

CARACTERIZAÇÃO DE EVENTO EXTREMO EM REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO: RESPOSTA HIDROLÓGICA E SEDIMENTOLÓGICA EM ESCALA DE PARCELA

José Roberto Lopes da Silva^{1}; Abelardo A. A. Montenegro²; Edivaldo Ferreira dos Santos³; Valdemir de Paula e Silva Junior⁴*

Resumo – O conhecimento dos processos hidrológicos e sedimentológicos é de suma importância para subsidiar as ações de manejo de conservação do solo e água em uma bacia hidrográfica, sendo uma ferramenta essencial para a implementação da política de recursos hídricos. O presente trabalho teve por objetivo realizar uma caracterização de dois eventos extremos ocorridos no ano de 2013, a fim de quantificar o volume escoado e a perda de solo em escala de parcela sob diferentes coberturas (Parcela Descoberta, Parcela com Cobertura Natural, Parcela com Cobertura Morta e Parcela com Barramento de Palma). A investigação dos processos hidrológicos e sedimentológicos em resposta aos eventos chuvosos foram realizadas em uma área experimental situada em encosta com aproximadamente 5% de declividade. Os eventos avaliados apresentaram totais precipitados iguais a 71,38 e 73,15 mm, respectivamente. Observou-se uma similaridade no início e término dos eventos, bem como do total precipitado. Verificou-se que a intensidade varia ao longo do evento, e que a mesma alcançou valores de 140 mm.h⁻¹. A parcela descoberta apresentou elevado volume escoado e perda de solo, quando comparada as demais.

Palavras-Chave – intensidade de chuva, chuva-vazão, perda de solo.

DESCRIPTION OF EVENT IN EXTREME SEMIARID REGION NORTHEAST BRAZIL: RESPONSE AND HYDROLOGIC SEDIMENTOLOGICAL SCALE OF PORTION

Abstract – The knowledge of hydrological and sedimentological processes is of paramount importance to support management actions for conservation of soil and water in a watershed, and an essential tool for the implementation of the policy of water resources. This study aimed to perform a characterization of two extreme events that occurred in 2013 in order to quantify the runoff volume and soil loss at plot scale under different cover crops (Plot uncovered, Natural cover Plot, Plot with mulch and Plot with interception of cactus pear). Investigation of hydrological and sedimentological processes in response to rainfall events were conducted in an experimental area located on slopes with approximately 5% slope. The events studied were precipitated total equal to 71.38 and 73.15 mm, respectively. There was a similarity in the beginning and end of the events, as well as the total precipitation. It was found that the intensity varies across the event, and that it reached values of 140 mm.h⁻¹. The plot uncovered showed high runoff volume and soil loss compared to others.

Keywords – Rainfall intensity, rainfall-runoff, soil loss.

^{1*} Aluno de Doutorado, Pós-Graduação em Eng^a Agrícola/UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900 – Recife, PE. Fone: (81) 3320-6264, e-mail: rlopes.s@gmail.com.

² Professor Adjunto UFRPE, Departamento de Tecnologia Rural/UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900 – Recife, PE. Fone: (81) 3320-6264, e-mail: abelardo.montenegro@yahoo.com.br

³ Assistente de Campo, Sítio Jatobá, CEP: 55200-000, Pesqueira-PE. e-mail: edivaldo.pesqueira@gmail.com.

⁴ Aluno de Doutorado, Pós-Graduação em Eng^a Agrícola/UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900 – Recife, PE. Fone: (81) 3320-6264, e-mail: depaulajr22@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas são caracterizadas por apresentar irregularidade e/ou escassez de chuvas, com ocorrência de eventos de alta intensidade e curta duração, além de elevada taxa de evapotranspiração. Em função desses fatores, o conhecimento do comportamento climático de uma região, bem como dos processos hidrológicos envolvidos tornam-se indispensáveis para gestão dos recursos naturais e hídricos. Montenegro & Ragab (2010) comentam que a escassez de recursos hídricos e a erosão dos solos são um dos principais entraves naturais para o desenvolvimento da região semiárida do Brasil, uma vez que a mesma é altamente vulnerável aos processos de desertificação, variabilidade climática e a desigualdade social.

