

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

VARIAÇÃO DO PROCESSO DE INTERCEPTAÇÃO DURANTE EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO EM UMA FLORESTA OMBRÓFILA DENSA

*João Henrique Macedo Sá¹; Debora Yumi de Oliveira²; Pedro Ferreira Arienti³; Alondra Beatriz
Alvarez Perez⁴; Camyla Innocente dos Santos⁵ & Pedro Luiz Borges Chaffe⁶*

RESUMO – O processo de interceptação altera a distribuição temporal da chuva em uma floresta influenciando indiretamente os demais processos do ciclo hidrológico. Alguns estudos analisaram a dinâmica do processo de interceptação durante um evento, mas nenhum foi realizado em floresta tropicais com alta heterogeneidade da vegetação. Neste estudo analisamos a variação da chuva interna (T_f), do escoamento pelos troncos (S_f) e da interceptação pela copa (I_c) durante eventos de precipitação em uma Floresta Ombrófila Densa. A área de estudo está localizada na bacia hidrográfica da Lagoa do Peri em Florianópolis-SC. Foi realizado o monitoramento automático da chuva externa (P_g), S_f e T_f . Concluímos que: (i) a capacidade de armazenamento da copa e do tronco é parcialmente restaurada várias vezes durante um evento; (ii) a proporção da interceptação na primeira metade do evento é diferente do que a segunda metade do evento e; (iii) a geração do escoamento pelos troncos aumenta durante toda a duração dos eventos analisados.

Palavras-Chave – interceptação da copa, Mata atlântica

ABSTRACT– The rainfall interception changes the temporal distribution of rainfall in the forest and reduces the impact of rainfall on the raindrop the soil surface, indirectly influencing the hydrological cycle. There are some studies that analyzed the dynamics of the rainfall interception during the event, but they no study to the tropical forest with high heterogeneity. Therefore, in this study, we analyzed the variation of the throughfall (T_f), the stemflow (S_f) and the canopy interception (I_c) during the event in an Atlantic Forest. The forest is located in the catchment of Lagoa do Peri in Florianópolis-SC. We performed the automatic monitoring of rainfall (P_g), S_f and T_f . It concludes that: (i) the storage capacity of the copy is restored in several parts during an event; (ii) the integration date in the first half is different from the second and the event; (iii) a series of stemflow throughout the duration of the event.

Key words - canopy interception, Atlantic forest

¹) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPGEA, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, jhenriquemsa@hotmail.com

²) Department of Civil and Environmental Engineering, University of California Irvine, Irvine, California, USA. debora.ydo@gmail.com

³) Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, pedropp1995@gmail.com

⁴) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPGEA, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, alondra_920@hotmail.com

⁵) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPGEA, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, camylainnocente@gmail.com

⁶) Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, pedro.chaffe@ufsc.br.

1 INTRODUÇÃO

A interceptação é a retenção da água da chuva pela cobertura vegetal (caule, folhas ou serapilheira) antes de atingir o solo. A água da chuva quando atinge as superfícies das plantas fica temporariamente retida e evapora (perdas por interceptação) ou é direcionada para o solo florestal, através de gotejamento ou escoando pelos troncos das árvores (escoamento pelos troncos). A parte da chuva que é interceptada pela vegetação e posteriormente atinge o solo florestal através de gotejamento somada com a parte que passa diretamente através da abertura do dossel das árvores é chamada de chuva interna. A interceptação da chuva é um processo importante no balanço hídrico das florestas (IIDA et al. (2017).

A quantidade de água que fica armazenada na copa pode variar com as condições do evento (HELVEY; PATRIC, 1965). Shuttleworth (1983) observou que metade da evaporação provinda da interceptação ocorre durante o evento. Em climas quentes, a evaporação da água interceptada é uma parcela significativa da evaporação total (SAVENIJE, 2004).

