



## IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS EVENTOS DE INTERCEPTAÇÃO EM UMA BACIA COBERTA POR FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

*João Henrique Macedo Sá<sup>1\*</sup> & Pedro Luiz Borges Chaffe<sup>2</sup> & Debora Yumi de Oliveira<sup>3</sup> & Joana Nery Giglio<sup>4</sup> & Masato Kobiyama<sup>5</sup> & Henrique de Melo Lisboa<sup>6</sup>*

**Resumo** – A necessidade de estudos sistemáticos envolvendo dados de interceptação numa escala temporal mais precisa possibilita determinar propriedades dos eventos, tais como duração e intensidade. A área de estudo está localizada no planalto Norte Catarinense. É uma área completamente coberta por Floresta Ombrófila Mista secundária. Tem o objetivo de analisar o efeito do Tempo Mínimo Inter-evento (TMI) no comportamento do processo de interceptação. Foi utilizado um pluviógrafo para o monitoramento da chuva externa, para o monitoramento de chuva interna foi utilizada uma calha interligada com pluviógrafo e para o monitoramento de escoamento pelos troncos foi utilizado um sistema de 4 árvores interligadas a outro pluviógrafo para o cálculo da interceptação. Todos os parâmetros foram monitorados entre 26/02/2014 e 04/10/2014. Os dados foram analisados com objetivo de caracterizar os eventos de interceptação para diferentes valores de TMI. Os resultados mostraram que o TMI tem um efeito importante na característica como: quantidade de evento, duração, lâmina d'água, período sem chuva durante o evento, intensidade média e máxima entre eventos.

**Palavras-Chave** – Tempo mínimo inter-evento; Interceptação de chuva; Identificação de eventos.

## IDENTIFICATION AND CHARACTERISATION OF THE INTERCEPTION OF EVENTS ON A CATCHMENT COVERED BY MIXED OMBROPHILOUS FOREST

**Abstract** – The need for systematic studies involving interception loss of data in a time scale more accurate means of determining properties of the events, such as duration and intensity, which can be used in a better understanding of hydrological processes. The study is located in the Northern Santa Catarina State. It is an area completely covered by secondary Mixed Ombrophilous Forest. It aims to analyze the effect of time Minimum Inter-event Time (TMI) in the interception process behavior. Total rainfall was measured using a tipping bucket rain gauge, throughfall was measured using a trough connected to a rain gauge and stemflow was measured from 4 different trees. It was all recorded automatically every 5min from 26/02/2014 to 04/10/2014. The data were analyzed in order to characterize the interception of events for different values of TMI. The results showed that the TMI has a major effect on the characteristic such as event number, duration, water depth, no rain event period, mean and maximum intensity between events.

**Keywords** – Minimum inter-event time; Interception; Identification event.

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPGEA, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, joao.h.sa@posgrad.ufsc.br

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, pedro.chaffe@ufsc.br

<sup>3</sup> Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, debora.ydo@gmail.com

<sup>4</sup> Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia, joana\_n\_g@yahoo.com.br

<sup>5</sup> Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, masato.kobiyama@ufrgs.br

<sup>6</sup> Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, h.lisboa@ufsc.br

\* Autor Correspondente.



## **INTRODUÇÃO**

O processo de interceptação é um componente importante do ciclo hidrológico em um ecossistema florestal (Lima, 1976). Dentro do contexto do balanço hídrico, durante períodos secos a transpiração e a evaporação da água do solo compõem o consumo de água de uma superfície vegetada. Durante períodos chuvosos, todavia, a interceptação também passa a fazer parte das perdas de água pelo ecossistema.

A adoção de um tempo mínimo inter-evento (TMI) de 12 h em um estudo da perda por interceptação de chuva decorre em parte nas copas das árvores as perdas por evaporação. Durante estes tempo, a capacidade de armazenamento do dossel poderia diminuir por secagem durante o período entre eventos, separados pelo TMI. Em outras palavras, embora o uso de um determinado TMI possa criar independência entre os eventos, aumentando potencialmente as estimativas baseadas em eventos aparentes da perda de interceptação por causa de secagem durante períodos inter-evento sem chuva (Dunkerley, 2008).