Conforme Santos et al. (2012), o semiárido brasileiro é um ambiente natural muito frágil, e para a sua preservação, a compreensão dos processos hidrossedimentológicos é muito importante, visto que a erosão do solo pode causar graves prejuízos à economia regional, e conseqüentemente, ao desenvolvimento da região. A irregularidade pluviométrica, somada à fragilidade do solo, à declividade do terreno e à intensificação do uso do solo pela agricultura e pecuária na região, são condicionantes que favorecem a erosão dos solos na região semiárida.

Segundo Pruski et al. (2003), a cobertura e os tipos de uso do solo, além de seus efeitos sobre as condições de infiltração da água no solo, exercem importante influência na interceptação da água advinda da chuva. Quanto maior a porcentagem de cobertura vegetal, a rugosidade da superfície do solo e a evapotranspiração da cultura, maiores serão as taxas de infiltração de água no solo quando ocorrer uma chuva e, conseqüentemente, menores serão as perdas por escoamento superficial.

Conforme Cogo et al. (2003), a inclinação do declive do terreno é outro fator que influencia fortemente as perdas de solo e água por erosão hídrica, pois, à medida que ela aumenta, maiores serão o volume e a velocidade do escoamento superficial e menor será a infiltração de água no solo. Com isso, aumenta a capacidade de transporte das partículas de solo pela enxurrada, assim como a própria capacidade desta de desagregar solo por ação de cisalhamento, principalmente quando concentrada nos sulcos direcionados no sentido da pendente do terreno.

O presente trabalho teve por objetivo realizar uma caracterização de dois eventos extremos ocorridos no ano de 2013, a fim de quantificar o volume escoado, a infiltração e a perda de solo em escala de parcela sob diferentes usos do solo (Parcela Descoberta, Parcela com Cobertura Natural, Parcela com Cobertura Morta e Parcela com Barramento de Palma).

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1. Área de estudo

O estudo foi conduzido em uma parcela experimental localizada nas coordenadas UTM 0733990 e 9071130, situada em área de encosta da bacia do Alto Ipanema, município de Pesqueira-PE. Segundo Silva et al. (2013) a precipitação média anual conforme dados histórico local (1910 a 2012) é de 688,40 mm. De acordo com os dados normais climatológicos, a evaporação total anual é de 1.589,80 mm, a temperatura média (24,70 °C), máxima (29,0 °C) e mínima (18,5 °C), respectivamente.

O monitoramento hidrológico foi realizado em parcelas experimentais com diferentes coberturas do solo localizadas em uma encosta da bacia, com declividade média de 5%, a investigação ocorreu durante o mês de Março de 2013, em função da ocorrência de dois eventos extremos após um período escasso de chuva. Buscou-se avaliar a resposta hidrológica para as diferentes coberturas de solo: Parcela com Barramento de Palma (PBP), - Parcela com Cobertura Morta (PCM), Parcela Descoberta (PD) e Parcela com Cobertura Natural (PCN), Figura 1.