Dunkerley (2014) demonstrou que o escoamento pelo tronco é maior para os eventos com um pico de chuva no final do evento do que no início e para eventos que tem intensidade constantes. Indicando que chuvas com pico de intensidade na parte inicial é utilizado para a saturação do tronco e desenvolvimento de percursos de escoamento após o fim da chuva externa.

Iida et al., (2017) analisaram a dinâmica do processo de interceptação para a primeira e segunda metade dos eventos de chuva com a base nas intensidades da precipitação externa em floresta de cedros japoneses. Os autores concluíram que: (i) que a relação da chuva externa e da perda por interceptação não é linear, mas sim uma curva parabólica; (ii) a proporção da interceptação na primeira metade do evento é maior do que na segunda metade e (iii) a capacidade de armazenamento de água pela copa variou durante o evento.

Neste estudo, analisamos a variação durante o evento de precipitação da chuva interna (T_f), do escoamento pelo tronco (S_f) e da interceptação (I_c) em uma Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica subtropical) no sul do Brasil.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica da Lagoa do Peri está localizada ao sul da Ilha de Santa Catarina, localizada a 27°44' de latitude sul e 48°31" de longitude oeste (Figura 1). A bacia pertence a uma área de preservação permanente de Mata Atlântica (HENNEMANN; PETRUCIO, 2010; LEMES-SILVA; PAGLIOSA; PETRUCIO, 2014). O Parque Municipal da Lagoa do Peri é coberto por florestas ombrófilas densas, com capoeirinha, regeneração média (capoeira) e avançada (capoeirão) de floresta secundária e remanescentes de vegetação primária (KUERTEN, 1998).

No lado leste, além das áreas de restinga (Figura 1) que estão em processo de regeneração (restinga arbustiva e restinga arbórea), também se encontra uma parcela que foi reflorestada (pinus e eucalipto) (CABRAL, 1999). Ao longo da costa leste e sudoeste da lagoa existem pequenas parcelas de vegetação aluvial herbácea (PEREIRA, 2001).

