflow hydrology and DOM flux in relation to tree size and rainfall event characteristics. *Agric. For. Meteorol.* 279, 107753. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107753>
- Cole, L.J., Stockan, J., Helliwell, R., 2020. Managing riparian buffer strips to optimise ecosystem services: A review. *Agric. Ecosyst. Environ.* 296, 106891. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106891>
- Crockford, R.H., Richardson, D.P., 2000. Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: effect of forest type, ground cover and climate. *Hydrol. Process.* 14, 2903–2920. [https://doi.org/10.1002/1099-1085\(200011/12\)14:16/17<2903::AID-HYP126>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/1099-1085(200011/12)14:16/17<2903::AID-HYP126>3.0.CO;2-6)
- Davie, T., 2008. *Fundamentals of hydrology*, 2nd ed. Routledge.



- De Brito, G.Q., Murta, J.R. de M., Salemi, L.F., 2022. Surface Runoff from an Urban Area Promotes Hydrological Connectivity and Soil Loss in a Tropical Riparian Forest. *Water, Air, Soil Pollut.* 233, 204. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05672-z>
- Du, J., Niu, J., Gao, Z., Chen, X., Zhang, L., Li, X., van Doorn, N.S., Luo, Z., Zhu, Z., 2019. Effects of rainfall intensity and slope on interception and precipitation partitioning by forest litter layer. *CATENA* 172, 711–718. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.09.036>
- Dunkerley, D., 2020. A review of the effects of throughfall and stemflow on soil properties and soil erosion. *Precip. partitioning by Veg.* 183–214.
- Dunkerley, D., 2015. Percolation through leaf litter: What happens during rainfall events of varying intensity? *J. Hydrol.* 525, 737–746. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.04.039>
- Duval, T.P., 2019. Rainfall partitioning through a mixed cedar swamp and associated C and N fluxes in Southern Ontario, Canada. *Hydrol. Process.* 33, 1510–1524. <https://doi.org/10.1002/hyp.13414>
- Dykes, A.P., 1997. Rainfall interception from a lowland tropical rainforest in Brunei. *J. Hydrol.* 200, 260–279. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(97\)00023-1](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00023-1)
- Eliades, M., Bruggeman, A., Djuma, H., Christou, A., Rovanias, K., Lubczynski, M.W., 2022. Testing three rainfall interception models and different parameterization methods with data from an open Mediterranean pine forest. *Agric. For. Meteorol.* 313, 108755. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108755>
- Gomez-Peralta, D., Oberbauer, S.F., McClain, M.E., Philippi, T.E., 2008. Rainfall and cloud-water interception in tropical montane forests in the eastern Andes of Central Peru. *For. Ecol. Manage.* 255, 1315–1325. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.10.058>
- González, E., Felipe-Lucia, M.R., Bourgeois, B., Boz, B., Nilsson, C., Palmer, G., Sher, A.A., 2017. Integrative conservation of riparian zones. *Biol. Conserv.* 211, 20–29. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.035>
- Grosso, J.D., Salemi, L.F., Moraes, J.M., Trevisan, R., Seghesi, G.B., Martinelli, L.A., 2019. Capacidade de retenção de água do dossel vegetativo: comparação entre Mata Atlântica e plantação florestal de eucalipto. *Canopy water retention capacity: comparison between the Atlantic Rainforest and the forest plantation of eucalypt.* *Ciência Florest.* 29, 96–104.
- Hammer, O., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis.
- Helvey, J.D., Patric, J.H., 1965. Canopy and litter interception of rainfall by hardwoods of eastern United States. *Water Resour. Res.* 1, 193–206. <https://doi.org/10.1029/WR001i002p00193>
- Hilary, B., Chris, B., North, B.E., Angelica Maria, A.Z., Sandra Lucia, A.Z., Carlos Alberto, Q.G., Beatriz, L.G., Rachael, E., Andrew, W., 2021. Riparian buffer length is more influential than width on river water quality: A case study in southern Costa Rica. *J. Environ. Manage.* 286, 112132. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112132>