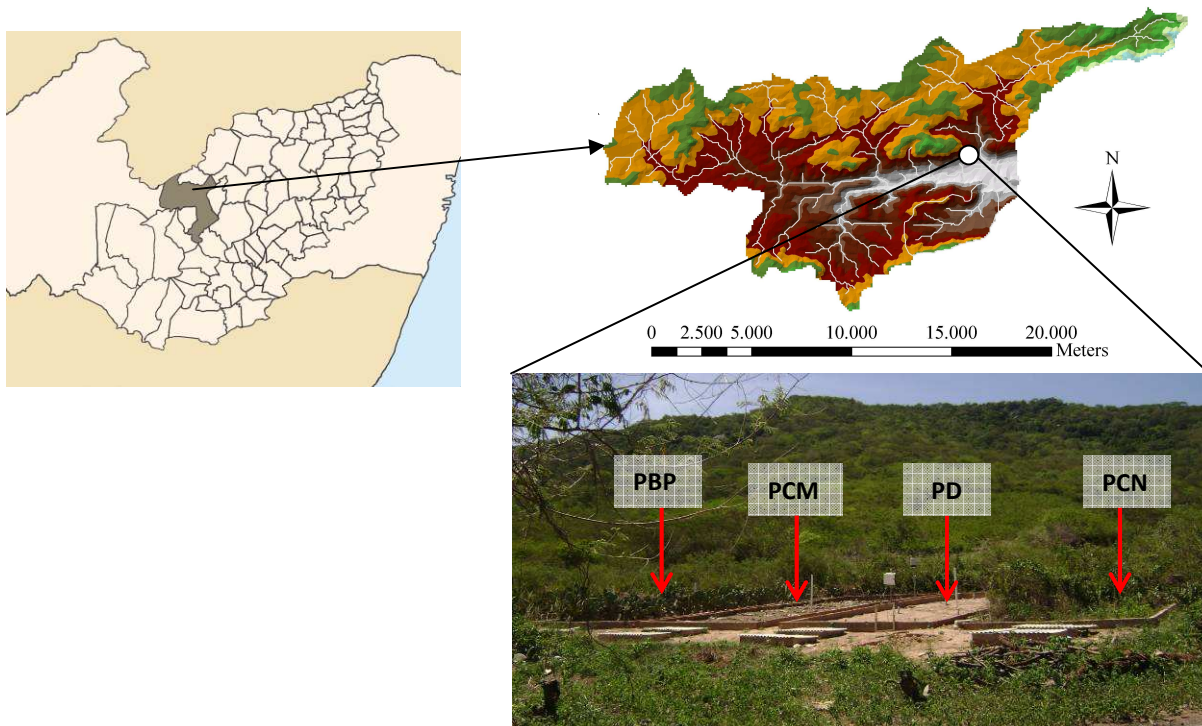


Figura 1: Localização da área de estudo, com destaque para as áreas experimentais investigadas; (Fonte: adaptada de Fontes Junior et al., 2012)

O solo foi classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico típico cujas características físicas do solo foram descritas por Santos (2010), e a condutividade hidráulica estimada por Silva et al. (2009), conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas e condutividade hidráulica do Argissolo Amarelo Eutrófico típico.

Prof.	Horiz.	Areia (%)	Argila (%)	Silte (%)	AN (%)	Dp (g/cm ³)	Ds (g/cm ³)	K _{sat} (cm/h)
0 - 17	Ap	34,24	29,09	36,67	13,53	2,66	1,73	13,12
17 - 92	AB	24,91	40,43	34,67	19,20	2,70	1,74	15,90
92 - 150	B	18,24	43,09	38,67	18,53	2,72	1,75	7,60

2.2. Variáveis hidrológicas e sedimentológicas investigadas

A precipitação foi quantificada através de um pluviômetro automático modelo TB4-L Rain Gauge da Campbell Scientific, com resolução de 0,254 mm, instalado na parcela experimental, Figura 2. O datalogger utilizado para o armazenamento de dados foi o CR-1000 da Campbell Scientific que permitiu a programação de coleta de dados com intervalo de 5 minutos. O monitoramento da umidade do solo foi realizado em escala horária através de sondas TDRs, instaladas a 20 cm de profundidade. Cada parcela experimental é dotada de duas sondas. Para análise utilizou-se o valor médio.

A estimativa do volume escoado em cada parcela experimental foi realizada através de caixas coletoras de enxurrada instaladas no final de cada parcela. Após um evento de chuva realizava a leitura do nível da caixa, e de posse da área da mesma encontrava-se o volume total escoado por m². A infiltração foi estimada por diferença, ou seja, o total precipitado menos o escoado. Adicionalmente instalou-se um vertedouro triangular no final da Parcela com Cobertura Morta

(PCM) e outro na Parcela Descoberta, a fim de, caracterizar o processo de resposta chuva-vazão de forma automática, Figura 2.

