



XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

PERDAS DE NUTRIENTES POR EROÇÃO HÍDRICA EM DIFERENTES PRÁTICAS AGRÍCOLAS

*Cleene Agostinho de Lima*¹; *Abelardo Antônio de Assunção Montenegro*²; *Thais Emanuelle Monteiro dos Santos*³; *Elisângela Gonçalves Pereira*⁴ & *Adriano Luiz Normandia Monteiro*⁵

RESUMO – As perdas de nutrientes por erosão hídrica tem ocasionado empobrecimento do solo, redução da produtividade das culturas e contaminação ambiental. Objetivou-se avaliar as perdas de nutrientes (Ca, Mg, K, P) e carbono orgânico (CO) por erosão hídrica em cultivo de mandioca. O estudo foi conduzido no campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia no Município de Cruz das Almas-BA, com diferentes práticas agrícolas e três repetições: mandioca morro abaixo (MMA), mandioca morro abaixo com cobertura morta (MMA+CM), mandioca em nível consorciada com feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e cobertura morta (MN+F+CM) e mandioca em nível consorciada com feijão-caupi (MN+F). Para quantificação das perdas de nutrientes, utilizou-se parcelas de erosão com área de 3 m², e diferentes práticas agrícolas sob condição de chuva simulada. As maiores perdas de nutrientes nos sedimentos e na água de enxurrada foram maiores no tratamento MMA em relação ao tratamento MN+F. O uso da cobertura morta e do consórcio proporcionaram ausência do escoamento nos tratamentos MMA+CM e MN+F+CM, e redução de 98,12% do Ca, 97,67% do Mg, 96,42% do K e 74,52% do P, respectivamente no tratamento MN+F em relação ao tratamento MMA.

ABSTRACT– Nutrient losses by water erosion has caused soil depletion, reduction of crop productivity and environmental contamination. This study aimed to evaluate the nutrients losses (Ca, Mg, K, P) and organic carbon (CO) by erosion in cassava. The study was conducted at the Federal University of Bahia Reconcavo campus, in the municipality of Cruz das Almas, Bahia, with different agricultural practices, and three replications: Cassava downhill (MMA), cassava downhill with mulch cover (MMA+ CM), cassava in contour lines associated with cowpea (*Vigna unguiculata*) plus mulch cover (MN+F+CM) and cassava in contour lines associated with cowpea (MN+ F). To quantify nutrients losses, plots with erosion area of 3 m² were used, and different agricultural practices and simulated rainfall. The nutrients losses in sediments and runoff water

1) Doutorando em Engenharia Agrícola pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. UFRPE –PE E-mail: cleene2@hotmail.com

2) Professor Adjunto, UFRPE, DTR, Recife, PE. E-mail: abelardo.montenegro@yahoo.com.br

3) Professora Adjunta, UFPE, Recife, PE. E-mail: thaisemanuelle@hotmail.com

4) Graduando Tecnologia em Agroecologia, UFRB, Cruz das Almas, BA. E-mail: eligoncalvespereira@hotmail.com;

5) Doutor em solos, UFRPE, DTR, Recife, PE. E-mail: ad_normandia@hotmail.com.br

were higher in the MMA treatment than in treatment MN+ F. The use of mulch and the consortium produced the absence of flow in treatments MMA+CM and CM+MN+F, and reduction of 98.12% Ca, 97.67% Mg, 96.42% K and 74.52 % of P, respectively, in the treatment MN+F and MMA.

Palavras-Chave – cobertura morta, consórcio de culturas, chuva simulada.

1. INTRODUÇÃO

As perdas de nutrientes por erosão hídrica têm sido uns dos principais fatores determinantes do empobrecimento do solo, da redução da produtividade da maioria das culturas, e da contaminação ambiental, com conseqüente prejuízo econômico para o produtor (Santos *et al.*, 2007).

A quantificação das perdas de nutrientes pode ser determinada na água da enxurrada e no sedimento. A concentração de nutrientes na enxurrada depende da concentração dos nutrientes na camada mais superficial do solo, a qual é influenciada pela fertilidade natural, quantidade, tipo e forma de aplicação dos fertilizantes e corretivos no solo (Schick *et al.*, 2000; Bertol *et al.*, 2007a).

