

XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

CARACTERIZAÇÃO DOS EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO NO SEMI-ÁRIDO NORDESTINO

Joema Ferreira da Costa Garcia¹; Lúcio Flávio Ferreira Moreira²; Arthur Mattos³

Resumo – O regime pluviométrico no semi-árido Nordeste é altamente variável. Os processos climáticos associados às precipitações são complexos e seus efeitos podem representar situações limites de seca ou enchentes, provocando prejuízos para a sociedade e meio ambiente. A economia da região, com forte componente agrário, sofre os efeitos das condições climáticas. A análise dos eventos de precipitação normalmente utiliza critérios de identificação com base nos dados observados numa série temporal. Este estudo tem o objetivo de analisar o efeito do intervalo mínimo entre eventos (IMEE) no comportamento dos eventos. Foram usados 9 anos de registros históricos de precipitação (2002-2011) obtidos numa estação pluviográfica instalada no semi-árido nordestino. Os dados históricos foram analisados com o objetivo de caracterizar os eventos de chuva para diferentes valores de IMEE. Os resultados mostraram que o IMEE tem um efeito importante nas características dos eventos: quantidade, duração, altura precipitada, intensidade média e intervalo médio entre eventos. Além disso, verificou-se uma maior ocorrência de eventos extremos para IMEE pequenos. A maioria dos eventos apresentou intensidade média maior que 2 mm.h⁻¹, independente do IMEE. O coeficiente de avanço da tormenta situou-se, na maioria dos casos, no primeiro quartil do evento, independente do valor do IMEE.

Palavras-Chave – semi-árido, precipitação, evento.

Abstract – Rainfall regime on Brazilian northeastern semi-arid is highly variable. Precipitation climatic processes are complex and their effects may represent drought or flood extreme situations, often associated with assets and damages to society and environment. Local economy is strongly linked to agriculture, which is also affected by the weather conditions. Precipitation events approach often applies identification criteria using historical precipitation data. This approach aims to analyze the effect of the inter-event minimum interval (IMEE) on the events characteristics. For this purpose, a nine-year precipitation time series (2002-2011) was used. Data was obtained from a rain gauge device, installed at an environmentally protected area. Time series data was analyzed in order to characterize the events over different IMEE values. Obtained results showed that IMEE values had a crucial influence on events characteristics: number of events, duration, precipitation height, mean rainfall rate and mean inter-event duration. Furthermore, it was observed a higher extreme events occurrence for small IMEE values. Most events showed average rainfall intensity higher than 2 mm.h⁻¹ regardless of the IMEE value. The observed storm coefficient of advance was, for most cases, within the first quartile of the event regardless of the IMEE value.

Key-words – semi-arid, rainfall, event.

¹ Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária/UFRN, LARHISA, Campus Universitário, CEP 59072-970, Natal-RN, Fone 84-32153775, email: lucio@ct.ufrn.br

² Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária/UFRN, LARHISA, Campus Universitário, CEP 59072-970, Natal-RN, Fone 84-32153775, email: lucio@ct.ufrn.br

INTRODUÇÃO

A precipitação é uma variável fundamental nos estudos relacionados com os recursos hídricos, uma vez que a água tem um papel chave no desenvolvimento sócio-econômico.

A região semi-árida apresenta uma economia fortemente baseada no setor primário, num complexo de pecuária extensiva e agricultura. Nela, as variações climáticas influenciam a dinâmica econômica regional. Atividades agro-pastoris, que utilizam em sua maioria tecnologias tradicionais, são bastante afetadas pelas condições climáticas na região, notadamente pela distribuição sazonal e incerteza na previsibilidade das chuvas. Nesse contexto, o avanço do conhecimento relativo aos processos climáticos e hidrológicos no semi-árido vem dar uma contribuição com vistas à formulação de políticas de desenvolvimento econômico e social.

Com efeito, os processos climáticos que influenciam as precipitações no semi-árido são complexos. O efeito desses mecanismos se reflete na distribuição da precipitação na região, conferindo uma alta irregularidade na distribuição espaço-temporal. Tal irregularidade se traduz na ocorrência de eventos extremos na região com efeitos catastróficos. Além disso, os períodos secos reduzem a disponibilidade de água e sugerem a necessidade de um planejamento no manejo da água na escala da bacia hidrográfica.