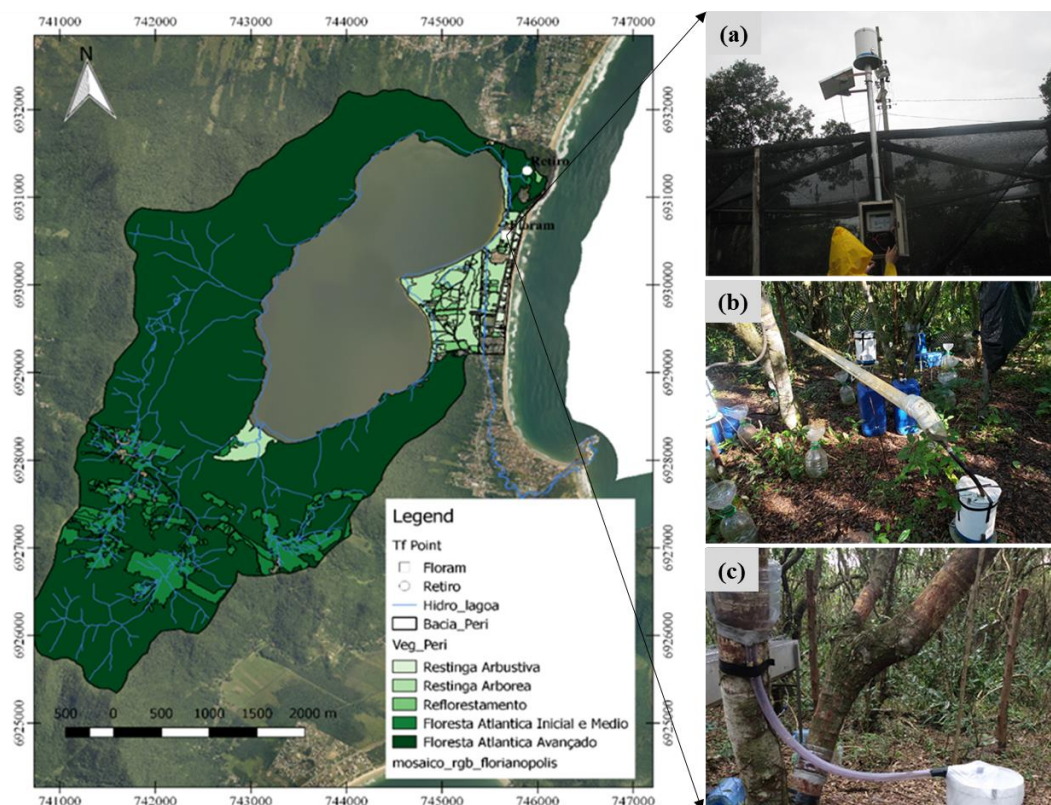


Figura 1 - Localização da parcela de monitoramento da bacia Lagoa do Peri e característica da vegetação no entorno da lagoa. Equipamentos de monitoramento de (a) chuva externa, (b) chuva interna e (c) escoamento pelos troncos.

2.2 Monitoramento

O processo de interceptação foi monitorado de outubro de 2015 a dezembro de 2018, totalizando aproximadamente 39 meses de monitoramento em uma parcela com vegetação classificada como restinga arbórea. O registro dos dados foi efetuado de maneira automática a cada 5 minutos.

A série de dados de chuva externa foi obtida por meio de um pluviógrafo instalado em cima do viveiro da Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis (FLORAM) (Figura 1a). Ao lado do pluviógrafo foi instalado um pluviômetro para fornecer o volume acumulado da chuva externa. Em caso de valores divergentes dessas duas medições, o período correspondente foi desconsiderado. O pluviógrafo possui diâmetro de abertura de 20 cm e resolução de 0,24 mm.

No monitoramento da chuva interna foi utilizado um sistema de calha ligada a um pluviógrafo (Figura 1b). A calha de PVC possui uma área total de captação de 0,3 m², composta por 1 unidade de 3 m de comprimento e 0,1 m de largura.

O monitoramento do volume do escoamento pelos troncos foi realizado em uma árvore da espécie *Ocotea pulchella*, com diâmetro na altura do peito de 15 cm, altura aproximadamente de 7 m e com a área da copa de 4,7 m². Foram utilizados garrafas cortadas, massa adesiva epóxi e mangueiras de PVC transparentes e flexíveis para captar o escoamento pelos troncos (Figura 1c), que passava por um pluviógrafo e depois era armazenado em garrafas PET. O escoamento pelos troncos em mm foi estimado a partir do volume obtido no monitoramento e da área da copa, conforme demonstrado na Equação (1):

$$Sf_{mm} = \frac{Sf_L}{A_{Copa}} \quad (1)$$

onde Sf_{mm} é a altura do escoamento pelos troncos (mm), Sf_L é o volume de escoamento pelos troncos (litros) e A_{Copa} é a área da copa (m²).

A quantidade de água interceptada na copa, incluindo folhas, ramos e caules, foi avaliada pela seguinte equação do balanço hídrico:

$$Ic = Pg - (Tf + Sf) \quad (2)$$

onde Pg é a chuva externa, Tf é a chuva interna e Sf é o escoamento pelos troncos.

2.3 Análise dos dados

As séries de dados de chuva externa, chuva interna e escoamento pelos troncos foram separadas em eventos considerando um intervalo de 12 horas sem chuva externa. Eventos com falha no

monitoramento de qualquer uma das variáveis analisadas (chuva externa, chuva interna e escoamento pelos troncos) foram descartados. Também foram excluídos eventos com menos de 0,22 mm de chuva externa, o que representa somente uma basculada do pluviógrafo. Os eventos que resultaram em uma perda por interceptação negativa também foram excluídos.

