



XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

DESENVOLVIMENTO DE UMA PLANILHA PARA DEFINIÇÃO DE EVENTOS CHUVOSOS A PARTIR DO CRITÉRIO DO MÍNIMO TEMPO ENTRE EVENTOS

Cristiano das Neves Almeida¹; Emerson da Silva Freitas²; Luis Romero Barbosa³

RESUMO – Este artigo apresenta o desenvolvimento e aplicação de uma planilha para definição de eventos chuvosos a partir do critérios do mínimo intervalo de tempo entre eventos e lâmina mínima precipitada. Para desenvolvimento dessa planilha foram utilizados recursos do VBA (*Visual Basic for Application*). O mínimo intervalo de tempo (MIT) é o tempo entre fim e início de um eventos chuvosos. A planilha requer como dados de entrada, valores de precipitação monitorados. Para aplicação da planilha neste trabalho foram utilizados MIT's variando de 15 até 1.440 minutos e uma lâmina mínima precipitada de 1,016 mm. Para o teste da planilha, foram utilizados dados de precipitação da bacia experimental do riacho Guaraíra, do ano de 2004 a 2007. Os resultados mostraram que o critério do MIT influenciou diretamente na quantidade média de eventos chuvosos, neste caso variando de 56 a 300 eventos. O MIT influenciou também nas características do eventos chuvosos, como por exemplo a duração média dos eventos que varia de 33 a 3147 minutos, e na intensidade média dos eventos que varia de 1,33 a 10,85 mm/h. A principal conclusão deste estudo é que o MIT influencia diretamente nas características dos eventos chuvosos.

ABSTRACT– This paper presents the development and application of a worksheet for definition rainfall events from the criteria of the minimum inter-event time (MIT) and minimum depth. For development of this worksheet were used VBA resources (Visual Basic for Application). The minimum inter-event time (MIT) is the time between the end and start of a rain events. The worksheet requires monitored precipitation values as input data. An application was carried out using MIT's ranging from 15 to 1440 minutes and a minimum depth 1,016 mm. For the worksheet test, we used rainfall data of Guaraíra experimental basin, years from 2004 to 2007. The results showed that the criterion of MIT directly influenced the average amount of rainfall events, in this case ranging 56 to 300 events . The MIT influence the characteristics of the rain events, such as the average duration of events that ranges from 33 to 3147 minutes, and the average intensity of events ranging from 1,33 to 10,85 mm/h. The main conclusion of this study is that the MIT directly influences the characteristics of rainfall events.

Palavras-Chave – planilha eletrônica, lâmina mínima, mínimo tempo entre eventos.

1)Professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, e-mail: almeida74br@yahoo.com.br

2)Engenheiro Civil pela UFPB, e-mail: emerson.sfreitas@hotmail.com

3) Professor e coordenador do curso de Engenharia Civil da Faculdade Maurício de Nassau, e-mail: luisromeroeng@gmail.com

1- INTRODUÇÃO

A precipitação é a principal forma de entrada d'água em uma bacia hidrográfica, é ela a responsável pelo processo de umidificação do solo, com conseqüente formação do escoamento superficial. Em condições naturais, a precipitação é o principal responsável pela dinâmica da umidade do solo, pois a partir de eventos chuvosos a água infiltra causando variações da umidade do solo.

Diversos estudos vêm sendo realizados no sentido de melhor entender o comportamento da precipitação (COUTINHO et al., 2014; COSCARELLI e CALOIERO, 2012; HAILE *et al.*, 2011; DUNKERLEY, 2008). O estudo da precipitação e suas características na escala temporal sub-horária permitirá, posteriormente, o entendimento do processo hidrológico nas bacias e com isto entender com os processos ocorrem.

A separação ou definição dos eventos chuvosos é importante, pois as características dos eventos chuvosos dependem diretamente da forma como esses evento é definido. Dunkerley (2008) tratou em seu artigo a forma de identificação de eventos chuvosos a partir de registros pluviográficos. Ele afirmou que, as características dos eventos chuvosos tais como, lâmina precipitada, intensidade média, e o volume de escoamento superficial, dependem da duração do evento chuvoso. Essas propriedades são também dependente dos valores de MIT (Mínimo Intervalo de Tempo entre Eventos) definido. O MIT é o mínimo intervalo de tempo entre o fim de um evento e início de outro evento. Ele aplicou esse critério para definição de eventos chuvosos a partir de 5 anos de dados de registros pluviográficos, variando o MIT de 15 minutos a 24 horas, a quantidade de eventos chuvosos variou 550 a 118, da mesma forma que a intensidade média variou de 2,04 mm/h 0,94 mm/h. Concluindo que mais atenção deve ser dada para os critérios de seleção de eventos chuvosos.