Estudos recentes abordando mudanças climáticas globais e regionais apontam para um possível aumento na variabilidade da precipitação no semi-árido, aumentando o risco de ocorrência de períodos secos e de inundações.

Os eventos extremos de precipitação associados a grandes prejuízos sociais e econômicos (deslizamentos de encostas, inundações de áreas urbanas e rurais, perda de safras, etc.) são denominados chuvas intensas.

A análise da precipitação é baseada na série histórica de eventos chuvosos. Para tanto, é necessário que sejam estabelecidos critérios de separação dos registros em eventos. Entre eles está a definição do tempo mínimo necessário para que um novo registro seja considerado o início de um novo evento. Esta é a definição do intervalo mínimo entre eventos (IMEE). Apesar sua importância na análise dos eventos de precipitação, ainda não há consenso no meio científico no que se refere à padronização de um valor de IMEE a ser usado como critério de análise. Desta forma, os estudos têm utilizado valores que se julga mais apropriados.

Nesse contexto, o presente trabalho apresenta um estudo envolvendo a análise estatística dos dados de precipitação obtidos numa estação pluviográfica situada no semi-árido Potiguar. Para isso, foi aplicada uma metodologia de análise dos dados envolvendo os parâmetros dos eventos em função do IMEE. Assim, este estudo tem os seguintes objetivos:

- Analisar as características dos eventos de precipitação observados na serie histórica;
- Estudar o efeito do Intervalo Mínimo entre Eventos (IMEE) nas propriedades dos eventos obtidos no estudo;

REFERENCIAL TEÓRICO

A região semi-árida do nordeste Brasileiro

De acordo com a FAO, a hidrologia das regiões semi-áridas tem características que as diferenciam de outras regiões. Do ponto de vista climático, as regiões apresentam as seguintes características:

- Altos níveis de radiação solar;
- Alta variação na temperatura, tanto ao longo do dia quanto a nível anual;
- Estação chuvosa curta, com a ocorrência de chuvas intensas de curta duração;
- Longos períodos de seca entre as estações chuvosas;
- Alta variabilidade espacial na ocorrência da chuva na região;
- Alta variação interanual da precipitação, onde a variação com 95% de probabilidade situa-se entre 40-200% do valor médio.

Em 2004, o Ministério da Integração Nacional criou um grupo de trabalho com o intuito de apresentar estudos e propostas de critérios para redefinir a Região Semi-árida do Nordeste. Em 10 de março de 2005, o Ministro da Integração Nacional assinou Portaria que instituiu a nova delimitação do semi-árido brasileiro, resultante do trabalho do grupo que atualizou os critérios de seleção e os municípios que passam a fazer parte dessa região. De acordo com o Relatório Final do Grupo de Trabalho Interministerial para Re-delimitação do Semi-árido e Polígono das Secas, os novos critérios técnicos para a delimitação do semi-árido brasileiro são:

- Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm;
- Índice de aridez de Thornwaite inferior a 0,5 (relação entre a precipitação e a evapotranspiração potencial); e
- Risco de seca maior que 60%.

Historicamente, o semi-árido tem enfrentado situações de vulnerabilidade associada diretamente à irregularidade na distribuição da precipitação, com conseqüências sociais e econômicas, seja de escassez hídrica ou de eventos catastróficos de inundações, causando mortes e prejuízos, tais como perda de safra e comprometimento da infra-estrutura local.

Nesse contexto, o conhecimento dos processos climáticos e hidrológicos no semi-árido é de fundamental importância na formulação de uma política de desenvolvimento econômico e social da região. Tais informações são subsídios necessários aos tomadores de decisão, uma vez que o plano

de desenvolvimento deve envolver o gerenciamento dos recursos hídricos na região, num contexto de pressão demográfica, oferta hídrica limitada e de difícil previsibilidade.

Assim, o manejo sustentável da água na região supõe a necessidade de planejamento da oferta e demanda através do monitoramento contínuo das variáveis e processos, bem como do estudo dos impactos das atividades humanas na terra e nos recursos hídricos. Face à sua vulnerabilidade natural, o desenvolvimento da região semi-árida exige necessariamente o planejamento racional do uso da água no tempo e no espaço.