As relações entre a intensidade, duração e frequência de ocorrência de chuva é dominada pelo trabalho realizado em áreas de aplicação, tais como drenagem e gestão de inundações. Comumente, registros de chuva são convertidos em uma série anual da taxa de precipitação máxima ou lâmina d'água para intervalos de tempo específicos, tais como 15 min, 30 min e 1 h (Dunkerley, 2008).

A intensidade e a duração da chuva também são de grande relevância para trabalhar de sedimentos, infiltração, produção de escoamento superficial, perda de solo e muitas outras áreas de hidrologia (Mertens et al., 2002; Godt *et al.*, 2006; Hammad *et al.*, 2006; Parsons e Stone, 2006; Lopez-Vicente *et al.*, 2008; Guzzetti *et al.*, 2007, Dunkerley, 2008).

As propriedades desses eventos muitas vezes se tornam a base para descrever o clima, utilizando medidas como a média e a variância de duração do evento, lâmina d'água e intensidade da precipitação evento.

A análise da precipitação é baseada na serie histórica de eventos chuvosos. Sendo necessário estabelecer critérios de separação dos eventos. A definição do TMI é o tempo mínimo necessário para que um novo registro seja considerado o início de um novo evento. Na análise dos eventos de precipitação, ainda não há consenso no meio científico no que se refere à padronização de um valor de TMI a ser usado como critério de análise. Geralmente cada estudo utiliza o valor que acha mais apropriado (Dunkerley, 2008).

Eventos de chuva são mais comumente delineadas utilizando a abordagem do TMI. Isto especifica um período sem chuvas essencialmente arbitrária, frequentemente 6-8 h, que é o critério para o reconhecimento do início de um novo evento quando a chuva recomeça. Usando essa abordagem, interlúdios sem chuva dentro de um evento pode ser quase tão longo quanto o TMI.

Nos estudos do processo da interceptação, o TMI é muitas vezes escolhido de modo que há tempo suficiente entre os eventos para as copas das arvores sequem, e que quando iniciar o próximo evento o armazenamento da copa esteja vazia. Isso reduz a dependência de qualquer evento do processo das perdas por interceptação no tempo desde o evento anterior ou chuva em suas propriedades (lâmina d'água, duração), e destina-se a permitir que os dados de cada evento deve ser interpretado de forma independente.

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar as características dos eventos de interceptação da copa ( $I_c$ ) relacionando o efeito do tempo mínimo inter-evento (TMI) nas propriedades dos eventos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

A bacia experimental do rio Araçonga (5,3 ha) está situada na zona rural do município de Rio Negrinho-SC, no Planalto Norte catarinense (Figura 1). Esta é uma bacia de segunda ordem inserida em uma região coberta por Floresta Ombrófila Mista secundária. A altimetria da bacia varia de 1.006 m a 880 m com relação ao nível do mar (Mota, 2012; Giglio, 2013).

### Monitoramento do processo de interceptação

A perda por interceptação pode ser fracionada em dois componentes (Hewlett, 1982), e é tratada como um simples balanço hídrico, conforme a equação (1).

$$I = I_c + I_f \quad (1)$$

onde  $I$  é o total das perdas por interceptação [mm],  $I_c$  é a perda por interceptação da copa [mm] e  $I_f$  é a perda por interceptação do chão florestal [mm].

A medição da perda por interceptação do piso florestal ( $I_f$ ) se resume em coletar e pesar amostras do piso florestal calculando a diferença entre o peso úmido e o peso seco da coleta (Helvey e Patric, 1965). Nesse trabalho não foi realizado a medição da perda por interceptação do piso florestal.