As perdas de solo foram avaliadas em quatro parcelas instaladas em campo, com dimensões de 4,5 m de largura por 11 m de comprimento (sentido do declive), perfazendo uma área de 49,5 m². As condições de cobertura avaliadas foram: Parcela com Barramento de Palma (PBP), - Parcela com Cobertura Morta (PCM), Parcela Descoberta (PD) e Parcela com Cobertura Natural (PCN). Na parte inferior das parcelas existe um sistema coletor de enxurrada composto por dois tanques. Cada tanque possui em média, uma área de 9504,0 cm² (Borges et al., 2012). O volume total escoado durante a enxurrada, nas parcelas, após cada evento de chuva, fica depositado nesses tanques de sedimento, localizados na parte inferior de cada parcela. A concentração de sedimentos na enxurrada e a taxa de perda de solo foram determinadas por meio desse material coletado em campo, após sua homogeneização foram armazenados em potes plásticos. As coletas foram realizadas a cada evento de chuva considerada erosiva, durante o período compreendido, conforme a metodologia de Cogo (1978).

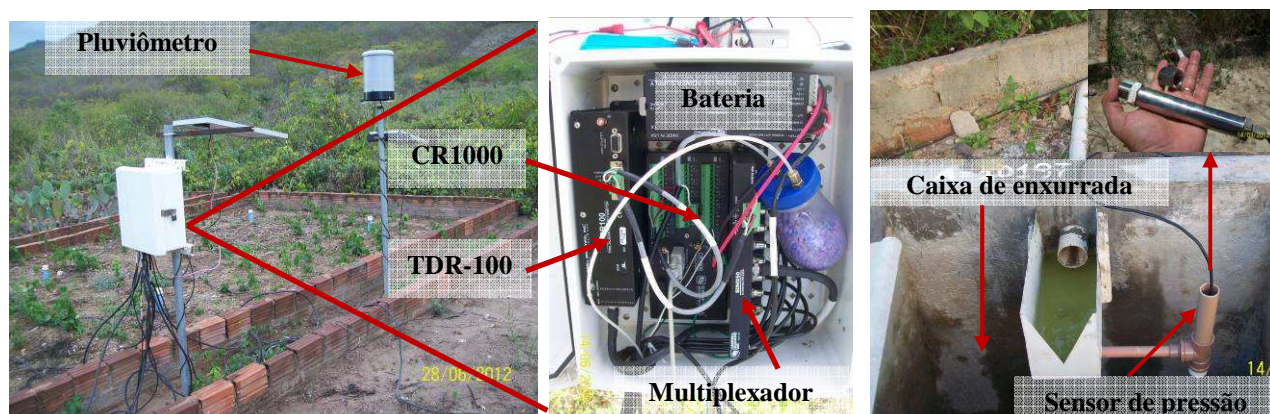


Figura 2: Sistema automático de coleta de dados e caixa de coleta de enxurrada

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta a distribuição dos dois eventos extremos ocorridos nos dias 14 e 19 de março de 2013. Observou-se uma similaridade no início e término dos eventos, bem como no total precipitado. Tal comportamento pode estar associado a uma tendência e/ou padrão de chuva da região, onde a maioria dos eventos ocorre no período da tarde para à noite. Tal comportamento foi evidenciado por Silva et al. (2006) em caracterização de eventos chuvosos na Bacia do Jatobá-PE.

A intensidade de uma chuva é determinada através da divisão do volume total pela sua duração, porém é necessário levar em consideração os picos de intensidade ao longo do evento. Observa-se na Tabela 2, a variação da intensidade ao longo dos eventos investigados. Pode-se perceber diferenças significativas entre os valores no dia 14/03, em que o evento total apresentou interrupções durante sua duração.