Visto que cada vez mais estudos sobre precipitação estão sendo realizados e a aplicação deste método, dentre outros, não é complexo, porém trabalhoso, a utilização de planilhas e programas vem cada vez mais sendo desenvolvidos a fim de facilitar e agilizar o processamento de dados.

O Laboratório de Recursos Hídricos da Universidade Federal da Paraíba vem criando programas na área de recursos hídricos tal como o MOLINX, desenvolvido para cálculo de vazões em pequenos riachos (ALMEIDA et al., 2009). No mesmo laboratório, uma planilha de simulação de operação de reservatórios foi criada no intuito de simular balanços hídricos em reservatórios, com discretização do uso para irrigação e abastecimento (ALMEIDA, 2006).

Freitas (2015) desenvolveu um software com a finalidade de gerenciar dados e auxiliar na manutenção da bacia experimental do Riacho Guaraíra. O mesmo tem a função de processar dados

das estações instaladas com rapidez e praticidade, imediatamente após a coleta dos dados de precipitação em campo para evitar a perda de dados em caso de falhas nas estações.

No mesmo segmento, tem-se o exemplo de uma planilha eletrônica desenvolvida pelo CTG da Universidade Federal do Pernambuco – UFPE, a qual calcula automaticamente curvas IDF a partir de dados de máxima precipitação anual (CAVALCANTI & AZEVEDO, 2011).

Neste contexto, este artigo apresenta o desenvolvimento de uma planilha para separação ou definição de eventos chuvosos, considerando dois critérios: o do mínimo intervalo de tempo entre eventos e o da lâmina mínima precipitada. A planilha foi desenvolvida no Excel com suporte de sua ferramenta de programação o VBA (*Visual Basic for Application*). Para testar a planilha, dados de quatro anos de precipitação da bacia experimental do riacho Guaraíra foram utilizados para definição de eventos chuvosos.

2- METODOLOGIA

Esta seção encontra-se dividida em três partes, a saber: área de estudo, o monitoramento da precipitação e os critérios para determinação de eventos chuvosos.

2.1- Área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido na bacia experimental do riacho Guaraíra (BERG), localizada na bacia representativa do rio Gramame, e possui uma área aproximada de 5,84 km², conforme Figura 1. Nessa figura, a bacia representativa do rio Gramame se situa parte no município de Alhandra e parte no de Pedras de Fogo entre as coordenadas UTM Norte 9.190,80 km e 9.195,25 km, e Leste 274,50 km e 277,00 km (Datum SAD 69), distante 40 km de João Pessoa, capital do Estado da Paraíba.

Sua área é ocupada principalmente por remanescentes de vegetações de Capoeira e de Mata Atlântica, cana-de-açúcar e abacaxi (LIRA et al., 2003). Suas demais características físicas, que têm grande influência no comportamento hidrológico da mesma, foram descritas detalhadamente por GOLDFARB et al. (2002).

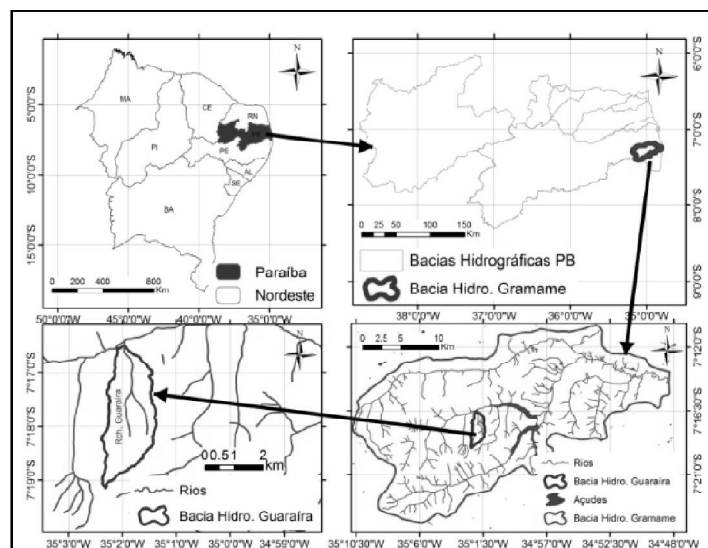


Figura 1 - Localização da Bacia Experimental do riacho Guaraira e da Bacia Representativa do rio Gramame.

