



SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

4 a 7 / novembro / 2014 ★ Natal ★ RN

**CONFIABILIDADE NA ESTIMATIVA DO ESCOAMENTO
SUPERFICIAL COM O USO O MODELO DE GREEN-
AMPT PARA UMA MICROBACIA SEMIÁRIDA**



SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

4 a 7 / novembro / 2014 ★ Natal ★ RN

José Ribeiro de Araújo Neto¹; Everton Alves Rodrigues Pinheiro; José Wellington Batista Lopes; Eunice Maia de Andrade; Júlio César Neves dos Santos

¹Doutorando em Engenharia Agrícola no Departamento de Engenharia Agrícola, DENA/CCA/UFC. E-mail: juniorifcelabas@gmail.com

Introdução

- Quando a água é aplicada ao solo e **infiltra completamente** no perfil, significa que a taxa de aplicação não excedeu a taxa de infiltração;
- Quando a taxa de aplicação **excede** a taxa de infiltração;
 - Excesso de precipitação;
 - Gera o escoamento superficial;

Introdução

- Dentro desta ótica, surgiu o modelo de infiltração de Green-Ampt (GA) (GREEN; AMPT, 1911)
- Versão simplificada de todos os modelos hidrodinâmicos de concepção física, conhecidos como equações de Richards (KALE; SAHOO, 2011);

Introdução

- A modelagem hidrológica de uma bacia hidrográfica é o ponto de partida de um evento de **precipitação em escoamento superficial e infiltração** (CHU; MARIÑO, 2005);
- Para que um modelo possa atingir valores razoáveis neste particionamento, muitos **fatores** estão envolvidos;

Introdução

- Para avaliar a **confiabilidade** das saídas geradas por um modelo, aplica-se a análise de **incertezas, que consiste em avaliar a confiabilidade** das saídas

geradas por um modelo, aplica-se a análise de **Determinação do intervalo de predição do erro, a qual consiste em determinar este intervalo, mais robusto é o modelo (SHVA, 2010); de predição do**

Objetivo



- **Aplicar** o modelo de Green e Ampt a uma microbacia semiárida, **avaliando** a confiabilidade das saídas (infiltração e escoamento superficial).

Material e Métodos

- Área de Estudo

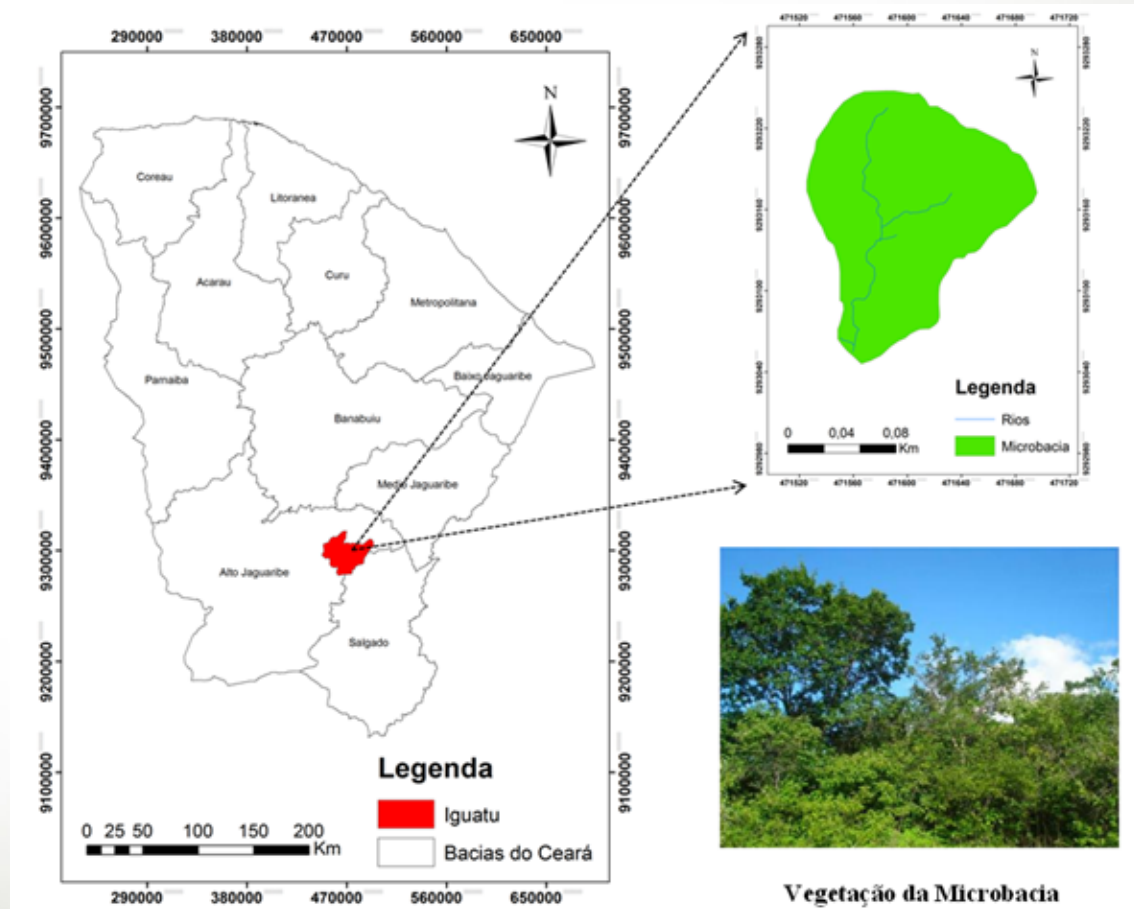


Figura 1 - microbasin em estudo - Iguatu, Ceará

Material e Métodos

- O clima da região é do tipo **BSw'h'** (quente e semiárido)
- O Índice de Aridez Thornthwaite (1948) é de 0,44 classificando-se como semiárido;
- Precipitação → 867 ± 304 mm (1974-2008);
- Evaporação do tanque classe “A” → 2.943 mm ano⁻¹
- Solo → Vertissolo Ebânico Carbonático Crônico;
- O clima da região é do tipo **BSw'h'** (quente e semiárido)