- Hirata, R., Suhogusoff, A.V., Marcellini, S.S., Villar, P.C., Marcellini, L., 2019. As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil.
- Hussain, F., Wu, R.-S., Shih, D.-S., 2022. Water table response to rainfall and groundwater simulation using physics-based numerical model: WASH123D. *J. Hydrol. Reg. Stud.* 39, 100988. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.100988>
- Jiang, Z.-Y., Zhi, Q.-Y., Van Stan, J.T., Zhang, S.-Y., Xiao, Y.-H., Chen, X.-Y., Yang, X., Zhou, H.-Y., Hu, Z.-M., Wu, H.-W., 2021. Rainfall partitioning and associated chemical alteration in three subtropical urban tree species. *J. Hydrol.* 603, 127109. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127109>
- Johnson, L.R. ljohnson@longwoodgarden.org, Trammell, T.L.E., Bishop, T.J., Barth, J., Drzyzga, S., Jantz, C., 2020. Squeezed from all sides: Urbanization, invasive species, and climate change threaten riparian forest buffers. *Sustain.* 12, 1–23. <https://doi.org/10.3390/su12041448>
- Kermavnar, J., Vilhar, U., 2017. Canopy precipitation interception in urban forests in relation to stand structure. *Urban Ecosyst.* 20, 1373–1387. <https://doi.org/10.1007/s11252-017-0689-7>
- Levia, D.F., Germer, S., 2015. A review of stemflow generation dynamics and stemflow-environment interactions in forests and shrublands. *Rev. Geophys.* 53, 673–714. <https://doi.org/10.1002/2015RG000479>
- Lima, P.R.A., Leopoldo, P.L., 2000. Quantificação de componentes hidrológica de uma mata ciliar, através do balanço de massas. *Rev. Árvore* 24, 241–252.
- Llorens, P., Domingo, F., 2007. Rainfall partitioning by vegetation under Mediterranean conditions. A review of studies in Europe. *J. Hydrol.* 335, 37–54. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.10.032>
- Lloyd, C., Marques F., A.D.O., 1988. Spatial variability of throughfall and stemflow measurements in Amazonian rainforest. *Agric. For. Meteorol.* 42, 63–73. [https://doi.org/10.1016/0168-1923\(88\)90067-6](https://doi.org/10.1016/0168-1923(88)90067-6)
- Loescher, H.W., Powers, J.S., Oberbauer, S.F., 2002. Spatial variation of throughfall volume in an old-growth tropical wet forest, Costa Rica. *J. Trop. Ecol.* 18, 397–407. <https://doi.org/10.1017/S0266467402002274>
- Lowrance, R., Sheridan, J.M., 2005. Surface Runoff Water Quality in a Managed Three Zone Riparian Buffer. *J. Environ. Qual.* 34, 1851–1859. <https://doi.org/10.2134/jeq2004.0291>
- Marimon, B.S., Felfili, J.M., de Souza Lima, E., Neto, J.P., 2003. Padrões de distribuição de espécies na mata de galeria do córrego Bacaba Nova Xavantina Mato Grosso em relação a fatores ambientais. *Bol. do Herbário Ezechias Paulo Heringer* 12.
- Metzger, J.P., Bustamante, M.M.C., Ferreira, J., Fernandes, G.W., Librán-Embid, F., Pillar, V.D., Prist, P.R., Rodrigues, R.R., Vieira, I.C.G., Overbeck, G.E., 2019. Why Brazil needs its Legal Reserves. *Perspect. Ecol. Conserv.* 17, 91–103. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2019.07.002>
- Moura, A.E.S.S. de, Correa, M.M., Silva, E.R. da, Ferreira, R.L.C., Figueiredo, A. de C., Possas, J.M.C., 2009. Intercepção das chuvas em um fragmento de floresta da Mata Atlântica na Bacia do Prata, Recife, PE. *Rev. Árvore* 33, 461–469.



- Naiman, R.J., Décamps, H., McClain, M.E., 2005. *Riparia: ecology, conservation and management of streamside communities*. Elsevier.
- Nytch, C.J., Meléndez-Ackerman, E.J., Pérez, M.-E., Ortiz-Zayas, J.R., 2019. Rainfall interception by six urban trees in San Juan, Puerto Rico. *Urban Ecosyst.* 22, 103–115. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0768-4>
- Oliveira-Filho, A.T., Ratter, J.A., 1995. A study of the origin of central Brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. *Edinburgh J. Bot.* 52, 141–194. <https://doi.org/10.1017/S0960428600000949>
- Parron, L.M., Bustamante, M.M.C., Markewitz, D., 2011. Fluxes of nitrogen and phosphorus in a gallery forest in the Cerrado of central Brazil. *Biogeochemistry* 105, 89–104. <https://doi.org/10.1007/s10533-010-9537-z>
- Ramião, J.P., Cássio, F., Pascoal, C., 2020. Riparian land use and stream habitat regulate water quality. *Limnologia* 82, 125762. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2020.125762>
- Ribeiro, J.F., Walter, B.M.T., 2008. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *Cerrado Ecol. e flora* 1, 151–212.
- Riis, T., Kelly-Quinn, M., Aguiar, F.C., Manolaki, P., Bruno, D., Bejarano, M.D., Clerici, N., Fernandes, M.R., Franco, J.C., Pettit, N., Portela, A.P., Tammeorg, O., Tammeorg, P., Rodríguez-González, P.M., Dufour, S., 2020. Global overview of ecosystem services provided by riparian vegetation. *Bioscience* 70, 501–514. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa041>
- Sadeghi, S.M.M., Van Stan, J.T., Pypker, T.G., Tamjidi, J., Friesen, J., Farahnaklangroudi, M., 2018. Importance of transitional leaf states in canopy rainfall partitioning dynamics. *Eur. J. For. Res.* 137, 121–130. <https://doi.org/10.1007/s10342-017-1098-4>
- Santos, H.G. dos, Jacomine, P.K.T., Anjos, L.H.C. dos, Oliveira, V.Á. de, Lumberras, J.F., Coelho, M.R., Almeida, J.A. de, Araújo Filho, J.C. de, Oliveira, J.B. de, Cunha, T.J.F., 2018. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- Scheer, M.B., 2011. Mineral nutrient fluxes in rainfall and throughfall in a lowland Atlantic rainforest in southern Brazil. *J. For. Res.* 16, 76–81. <https://doi.org/10.1007/s10310-010-0222-9>
- Scheliga, B., Tetzlaff, D., Nuetzmann, G., Soulsby, C., 2019. Assessing runoff generation in riparian wetlands: monitoring groundwater–surface water dynamics at the micro-catchment scale. *Environ. Monit. Assess.* 191. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7237-2>
- Silva Júnior, M.C. da, 2005. Fitossociologia e estrutura diamétrica na mata de galeria do Pitoco, na Reserva Ecológica do IBGE, DF. *Cerne* 11, 147–158.
- Silva Júnior, M.C. da, 2004. Fitossociologia e estrutura diamétrica da mata de galeria do Taquara, na Reserva Ecológica do IBGE, DF. *Rev. Árvore* 28, 419–428.
- Silva Júnior, M.C. da, 1999. Composição florística, fitossociologia e estrutura diamétrica na Mata de galeria do Monjolo, Reserva Ecológica do IBGE (Recor), DF. *Bol. do Herbário Ezechias Paulo Heringer* 4.