Características dos eventos de precipitação no semi-árido

A região semi-árida do Nordeste do Brasil está submetida a processos climáticos complexos que influenciam as precipitações. Estes fenômenos são caracterizados pela grande variabilidade espacial e temporal que impõem às chuvas na região, podendo provocar enchentes e secas, acarretando grandes problemas para a sociedade e para os ecossistemas naturais das localidades atingidas.

Diferentes partes da região estão sujeitas a diferentes tipos de mecanismos geradores de precipitações. Dentre os principais sistemas atuantes no Nordeste brasileiro encontram-se os Sistemas Frontais, a Zona de Convergência Intertropical, os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior, os Distúrbios de Leste e os Sistemas Convectivos de Meso-escala.

As características de um evento de precipitação podem ser definidas por uma série de variáveis, as quais são: lâmina precipitada, duração total do evento, intensidades média e máxima, intervalo de tempo entre eventos sucessivos, número de picos de intensidade, coeficiente de avanço da tormenta. De acordo com Acreman (1990), o coeficiente de avanço varia em função do mecanismo de formação da chuva, muito embora na maioria dos eventos a lâmina precipitada no último quartil, em geral é de pequena magnitude. Dunkerley (2008b) destaca a importância de considerar o efeito do coeficiente de avanço nos processos ambientais, apesar da pouca referência a este parâmetro em outros trabalhos. Estudos que têm como objetivo a análise de eventos de chuva normalmente exigem uma identificação preliminar de cada evento. Essa identificação é feita com base em certos critérios pelos quais uma série histórica possa ser considerada como evento. Por definição, um evento individual de chuva consiste numa série temporal precedida e seguida de um período de tempo. Assim, caso o período de tempo entre dois registros consecutivos seja considerado “curto”, esses pulsos são considerados dentro de um mesmo evento; em caso contrário, os pulsos pertencerão a eventos distintos. O período de tempo entre eventos numa série temporal de dados tem servido de critério para a identificação de eventos e é denominado de Intervalo Mínimo entre Eventos (IMEE). Assim, IMEE é o tempo mínimo decorrido entre o último registro de chuva e o primeiro registro subsequente.

Dunkerley (2008b) verificou que os valores do IMEE mais utilizados variam entre 3 minutos e 24 horas. Os valores mais altos são usados em estudos que envolviam perdas por interceptação, geração de escoamento superficial e umidade antecedente do solo. Nesses casos, a independência entre eventos foi uma justificativa usada para a escolha do intervalo. Dunkerley (2008b) apresenta os critérios usados nos estudos envolvendo a análise de eventos de chuva:

- a) estabelecimento de uma altura de chuva mínima para que o registro (ou soma dos registros) possa ser considerado um evento. Em geral os valores registrados podem variar num intervalo entre 2-12,5 mm, dependendo da capacidade do equipamento utilizado. Em alguns estudos, quando um pulso isolado for registrado (equivalente a 2 mm), o mesmo pode ser desconsiderado;
- b) estabelecimento de uma duração mínima para que o registro seja considerado evento;
- c) estabelecimento de um valor de intensidade mínima atingida durante o evento;
- d) estabelecimento de um valor de intensidade mínima necessária para definir o início e final do evento.

Dunkerley (2008b) analisou o efeito do IMEE nas características dos eventos de chuva obtidos no estudo, numa série temporal de 5 anos de dados de uma estação numa região árida da Austrália, com precipitação média anual de 200 mm. No estudo, os valores do IMEE variaram entre 15 minutos e 24 horas. Ele observou que cada valor do IMEE produzia quantidades de eventos diferentes, variando entre 550 e 118 eventos (IMEE de 15 minutos e 24 horas, respectivamente). A intensidade média, por sua vez, variou entre 2,04-0,94 mm/h e a duração média variou entre 0,66-3,98 horas.