Enquanto as concentrações de nutrientes perdidos no sedimento estão associadas ao material erodido. Os mesmos contêm altas concentrações de matéria orgânica e nutrientes para as plantas em forma disponível do que o solo de origem, e elevadas concentrações de fertilizante do que o agricultor tenha aplicado (Bertol *et al.*, 2007a). Já as perdas totais de nutrientes por erosão hídrica são resultantes da concentração dos nutrientes no solo de origem, em relação às quantidades totais de solo e água retiradas no processo erosivo (Guadagnin *et al.*, 2005).

Segundo Bertol *et al.* (2007b), os nutrientes, como o potássio, cálcio e magnésio e fósforo perdido por erosão hídrica, podem expressar perda monetária, na forma de adubos e calcário que foram adicionados ao solo, ocasionando aumento no custo de produção das culturas.

Em particular a cultura da mandioca investigada neste estudo tem sido considerada uma das culturas mais erosivas e conseqüentemente contribuído para redução dos nutrientes no solo, proporcionando aumento no custo da produção. Logo, os sistemas conservacionistas de manejo do solo com uso de cobertura morta é uma alternativa para a conservação do solo, com a finalidade de proteger a superfície do mesmo contra os agentes erosivos e preservar os teores de matéria orgânica e nutrientes essenciais para a sustentabilidade do solo e da agricultura (Jordán *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2012; Montenegro *et al.*, 2013). Contudo, com o acelerado crescimento da agricultura, além do uso de cobertura morta, outras práticas complementares são cada vez mais necessárias para uma produção sustentável (Albuquerque *et al.*, 2012).

A importância da matéria orgânica do solo como um indicador da sustentabilidade dos sistemas agrícolas vem sendo enfatizada por pesquisadores como Sarah, (2006), Santos *et al.*

(2007), Silva *et al.* (2012). Para os referidos autores o teor de matéria orgânica no solo expressa as relações entre as fontes de matérias orgânicas e os fatores de decomposição (solo, biota), sua influência sobre as características químicas, físicas e biológicas dos solos e a sensibilidade às práticas de manejo faz com que seja considerado um dos principais parâmetros na avaliação da qualidade do solo. Neste contexto, o presente estudo objetivou avaliar as perdas de nutrientes (Ca, Mg, K, P) e carbono orgânico (CO) por erosão hídrica em cultivo de mandioca.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) no Município de Cruz das Almas – BA, geograficamente situada nas coordenadas: latitude 12° 40' 19" S e longitude 39° 06' 23" W, a 220 m de altitude, em uma área de extensão de 240 m² e declividade de 0,07 m m⁻¹, sobre condições de chuva simulada e diferentes práticas agrícolas (Figura 1).