A perda por interceptação da copa ( $I_c$ ) é a parte da água interceptada que evapora diretamente das copas, não atingindo o solo. Este componente pode ser calculado pela diferença entre a chuva externa ( $P$ ) e a soma da chuva interna ( $Tf$ ) e escoamento de tronco ( $Sf$ ), conforme a equação (2).

$$I_c = P - (Tf + Sf) \quad (2)$$

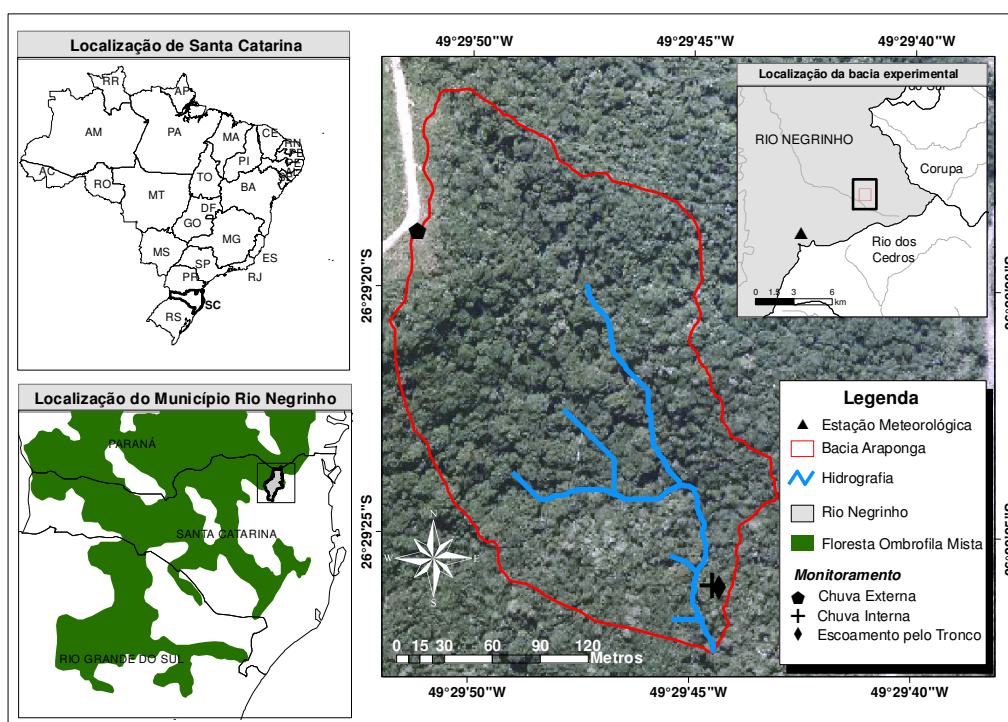


Figura 1 – Mapa de localização da bacia.

Na bacia foram instalados um pluviógrafo para monitoramento de chuva externa –  $P$  (Figura 2a), uma calha (0,2 x 3 metros) interligada a um pluviógrafo para o monitoramento da chuva interna –  $Tf$  (Figura 2b) e um sistema de 4 árvores conectadas a um pluviógrafo para o monitoramento do escoamento pelos troncos –  $Sf$  (Figura 2c). A estação pluviométrica, localizada na cabeceira da bacia, realizou o monitoramento de chuva externa com pluviógrafo de báscula com resolução de 0,24 mm, e os dados foram registrados em um *datalogger* a cada 5 min.



Figura 2– Fotografia dos pontos de monitoramento: (a) pluviógrafo de medição da chuva externa ( $P$ ); (b) calha para coleta da chuva interna ( $Tf$ ); e (c) mangueiras da coleta do escoamento pelos troncos ( $Sf$ ).

### Separação de eventos

A análise dos dados foi realizada com o objetivo de caracterizar os eventos observados. Assim, a identificação e separação dos eventos neste estudo foram estabelecidas levando em conta os seguintes critérios: intervalo de tempo mínimo inter-evento (TMI) foi estabelecido em 1, 3, 6, 12, 18 e 24 horas, o que significa que registros com intervalos menores foram considerados no mesmo evento; Para que fosse considerado um evento o registro deveria ser maior que 1,00 mm e a perda por interceptação da copa maior que 0 mm;

A análise dos registros permitiu identificar os eventos em função do TMI adotado. A partir da identificação, foram determinadas as variáveis relacionadas com as características temporais do evento, tais como quantidade de evento, duração, lâmina d'água, período sem chuva durante o evento, intensidade média e máxima entre eventos. O fluxograma apresentado na Figura 3 resume as etapas de caracterização dos eventos.