Silva Júnior, M.C. da, Felfili, J.M., Nogueira, P.E., Rezende, A. V, 1998. Análise florística das matas de galeria no Distrito Federal. Cerrado: matas de galeria. Planaltina: EMBRAPA-CPAC 53–84.

Singh, R., Tiwari, A.K., Singh, G.S., 2021. Managing riparian zones for river health improvement: an integrated approach. *Landsc. Ecol. Eng.* 17, 195–223. <https://doi.org/10.1007/s11355-020-00436-5>

Staelens, J., De Schrijver, A., Verheyen, K., Verhoest, N.E.C., 2008. Rainfall partitioning into throughfall, stemflow, and interception within a single beech (*Fagus sylvatica* L.) canopy: influence of foliation, rain event characteristics, and meteorology. *Hydrol. Process.* 22, 33–45. <https://doi.org/10.1002/hyp.6610>

Su, L., Xie, Z., Xu, W., Zhao, C., 2019. Variability of throughfall quantity in a mixed evergreen-deciduous broadleaved forest in central China. *J. Hydrol. Hydromechanics* 67, 225–231. <https://doi.org/10.2478/johh-2019-0008>

Swanson, F.J., Gregory, S. V., Sedell, J.R., Campbell, A.G., 1982. Land-water interactions: the riparian zone. *Anal. Conifer. For. Ecosyst. West. United States* 267–291.

Tabacchi, E., Lambs, L., Guilloy, H., Planty-Tabacchi, A.-M., Muller, E., Décamps, H., 2000. Impacts of riparian vegetation on hydrological processes. *Hydrol. Process.* 14, 2959–2976. [https://doi.org/10.1002/1099-1085\(200011/12\)14:16/17<2959::AID-HYP129>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/1099-1085(200011/12)14:16/17<2959::AID-HYP129>3.0.CO;2-B)

Távora, B.E., Koide, S., 2020. Event-Based Rainfall Interception Modeling in a Cerrado Riparian Forest—Central Brazil: An Alternative Approach to the IS Method for Parameterization of the Gash Model. *Water* 12, 2128. <https://doi.org/10.3390/w12082128>

Walter, B.M.T., 1996. Distribuição espacial de espécies perenes em uma mata de galeria inundável no Distrito Federal: florística e fitossociologia. *Acta Bot. Brasilica* 10, 392–393.

Yue, K., De Frenne, P., Fornara, D.A., Van Meerbeek, K., Li, W., Peng, X., Ni, X., Peng, Y., Wu, F., Yang, Y., Peñuelas, J., 2021. Global patterns and drivers of rainfall partitioning by trees and shrubs. *Glob. Chang. Biol.* 27, 3350–3357. <https://doi.org/10.1111/gcb.15644>

Zabret, K., Rakovec, J., Šraj, M., 2018. Influence of meteorological variables on rainfall partitioning for deciduous and coniferous tree species in urban area. *J. Hydrol.* 558, 29–41. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.01.025>

Zhang, H., Wu, H., Li, J., He, B., Liu, J., Wang, N., Duan, W., Liao, A., 2019. Spatial-temporal variability of throughfall in a subtropical deciduous forest from the hilly regions of eastern China. *J. Mt. Sci.* 16, 1788–1801. <https://doi.org/10.1007/s11629-019-5424-9>