Para cada evento foram analisados: (i) a variação da taxa de chuva interna (Tf), escoamento pelos troncos (Sf) e interceptação pela copa (Ic) durante os eventos; (ii) a variação dos valores acumulados destas variáveis ao longo do tempo; (iii) a variação dos valores acumulados de Tf , Sf e Ic em função do acumulado de Pg ; e (iv) análise da variação de Tf/Pg , Sf/Pg e Ic/Pg ao longo do tempo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Falhas no registro automático dos dados da chuva externa, chuva interna e escoamento pelos troncos ocorreram durante o monitoramento. Estes períodos foram descartados da série de dados, resultando em 50 eventos de 327. Nos eventos selecionados para esse estudo a Pg foi de 766,8 mm, Tf foi 334,1 mm e Sf foi de 6,8 mm.

Na Figura 2, podemos observar que os valores de chuva interna (Tf), escoamento pelos troncos (Sf) e a interceptação da copa (Ic) aumentam com o aumento da chuva externa (Pg) do evento.

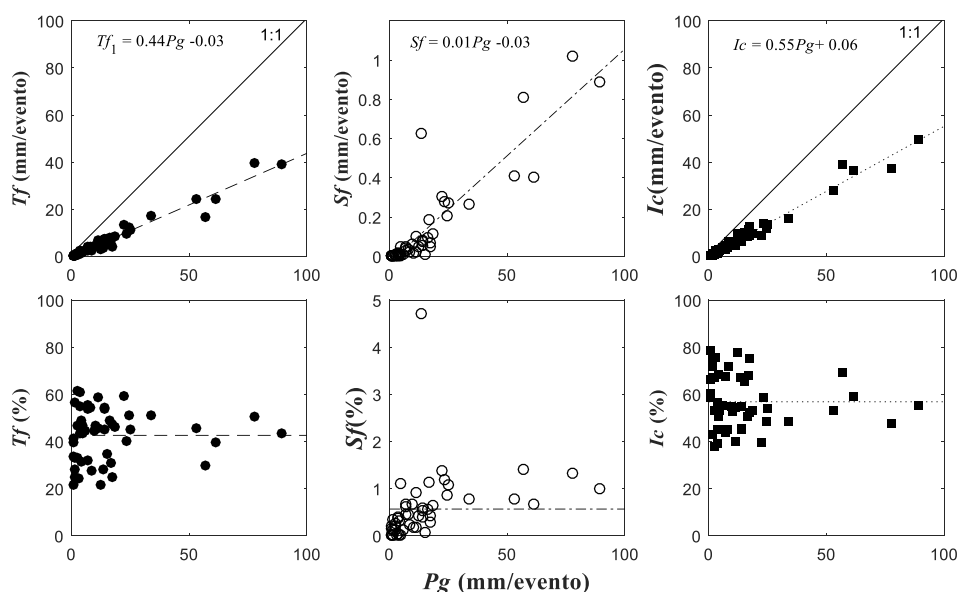


Figura 2 - Volume totais por evento da chuva interna (Tf), escoamento pelos troncos (Sf) e perda por interceptação da copa (Ic).

Os dados com resolução temporal de 5 min foram acumulados para 60 minutos para analisar a variação horária da chuva interna, do escoamento pelos troncos, e da interceptação ao longo dos eventos. Foram selecionados três eventos para esta análise, sendo apresentados os resultados nas Figuras 3 a 5.

Pode-se observar que nos três eventos os valores de Tf/Pg e Sf/Pg nas primeiras horas foram baixos e aumentando logo em seguida. Isso ocorre devido à saturação da vegetação, que precisa de uma quantidade de água retida nas copas para em seguida começar drenar água para o solo ou para os galhos e troncos das árvores. Na Figura 3, observamos que ocorreu dois intervalos dentro do evento sem chuva, o primeiro de 5 horas e o segundo de 3 horas de duração. Após estes períodos, observou-se uma redução da proporção da chuva interna acumulada em relação a chuva externa acumulada, o que indica que a capacidade de armazenamento na vegetação foi ao menos parcialmente restaurada durante estes períodos sem chuva.