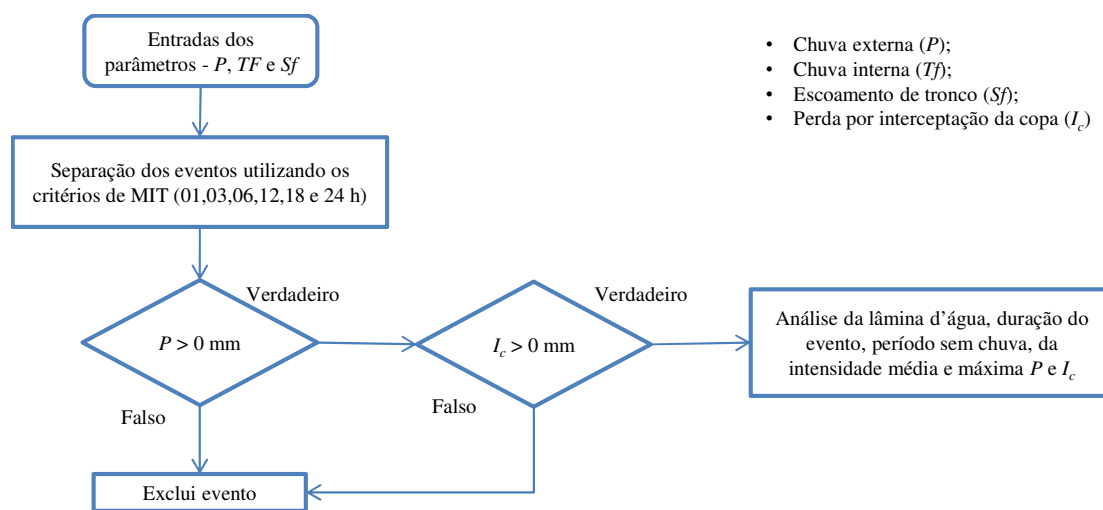


Figura 3 – Etapas para a caracterização dos eventos.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo, considerando cada valor do tempo mínimo inter-evento (TMI), estão apresentados de forma resumida na Tabela 1. Os resultados obtidos demonstram que o TMI tem um efeito significativo nas características dos eventos. Aumentando o TMI diminui a quantidade de evento, passando de 76 eventos (TMI = 1 hora) para 34 eventos (TMI = 24 horas) foi reduzido mais da metade.

A intensidade média máxima observada foi 7,7 mm/h, para um evento com duração de 20 minutos. Observou-se que um aumento no tempo mínimo inter-evento (TMI) produzia uma redução da intensidade média, o que pode estar relacionado à maior quantidade de registros incorporados aos eventos.