A classificação climática para a região, de acordo com Köppen, indica para um clima tropical chuvoso do tipo As', quente e úmido, sem períodos frios e com precipitação predominante de outono-inverno com uma precipitação média anual de aproximadamente 1.600 mm (PDRH, 2000). No mais, é importante lembrar que, a bacia experimental do riacho Guaraira foi instalada em 2003 a partir de esforços de pesquisadores do Nordeste, que criaram a REHISA (Rede de Hidrologia do Semiárido), e com recursos do projeto de pesquisa denominado IBESA (Instalação de Bacias Experimentais no Semiárido) instalaram bacias experimentais no Nordeste do Brasil.

2.2- Monitoramento da precipitação

O monitoramento da precipitação na escala sub-horária vem sendo realizado na bacia experimental do riacho Guaraira desde 2003. As medições são realizadas em estações pluviográficas da Campbell, equipadas com sensor de precipitação do tipo *tipping-bucket*, sensor de umidade do solo do tipo TDR (*Time Domain Reflectometry*), *datalogger*, bateria e painel solar. A precipitação é medida a cada minuto, e armazenada a cada minuto de sua ocorrência e acumulada a cada seis horas. A precipitação armazenada a cada minuto é então denominada precipitação instantânea. Com uma frequência que varia de 15 a 20 dias vai-se a campo para coletar as informações armazenadas no *datalogger*, e verificar as condições de funcionamento das estações de monitoramento de forma a se reduzir a perda de dados por qualquer motivo. Os dados coletados passam por uma análise prévia para verificar se algum dado foi perdido, e são então armazenados no banco de dados do PostgreSQL, ficando então disponíveis para o uso.

2.3- Critérios para definição de eventos chuvosos

Para programação da planilha, ou seja, para definição dos eventos chuvosos 2 critérios foram utilizados: o do mínimo intervalo de tempo entre eventos (MIT) e o da lâmina mínima precipitada. O primeiro diz respeito o intervalo de tempo mínimo que separa dois eventos chuvosos, ou seja, é o

tempo entre o fim de um evento chuvoso e início de outro. Já com o segundo critério, eliminam-se eventos que tenham valores totais precipitados menores ao valor informado. Na Figura 2 mostra-se exemplos de eventos chuvosos definidos por esses critérios.

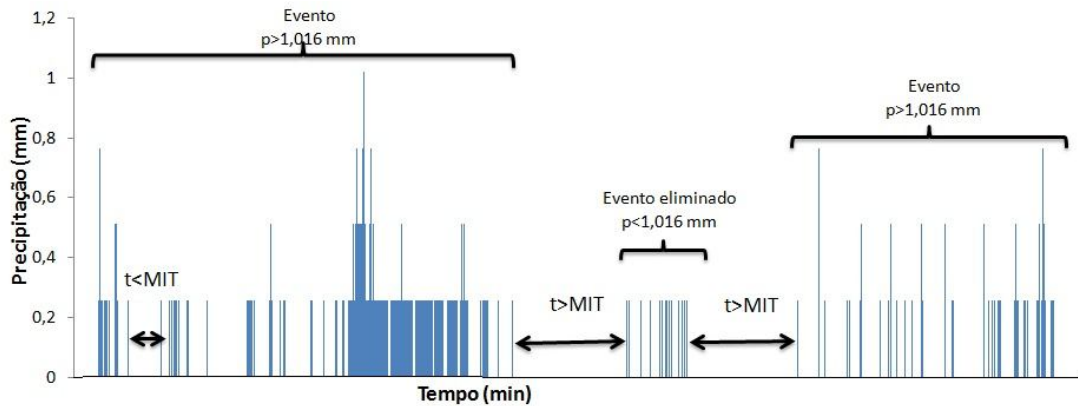


Figura 2 - Critérios para definição de eventos chuvosos.