Material e Métodos

Tabela 1 – Característica Morfométrica da Microbacia

Características	Unid.	Microbacia
Manejo da vegetação		Vegetação Nativa
Área da bacia	ha	2,06
Perímetro	m	594,50
Comprimento do talvegue	m	183,87
Comp. do curso principal	m	252,11
Comprimento da bacia	m	204,20
Declividade da bacia	%	10,59
Fator de forma	-	0,49
Coeficiente de compacidade	-	1,16
Densidade de drenagem	m ha ⁻¹	192,59
Tempo de concentração	h	0,06
Sinuosidade do curso principal	-	2,06

Material e Métodos

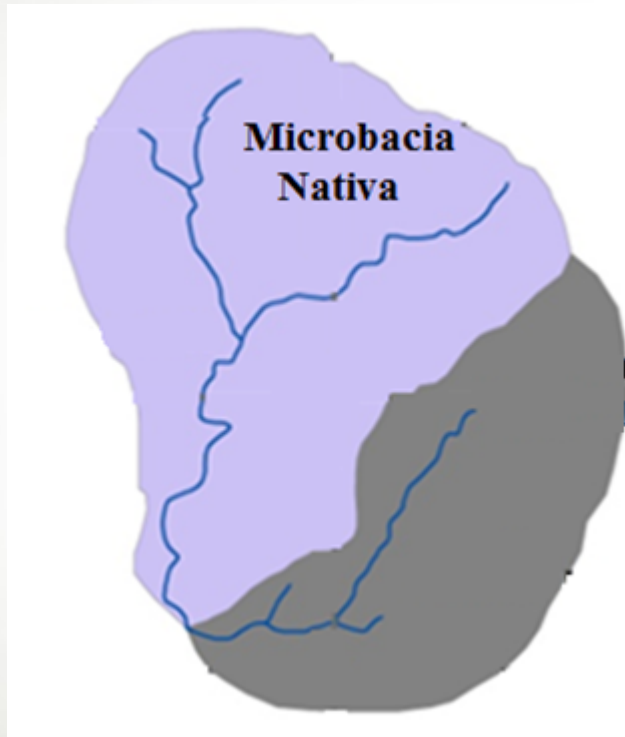


Figura 2 – Vegetação da microbacia

Material e Métodos

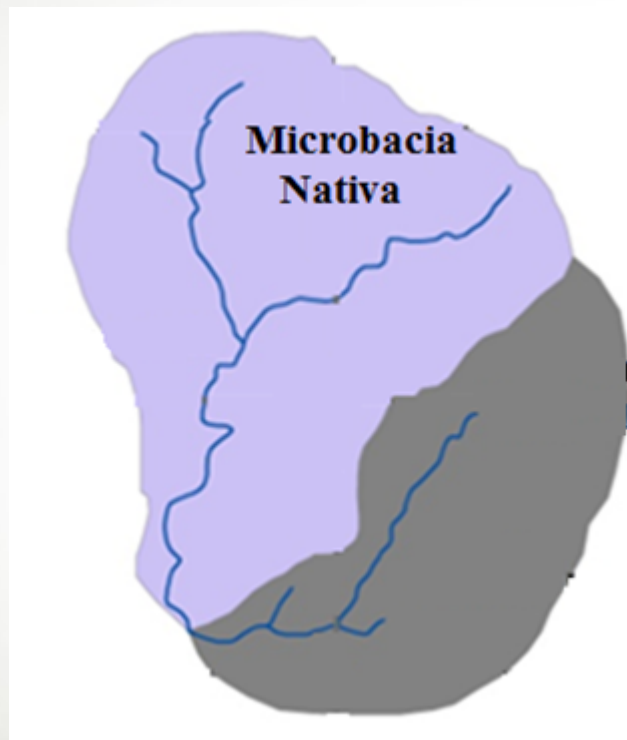
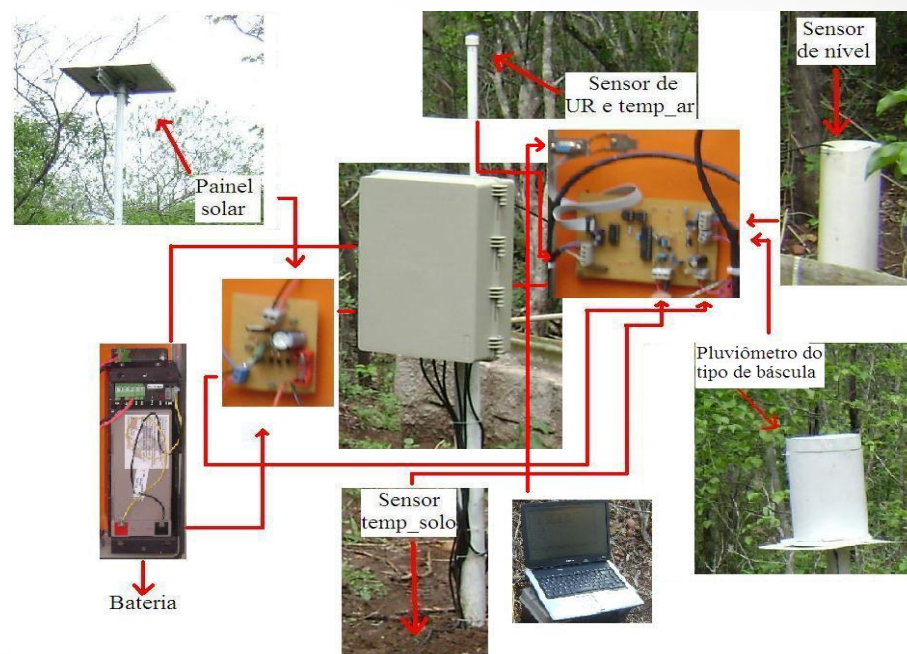