Utilizando uma série com 18 anos de dados de precipitação de Vancouver, Canadá (precipitação média anual de 1.240 mm) Adams et al. (1986) analisaram o efeito do IMEE nas características dos eventos de chuva (IMEE variando entre 5 minutos e 12 horas). Foram observadas diferenças nas características. Observou-se, por exemplo, que os valores médios da precipitação, duração e IEE aumentavam com o IMEE, ao passo que a intensidade média diminuía. O autor conclui que valores de IMEE variando entre 1-6 horas podem ser usados na maioria dos estudos.

Assim, a ausência de padronização no estabelecimento de critérios de identificação e análise de eventos parece limitar a possibilidade de comparação entre estudos. A falta de recursos para a definição do IMEE ideal parece contribuir para esta realidade. Por outro lado, Adams et al. (1986), defende que o estabelecimento do IMEE deve ser função do tipo de aplicação do estudo. Por exemplo, se o estudo contempla bacias pequenas, composta de reservatórios pequenos, seria mais adequado um IMEE pequeno. Se o foco do trabalho é uma bacia de grande porte, dotada de grandes reservatórios, valores de IMEE maiores serão mais adequados.

De fato, o IMEE é estabelecido de forma a tornar os eventos independentes entre si (Dunkerley, 2008b). Ou seja, as conseqüências geradas pelo evento atual não devem ser afetadas pelo evento

anterior. Por exemplo, ao estudar perdas por interceptação da vegetação, o IMEE deve ser suficiente para que a água na superfície das folhas seja evaporada entre dois eventos de chuva consecutivos. Apesar disso, Dunkerley (2008b) destaca que o uso desse critério pode comprometer os resultados, pois para um IMEE maior, intervalos sem chuva dentro do próprio evento podem ser mais frequentes, o que poderia produzir uma falsa estimativa na capacidade de armazenamento da vegetação.

Visando analisar possíveis soluções na estimativa do IMEE considerado ideal, Restrepo-Posada e Eagleson (1982) desenvolveram uma metodologia de identificação de eventos de forma a permitir uma independência estatística entre os eventos. Eles partiram da hipótese de que a distribuição dos intervalos entre eventos era exponencial e que o IMEE ideal deveria ser calculado na condição de igualdade entre média e desvio padrão da variável escolhida. Os resultados obtidos sugerem que o IMEE ideal varia em função das condições climáticas locais. Os resultados indicaram também que quanto menor a precipitação média, maior será o valor de IMEE.

Bonta e Rao (1988) realizaram um estudo comparativo utilizando os métodos de estimativa do IMEE ideal. Para isso, foi usado o método exponencial (Restrepo-Posada e Eagleson, 1982) e um método de correlação, que utiliza o coeficiente de correlação de Spearman. A aplicação do método exponencial produziu valores de IMEE mais altos. Os resultados obtidos demonstraram que o IMEE ideal varia em função da região e da estação do ano.

Dunkerley (2008a; 2008b; 2010) observou que a maioria dos estudos não contempla o tema na sua complexidade. Uma análise voltada para os eventos de chuva em si seria essencial para o desenvolvimento de conceitos apropriados para as suas propriedades, em diferentes tipos de formação de chuva, em diferentes regiões, e seu impacto nos processos ambientais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

Este trabalho foi feito com base na série histórica de precipitação observada numa estação pluviográfica automática, instalada na Bacia Experimental de Serra Negra do Norte (BESNN), região semi-árida do estado do Rio Grande do Norte. A referida bacia foi implantada em 2002 dentro da área da Estação Ecológica do Seridó/IBAMA. Trata-se de uma área ambientalmente protegida, distante aproximadamente 300 km de Natal. A BESNN está inserida na Bacia Hidrográfica do riacho Logradouro, bacia do rio Sabugi. O rio Sabugi é tributário do rio Seridó que, por sua vez, é um tributário do rio Piranhas-Açu.

A série histórica foi obtida utilizando pluviógrafo automático, fabricado pela Campbell, com resolução de 0,254 mm. O equipamento dispõe de um sensor digital acoplado a um sistema de

registro, armazenamento e transmissão de dados. Foi instalado na BESNN em 2002 (coordenadas 690.102 mE, 9.272.226 mS).

Os dados de precipitação foram registrados digitalmente numa unidade de armazenamento (*datalogger*), modelo CR 10X. Uma vez realizada a transferência dos dados, eles foram convertidos em formato padrão de planilha eletrônica MS Excel.