3- RESULTADOS

Nesta seção, apresenta-se inicialmente a planilha com um resultado do trabalho, depois são apresentados resultados em termos de eventos chuvosos, considerando os dois critérios já descritos. A Figura 3 apresenta a tabela com dados brutos de precipitação, é a partir desses dados e com um clique no botão "Separar eventos chuvosos" que os eventos são selecionados de acordo com o critério do MIT.

Nesta figura pode-se ver ainda que, é necessário definir o MIT, no formato "HH:MM:SS", e a quantidade de séries utilizada para o processamento. Pode-se ver também que o formato de entrada de dados brutos, começando pela coluna A, linha 10, devem ser entrados os seguintes dados: ano, dia juliano, hora (no formato "HH:MM:SS"), valor da precipitação e código da estação de monitoramento. Cada conjunto de dados diz respeito a um ano de dados, caso haja mais de um ano de dados ou estações diferentes, deve-se separar os dados por uma coluna. No caso em análise, o segundo ano de dados, ano de 2006, começa na coluna G.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2											
3											
4											
5		MIT	Qtd de séries	Separar eventos chuvosos							
6		00:30:00	12								
7											
8											
9	yearu	jday	houru	value_prec	code_gauge		yearu	jday	houru	value_prec	code_gauge
10	2005	13	16:05:00	0,254	1		2006	1	03:40:00	0,254	1
11	2005	14	18:35:00	0,254	1		2006	10	09:40:00	0,254	1
12	2005	14	18:40:00	1,016	1		2006	10	09:45:00	2,286	1
13	2005	14	18:45:00	0,508	1		2006	10	09:50:00	6,858	1
14	2005	14	18:50:00	0,254	1		2006	10	10:00:00	0,254	1
15	2005	14	18:55:00	0,508	1		2006	18	09:05:00	0,254	1

Figura 3 - Planilha de entrada de dados brutos de precipitação.

Clicado no botão "Separar eventos chuvosos", são então separados os eventos chuvosos pelo critério do MIT, os resultados são então apresentados numa segunda tabela, a partir da qual são então eliminados os eventos com total precipitados menor que o limite dados. A Figura 4 apresenta então os eventos separados pelo critério do MIT. Vê-se ainda nesta figura que o formato de saída dos eventos chuvosos é idêntico ao formado da tabela anterior, sendo que os eventos chuvosos separados de acordo com o MIT são separados por uma linha. Nessa tabela é então informada a lâmina mínima precipitada a ser considerada, e com um clique no botão "Excluir eventos chuvosos" são então excluídos os eventos cujo total precipitado seja menor que o informado nessa tabela.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2											
3											
4			Lâmina mínima prec. (mm)								
5			1,016								
6											
7											
8											
9	yearu	jday	houru	value_prec	code_gauge		yearu	jday	houru	value_prec	code_gauge
10	2005	13	16:05:00	0,254	1		2006	1	03:40:00	0,254	1
11											
12	2005	14	18:35:00	0,254	1		2006	10	09:40:00	0,254	1
13	2005	14	18:40:00	1,016	1		2006	10	09:45:00	2,286	1
14	2005	14	18:45:00	0,508	1		2006	10	09:50:00	6,858	1
15	2005	14	18:50:00	0,254	1		2006	10	10:00:00	0,254	1

Figura 4 - Planilha com os eventos separados pelo critério do Mínimo intervalo de tempo (MIT) entre eventos.