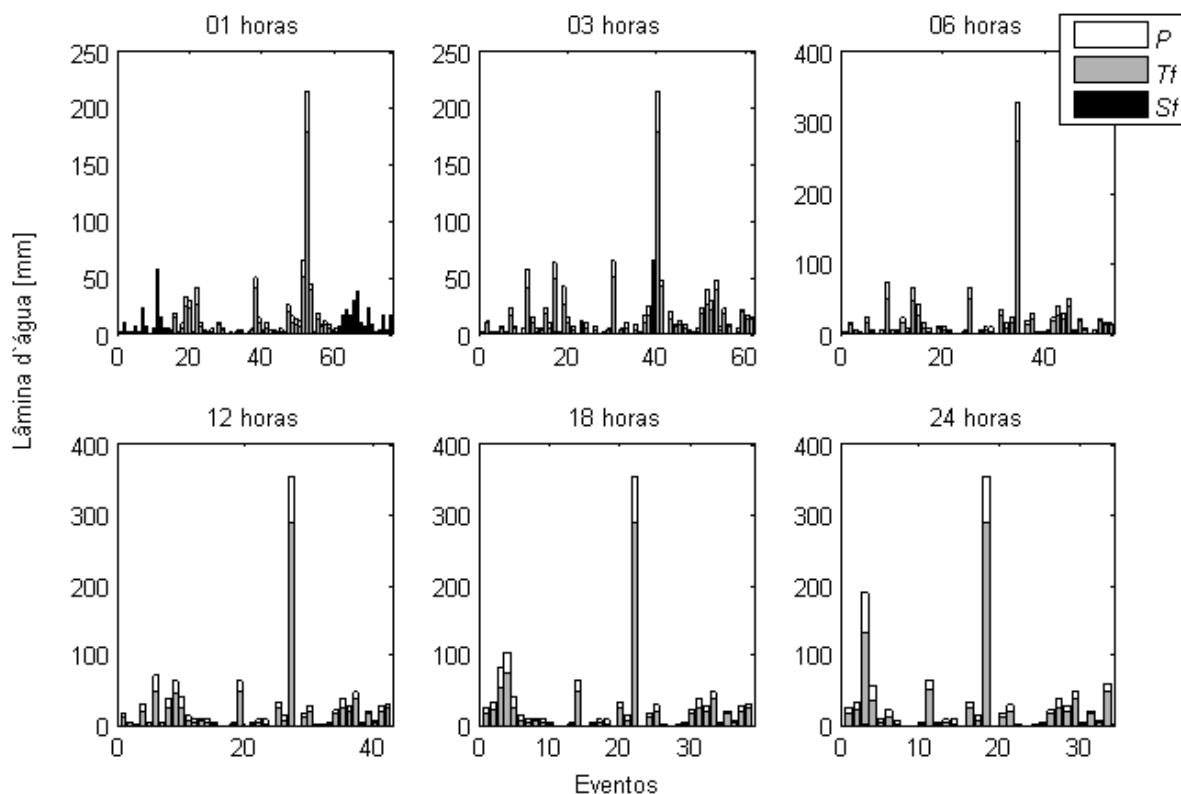
A duração do evento e a duração sem chuva aumentaram com aumento do TMI. O TMI influencia significativamente as características dos eventos como lâmina d'água, duração, intensidade e também influencia o processo de interceptação.

Observa-se que o processo de interceptação da copa aumentou com o aumento da TMI, variando de 279 mm (TMI=1 h) para 297 mm (TMI=24 h), mas em relação a porcentagem da  $I_c$  em relação a  $P$ , a diferença não foi alto, variando de 24,5% a 25,3%, mostrando que o processo da perda por interceptação da copa não varia bastante com o TMI.

Na Figura 4 são apresentados os volumes de chuva total, chuva interna e escoamento pelos troncos separados pelo TMI. O maior volume registrado de  $P$  foi 352 mm, que teve também o maior volume de  $Tf$ , 288 mm, e  $Sf$  de 27 mm, todos ocorreram com o TMI igual a 12, 18 e 24 horas. Observa que a lâmina d'água dos eventos separados utilizando o TMI de 24 horas foi maior que os outros.

Tabela 1 - Frequências das várias classes de lâmina da chuvas ocorridas durante o período experimental, e os respectivos valores médios de chuva interna ( $Tf$ ) e escoamento pelo tronco ( $Sf$ )

<i>TMI</i>	<i>Número de eventos</i>	<i>Total da chuva externa (média)</i>	<i>Total da chuva interna (média)</i>	<i>Total do escoamento pelo tronco (média)</i>	<i>Total da perda por interceptação (média)</i>	<i>Duração do evento (média)</i>	<i>Duração sem chuva (média)</i>	<i>Média da intensidade máxima (mediana)</i>	<i>Média da Intensidade (mediana)</i>
[h]	[n°]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[h]	[h]	[mm h <sup>-1</sup> ]	[mm h <sup>-1</sup> ]
1	76	1.139 (15,0)	849 (11,2)	10 (0,2)	279 (3,7)	265 (3)	101 (2)	24,8 (17,2)	7,7 (6,4)
3	62	1.126 (18,2)	835 (13,5)	10 (0,2)	281 (4,5)	385 (6)	214 (4)	26,4 (23,1)	7,5 (6,3)
6	53	1.166 (22,0)	864 (16,3)	11 (0,3)	291 (5,5)	508 (10)	328 (7)	28,1 (26,0)	7,1 (5,8)
12	43	1.169 (27,2)	865 (20,1)	11 (0,3)	293 (6,8)	673 (16)	468 (12)	29,7 (28,7)	6,9 (5,9)
18	39	1.174 (30,1)	866 (22,2)	11 (0,3)	297 (7,6)	884 (23)	574 (18)	29,9 (28,8)	6,6 (5,4)
24	34	1175 (34,5)	866 (25,5)	11 (0,4)	297 (8,7)	1.055 (31)	721 (27)	29,8 (27,4)	6,0 (5,4)



**Figura 4** - Lâmina d'água de chuva externa ( $P$ ), chuva interna ( $Tf$ ) e escoamento pelos troncos ( $St$ ) registrados para cada TMI.

