

## Variação interanual das taxas de erosão de solos na cultura de cana de açúcar<sup>(1)</sup>.

**Cristián Youlton**<sup>(2)</sup>; **Edson Wendland**<sup>(3)</sup>.

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos FAPESP, processo 2010/00251-5

<sup>(2)</sup> Estudante de Doutorado, Bolsista CNPQ; Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo; São Carlos, São Paulo; [cristian.youlton@usp.br](mailto:cristian.youlton@usp.br); <sup>(3)</sup> Professor; Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo; [ew@sc.usp.br](mailto:ew@sc.usp.br).

**RESUMO:** A cana de açúcar tornou-se a cultura com maior expansão nos últimos anos no estado de São Paulo. Um dos problemas ambientais gerados pela cultura é a erosão de solos, que tem sido avaliada com simulações pontuais de chuvas ou modelagem anual. Para avaliar experimentalmente a erosão gerada nos dois primeiros anos da cultura (cana-planta e cana-soca) foram construídas parcelas de escoamento (20x5 m<sup>2</sup>) sob um plantio novo de cana de açúcar em uma fazenda em Itirapina-SP, sob uma vertente com 9% de declividade, exposição nordeste, solo do tipo Neossolo Quartzarênico. Nos resultados podem se identificar três fases comuns entre cana-planta e cana-soca: i) solo descoberto após gradagem, produzindo alta erosão de sedimentos grossos até dezembro, ii) redução de sedimentos grossos e ocorrência de sedimentos finos até março, quando a cobertura da cana está desenvolvida, e iii) diminuição da erosão independente do regime das chuvas a partir de março. A erosão de cana-soca é menor que cana-planta, resultados influenciados pelo regime desigual dos anos hidrológicos estudados, pela presença de palha no solo durante o segundo ano, e pela maior rapidez no crescimento da cana-soca. Os resultados obtidos estão abaixo da perda tolerável para o solo estudado.

**Termos de indexação:** sedimentos, cana-planta, cana-soca.

### INTRODUÇÃO

No ano de 2008, o Brasil produziu mais de 645 milhões de toneladas de cana de açúcar, equivalente a 40% da produção mundial, ocupando o primeiro lugar nesse ranking, seguido da Índia e da China (FAO, 2011). Em âmbito nacional, o centro sucroalcooleiro é o Estado de São Paulo, que na safra 2008/09 produziu mais de 61% da produção nacional, e 22% da produção mundial para o período (UNICA, 2011). Entre os anos 2007 e 2010, a superfície do Estado de São Paulo cultivada com cana de açúcar para uso industrial passou de 4.800.070 a 5.712.120 hectares (IEA, 2011). Com esses dados, é possível afirmar que a paisagem agrícola dominante no Estado é a cana de açúcar.

A cultura de cana de açúcar pode produzir efeitos ambientais negativos como a erosão pela exposição de solos descobertos e lavrados profundamente, no estabelecimento e renovação da cultura a cada 5 ou 6 anos, e entre a coleta anual até o novo crescimento (Martinelli & Filoso, 2008). O solo é compactado pela passagem das máquinas usadas na colheita e renovação da cultura, diminuindo a infiltração das chuvas, e aumentando o escoamento superficial e a erosão (Garbiate et al., 2011; Azadi et al., 2012). As partículas de solo erodidas provocam turbidez e assoreamento dos corpos de água, e transporte de poluentes agroquímicos (Lal, 2001).

No estado de São Paulo foram realizadas poucas medições e estimativas de erosão na cultura de cana de açúcar, conforme apresentado na **Tabela 1**. Estas estimativas têm sido feitas com simulações de chuvas após a colheita para avaliar o efeito da palha e declividade durante o período em que o solo fica sem a cobertura da cultura, ou com modelos que não diferenciam cana de açúcar plantada em seu primeiro ano (cana-planta) daquela que rebrota no local após sua colheita (cana-soca). Os valores estimados não têm sido conferidos e calibrados com resultados de erosão medidos em campo. Como resultado, não há consenso sobre a dimensão do problema erosivo.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar experimentalmente a produção e perda de sedimentos nos dois primeiros anos da cultura de cana de açúcar em um Neossolo Quartzarênico, representativo para a região Oeste do estado de São Paulo.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Área de estudo

O experimento foi desenvolvido em uma fazenda em Itirapina-SP, (Coordenadas WGS 1984: 23k 205802m E 7543956m S, 790 m de altitude). O clima local é considerado como tropical de altitude (Cwa segundo a classificação de Köppen), clima quente com inverno seco. O período chuvoso é de outubro até março. O solo é do tipo Neossolo Quartzarênico, representativo para a região Oeste do estado de São Paulo (áreas de ocorrência dos sedimentos do Grupo Bauru), de textura arenosa



(85% areia, 12% argila e 3% silte). O experimento foi montado em uma vertente com exposição Nordeste e 9% de declividade.