Os dados foram registrados obedecendo ao intervalo de cinco minutos, durante um período de nove anos, entre os anos de 2002 e 2011. Apesar do registro temporal de 5 minutos, em 2002 e 2003 a coleta de dados foi realizada a cada 10 minutos e, a partir de 27/04/2007, a cada minuto. Assim, foi necessário um tratamento preliminar dos dados visando à uniformização temporal. Durante o período de estudo, foi observada a ocorrência de 34 dias com ausência de dados (28/06/2003 a 02/08/2003). Nesse período observou-se a ocorrência de apenas um dia chuvoso, de acordo com os dados da estação mais próxima. As características básicas da série histórica estão apresentadas na Tabela 1. Na análise dos dados, não foi considerado nenhum registro menor que 0,508 mm (dois pulsos). Este valor foi estabelecido para evitar o uso de registros mínimos, normalmente produzidos pela ação do vento. Este estudo analisou o efeito na análise dos eventos produzidos pelo IMEE. Assim, foram usados os seguintes valores: 10, 15, 30, 60, 120, 180, 360 e 720 minutos. Assim, considerando o IMEE estabelecido, a análise dos eventos permitiu obter as seguintes variáveis: lâmina total, duração e intensidade média.

A série histórica de precipitação utilizada no estudo reúne as seguintes características: a) precipitação média anual de 815 mm, portanto superior à média histórica de 747 mm; b) intensidade máxima de cinco minutos igual a 182,88 mm/h, valor que corresponde a 15,24 mm em 5 minutos de chuva; c) durante o período observado de 9 anos, foram registrados 750 dias chuvosos, ou seja, 23% de dias no período observado; d) período chuvoso entre os meses de janeiro e maio; e) média pluviométrica mensal de 68,48 mm (desvio padrão de 71,34 mm); f) chuvas com intensidades máximas localizadas nos meses de abril e maio. A Figura 1 apresenta a distribuição média mensal da precipitação observada.

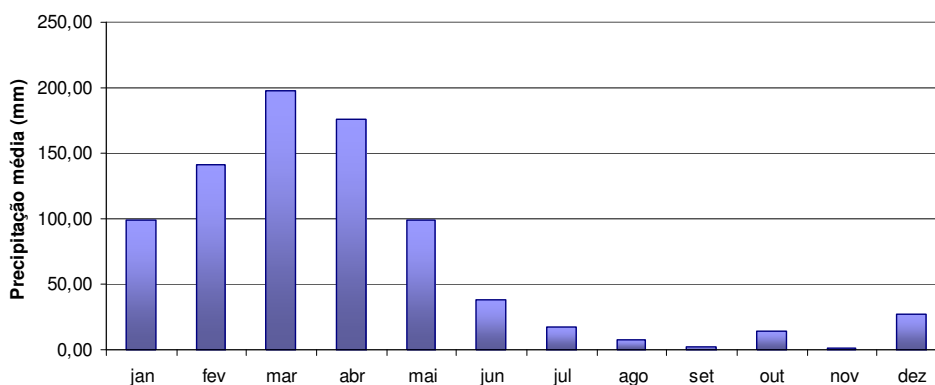


Figura 1. Precipitação média mensal observada.

Tabela 1. Características da série histórica usada no estudo.

Período	Nº de Registros	Lâmina Precipitada (mm)	Precipitação média anual (mm)	Nº de dias com chuva
07/03/2002 a 03/02/2011	8.467	7.260	815	750

Análise e tratamento dos dados de precipitação

A identificação dos eventos foi estabelecida levando em conta os seguintes critérios:

- Os valores adotados para o intervalo de tempo mínimo entre eventos (IMEE) foram os seguintes: 10, 15, 30, 60, 120, 180, 360 e 720 minutos, identificados como os mais utilizados na literatura;
- Para que fosse considerado um evento o registro deveria ser maior que 0,508 mm;

A análise dos registros permitiu inicialmente identificar os eventos em função do IMEE adotado. A partir da identificação, foram determinadas as variáveis relacionadas com as características temporais do evento chuvoso, tais como a lâmina total precipitada, duração, intensidades máxima e média, da ocorrência da intensidade máxima no evento e do coeficiente de avanço.