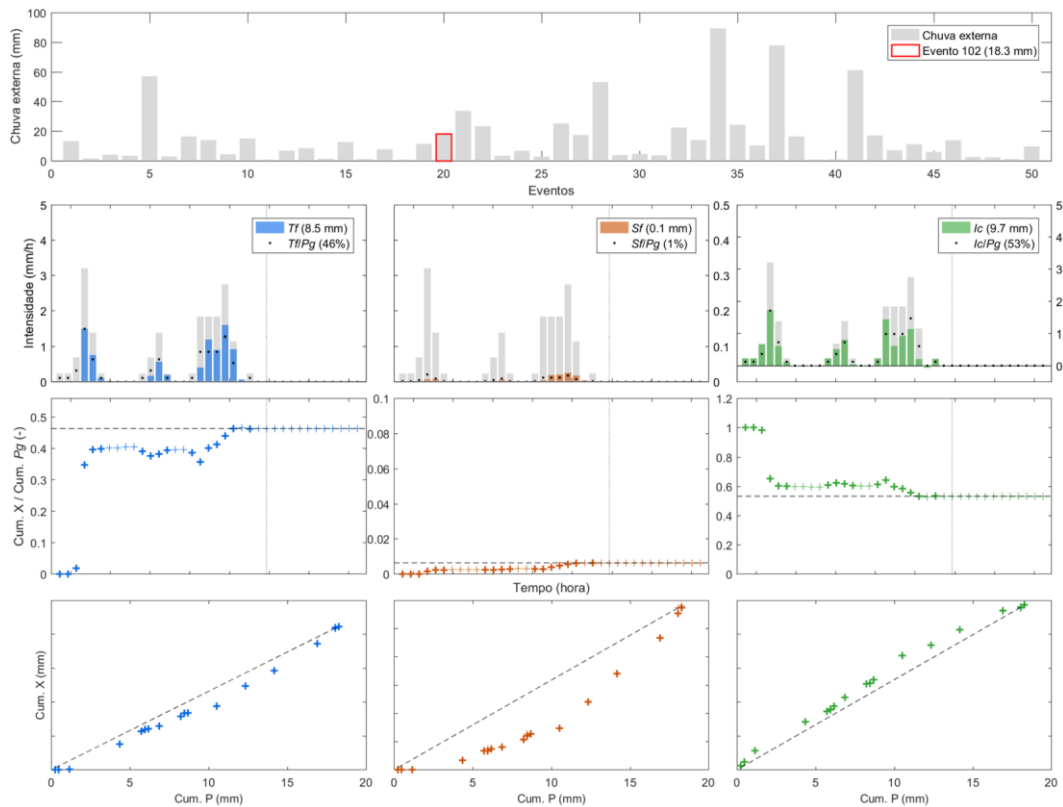


Figura 3 – Variação da chuva interna, do escoamento pelos troncos e da interceptação com a chuva externa durante o evento de 18,3 mm com duração de 12 horas. (a) Distribuição dos eventos da chuva, sendo que o evento selecionado está apresentado em vermelho. (b) Variação da intensidade da Tf e Sf com a intensidade da chuva externa durante o evento. (c) Relação do acumulado de Tf/Pg , Sf/Pg e Ic/Pg ao longo do tempo. (d) Relação do acumulado da Tf , Sf e Ic com o acumulado de Pg .

Essa diminuição da proporção da chuva interna durante o evento após períodos sem chuva externa também ocorreu no segundo evento (Figura 4). A água que estava retida na vegetação pode ter sido perdida por evaporação ou pela própria drenagem dos troncos. A análise da variação do escoamento pelos troncos durante o evento não indicou um aumento significativo da proporção de escoamento pelos troncos durante estes períodos sem chuva, sugerindo que a restauração da capacidade de armazenamento da vegetação pode ter ocorrido majoritariamente por evaporação da

água armazenada. A redução da proporção da Tf após algumas horas sem chuva confirma a hipótese de que as taxas de evaporação podem ser elevadas durante os eventos causando, assim, o esvaziamento do armazenamento da copa e do tronco da árvore.