### Registro das precipitações

As chuvas no local foram registradas com uma estação meteorológica automática marca Campbell.

### Monitoramento dos sedimentos

Foram construídas três parcelas de escoamento (20x5 m<sup>2</sup>), segundo as indicações de Veiga & Prado (1993), sob um plantio novo de cana de açúcar para produção de etanol. As parcelas delimitam a área e conduzem o escoamento superficial até um coletor (tipo funil) e um sistema de caixas d'água, onde é armazenado o escoamento de cada chuva.

Depois de cada chuva, os sedimentos sólidos retidos no coletor (principalmente partículas grossas) foram recolhidos com espátula e guardados em sacolas plásticas para posterior secagem e pesagem em laboratório. Nas caixas d'água que continham o escoamento e sedimentos (principalmente partículas finas em suspensão), foi registrado o volume escoado, usando uma curva de calibração altura-volume previamente estabelecida em laboratório. Em seguida, o volume armazenado foi agitado vigorosamente para suspender os sedimentos do fundo e foi coletado 1 litro de amostra em garrafa plástica. Essa amostra era analisada em laboratório para determinar o peso seco dos sedimentos em suspensão. Após a análise de laboratório, os resultados de sedimentos eram totalizados, de acordo com o volume total escoado e a área total das parcelas.

O primeiro ano das medições (cana-planta) começou com o plantio de cana em sulcos em curva de nível (27 de outubro de 2011) até a primeira colheita (1 de novembro de 2012), e o segundo ano (cana-soca) desde a colheita até o dia 30 de abril de 2013, após o fim do período chuvoso. Após a colheita, o solo foi gradeado entre-fileiras com disposição de linhas de palha a cada três entre-fileiras de cana-soca, segundo manipulação padrão dos plantios comerciais para produção de etanol.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o primeiro ano, aconteceram 122 precipitações que totalizaram 1.265 mm, e somente 48 eventos produziram escoamento e erosão. No segundo período aconteceram 87 eventos (600 mm), sendo 27 deles erosivos. O evento mínimo que gerou erosão foi de 6 mm em 3,7 horas (26 de janeiro de 2012).

Os resultados da erosão são apresentados na **Figura 1**, diferenciando as partículas grossas (areias

que são retidas no coletor das parcelas) e as finas (argilas e silte, sedimentadas nas caixas d'água com escoamento).

Numa primeira fase após o plantio, as precipitações só produziram erosão de partículas grossas até o mês de janeiro de 2012, com uma única exceção no mês de dezembro de 2011 com um evento de 100 mm. Nesse período, o solo encontra-se descoberto e desagregado após o gradeamento e plantio, situação favorável para a erosão, até o desenvolvimento da cultura. Este período apresenta os maiores valores de erosão por evento chuvoso.

Na segunda fase, correspondente ao desenvolvimento da cobertura da cana de açúcar a partir de janeiro de 2012, a produção de sedimentos grossos é reduzida e aparece a erosão de sedimentos finos, até em maior proporção que a presente na textura do solo. Isto deve-se ao aumento do escoamento pelo selamento superficial do solo observado em campo e descrito na literatura (Bezerra & Cantalice, 2006; Brandão et al., 2007; Tomasini et al., 2010; Garbiate et al., 2011), e pelo assoreamento e ruptura dos sulcos em curva de nível onde foi plantada a cana. Esta situação demonstra que antes do desenvolvimento da cultura, os sedimentos grossos colhidos são gerados próximo dos coletores por saltação (Toy et al., 2002; Morgan, 2009). Os sedimentos finos são transportados ao longo das parcelas pelo escoamento, especialmente em eventos de alta pluviometria, de alta intensidade ou de alta frequência de chuvas.

Uma terceira fase é identificada a partir de março de 2012, quando, junto com a redução na frequência das precipitações, acontece uma redução da erosão uma vez que a cobertura da cana-planta está desenvolvida, protegendo o solo do impacto da chuva e gerado barreiras de folhas na superfície do solo, que freiam o escoamento. Nesta fase, o nível de erosão é em média 0,01 Mg.ha<sup>-1</sup> por evento, valor que se mantém até a colheita.