Figura 3 – Solo da microbasin

Material e Métodos

Esquema de Sensores



LEMA - Laboratório de Eletrnica e Mecânica da Agronomia

Material e Métodos

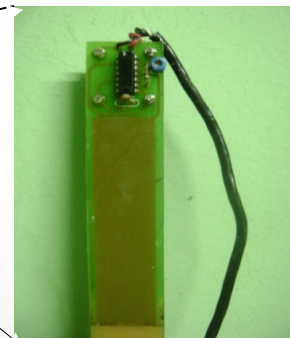
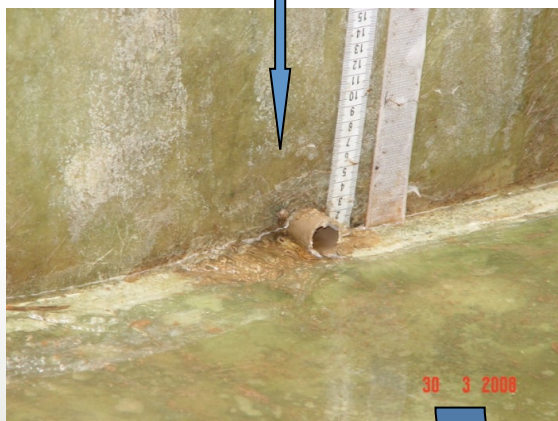


Figura 5 – Solo da microbacia

Material e Métodos



- A fim de se incorporar maior agilidade nas etapas de calibração, validação e aplicação do modelo GA, desenvolveu-se rotinas em linguagem de programação (FORTRAN).

Material e Métodos

- Admitindo-se que no instante $t=0$ a infiltração acumulada é $F=0$, e que a taxa (f) tende ao infinito, portanto não há empoçamento, a infiltração acumulada para o primeiro intervalo de tempo foi calculada:

$$F_t = \int_0^t i_t dt$$

Material e Métodos

- Em seguida se calculou a taxa de infiltração potencial atual $f_{t+\Delta t}$ (Equação 2) a partir do valor conhecido de infiltração acumulada $F_{t+\Delta t}$:

$$f_{t+\Delta t} = K \frac{1}{F_{t+\Delta t}}$$

Material e Métodos

- O resultado de $f_{t+\Delta t}$ é comparado com a intensidade da chuva (i_t). Se $f_{t+\Delta t} < i_t$ então ocorre empoçamento do solo e neste caso, a infiltração acumulada é calculada:

$$F_{t+\Delta t} = F_t + K\Delta t + \psi\Delta\theta \ln \left[\frac{F_{t+\Delta t} + \psi\Delta\theta}{F_t + \psi\Delta\theta} \right]$$

Material e Métodos



- Condutividade hidráulica saturada (K) - **medido**
- Umidade do solo ($\Delta\theta$) - **medido**
- Potencial matricial (Ψ) - **calibrado e validado**

Material e Métodos

- Análise de confiabilidade do modelo GA:
 - Escolheu-se **um evento** de precipitação e avaliou as incertezas na saída de cada intervalo de tempo (1 h)
- Para a análise, foi criada uma série sintética para os parâmetros e variáveis do modelo: i_t , θ e Ψ

Material e Métodos

Tabela 2 – Intensidades de precipitação

Intervalo (h)	Precipitação (mm)							Média	σ	CV
	P1	P2	P3	(P1+P2) ¹	(P1+P3) ¹	(P2+P3) ¹	(P1+P2+P3) ¹			
1	0,85	0,00	0,89	0,42	0,87	0,44	0,58	0,58	0,32	55,95
2	2,54	0,00	0,30	1,27	1,42	0,15	0,95	0,95	0,90	94,86
3	39,86	0,00	42,33	19,93	41,09	21,16	27,39	27,39	15,33	55,98
4	4,24	33,12	5,03	18,68	4,64	19,08	14,13	14,13	10,62	75,15
5	1,27	5,46	1,48	3,37	1,38	3,47	2,74	2,74	1,52	55,66
6	4,66	1,09	4,14	2,88	4,40	2,62	3,30	3,30	1,25	37,75
7	5,51	0,00	5,62	2,76	5,57	2,81	3,71	3,71	2,08	55,91
8	1,27	0,00	1,78	0,64	1,52	0,89	1,02	1,02	0,59	58,15
9	0,42	0,00	1,18	0,21	0,80	0,59	0,54	0,54	0,39	72,24

Material e Métodos

Tabela 2 – Umidade do solo registrada nos três pontos amostrais

Umidade % (base de massa)									
A1	A2	A3	(A1+A2) ¹	(A1+A3) ¹	(A2+A3) ¹	(A1+A2+A3) ¹	Média	σ	CV
37,69	27,15	28,09	32,42	32,89	27,62	30,98	30,98	3,76	12,15

Material e Métodos



- Assumindo que i_t , θ e Ψ possuem distribuição normal, aplicou-se o método de Monte Carlo nas simulações estocásticas, a fim de construir a série sintética de i_t , θ e Ψ para cada intervalo de tempo.