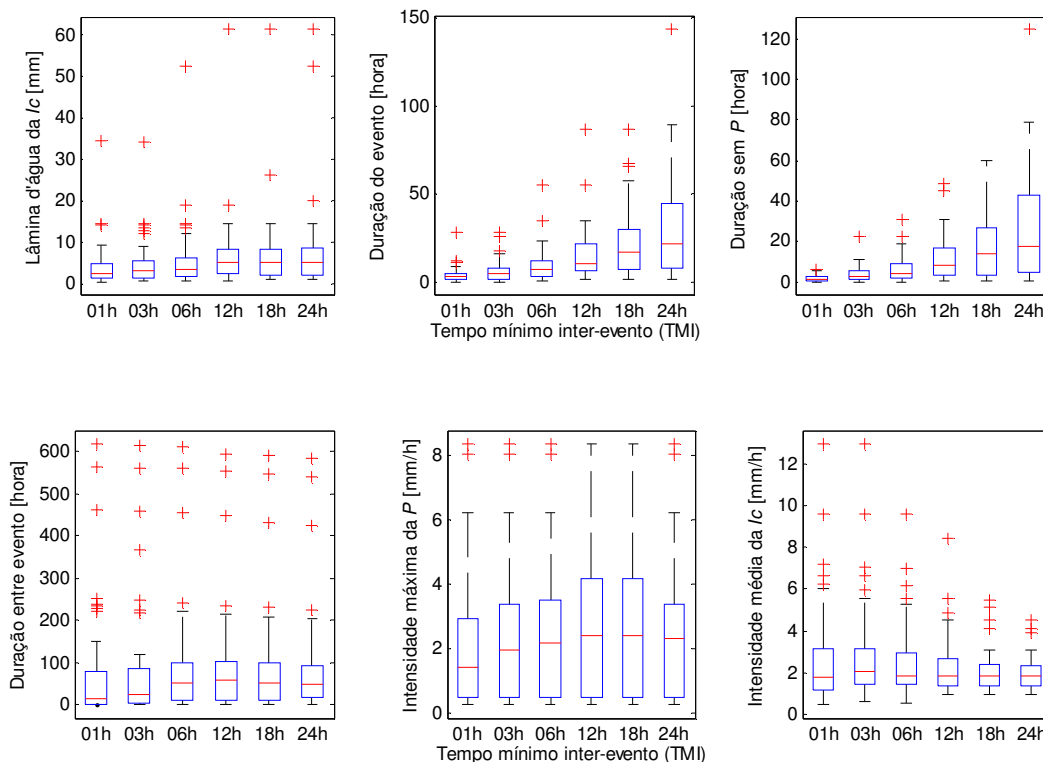
Na Figura 5 observa-se que a distribuição da duração do evento, duração sem chuva externa ( $P$ ) e intensidade média da perda por interceptação da copa ( $I_c$ ) são fortemente relacionadas ao tempo mínimo inter-evento (TMI). O máximo intervalo entre eventos observado na serie foi de 618 horas que ocorreu no TMI = 1 hora. A média da perda por interceptação da copa aumentou com o aumento do TMI, as médias da duração do evento e da duração sem chuva também aumentaram com o TMI. De modo geral, os valores mínimos do intervalo entre evento obtidos se aproxima do TMI.

## CONCLUSÃO

A variação do tempo mínimo inter-evento (TMI) influencia significativamente as características dos eventos como lâmina d'água, duração, intensidade média e máxima entre os eventos. As características obtiveram boa correlação com o tempo mínimo inter-evento (TMI).