Tabela 2: Caracterização dos eventos chuvosos ocorridos nos dias 14 e 19 de março de 2013

Data	Evento	Início	Término	Chuva (mm)	Tempo (min.)	Tempo (h)	Intensidade (mm/h)
14/03/2013	1	18:05:00	18:10:00	0,508	5	0,083	6,10
	2	18:20:00	18:40:00	2,54	20	0,333	7,62

	3	19:00:00	20:15:00	68,332	75	1,250	54,67
	Único*	18:05:00	20:15:00	71,38	130	2,167	32,94
19/03/2013	1	18:05:00	20:15:00	72,894	130	2,167	33,64
	2	20:20:00	20:25:00	0,254	5	0,083	3,05
	3	23:45:00	23:50:00	0,254	5	0,083	3,05
	Único*	18:05:00	20:25:00	73,148	140	2,333	31,35

* Considerou-se como evento único quando a soma de separação entre as chuvas era no máximo 30 minutos.

A precipitação apresenta elevada variabilidade espacial e temporal, e sua intensidade muda ao longo de sua ocorrência, tal comportamento ficou evidenciado nos eventos investigados, como pode ser visto na Figura 3. A partir da discretização da chuva e suas respectivas intensidades ao longo do tempo, pode-se verificar que ocorreram picos de intensidade de 140 mm.h^{-1} , desta forma fica evidente a importância do monitoramento da chuva ocorrida em menores intervalos. Conforme a proposta por Horner & Jens (1941), que separava o tempo total de duração das chuvas em três partes iguais, ou seja, os padrões estariam entre 0 e 33,3 (padrão avançado); 33,3 e 66,6 (padrão intermediário) e 66,6 e 100% (padrão atrasado) do tempo total de duração das chuvas. Observou-se que a chuva ocorrida no dia 14/03 apresentou padrão intermediário, enquanto a do dia 19 apresentou padrão avançado. Observa-se uma queda gradativa após os maiores picos de intensidade.

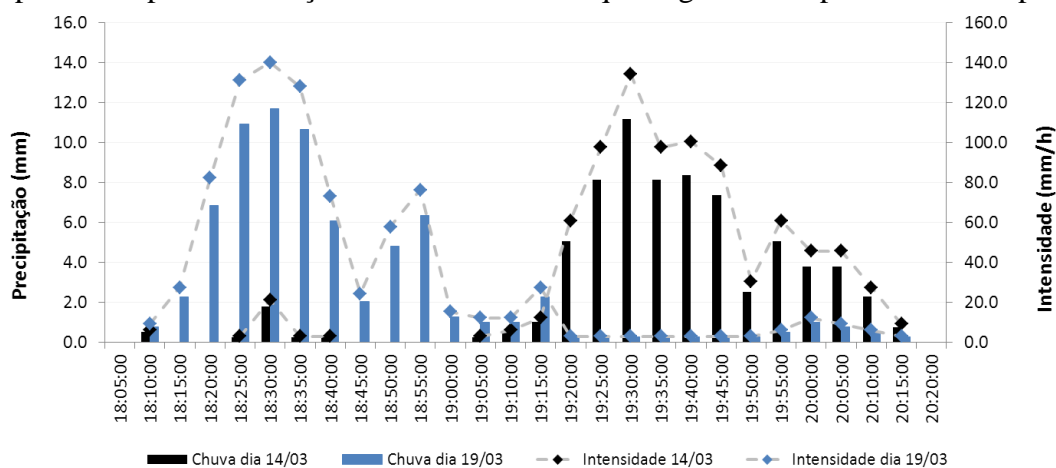


Figura 3: Discretização dos eventos de chuva acumulada a cada 5 minutos nos dias 14 e 19 de março de 2013