Após a primeira colheita da cana-planta, a cultura denomina-se cana-soca e o reboto nasce das raízes. O crescimento da nova estrutura aérea é mais rápido que para a cana-planta. Outra diferença da cana-soca é que a palha que resta da colheita é disposta sobre o solo a cada três entre-fileiras, reduzindo a superfície de solo exposto e freando o escoamento. Assim, os resultados de erosão obtidos na cana-soca foram menores que para a cana-planta. Além disso, o início do período chuvoso do ano hidrológico 2012/2013 atrasou, com menor número e frequência de precipitações.

Ainda que os valores de erosão obtidos em cana-planta e cana-soca não sejam diretamente comparáveis devido aos distintos regimes das



chuvas, pode-se verificar o mesmo padrão de erosão. Em ambas situações foram observados uma primeira fase de erosão com partículas grossas, uma segunda fase, com sedimentos grossos e finos, e uma terceira fase, com diminuição e estabilização da erosão após o desenvolvimento da cobertura da cana-soca.

Ao final dos períodos de monitoramento, a área com cana-planta produziu 2,55 Mg.ha<sup>-1</sup>, enquanto com cana-soca registrou 0,42 Mg.ha<sup>-1</sup>. Para avaliar esta perda de solo, os valores obtidos podem ser comparados com a perda tolerável de solo, que é um valor de referência dado pelo equilíbrio entre a taxa de formação e perda do solo. Para Neossolos Quartzarênicos do Estado de São Paulo, Mannigel et al. (2008) calcularam o limite tolerável em 14,7 Mg.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Portanto, os valores de erosão registrados em cana-planta e cana-soca não supõem um dano ambiental pela perda de solos.

## CONCLUSÕES

Os anos hidrológicos monitorados apresentaram regimes de precipitação distintos, portanto, os resultados obtidos não são diretamente comparáveis entre si. Apesar disso, pode-se identificar três fases comuns entre cana-planta e cana-soca: i) solo descoberto após gradagem, produzindo alta erosão de sedimentos grossos até dezembro, ii) redução de sedimentos grossos e transporte de sedimentos finos até março, quando a cobertura da cana está desenvolvida, e iii) diminuição da erosão, independente do regime das chuvas a partir de março.

Além das grandes diferenças no regime pluviométrico, as diferenças entre os valores de erosão em cana-planta e cana-soca podem ser influenciados pela presença de linhas de palha a cada três entre-fileiras após a primeira colheita. A maior rapidez com que a cana-soca se desenvolve também protege o solo do impacto da chuva.

Finalmente, a perda de solo não supõe um problema ambiental, uma vez que os resultados obtidos são menores que a perda tolerável calculada para o solo estudado.

## AGRADECIMENTOS

À FAPESP (Processo 2010/00251-5) pelo financiamento da pesquisa e ao Instituto Arruda Botelho, por disponibilizar o local e as instalações na Fazenda São José em Itirapina-SP.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, N.S.F.D.; MARTINS FILHO, M.V.; TORRES, J.L.R.; PEREIRA, G.T. & MARQUES JÚNIOR, J. Impacto

técnico e econômico das perdas de solo e nutrientes por erosão no cultivo da cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola*, 31:539-550, 2011.

AZADI, H.; DE JONG, S.; DERUDDER, B.; DE MAEYER, P. & WITLOX, F. Bitter sweet: How sustainable is bio-ethanol production in Brazil? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16:3599-3603, 2012.

BEZERRA, S.A. & CANTALICE, J.R.B. Erosão entre sulcos em diferentes condições de cobertura do solo, sob cultivo da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30:565-573, 2006.

BRANDÃO, V.D.S.; SILVA, D.D.D.; RUIZ, H.A.; PRUSKI, F.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; MARTINEZ, M.A. & SILVA, E.O. Perdas de solo e caracterização física e micromorfológica de crostas formadas em solos sob chuva simulada. *Engenharia Agrícola*, 27:129-138, 2007.

GARBIATE, M.V.; VITORINO, A.C.T.; TOMASINI, B.A.; BERGAMIN, A.C. & PANACHUKI, E. Erosão em entre sulcos em área cultivada com cana crua e queimada sob colheita manual e mecanizada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:2145-2155, 2011.

LAL, R. Soil degradation by erosion. *Land Degradation & Development*, 12:519-539, 2001.

MANNIGEL, A.R.; E CARVALHO, M.D.P.; MORETI, D. & MEDEIROS, L.D.R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. 2008 v.24.

MARTINELLI, L. & FILOSO, S. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: environmental and social challenges. *Ecological Applications*, 18:885-898, 2008.

MARTINS FILHO, M.V.; LICCIOTI, T.T.; PEREIRA, G.T.; MARQUES JÚNIOR, J. & SANCHEZ, R.B. Perdas de solo e nutrientes por erosão num Argissolo com resíduos vegetais de cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola*, 29:8-18, 2009.