As descrições habituais da relação entre as medidas de índice de chuvas e duração. Foram analisados números significativos de eventos de chuva, por exemplo, produziu cerca de 76 eventos de chuva quando analisados usando TMI = 1 hora, e cerca de 34 eventos com TMI = 24 horas.

A relação entre intensidade e duração visto na série, em ambas as descrições pode ser interpretado como pelo menos em parte refletindo a intermitência das chuvas, e a inclusão de interlúdios sem chuva dentro de eventos delineados usando valores maiores de TMI.



**Figura 5** – distribuição das características dos eventos para cada TMI.

Segundo Dunkerley (2008), estudos baseados na análise de eventos de chuva serão mais informativos se eles incluem um relato explícito dos critérios utilizados para definir eventos. Como observado anteriormente, há uma grande variedade nos valores adotados para TMI (1h a 24 h).

Dunkeley (2008) demonstrou que as propriedades de eventos de precipitação são fortemente dependentes do critério utilizado para delineá-los. Assim, ele mostrou que a taxa de chuva diminuiu em mais de 50% quando um único registro de precipitação é desagregado em eventos usando valores cada vez maiores do tempo mínimo inter-evento (TMI) que se encontram dentro do intervalo de dados. Para a mesma gama de parâmetros, a duração do evento aumentou mais do que 6 vezes o TMI.

Uma questão importante destacado aqui é o compromisso entre a independência de eventos de chuva e variabilidade nas taxas de chuva entre evento, que está envolvido na escolha de um valor para o critério TMI. Isto não parece ter sido explorada anteriormente na literatura, mas tem implicações para muitos tipos de estudo hidrológicos, como nesse caso a perda de interceptação da copa.

## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelas bolsas de estudo.



## **REFERÊNCIAS**

- Dunkerley, D. (2008). Identifying individual rain events from pluviograph records: a review with analysis of data from an Australian dryland site. *Hydrological Processes* 22, pp. 5024 - 5036.
- Dunkerley, D. (2008). Rain event properties in nature and in rainfall simulation experiments: a comparative review with recommendations for increasingly systematic study and reporting. *Hydrological Processes* 22, pp. 4415 - 4435.
- Giglio, J.N. (2013) Interceptação da chuva em pequena bacia experimental coberto por floresta ombrófila mista. 178f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Godt J.W.; Baum R.L.; Chleborad A.F. (2006). Rainfall characteristics for shallow landsliding in Seattle, Washington, USA. *Earth Surface Processes and Landforms* 31: 97– 110.
- Guzzetti F.; Peruccacci S.M.; Rossi M.; Stark C.P. (2007). Rainfall thresholds for the initiation of landslides in central and southern Europe. *Meteorology and Atmospheric Physics* 98: 239– 267.
- Hammad A.H.A.; Børresen T.; Haugen L.E.; (2006). Effects of rain characteristics and terracing on runoff and erosion under the Mediterranean. *Soil & Tillage Research* 87: 39–47.
- Helvey, J.D.; Patric, J.H. (1965). Canopy and Litter Interception of Rainfall by Hardwoods of Eastern United States. *Water Resour. Res.*, Washington, v.1, n.2.
- Hewlett, J.D. (1982). *Principles of Forest Hydrology*. Athens: The University of Georgia Press, 183p.
- Lima, W. (1976). Interceptação da chuva em povoamento de eucalipto e de pinheiro. *Revista Scientia Forestalis*, IPEF, n.13, p.75-90, jun.
- Lopez-Vicente M.; Navas A. (2009). Predicting soil erosion with RUSLE in Mediterranean agricultural systems at catchment scale. *Soil Science* 174: 272–282.
- Mertens J.; Raes D.; Feyen J. (2002). Incorporating rainfall intensity into daily rainfall records for simulating runoff and infiltration into soil profiles. *Hydrological Processes* 16: 731–739.
- Mota, A.A. (2012). Tempo de concentração em pequena bacia experimental. 131p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Parsons A.J.; Stone P.M. (2006). Effects of intra-storm variations in rainfall intensity on inter rill runoff and erosion. *Catena* 67: 68–78.