A Tabela 3 apresenta a descrição dos eventos de chuva, bem como o volume escoado e a produção de sedimentos perdidos e em suspensão. Pode-se observar que as maiores perdas de solo ocorreram na parcela descoberta. As parcelas com adoção de práticas conservacionistas (PCM e PBP) apresentaram eficiência na redução da taxa de perda de solo. Observou-se que na parcela com barramento de palma (PBP) mesmo ocorrendo escoamento superficial não houve perda de solo, verificou-se apenas sedimentos em suspensão. A concentração de sedimento da parcela com cobertura morta foi superior a da parcela com barramento de palma na chuva do dia 14/03, que pode estar associado ao solo que se encontrava solto no final da parcela e ao baixo volume escoado, o que implica em uma maior concentração de sedimento no volume coletado. O volume escoado nas PCM e PCN foi insignificante quando comparado com as demais. Apesar do volume precipitado em ambos os dias terem sido semelhantes, o escoamento superficial no dia 19 foi superior ao observado no dia 14 (com exceção da PCN), que pode ser explicado pela umidade do solo, uma vez que o solo encontrava-se mais úmido em função da chuva antecedente de 5 dias.

Tabela 3: Descrição dos eventos de chuva, escoamento, concentração de sedimentos e perda de solo

Característica do evento chuvoso/Use do solo	Variáveis analisadas	Data do evento	
		3/14/2013	3/19/2013
	Volume total (mm)	71,38	73,15
	Duração do evento (h)	2,17	2,33
	Intensidade média (mm/h)	32,94	31,35
PCM	Taxa de escoamento (L/m ²)	0,48	2,11
	Concentração de sedimento (g/L)	0,00146	0,01172
	Taxa de sedimento (kg/m ²)	0	0
PCN	Taxa de escoamento (L/m ²)	0,29	0,19
	Concentração de sedimento (g/L)	0	0
	Taxa de sedimento (kg/m ²)	0	0
PD	Taxa de escoamento (L/m ²)	28,42	35,33
	Concentração de sedimento (g/L)	0,00059	0,0485
	Taxa de sedimento (kg/m ²)	1,53	0,72
PBP	Taxa de escoamento (L/m ²)	15,36	37,06
	Concentração de sedimento (g/L)	0,00041	0,0681
	Taxa de sedimento (kg/m ²)	0	0

Na Figura 4 observa-se o incremento de umidade após os eventos ocorridos, verifica-se que as PCM e PCN foram as que apresentaram as maiores taxas de umidade, e a parcela descoberta foi a que apresentou o menor incremento ao longo do tempo.

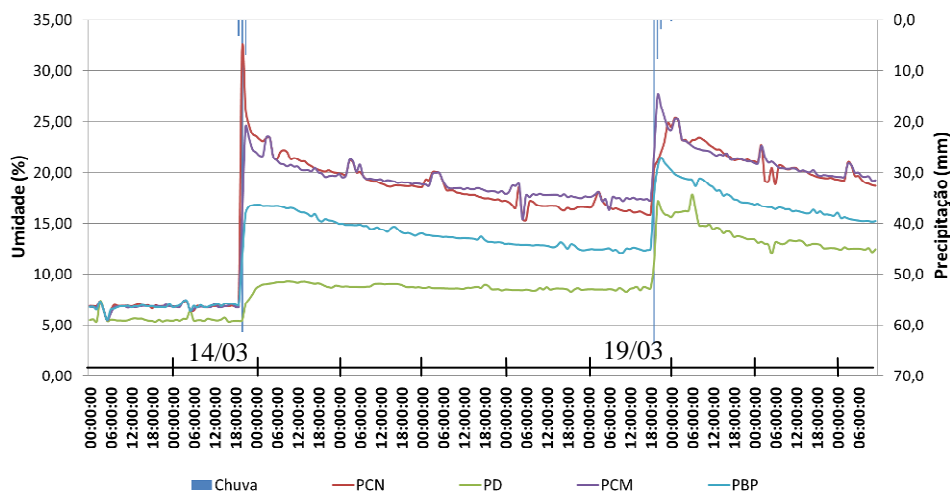


Figura 4: Resposta da umidade do solo em função dos eventos dia 14/03 e 19/03.