O fluxograma apresentado na Figura 2 resume as etapas de caracterização dos eventos.

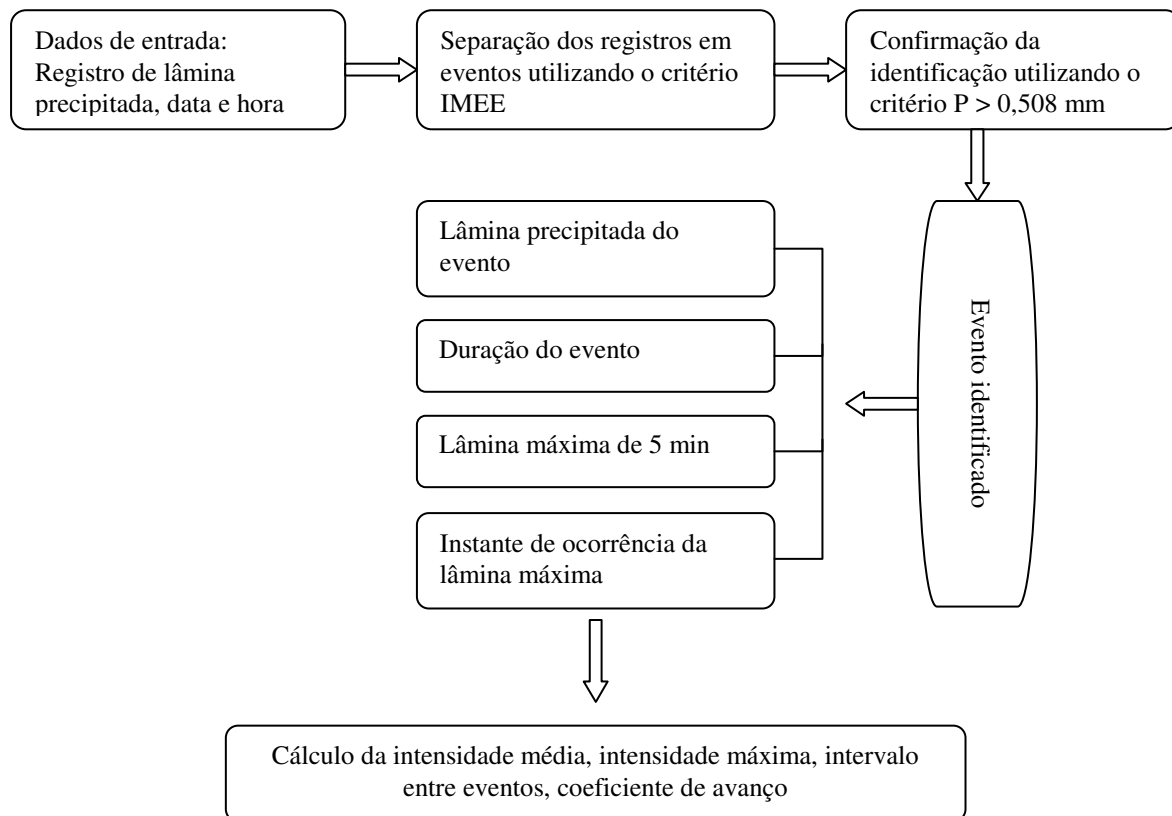


Figura 2. Etapas para a caracterização dos eventos.

RESULTADOS

Propriedades dos eventos em função do IMEE

Os resultados obtidos neste estudo, considerando cada valor do IMEE, estão apresentados de forma resumida na Tabela 2. Os resultados obtidos demonstram que o IMEE tem um efeito significativo nas características dos eventos de precipitação, conforme apresentado a seguir:

- O aumento do IMEE resultou numa redução na quantidade de eventos obtidos na amostra;
- Observou-se que o IMEE influencia a estatística amostral dos eventos. Assim, o IMEE se refletiu também na duração média dos eventos, que aumentou em 10 vezes com os valores Máximo e mínimo do IMEE;
- O IEE máximo observado na serie foi de 121 dias. De um modo geral, os valores mínimos do IEE obtidos se aproximaram do IMEE estabelecido;
- Segundo Tokay e Short (1996), a média das intensidades médias obtidas se enquadrou entre muito fortes e moderadas (Tabela 3), variando entre 10,71 mm/h (IMEE de 10 minutos) e 4,72 mm/h (IMEE de 720 minutos);
- A intensidade média máxima observada foi 95,25 mm/h, para um evento com duração de 20 minutos. Observou-se que um aumento no IMEE produzia uma redução da intensidade média máxima, o que pode estar relacionado à maior quantidade de registros incorporados aos eventos. Ou

seja, para um IMEE de 120 minutos, novos registros de precipitação foram incorporados ao evento que originalmente tinha duração de 20 minutos, aumentando a duração. As variáveis que refletem as características dos eventos demonstraram uma boa correlação com o IMEE ($R^2=0,99$). As funções ajustadas estão apresentadas no texto a seguir.

Tabela 2- Propriedades dos eventos em função dos valores do IMME.

IMEE (min)	Número de eventos	Característica do evento	Média	Desvio Padrão	Coef. Assimetria	Coef. Variação
10	901	Duração (h)	0,69	0,78	6,21	1,123
		Intensidade (mm/h)	10,71	9,94	2,32	0,928
		Lâmina Precipitada (mm)	7,6	11,29	4,05	1,487
		IEE (h)	86,06	278,83	6,65	3,24
15	857	Duração (h)	0,82	0,9	4,66	1,094
		Intensidade (mm/h)	10,13	9,62	2,42	0,95
		Lâmina Precipitada (mm)	8,09	11,87	3,91	1,468
		IEE (h)	90,38	285,05	6,5	3,154
30	775	Duração (h)	1,12	1,21	3,48	1,084
		Intensidade (mm/h)	9,24	9,21	2,76	0,996
		Lâmina Precipitada (mm)	9,07	12,64	3,58	1,394
		IEE (h)	99,75	298,07	6,2	2,988
60	701	Duração (h)	1,53	1,63	2,6	1,066
		Intensidade (mm/h)	8,22	8,74	3,31	1,064
		Lâmina Precipitada (mm)	10,12	13,64	3,34	1,348
		IEE (h)	110,01	311,46	5,91	2,831
120	638	Duração (h)	2,21	2,19	1,86	0,99
		Intensidade (mm/h)	6,85	7,32	2,55	1,069
		Lâmina Precipitada (mm)	11,2	14,85	3,05	1,325
		IEE (h)	120,35	319,25	5,55	2,653
180	610	Duração (h)	2,67	2,64	1,73	0,988
		Intensidade (mm/h)	6,45	7,24	2,72	1,122
		Lâmina Precipitada (mm)	11,75	15,34	2,91	1,306
		IEE (h)	125,53	325,4	5,43	2,592
360	561	Duração (h)	3,93	4,11	2,18	1,044
		Intensidade (mm/h)	5,43	6,3	2,2	1,161
		Lâmina Precipitada (mm)	12,82	16,18	2,69	1,262
		IEE (h)	135,48	337,29	5,22	2,49
720	506	Duração (h)	6,98	9,67	3,05	1,386
		Intensidade (mm/h)	4,72	6,18	2,44	1,309
		Lâmina Precipitada (mm)	14,26	19,06	2,87	1,337
		IEE (h)	147,62	352,5	4,95	2,388

Quantidade de eventos

$$N = 706,78IMEE^{-0,1344}$$

Duração média dos eventos

$$D = 0,5142IMEE + 0,8925$$

Média da intensidade média

$$I = 7,8444IMEE^{-0,1951}$$

Lâmina precipitada média

$$P = 9,9771IMEE^{0,1464}$$

Média do intervalo entre eventos

$$IEE = 108,72IMEE^{0,1269}$$

Os resultados obtidos neste estudo permitiram analisar o efeito do IMEE nas características dos eventos contidos na serie temporal. Os resultados apresentaram comportamento semelhante aos estudos realizados com os dados de Vancouver (Adams et al., 1986) e da região semi-árida da Austrália (Dunkerley, 2008b; 2010). Assim, os resultados obtidos sugerem que o efeito do IMEE nas características dos eventos não depende do regime pluviométrico da região.