Resultados e Discussão



- A Tabela 3 traz a média, desvio e coeficiente de variação da infiltração acumulada, intensidade de precipitação, taxa de infiltração e escoamento superficial para cada intervalo;

Figura 4 – Média, desvio padrão e CV da série sintética para a infiltração acumulada (F), intensidade de precipitação (i_t), taxa de infiltração (f) e escoamento superficial (He)

Intervalo (h)	Estatística	F	I_t	f	He
2	Média	1,63	1,01	11,24	0,00
	Desvio	0,82	0,73	7,62	0,00
	CV	50,61	72,80	67,84	0,00
3	Média	3,22	27,65	4,46	23,35
	Desvio	0,03	13,43	1,00	13,23
	CV	1,00	48,56	22,44	56,68

Resultados e Discussão



- A Figura 6 mostra o decaimento assintótico da curva da taxa de infiltração, apresentando ainda com 95% de probabilidade suas respectivas faixas de variação;

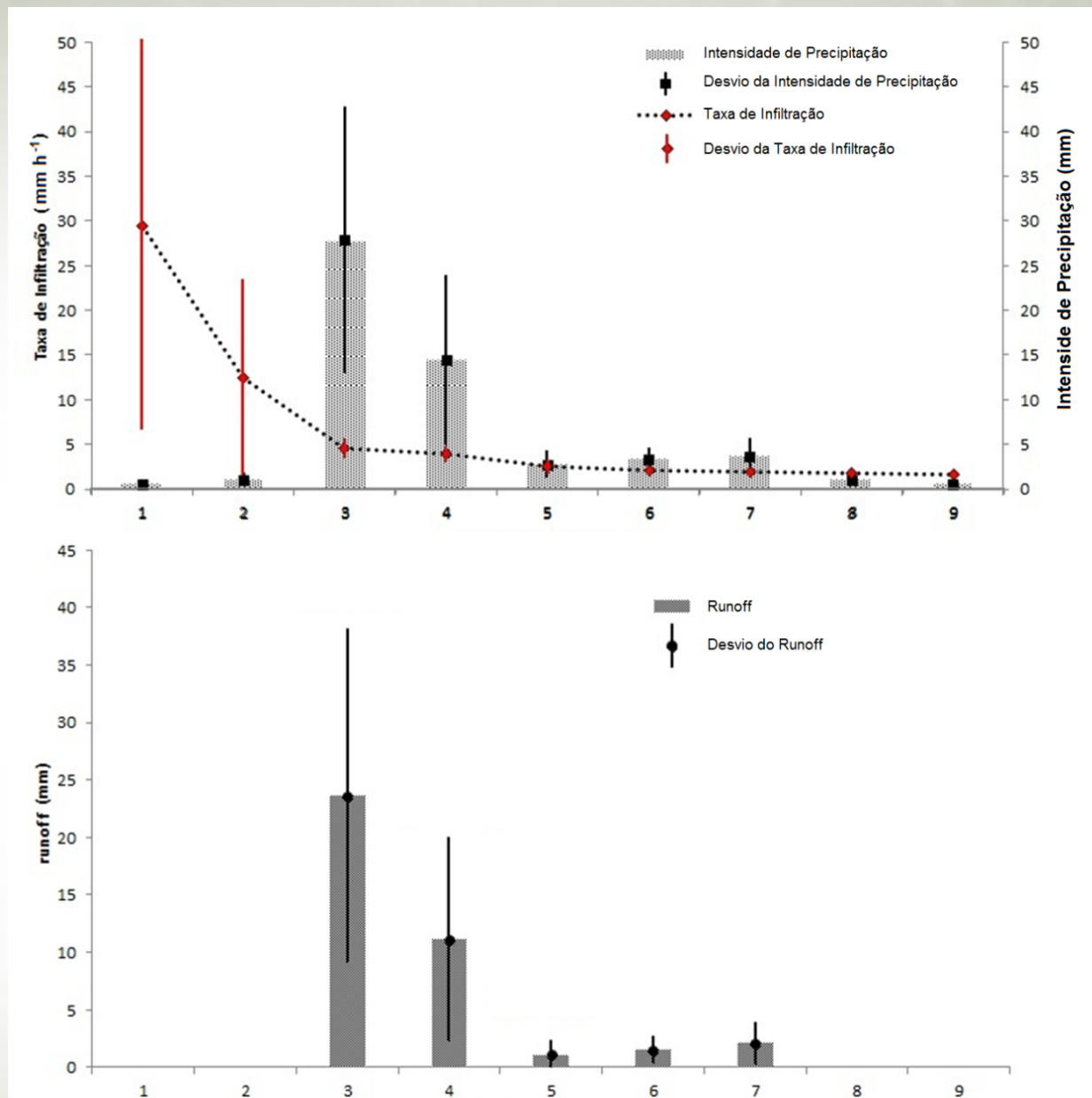


Figura 6 – Análise de confiabilidade para cada intervalo de tempo do modelo de Green & Ampt: (A) intensidade de