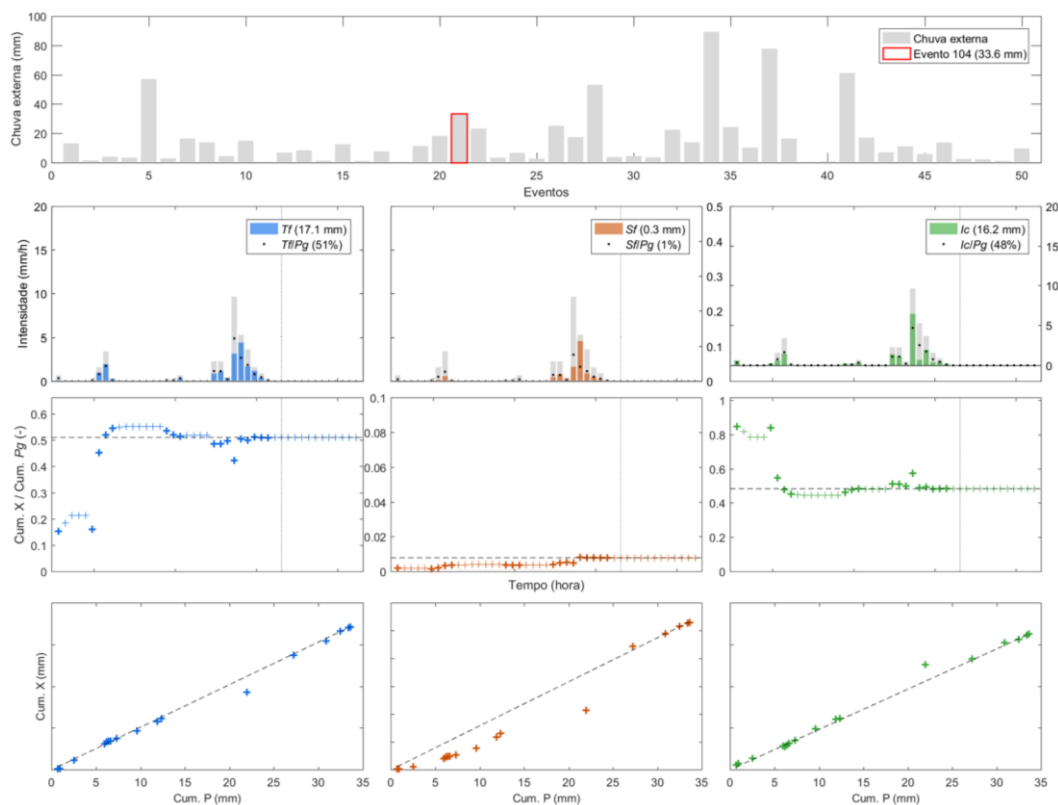


Figura 4 – Variação da chuva interna e escoamento pelo tronco com a chuva externa durante o evento de 16,2 mm com duração de 32 horas (a) Distribuição dos eventos da chuva. (b) Variação da intensidade da Tf , Sf e Ic com a intensidade da chuva externa, durante o evento. (c) Relação do acumulado de Tf/Pg , Sf/Pg e Ic/Pg ao longo do tempo. (d) Relação do acumulado da Tf , Sf e Ic com o acumulado de Pg .

O último evento selecionado (Figura 5) foi diferente dos outros dois apresentados anteriormente. Nesse evento, a chuva externa começou com baixa intensidade e com muitos pequenos intervalos sem chuva, tendo uma duração de 15 horas até a intensidade chuva aumentar. Durante este período inicial, houve uma grande variação da proporção de chuva interna acumulada em relação à proporção de chuva externa acumulada, refletindo o esvaziamento e enchimento parcial da vegetação. Após o início de maiores intensidades de chuva, a proporção de chuva interna acumulada aumentou indicando a saturação da vegetação, com uma maior quantidade de água da chuva chegando ao solo.