A terceira tabela apresenta então os resultados finais, ou seja, os eventos chuvosos selecionados e acordo com os dois critérios: mínimo intervalo de tempo entre eventos e lâmina mínima precipitada. Nessa tabela pode-se ver que além dos dados apresentados anteriormente, apresenta-se também a lâmina total precipitada de cada evento chuvoso, por exemplo, o primeiro evento tem um total precipitado de 12,192 mm, já para o ano de 2006 são apresentados totais precipitados de 9,652, 1,778 e 3,302 mm.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2											
3											
4			ANO						ANO		
5			2005						2006		
6			EST. PLUV.						EST. PLUV.		
7			1						1		
8	yearu	jday	houru	value_prec	accumulated		yearu	jday	houru	value_prec	ccumulater
9											
10	2005	14	18:35:00	0,254			2006	10	09:40:00	0,254	
11	2005	14	18:40:00	1,016			2006	10	09:45:00	2,286	
12	2005	14	18:45:00	0,508			2006	10	09:50:00	6,858	
13	2005	14	18:50:00	0,254			2006	10	10:00:00	0,254	
14	2005	14	18:55:00	0,508							9,652
15	2005	14	19:10:00	1,27			2006	29	00:05:00	0,508	
16	2005	14	19:15:00	1,27			2006	29	00:10:00	0,508	
17	2005	14	19:20:00	3,048			2006	29	00:15:00	0,254	
18	2005	14	19:25:00	1,016			2006	29	00:20:00	0,254	
19	2005	14	19:30:00	0,508			2006	29	00:25:00	0,254	
20	2005	14	19:50:00	0,254							1,778
21	2005	14	20:00:00	0,254			2006	32	08:15:00	0,508	
22	2005	14	20:10:00	0,254			2006	32	08:20:00	0,762	
23	2005	14	20:15:00	0,254			2006	32	08:25:00	1,27	
24	2005	14	20:20:00	0,254			2006	32	08:30:00	0,762	
25	2005	14	20:25:00	0,508							3,302
26	2005	14	20:30:00	0,254			2006	32	09:30:00	0,254	
27	2005	14	20:35:00	0,254			2006	32	09:35:00	0,254	
28	2005	14	20:55:00	0,254			2006	32	09:45:00	0,254	
29					12,192		2006	32	09:50:00	0,508	

Figura 5 - Planilha com os eventos selecionados pelos critérios do mínimo intervalo de tempo (MIT) entre eventos e lâmina mínima precipitada.

Por fim, foi criada uma quarta e última tabela que permite o cálculo das principais características dos eventos chuvosos: hora inicial, duração (em minuto), pico (em mm), total precipitado (em mm) e intensidade (em mm/h). A Figura 6 apresenta a tabela com os dados das características dos eventos chuvosos. Esta tabela de resultados é gerada automaticamente a partir dos eventos chuvosos selecionados com base nos dois critérios apresentados anteriormente.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2													
3													
4													
5		Est. Pluv.	Ano						Est. Pluv.	Ano			
6		1	2005						1	2006			
7													
8													
9	Id	Hora inicial	Duração (min)	Pico (mm)	Prec. (mm)	Intensidade (mm/h)		Id	Hora inicial	Duração (min)	Pico (mm)	Prec. (mm)	Intensidade (mm/h)
10	1	18:35:00	141	3,05	12,19	5,19		1	09:40:00	21	6,86	9,65	27,58
11	2	01:20:00	31	1,02	2,79	5,41		2	00:05:00	21	0,51	1,78	5,08
12	3	04:50:00	216	7,11	76,96	21,38		3	08:15:00	16	1,27	3,30	12,38
13	4	16:10:00	41	2,29	4,83	7,06		4	09:30:00	51	0,76	3,05	3,59
14	5	00:55:00	11	0,76	1,27	6,93		5	03:40:00	41	8,13	22,86	33,45
15	6	14:05:00	21	2,03	3,81	10,89		6	08:50:00	36	2,29	7,11	11,85

Figura 6 - Planilha com as principais características dos eventos chuvosos.

A partir dessa última tabela podem ser realizadas análises estatísticas das características dos eventos chuvosos.

3.1- Análise dos eventos chuvosos dos anos de 2004 a 2007

A aplicação da planilha de definição de eventos chuvosos foi realizada para a bacia experimental do riacho Guaraira para os dados de precipitação dos anos de 2004 a 2007, da estação

pluviográfica 02. Foram utilizados MIT de 15, 30, 60, 120, 180, 720 e 1.440 minutos e uma lâmina mínima precipitada igual 1,016 mm. Na Tabela 1 pode-se ver que o total de eventos chuvosos varia e acordo com o MIT utilizado.