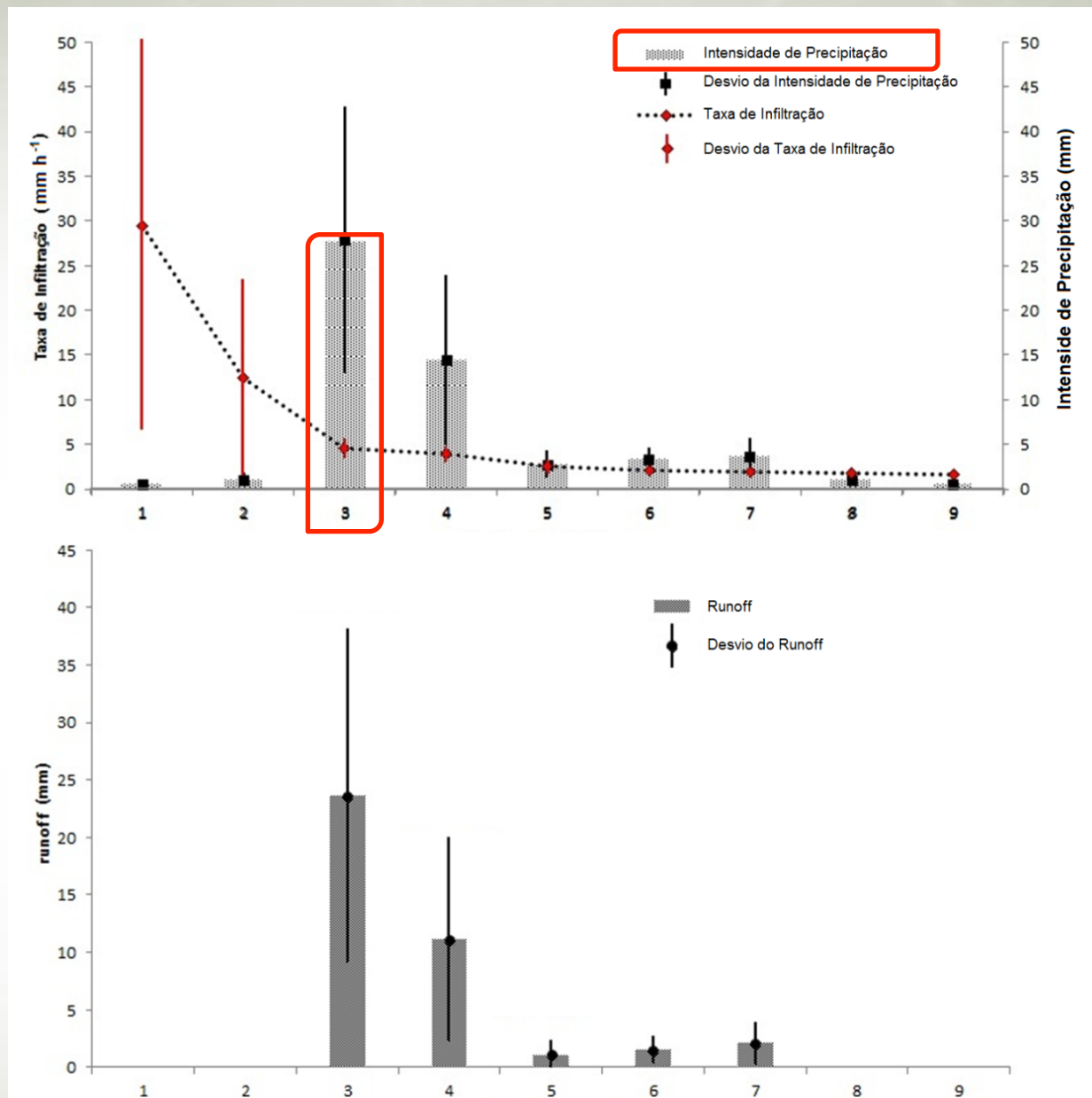


Figura 4 – Análise de confiabilidade para cada intervalo de tempo do modelo de Green & Ampt: (A) intensidade de

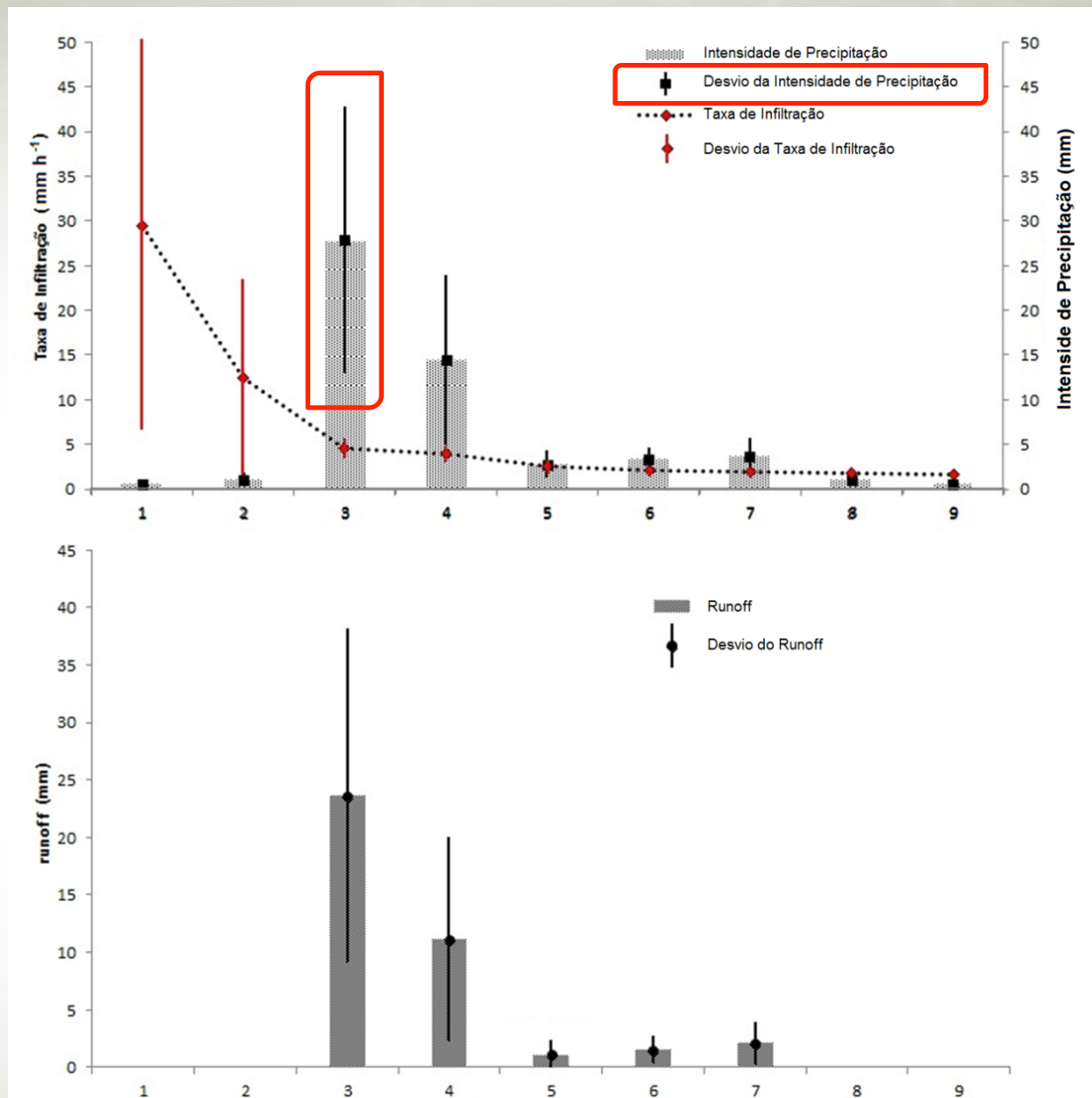


Figura 4 – Análise de confiabilidade para cada intervalo de tempo do modelo de Green & Ampt: (A) intensidade de