A análise da evolução dos valores acumulados de escoamento pelos troncos em relação aos valores acumulados de chuva externa (painel inferior das Figuras 3 a 5) indica que a taxa de geração de escoamento pelos troncos aumenta durante toda a duração do evento, sugerindo que novos

caminhos estão sendo continuamente criados. O aumento da interceptação acumulada em relação à chuva externa acumulada durante todo o evento, atingindo valores de 50 mm em 12 horas para o terceiro evento (painel inferior da Figura 5), pode ser um indicativo que a chuva interna e o escoamento pelos troncos nesta parcela foram subestimados.

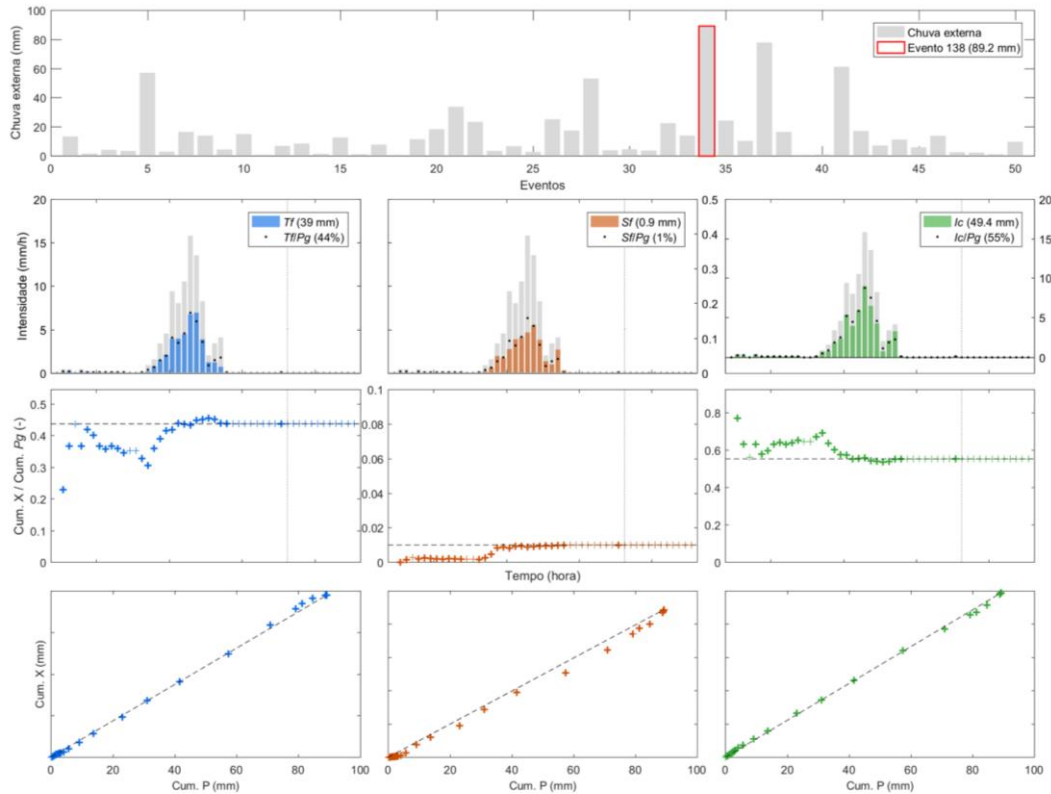


Figura 5 – Variação da chuva interna e escoamento pelo tronco com a chuva externa durante o evento de 89,2 mm com duração de 37 horas. (a) Distribuição dos eventos da chuva. (b) Variação da intensidade da T_f , S_f e I_c com a intensidade da chuva externa, durante o evento. (c) Relação do acumulado de T_f/P_g , S_f/P_g e I_c/P_g ao longo do tempo. (d) Relação do acumulado da T_f , S_f e I_c com o acumulado de P_g .

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi analisado a dinâmica do processo de interceptação durante o evento de precipitação a partir de dados de monitoramento automático de chuva externa, chuva interna e escoamento pelos troncos. A variação da chuva interna, do escoamento pelo tronco e da interceptação foi apresentada para três eventos selecionados.