Tabela 1- Quantidade de eventos chuvosos para MIT's de 15 e 30 min, 1, 2, 3, 12 e 24 horas

Ano	Prec. Anual (mm)	Quant. de eventos estudados para cada MIT estudado						
		15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	12 h	24 h
2004	2004,3	338	287	239	189	155	92	61
2005	1205,7	242	223	213	163	144	91	50
2006	1518,1	281	256	226	185	165	108	63
2007	1661,6	337	310	268	205	171	93	50

Na Figura 7 pode-se ver que os a quantidade de eventos e o MIT possuem uma relação que tende a seguir uma curva exponencial. Também é notável que esta relação independe da quantidade de precipitação anual, pois para o ano de 2004 que possui uma precipitação acima de 2000 mm a quantidade de eventos não variou muito para o ano de 2005 com uma precipitação de 1200 mm

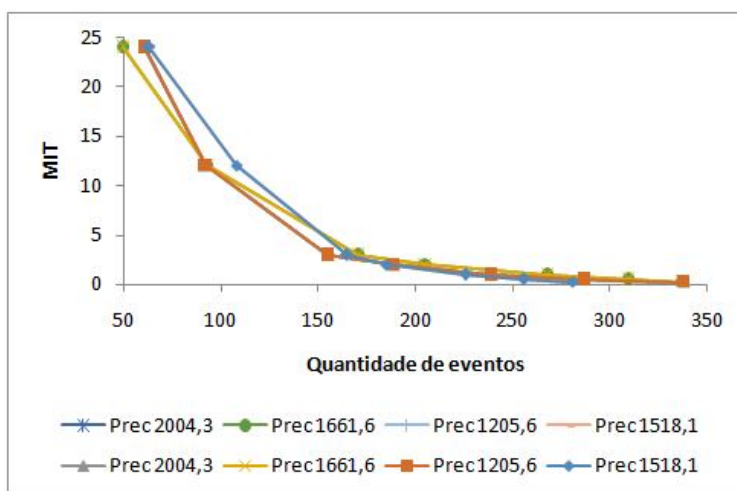


Figura 7- Relação entre a precipitação, a quantidade de eventos e o MIT

Já na Tabela 2 são apresentadas as características médias dos eventos chuvosos para o MIT's utilizados, onde se pode ver que a quantidade de eventos chuvosos variou de 56 a 300, sendo que a quantidade de eventos chuvosos é menor para o maior valor de MIT. Já a duração variou de 33 a 3147 horas, enquanto a média das intensidades variou de 1,83 a 10,85 mm/h. Assim, pode-se ver que a definição do MIT influencia diretamente as características dos eventos chuvosos.

Tabela 2- Características dos eventos chuvosos para diferentes MIT's.

MIT	Características dos eventos chuvosos		
	Quantidade	Duração (min)	Intensidade (mm/h)
15 min	300	33	10,85
30 min	269	53	8,87

1 h	237	91	6,71
2 h	186	190	4,85
3 h	159	297	4,07
12 h	96	1056	2,00
24 h	56	3147	1,33

Na Figura 8 pode-se ver que a duração sofre um aumento com o aumento do MIT e que este tem uma tendência exponencial, assim como a quantidade de eventos. Entretanto, a intensidade aumenta a medida que o MIT aumenta, seguindo um comportamento linear.