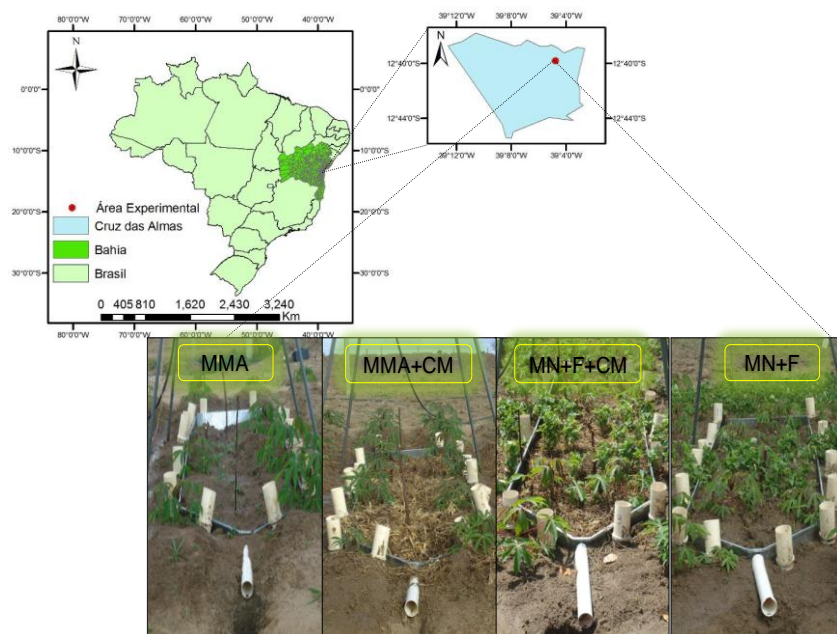


Figura 1- Localização da área experimental no Estado da Bahia, Brasil e diferentes práticas agrícolas: Mandioca morro abaixo (MMA), mandioca morro abaixo com cobertura morta (MMA+CM), Mandioca consorciada com feijão e cobertura morta (MN+F+CM) e mandioca consorciada com feijão (MN+F)

A precipitação média anual da região é de 1.170 mm, com temperatura média anual de 24,5°C. O solo, em que se instalou o experimento, tipo é o Latossolo Amarelo Álico Coeso, de textura franco argiloso-arenoso com horizontes subsuperficiais coesos (Rezende, 2000), cujas características físico-químicas encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1- Características físico-químicas do Latossolo Amarelo álico coeso da área experimental nas camadas 0-20 e 20-40 cm de profundidade

Camadas	Areia	Silte	Argila	ADA	Gf	Macp.	Micp.	Pt	θ_{cc}	θ_{pmp}	Ds	Dp	K_0
cm	g kg ⁻¹			%			m ³ m ⁻³		cm ³	cm ⁻³	g cm ³		cm h ⁻¹
0-20	535	245	220	7,16	67,45	0,17	0,21	0,38	0,18	0,1	1,46	2,38	0,16
20-40	700	52	248	7,16	71,13	0,2	0,21	0,41	0,17	0,16	1,49	2,53	5,49
Camadas	pH	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	P	N	M.O	C		
cm	H ₂ O	Cmolc kg ⁻¹				mg dm ⁻³			g kg ⁻¹				
0-20	5,1	0,3	0,1	1,35	9,08	0,9	2,9	2,16	5,56	7,24	4,2		
20-40	4,9	0,2	0,2	0,92	3,55	0,9	3,3	1,35	5,33	7,15	4,15		

ADA – argila dispersa em água; Gf – grau de floculação; Macp. – macroporosidade; Micp. – microporosidade; Pt porosidade total; θ_{cc} – umidade na capacidade de campo; θ_{pmp} – umidade ponto de murcha permanente; Ds – densidade do solo; Dp – densidade das partículas; K_0 – condutividade hidráulica

As práticas agrícolas foram conduzidas em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, em parcelas de erosão com área de 3 m², delimitadas por chapas metálicas: Mandioca morro abaixo (MMA), plantada espaçada de 0,9 x 0,9 m em fileiras simples no sentido do declive do terreno; mandioca morro abaixo com cobertura morta (MMA+CM) foi plantada similar ao tratamento anterior de MMA inserindo uma adubação orgânica de 15 t ha⁻¹ de esterco bovino e cobertura morta de capim (*Brachiaria decumbens*) com densidade de 8 Mg ha⁻¹; mandioca em nível consorciada com feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e cobertura morta (MN+F+CM) foi plantada espaçada de 2 x 0,6 x 0,6 m para mandioca em fileira dupla e 0,5 x 0,2 m para o feijão, com a utilização da mesma proporção de cobertura morta do tratamento MMA+CM e mandioca em nível consorciada com feijão-caupi (MN+F), seguindo as mesmas condições da MN+F+CM no plantio da cultura, porém sem o uso da cobertura morta.

Utilizou-se um simulador de chuva com um bico aspersor tipo “Veejet 80-100”, localizado no centro da armação, a 2,87 m de altura do solo, o qual possui um manômetro na torre (Santos *et al.*, 2007), aplicando intensidades de 62 mm h⁻¹ (duração 40 min), 90 mm h⁻¹ (duração 30 min), e chuva de intensidade variável de 40 mm h⁻¹ (duração 90 min) seguida de aumento da intensidade para 90 mm h⁻¹ (duração 30 min) para as pressões de 5 e 60 kPa. As coletas foram realizadas a cada 3 minutos, a partir do início do escoamento, com duração de 10 segundos.