Nossas principais conclusões são: (1) a capacidade de armazenamento da copa é parcialmente restaurada várias vezes durante um evento, o que foi evidenciado pela diminuição do valor de T_f/P_g acumulado após períodos de seca entre evento; (2) a redução da proporção da T_f após algumas horas sem chuva confirma a hipótese de que as taxas de evaporação podem ser elevadas durante os eventos, já que durante este períodos sem chuva não houve aumento no escoamento pelos troncos; e (3) a taxa

de geração de escoamento pelos troncos aumenta durante toda a duração do evento , indicando que novos caminhos estão sendo continuamente criados

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPQ, a CAPES e a FAPESC pelas bolsas de estudos. Agradecemos ao CNPQ pelo financiamento da pesquisa através do projeto MCTI/CNPQ/Universal 14/2014. A segunda autora agradece à CAPES pela bolsa do Programa de Doutorado Pleno no Exterior, processo nº 88881.174456/2018-01. Também agradecemos aos funcionários da Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis (FLORAM) e do Retiros Vila Fátima pelo apoio em campo e pelas contribuições para os desenvolvimentos da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- CABRAL, Luiz Otávio. **Bacia da Lagoa do Peri : sobre as dimensões da paisagem e seu valor**. 1999. Universidade Federal de Santa Catarina, [s. l.], 1999.
- GERRITS, A. M. J.; SAVENIJE, H. H. G. Interception. **Treatise on Water Science**, [s. l.], n. 1971, p. 89–101, 2011.
- HELVEY, J. D.; PATRIC, J. H. Canopy and litter interception of rainfall by hardwoods of eastern United States. **Water Resources Research**, [s. l.], 1965.
- HENNEMANN, Mariana Coutinho; PETRUCIO, Maurício Mello. Seasonal phytoplankton response to increased temperature and phosphorus inputs in a freshwater coastal lagoon, Southern Brazil: a microcosm bioassay. **Acta Limnologica Brasiliensia**, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 295–305, 2010.
- HÖRMANN, G. et al. Calculation and simulation of wind controlled canopy interception of a beech forest in Northern Germany. **Agricultural and Forest Meteorology**, [s. l.], v. 79, n. 3, p. 131–148, 1996. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0168192395022759>>
- IIDA, Shin'ichi et al. Intra-storm scale rainfall interception dynamics in a mature coniferous forest stand. **Journal of Hydrology**, [s. l.], v. 548, p. 770–783, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.03.009>>
- KUERTEN, Roberto Maykot. **Produção de cartas de uso e cobertura da terra a partir de dados obtidos por sensores remotos, área teste :: Parque Municipal da Lagoa do Peri**. 1998. Universidade Federal de Santa Catarina, [s. l.], 1998. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/77828>>
- LEMES-SILVA, Aurea Luiza; PAGLIOSA, Paulo Roberto; PETRUCIO, Mauricio Mello. Inter- and intra-guild patterns of food resource utilization by chironomid larvae in a subtropical coastal lagoon. **Limnology**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 1–12, 2014.
- PEREIRA, M. A. **Diagnóstico físico e socioambiental do Parque Municipal da Lagoa do Peri. Subsídio ao Plano de Manejo**. 2001. Universidade Federal de Santa Catarina, [s. l.], 2001.
- SAVENIJE, Hubert H. G. The importance of interception and why we should delete the term evapotranspiration from our vocabulary. **Hydrological Processes**, [s. l.], v. 18, n. 8, p. 1507–1511, 2004. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/hyp.5563>>. Acesso em: 15 ago. 2013.
- SHUTTLEWORTH, W. J. Evaporation Models in the Global Water Budget. In: **Variations in the Global Water Budget**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1983. p. 147–171.
- ZHANG, Yongqiang et al. Multi-decadal trends in global terrestrial evapotranspiration and its components. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 6, 2016.