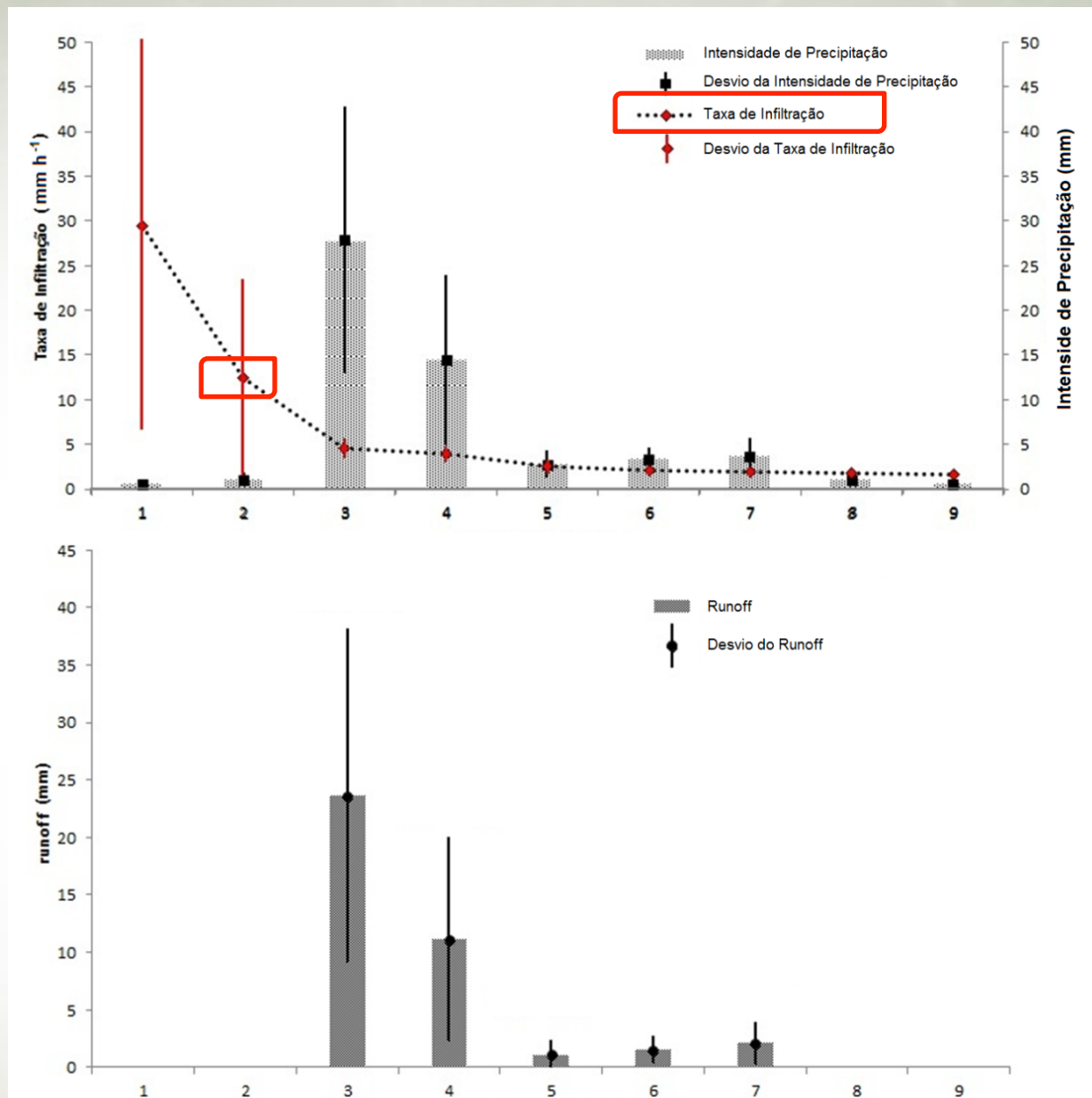


Figura 4 – Análise de confiabilidade para cada intervalo de tempo do modelo de Green & Ampt: (A) intensidade de