Após coleta, o sobrenadante foi pipetado, e armazenado em garrafas de 200 mL para posterior determinação dos nutrientes solúveis: cálcio, magnésio, fósforo e potássio segundo a EMBRAPA (2006). Após secagem do sedimento, as massas de solo das três repetições de cada tratamento formaram uma amostra composta e foram submetidas à análise química de cálcio, magnésio, fósforo, potássio e carbono, conforme a metodologia da EMBRAPA (2006).

As perdas dos nutrientes nos sedimentos (kg ha⁻¹) foram calculadas pelo produto entre as concentrações dos elementos nos sedimentos e pela perda total de sedimentos por unidade de área. Já as perdas dos nutrientes na água da enxurrada foram obtidas multiplicando-se os seus teores na água pelo volume total de água escoado por unidade de área. Em seguida, tirou-se uma média das perdas de água da enxurrada e sedimentos para todo período de estudo. Enquanto as perdas totais de

nutrientes no sedimento e na água de enxurrada foram obtidas somando os teores de nutrientes no sedimento e na água da enxurrada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os tratamentos MMA+CM e MN+F+CM (Tabela 2), não foram quantificadas as perdas de nutrientes, em vista da não ocorrência do escoamento superficial. A presença de resíduos vegetais sobre a superfície do solo alterou as características do escoamento superficial gerado pela chuva, serviu de barreiras para infiltração de água no solo e conseqüentemente para evitar o empobrecimento do solo. Corroborando com resultados encontrados por Silva *et al.* (2012), estudando a quantidade mínima de resíduos vegetais de palha de cana de açúcar mantida sobre a superfície do solo para proporcionar redução das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. Para os autores devem ser mantidos 75 % de cobertura com palha de cana-de-açúcar para perda de solo, 50 % de cobertura para perda de água e 25 % de cobertura para perda de matéria orgânica e nutriente.

Tabela 2- Média das perdas de nutrientes no sedimento, na água da enxurrada e totais (sedimento + água de enxurrada) para as diferentes práticas agrícolas

Variável		Tratamentos			
		MMA	MMA+CM	MN+F+CM	MN+F
C (kg ha ⁻¹)	Sedimento	54,49	0	0	4,6
	Água	-	-	-	-
	Total	54,49	0	0	4,6
Ca (kg ha ⁻¹)	Sedimento	276,61	0	0	5,06
	Água	0,72	0	0	0,15
	Total	277,33	0	0	5,21
Mg (kg ha ⁻¹)	Sedimento	378,64	0	0	8,67
	Água	0,84	0	0	0,16
	Total	379,48	0	0	8,83
K (kg ha ⁻¹)	Sedimento	457,61	0	0	16,22
	Água	1,57	0	0	0,2
	Total	459,18	0	0	16,42
P (kg ha ⁻¹)	Sedimento	1,4	0	0	0,39
	Água	0,11	0	0	0,01
	Total	1,51	0	0	0,4

- análise não determinada em água; C-carbono; Ca-cálcio; Mg-magnésio; K-potássio; P-fosfóro; Mandioca morro abaixo (MMA); mandioca morro abaixo com cobertura morta (MMA+CM); mandioca em nível consorciada com feijão-caupi e cobertura morta (MN+F+CM); e mandioca nível consorciada com feijão-caupi (MN+F)

Verifica-se na Tabela 2, uma redução de 91,5% das perdas de carbono no tratamento MN+F em relação ao tratamento MMA. Esta redução pode ter sido influenciada pela maior percentagem de cobertura vegetal (30%) ter servido de contenção para redução das perdas do carbono pelo escoamento superficial em relação ao tratamento MMA apresentando apenas 16% de cobertura vegetal.

Para Santos *et al.* (2007) estudando diferentes técnicas de conservação de água e solo no semiárido pernambucano, as baixas perdas de carbono orgânico no solo é explicada pela alta percentagem de cobertura vegetal e grande quantidade de material vegetal existente no solo que entram em decomposição, adequando a disponibilidade maior de carbono em relação aos demais tratamentos, corroborando com resultados obtidos por Sarah, (2006) avaliando matéria orgânica e carbono do solo em área degradada no semiárido de Israel.