MORGAN, R.P.C. *Soil Erosion and Conservation*. Wiley, 2009.

SILVA, G.R.V.D.; SOUZA, Z.M.D.; MARTINS FILHO, M.V.; BARBOSA, R.S. & SOUZA, G.S.D. Soil, water and nutrient losses by interrill erosion from green cane cultivation. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36:963-970, 2012.

SOUSA, G.B.; MARTINS FILHO, M.V. & MATIAS, S.S.R. Perdas de solo, matéria orgânica e nutrientes por erosão hídrica em uma vertente coberta com diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar em Guariba - SP. *Engenharia Agrícola*, 32:490-500, 2012.

SPAROVEK, G. & SCHNUG, E. Temporal Erosion-Induced Soil Degradation and Yield Loss. *Soil Sci Soc Am J*, 65:1479-1486, 2001.

TOMASINI, B.A.; VITORINO, A.C.T.; GARBIATE, M.V.; SOUZA, C.M.A.D. & A. SOBRINHO, T. Infiltração de água

no solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar sob diferentes sistemas de colheita e modelos de ajustes de equações de infiltração. Engenharia Agrícola, 30:1060-1070, 2010.

TOY, T.J.; FOSTER, G.R. & RENARD, K.G. Soil erosion : processes, prediction, measurement, and control. New York, John Wiley & Sons, 2002. 338p.

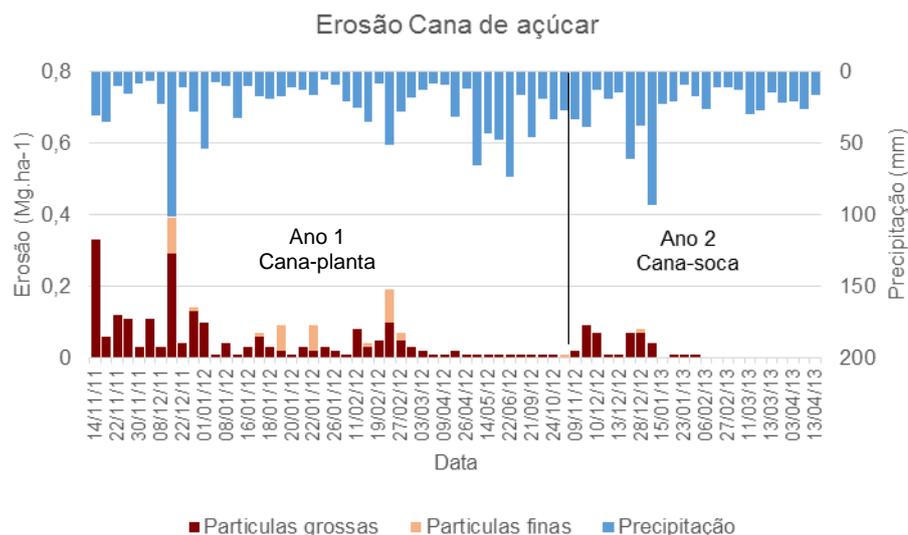
VEIGA, M.D. & PRADO, W.L.D. Manual para la instalación y conducción de experimentos de pérdidas de suelos. Santiago de Chile, FAO, 1993. (34).

WEILL, M.D.A.M. & SPAROVEK, G. Estudo da erosão na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP): I - Estimativa das taxas de perda de solo e estudo de sensibilidade dos fatores do modelo EUPS. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:801-814, 2008.

**Tabela 1** – Estudos de erosão em cana de açúcar desenvolvidos no Estado de São Paulo.

Município	Tratamento	Erosão (Mg.ha <sup>-1</sup> )	Metodologia	Autor
Catanduva	3 coberturas	0,77 - 5,81	Simulador de chuva	Martins Filho et al. (2009)
Guariba	5 coberturas e 3 declividades	0,001 - 0,096	Simulador de chuva	Sousa et al. (2012)
Pradópolis	5 coberturas	0,001 - 0,095	Simulador de chuva	Silva et al. (2012)
Piracicaba		31*	Modelo WEPP	Sparovek & Schnug (2001)
Piracicaba		58*	Modelo USLE	Weill & Sparovek (2008)
Catanduva		9,64*	Modelo USLE	Andrade et al. (2011)

\* Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>



**Figura 1** – Precipitações e erosão média por evento na cultura de cana de açúcar para seu primeiro e segundo ano (cana-planta e cana-soca, respectivamente) em Neossolo Quartzarênico com declividade de 9%.