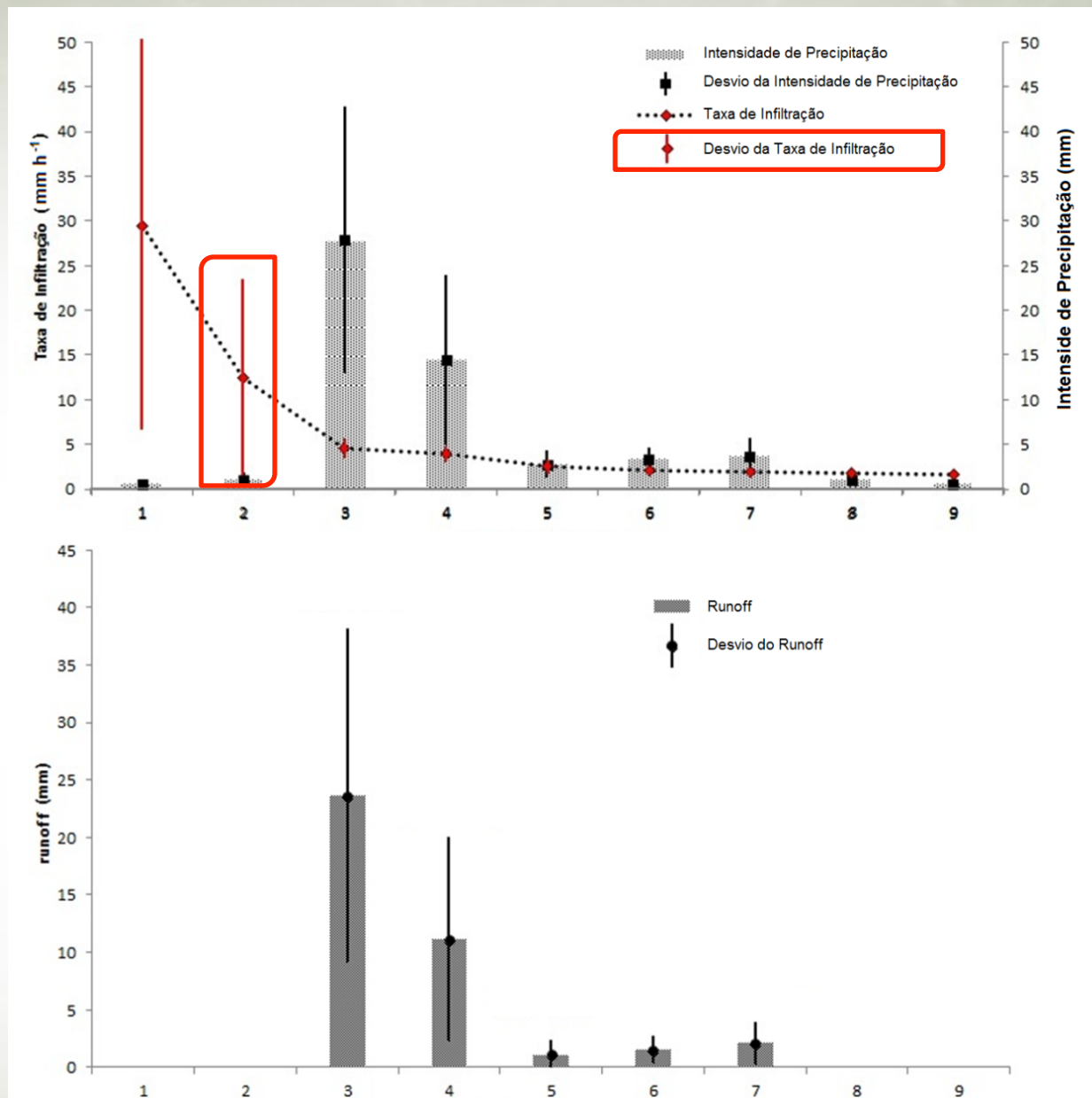


Figura 4 – Análise de confiabilidade para cada intervalo de tempo do modelo de Green & Ampt: (A) intensidade de