Pode-se verificar que as quantidades de nutrientes perdidos estão mais relacionadas com os sedimentos do que com água da enxurrada (Tabela 2), o que se tornam preocupantes principalmente nos tratamentos com maiores perdas de solo, uma vez que a retirada destes elementos pelo processo erosivo tende a favorecer a acidificação do solo, empobrecimento e aumentar os riscos de contaminação de mananciais hídricos (Bertol *et al.*, 2011a).

Para as perdas de nutrientes na água da enxurrada, o tratamento MMA aumentou as perdas dos teores de potássio e fósforo em 7,8 e 11 vezes em comparação ao tratamento MN+F. Sendo o potássio o elemento perdido em maiores quantidades (Tabela 2), devido à maior solubilidade deste elemento, e também pela influência do manejo no solo, enquanto o fósforo manifestou resultados muito baixos o qual pode ser explicado pela baixa concentração de fósforo livre no solo, devido à forte absorção aos coloides corroborando com os resultados encontrados por Bertol *et al.* (2007a) e Cardoso *et al.* (2012)

Já as perdas de cálcio e magnésio na água de enxurrada foram baixas, conforme o observado também no solo de origem. Segundo Schick *et al.* (2000), estes elementos são perdidos em maiores quantidades no sedimento da erosão do que na água.

Portanto, o tratamento MMA proporcionou perdas de nutrientes no sedimento em relação ao tratamento de MN+F expresso na seguinte magnitude $K > Mg > Ca > P$ (Tabela 2). O enriquecimento do sedimento ocorreu pelo processo seletivo de deposição, relacionado ao aumento de partículas mais finas, como argila e silte e à concentração destas partículas. Vale ressaltar que estas maiores perdas de potássio pode comprometer o desenvolvimento da cultura da mandioca por ser considerado o elemento explorado em maiores quantidades pela cultura.

Segundo Putthacharoen *et al.* (1998), ao comparar os nutrientes removidos na colheita e na erosão em cultivo de mandioca, observaram maiores perdas na colheita. Os autores alertaram que

no material erodido foram considerados apenas os nutrientes disponíveis ou trocáveis; caso fosse considerado o total de nutrientes do solo, arrastado no processo, as perdas por erosão ultrapassariam as ocorridas na colheita.

O tratamento MMA foi responsável por maiores perdas totais de nutrientes água + sedimentos da enxurrada (Tabela 2) Ca, Mg, K e P de 53,2; 42,9; 27,9 e 3,77 respectivamente vezes maiores em relação ao tratamento MN+F. Estas maiores perdas foram fortemente influenciadas pelo sistema de manejo (morro abaixo), juntamente com as maiores intensidades de chuva favorecendo maiores desagregação e transporte das partículas do solo, conseqüentemente ocasionando maior carreamento de nutrientes, conforme constatado por Bertol *et al.* (2007b) e Bertol *et al.* (2011b). Enquanto a o tratamento MN+F exerceu controle sobre as perdas destes elementos no solo com reduções de 98,12% do Ca, 97,67% do Mg, 96,42% do K e 74,52% do P, respectivamente. Cardoso *et al.* (2012), comprovou menores perdas de P, K, Ca e Mg nos solos protegidos pelo feijão-de-porco, no espaçamento entre linhas de 0,25 m.

A adoção das práticas agrícolas MMA+CM, MN+F+CM e MN+F (Tabela 2) proporcionaram ausência de perdas de nutrientes nos dois primeiros tratamentos, e menores perdas de nutrientes no tratamento MN+F em relação ao tratamento MMA. Portanto, o uso de práticas conservacionistas é recomendado a fim de evitar o empobrecimento do solo e reduzir os riscos de contaminação de mananciais hídricos. Pesquisadores como: Schick *et al.* (2000), Bertol *et al.* (2007a), Santos *et al.* (2007), Bertol *et al.* (2011b) e Cardoso *et al.* (2012) também comprovaram redução das perdas destes elementos em seus estudos ao adotarem uso de práticas conservacionistas.

4. CONCLUSÕES

As maiores perdas de K podem comprometer o desenvolvimento da cultura da mandioca, por ser considerado o elemento requerido em maiores quantidade pela cultura.