A Figura 5 apresenta a resposta chuva-vazão para os dois eventos investigados. Observa-se que a resposta é instantânea para eventos acima de 4 mm. Verificou-se que apesar do sensor apresentar boa precisão, não é possível estimar com segurança a vazão gerada durante o evento em função da deposição de sedimento no vertedouro, que acaba influenciando na resposta do sensor. Outro problema é quando a caixa de sedimento enche de água, o que acaba não sendo possível ver a recessão, ou seja, o nível se mantém mesmo depois da chuva cessar como da lapode ser visto na

Figura 5. A vazão estimada nos picos (19:30 para o dia 14/03 e 17:40 para o dia 19/03) foi de 7,33 l.s⁻¹ e 10,75 l.s⁻¹, respectivamente.

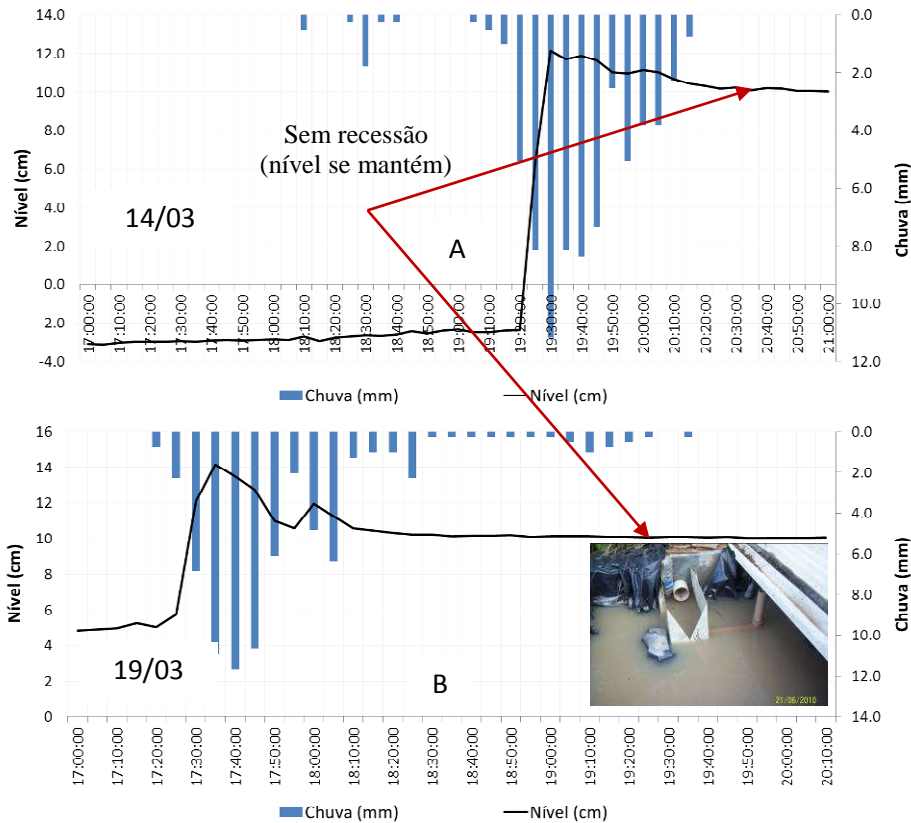


Figura 5: Resposta de nível no vertedor no final da parcela descoberta, dia 14/03 (A) e 19/03 (B).

Observa-se na Tabela 4 as taxas de escoamento geradas durante os eventos. A infiltração foi estimada através da diferença entre o total precipitado e escoado. Pode-se perceber que as parcelas com cobertura natural e cobertura morta apresentaram elevadas taxas de infiltração. Verificou-se que a parcela com barramento de palma apresentou menor taxa de infiltração no segundo evento em relação à parcela descoberta. Tal resultado possivelmente está associado ao teor de umidade do solo que estava mais elevado na parcela com barramento com palma em função da maior infiltração ocorrida da chuva antecedente.