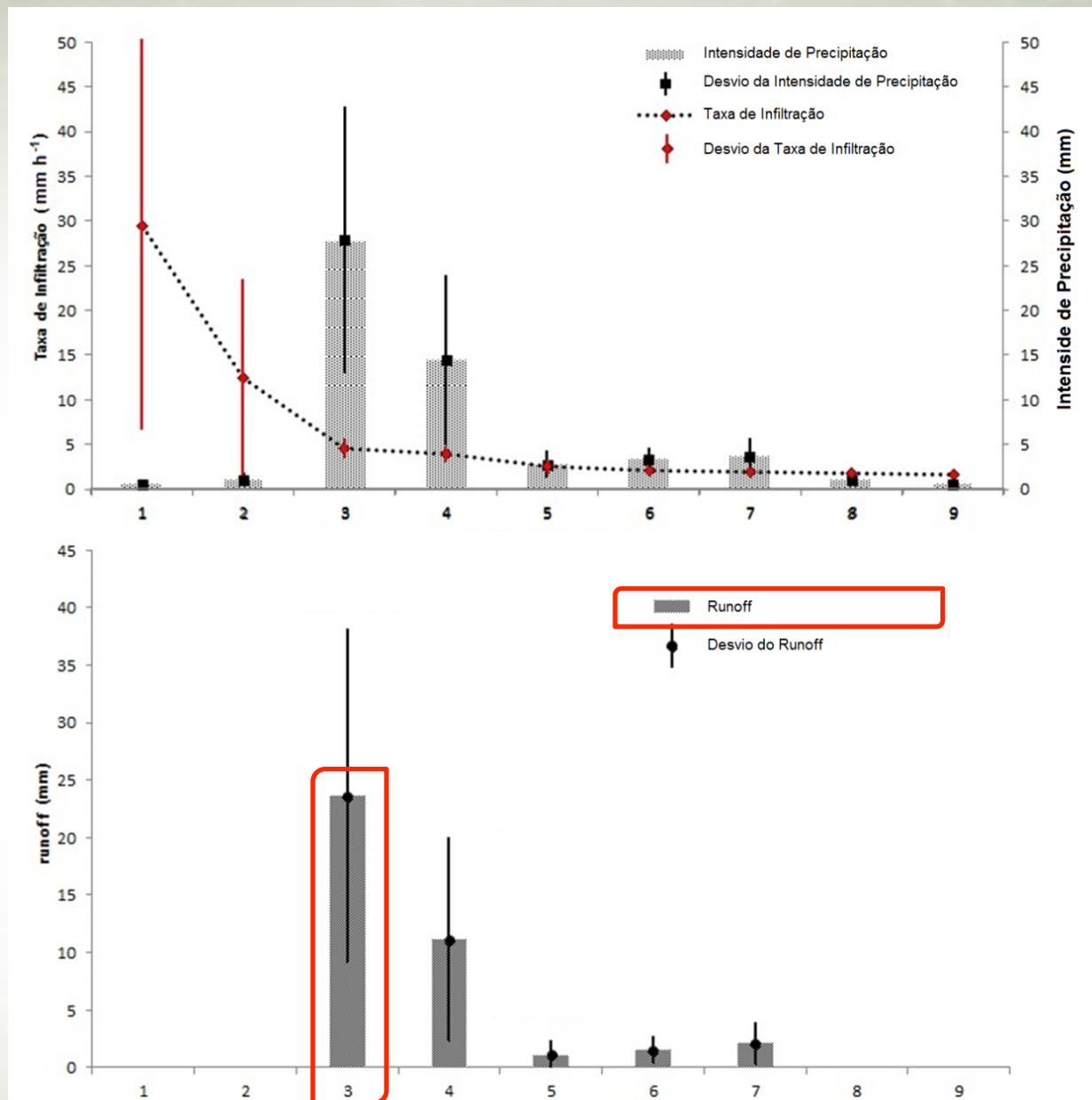


Figura 4 – Análise de confiabilidade para cada intervalo de tempo do modelo de Green & Ampt: (A) intensidade de

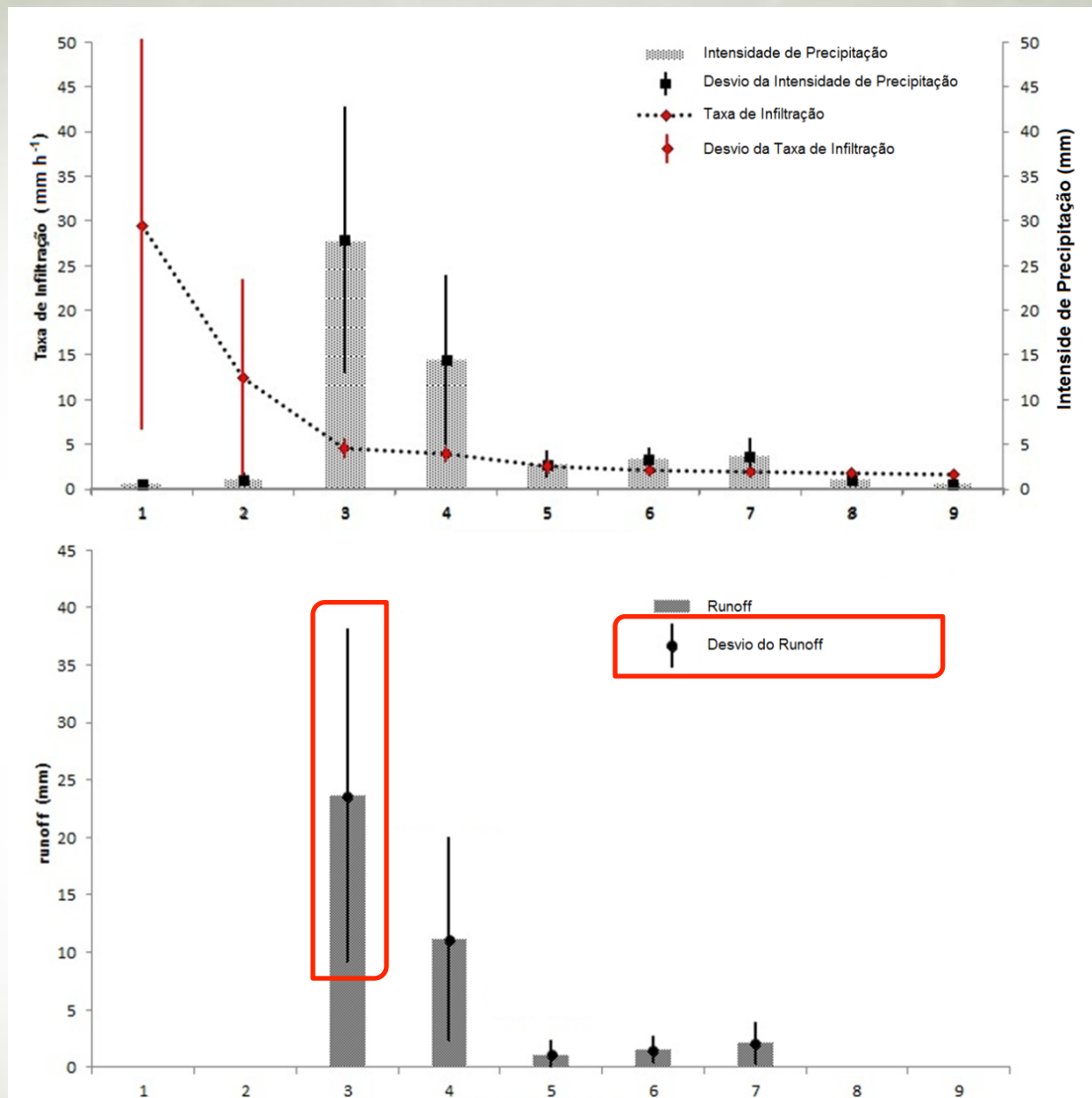


Figura 4 – Análise de confiabilidade para cada intervalo de tempo do modelo de Green & Ampt: (A) intensidade de

Resultados e Discussão



- O escoamento superficial estimado pelo modelo GA para o evento analisado foi de **38,7 mm**;
- O valor medido foi de **13,2 mm**;
- A análise de confiabilidade apresentou um intervalo de predição de **13,2 – 64,1 mm**;

Conclusões



- (i)** O modelo de Green e Ampt apresentou baixa confiabilidade na estimativa das taxas de infiltração para os intervalos de tempo iniciais;
- (ii)** O escoamento superficial total foi superestimado em mais de 100%, apresentado, portanto, baixa confiabilidade;
- (iii)** A intensidade de precipitação apresentou elevada variabilidade, o que pode ter contribuído substancialmente para a redução da confiabilidade das saídas do modelo de Green e Ampt.

Agradecimentos



OBRIGADO

juniorifcelabas@gmail.com