As maiores perdas de nutrientes nos sedimentos tende a favorecer a acidificação do solo, empobrecimento e riscos de contaminação de mananciais hídricos.

Os Tratamentos MMA+CM, MN+F+CM e MN+F reduziu as perdas de CO e nutrientes no sedimento e na água da enxurrada, indicando que os resíduos deixados sobre o solo serviu de proteção efetiva no controle da erosão e conseqüentemente no enriquecimento do solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e FACEPE pela concessão da bolsa e suporte a pesquisa, a UFRB pela parceria e UFRPE pelo apoio institucional, e ao CNPq e Finep pelo apoio financeiro.

BIBLIOGRAFIA

- ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; ALVES, J. M. A.; SILVA, A. A.; UCHÔA, S. C. P. Cultivo de mandioca e feijão em sistemas consorciados realizado em Coimbra, Minas Gerais, Brasil. *Revista Ciência Agronômica*, v.43, n.3, p.532-538, 2012.
- BERTOL, I.; COGO, N. P.; SCHICK, J.; GUDAGNIN, J. C.; AMARAL, A. J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.133-142, 2007b.
- BERTOL, I.; ENGEL, F.L.; MAFRA, A.L.; BERTOL, O.J. & RITTER, S.R. Phosphorus, potassium and organic carbon concentrations in runoff water and sediments under different soil tillage systems during soybean growth. *Soil & Tillage Research*, v.94, p.142-150, 2007a.
- BERTOL, I.; GOBBI, E.; BARBOSA, F. T.; PAZ-FERREIRO, J.; GEBLER, L.; RAMOS, J. C.; WERNER, R. S. Erosão hídrica em campo nativo sob diversos manejos: perdas de água e solo e de fósforo, potássio e amônio na água de enxurrada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p. 1421-1430, 2011a.
- BERTOL, O. J.; RIZZI, N. E.; FEY, E.; LANA, M. C. Perda de nutrientes via escoamento superficial no sistema plantio direto sob adubação mineral e orgânica. *Revista Ciência Rural*, v.41, n.11, p.1914-1920, 2011b.
- CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CARVALHO, G. J.; FREITAS, D. A. F.; AVANZI, J.C. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.16, n.6, p.632–638, 2012.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 212 p.
- GUADAGNIN, J.C.; BERTOL, I.; CASSOL, P.C. & AMARAL, A.J. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29:277-286, 2005.
- JORDÁN, A.; ZAVALA, L.M.; GIL, J. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. *Catena*, v.81, p.77–85, 2010.

- MONTENEGRO, A. A. A.; ABRANTES, J. R. C. B.; LIMA, J. L. M. P.; SINGH, V.P.; SANTOS, T. E. M. Impact of mulching on soil and water dynamics under intermittent simulated rainfall. *Catena*, v.109 p.139–149, 2013
- PUTTHACHAROEN, S.; HOWELER, R.H.; JANTAWAT, S.; VICHUKIT, V. Nutrient uptake and soil erosion losses in cassava and six other crops in a psamment in eastern Thailand. *Field Crops Research*, v.57, p. 113–126, 1998.
- REZENDE, J.O. *Solos coesos de tabuleiros costeiros: limitações agrícolas e manejo*. Salvador: SEAGRI-SPA, 2000.117p.(séries estudos agrícolas).
- SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, Ê. F. F.; LIMA NETO, J. A. Perdas de carbono orgânico, potássio e solo em Neossolo Flúvico sob diferentes sistemas de manejo no semiárido. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* v.2, n.2, p.143-149, 2007.
- SARAH, P. Soil organic matter and land degradation in semi-arid area, Israel. *Catena* v. 67 p. 50 – 55, 2006.
- SCHICK, J.; BERTOL, I.; BALBINOT JR., A. A.; BATISTELA, O. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: II. perdas de nutrientes e carbono orgânico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, p.437-447, 2000.
- SILVA, G. R. V.; SOUZA, Z. M.; FILHO, M.V. M.; BARBOSA, R. S.; SOUZA, G. S. Soil, Water and Nutrient Losses by Interrill Erosion from Green Cane Cultivation. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, p.963-970, 2012.