Tabela 4: Percentuais de volume escoado e infiltrado após os dois eventos investigados

	Chuva		Trat.	Escoamento		Infiltração	
	mm			mm	%	mm	%
14-03-2013	71.38		PCM	0.48	0.67	70.9	99.33
			PCN	0.29	0.40	71.092	99.60
			PD	28.42	39.81	42.964	60.19
			PBP	15.36	21.52	56.02	78.48
19-03-2013	73.15		PCM	2.11	2.89	71.04	97.11
			PCN	0.19	0.26	72.96	99.74
			PD	35.33	48.30	37.82	51.70
			PBP	37.06	50.66	36.09	49.34

*Na parcela com cobertura natural o total infiltrado considerado está somado à interceptação.

4. CONCLUSÕES

- ✓ As chuvas apresentaram picos de intensidade de até 140 mm.h⁻¹.
- ✓ A resposta chuva-vazão é instantânea para eventos acima de 4 mm na parcela descoberta.
- ✓ As práticas conservacionistas apresentaram eficiência no controle de perda de solo. A parcela descoberta apresentou perda de solo acumulada (para os dois eventos) foi de 2,25 kg.m².
- ✓ É necessário modificar o sistema de medição de vazão, uma vez que não é possível ver a recessão em função da deposição de sedimentos e enchimento da caixa de sedimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, T.K.S.; MONTENEGRO, A.A.A.; SILVA, J.R.L.; SILVA JUNIOR, V.P.; SANTOS, T.E.M. Efeito da cobertura vegetal no controle da perda de solo em Argissolo Amarelo, sob chuva natural, no semiárido pernambucano. In: XIX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, Lages-SC, 2012.

COGO, N. P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas de erosão em condições de chuva natural. I. Sugestões gerais, medição dos volumes, amostragem e quantificação de solo e água de enxurrada. 1ª aproximação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo fundo 1978, Anais, Passo Fundo, EMBRAPA, p.75-98, 1978.

HORNER, W.W.; JENS, S.W. Surface runoff determination from rainfall without using coefficients. Transactions of the American Society of Civil Engineers, New York, v.107, n.3, p.1039-1117, 1941.

MONTENEGRO, A. A. A.; RAGAB, R. Hydrological response of a Brazilian semi-arid catchment to different land use and climate change scenarios: a modelling study. Hydrological Processes, v, 24, n, 19, p, 2705-2723, 2010.

SANTOS, T. E. M. Dinâmica espacial e temporal da umidade do solo em bacia experimental do semiárido pernambucano, Recife: UFRPE, Tese de Doutorado, 68 f., 2010.

SANTOS, J.Y.G.; SANTOS, C.A.G. Perdas de água e solo utilizando chuva simulada em diferentes coberturas superficiais e condições de umidade no Semiárido Paraibano, Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 17 n,4 - Out/Dez. p.217-228, 2012.

SILVA, J.R.L.; MONTENEGRO, A.A.A.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; SANTOS, T.E.M.; PONCIANO, I.M. Caracterização da condutividade hidráulica em bacia representativa do semiárido pernambucano-Brasil. In: 9º SILUSBA (Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa), Benguela, Angola, 2009.

SILVA, J.R.L.; MONTENEGRO, A.A.A.; SANTOS, E.S.; SILVA, T.A. Caracterização de eventos chuvosos em bacia hidrográfica experimental do semiárido nordestino. In: VI Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE, Recife-PE, 2006.

SILVA, J.R.L.; MONTENEGRO, A.A.A.; SANTOS, T.E.M.; FONTES JUNIOR, R.V.P.; BORGES, T.K.S. Avaliação da estabilidade temporal da umidade do solo em região semiárida do Brasil, In: XI SILUSBA (Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa), Maputo- Moçambique, 2013.