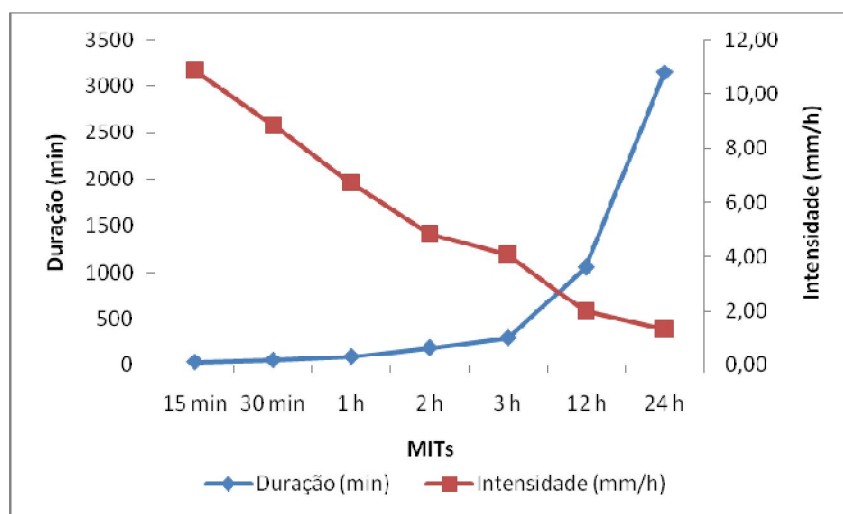


Figura 8- Relação e duração (min) e intensidade (mm/h) e os MIT's

4- CONCLUSÕES

Este artigo apresentou o desenvolvimento de uma planilha para definição de eventos chuvosos baseado em dois critérios: o mínimo intervalo de tempo entre eventos e a lâmina mínima precipitada. A planilha possibilita assim a definição de eventos chuvosos a partir desses dois critérios.

Para a aplicação realizada para a bacia experimental do riacho Guarafra, com MIT's de 15, 30, 60, 120, 180, 720 e 1.440 minutos, pode-se ver que este critério influenciou diretamente na quantidade de eventos chuvosos, variando de 300 a 56 eventos, e nas características dos eventos chuvosos, com variação de 1,33 até 10,85 mm/h, intensidade média dos eventos chuvosos.

Por fim, a planilha estará disponível para uso de forma livre no endereço: https://www.researchgate.net/publication/304628965_DESENVOLVIMENTO_DE_UMA_PLANI_LHA_PARA_DEFINICAO_DE_EVENTOS_CHUVOSOS_A_PARTIR_DO_CRITERIO_DO_MINIMO_TEMPO_ENTRE_EVENTOS?ev=prf_pub.

5- AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos ao CNPq pelas bolsas de Iniciação Científica do primeiro autor e PQ do segundo autor. Agradecem ainda esse mesmo órgão de fomento pelos recursos do projeto do edital universal, que possibilitaram o desenvolvimento da planilha.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C. N. Personalização de planilhas Excel para programação de modelos - o caso da simulação da operação de reservatórios. VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Gravatá, 2006.
- ALMEIDA, C. N.; ANDRADE FILHO, L. S.; Melo, D. C. D. MOLINX: uma planilha para determinação de vazões em pequenos riachos. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande, 2009.
- CAVALCANTI, E. S. L. C. B; AZEVEDO, J. R. G. modelo automático em Excel, para determinação de curvas I-D-F. XIX CONIC, 2011.
- COUTINHO, J. V., ALMEIDA, C. N., LEAL, A. M. F., BARBOSA, L. R., 2014. Characterization of sub-daily rainfall properties in three rain gauges located in Northeast of Brazil. In: XX IAHS Publication, vol. 364, pág. 345-350, 2014.
- COSCARELLI, R., & CALOIERO, T. .Analysis of daily and monthly rainfall concentration in Southern Italy (Calabria region).Journal of Hydrology, 416, pág. 45-156, 2012.
- DUNKERLEY, D. (2008). *“Identifying individual rain events from pluviograph records: a review with analysis of data from an Australian dryland site”*.Hydrological Processes22, pp. 5024 – 5036.
- FREITAS, E. S.; BARBOSA, L, R. ALMEIDA, C, N. Desenvolvimento de software em excel® para análise de dados e auxílio na manutenção de bacias hidrográficas. XXI Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos, Brasília, 2015.
- GOLDFARB, M. C., CYSNEIROS, D. O., SILVA, T. C. Caracterização fluvio-morfológica da bacia do Rio Gramame. In: SILVA, T. C., SILANS, A. M. B. P.
- HAILE, A. T., RIENTJES, T. H. M., HABIB, E., JETTEN, V., GEBREMICHAEL, M. Rain event properties at the source of the Blue Nile River. Hydrology and Earth System Sciences, 15, pág. 1023-1034, 2011.
- LIRA, G. A. R., SILANS, A. M. B. P., PEDROSA FILHO, L., ALMEIDA, C. A., LEITE, E. P. F., SILVA, T. C., FILHO, S. V., MOURA, E. M., SOUSA, E. E., DIAS DA SILVA, L., 2003. Bacia experimental do rio Guaraíra: implantação e primeiros Resultados. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba.
- PDRH. 2000. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Gramame. SEMARH/SCIENTEC.