Com relação ao coeficiente de avanço da chuva, os eventos apresentaram uma prevalência no primeiro e segundo quartis, conforme apresentado na Tabela 3. Tal tendência foi observada independente do IMEE considerado. De um modo geral, considerando os valores de IMEE estabelecidos, 74% dos eventos apresentaram intensidades máximas nos primeiro e segundo quartis, enquanto 26% apresentaram nos terceiro e quarto quartis. Esses resultados demonstram que, independente do valor do IMEE adotado, a maioria dos eventos apresentaram intensidades mais altas na primeira metade da duração total.

Tabela 3. Distribuição do coeficiente de avanço da tormenta nos quartis.

IMEE (min)	1° Quartil		2° Quartil		3° Quartil		4° Quartil	
	Eventos	Frequência (%)	Eventos	Frequência (%)	Eventos	Frequência (%)	Eventos	Frequência (%)
10	275	30,5	347	38,5	173	19,2	106	11,8
15	299	34,9	302	35,2	161	18,8	95	11,1
30	327	42,2	240	31,0	128	16,5	80	10,3
60	324	46,2	198	28,2	108	15,4	71	10,1
120	341	53,4	149	23,4	69	10,8	79	12,4
180	332	54,4	137	22,5	69	11,3	72	11,8
360	319	56,9	114	20,3	59	10,5	69	12,3
720	284	56,1	94	18,6	61	12,1	67	13,2

CONCLUSÕES

A análise dos dados pluviográficos permitiu analisar o efeito do uso do critério IMEE nas características dos eventos de precipitação obtidos no estudo. A partir desta análise foram obtidas as seguintes conclusões:

- A variação do critério IMEE influenciou significativamente as características dos eventos obtidos: duração, altura precipitada, intensidade média e intervalo médio entre eventos;
- O valor do IMEE também influenciou na estatística amostral dos eventos, com reflexo nos valores das variáveis que definem os eventos;
- As variáveis analisadas (quantidade de eventos, duração média, média da intensidade média, lamina precipitada, intervalo entre eventos médio) demonstraram boa correlação com o IMEE;
- valores de IMEE mais baixos produziram os maior número de eventos extremos, segundo classificação Tokay e Short (1996). Por outro lado, eventos muito fracos foram mais frequentes para IMEE altos;
- Considerando a classificação Tokay e Short (1996), foi observada uma prevalência de eventos moderados ($2 \leq I < 5$ mm/h) para todos os valores de IMEE utilizados, a exceção de 720 minutos;
- Com relação ao coeficiente de avanço do evento, observou-se uma prevalência no primeiro quartil do evento, independente do valor do IMEE utilizado.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq/MCT, pelo qual os autores agradecem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACREMAN, M. C. A simple stochastic model of hourly rainfall for Farnborough, England. **Hydrological Sciences Journal**. v 35, pp 119-148. 1990.
- ADAMS, B J; FRASER, H G; HOWARD, C D D; HANAFY, M S. Meteorological data analysis for drainage system design. **Journal of Environmental Engineering**. v 112, pp 827-848. 1986.
- BONTA JV; RAO, A R. Factors affecting the identification of independent storm events. **Journal of Hydrology**. v 98, pp 275-293. 1988.

- DUNKERLEY, D. How do the rain rates of sub-event intervals such as the maximum 5- and 15-min rates (I_5 or I_{30}) relate to the properties of the enclosing rainfall event? **Hydrological Processes**. V 24, pp 2425-2439. 2010.
- DUNKERLEY, D. Identifying individual rain events from pluviograph records: a review with analysis of data from an Australian dryland site. **Hydrological Processes**. V 22, pp 5024 - 5036. 2008b.
- DUNKERLEY, D. Rain event properties in nature and in rainfall simulation experiments: a comparative review with recommendations for increasingly systematic study and reporting. **Hydrological Processes**. V 22, pp 4415 - 4435. 2008a.
- RESTREPO-POSADA PJ; EAGLESON PS. Identification of independent events. **Journal of Hydrology**. V. 55, pp. 303–319. 1982.
- TOKAY, A.; SHORT, DA. Evidence from tropical raindrop spectra of the origin of rain from stratiform versus convective clouds. **Journal of Applied Meteorology**. v 35, pp 355–371. 1996.