



## Erosão do solo no contexto de “agricultura conservacionista” no RS

**Tales Tiecher<sup>(1)</sup>; Jean Paolo Gomes Minella<sup>(2)</sup>; Laurent Caner<sup>(3)</sup>; Danilo Rheinheimer dos Santos<sup>(2)</sup>; Elizeu Didoné<sup>(4)</sup>; Mohsin Zafar<sup>(5)</sup>; André Pellegrini<sup>(6)</sup>; Jimmy Walter Rasche Alvarez<sup>(7)</sup>; Viviane Capoane<sup>(8)</sup>**

<sup>(1)</sup>Professor do Departamento de Solos da UFRGS; Av. Bento Gonçalves 7712, Porto Alegre, RS, CEP 91540-000; [tales.t@hotmail.com](mailto:tales.t@hotmail.com); <sup>(2)</sup>Professor do Departamento de Solos da UFSM; <sup>(3)</sup>Professor da Université de Poitiers, França; <sup>(4)</sup>Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFSM; <sup>(5)</sup>Professor da University of Poonch Rawalakot, Paquistão; <sup>(6)</sup>Professor da UTFPR; <sup>(7)</sup>Professor da Universidad Nacional de Asunción, Paraguai; <sup>(8)</sup>Pós-Doutoranda do INPE-UFSM.

**RESUMO:** A degradação dos recursos naturais causados pela produção de alimentos tem se intensificado nas recentes décadas. Esse trabalho foi realizado com o objetivo de gerar resultados convincentes para promover a conscientização dos agricultores e da sociedade quanto aos impactos das atividades agrícolas nos recursos hídricos, quando as práticas de conservação do solo são parcialmente ou incorretamente utilizadas. Utilizou-se a abordagem *fingerprinting* para identificar a origem dos sedimentos em cinco bacias hidrográficas do RS em condições distintas de uso da terra, tipo do solo e relevo. A produção específica de sedimentos das áreas de lavoura variou de 6 a 395 ton km<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>. Essa variação é devida em parte às condições naturais intrínsecas do relevo e fortemente influenciada pelo uso e manejo do solo. A quantidade de sedimento erodido das lavouras é muito elevada para áreas de baixa susceptibilidade à erosão manejadas sob plantio direto, como na bacia hidrográfica do Conceição (130 ton km<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>), indicando que esforços são necessários para reduzir a erosão do solo.

**Palavras-chave:** origem dos sedimentos, bacia hidrográfica, produção de sedimento, *fingerprinting*.

### INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul (RS), as perdas de solo em áreas cultivadas sob sistema plantio direto (SPD) tem sido muitas vezes ignoradas pelos agricultores, líderes rurais, técnicos e até pesquisadores. Esta percepção é ainda fortemente enraizada entre os agricultores que participaram da transição do sistema de cultivo convencional (SCC) com aração e gradagem, para o SPD. No SCC as perdas de solo eram imensas e com efeitos desastrosos ao agricultor e, obviamente, ao ambiente (Tiecher e Minella, 2015). Seguindo esse comparativo, obviamente que as perdas de solo agora no SPD são aparentemente consideradas insignificantes por todos aqueles envolvidos na produção agropecuária, até porque poucos tinham preocupações reais com o ambiente.

Esse trabalho foi realizado com o objetivo de gerar informações que possam promover a conscientização dos envolvidos na produção agropecuária e dos consumidores sobre a continuidade da contaminação ambiental pelos sistemas produtivos, mesmo sendo manejados em sistemas “ditos” conservacionistas.

### MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em bacias hidrográficas do RS. A escolha das áreas foi pautada na necessidade de caracterizar a magnitude de processos erosivos e hidrológicos em condições distintas de uso da terra, tipos de solo e relevo (Tiecher, 2015). Cinco bacias hidrográficas (0,802; 1,190; 1,426, 804,3 e 2.031,9 km<sup>2</sup>) (Figura 1) foram escolhidas de forma a gerar informações que reflitam condições e processos regionais mais amplos, ao invés de condições e processos específicos. As bacias hidrográficas selecionadas são representativas do impacto da agricultura sobre os recursos hídricos no RS. Em comum, as cinco bacias hidrográficas apresentam elevada produção de sedimentos e desequilíbrio ambiental.

Nas bacias de Júlio de Castilhos (JC80 e JC140) os solos são arenosos com relevo suave e o sistema de produção é baseado na integração lavoura-pecuária sob plantio direto com baixo input de insumos sem uso de rotação de culturas ou terraços. A bacia do Conceição apresenta atividade agrícola intensiva, com a produção de grãos (principalmente soja, milho e cereais de inverno), sob sistema plantio direto com altíssima adição de insumos industrializados, como fertilizantes, agrotóxicos e variedades transgênicas. Os solos são profundos e argilosos ricos em óxidos de ferro com relevo suave.

A bacia do Guaporé tem características fisiográficas de relevo acentuado e solos rasos no terço médio e inferior que determinam fragilidade ambiental quando o solo é utilizado de forma intensiva sem levar em conta práticas conservacionistas. A bacia de Arvorezinha é uma sub-bacia hidrográfica de cabeceira do terço inferior do Guaporé, onde a cultura principal é o tabaco cultivado por agricultores familiares em áreas declivosas em solos rasos frequentemente arados sob SCC.

As fontes de sedimentos avaliadas foram as áreas de lavoura, de pastagens, das estradas não pavimentadas e das margens dos rios e riachos (**Tabela 1**). As amostras de sedimentos foram coletadas durante eventos pluviométricos. Todas as amostras de solo e de sedimentos foram secas em estufa a 50°C e cuidadosamente desagregados usando gral de ágata. Todas as amostras de solo e de sedimentos das cinco bacias hidrográficas foram analisadas para um gama de traçadores geoquímicos. O carbono orgânico total foi



estimado pela oxidação úmida com  $K_2Cr_2O_7$  e  $H_2SO_4$ . A concentração total de elementos químicos (Ag, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Sr, Ti, Tl, V e Zn) foi quantificada por espectrometria de emissão óptica (ICP-OES) após digestão assistida por micro-ondas por 9,5 min a  $182^\circ C$  com HCl e  $HNO_3$  concentrado na proporção de 3:1 (água régia).

**Tabela 1.** Número de amostras por fonte de sedimento em cada bacia hidrográfica.

Bacia	Lavoura	Canal	Estrada	Pastagem	Total
Número de amostras por fonte de sedimento					
Arvorezinha	20	10	10	-	40
JC80	8	6	8	8	30
JC140	8	7	8	7	30
Conceição	79	36	41	27	183
Guaporé	159	46	58	46	309
Total	274	105	125	88	592
Contribuição das fontes de sedimentos (%)					
Arvorezinha	57	20	23	-	100
JC80	16	49	15	20	100
JC140	11	23	41	25	100
Conceição	51	49	0	-	100
Guaporé	90	8	2	-	100

A seleção dos traçadores seguiu a proposta de Collins et al. (1997) baseada na (i) seleção dos traçadores com base no teste de Kruskal-Wallis e (ii) seleção do melhor conjunto de traçadores utilizando análise discriminante. Após essa etapa foi utilizado um modelo linear misto para calcular a contribuição das fontes de sedimentos. A equação abaixo descreve a relação matemática entre as proporções das fontes e as variáveis das fontes e dos sedimentos em suspensão (Walling e Woodward, 1995).

$$y_i = \sum_{s=1}^n a_{is} P_s \quad (s = 1, 2, \dots, n) \text{ e } (i = 1, 2, \dots, m)$$

em que  $y_i$  é o valor da variável  $i$  obtida no sedimento em suspensão,  $a_{is}$  são os coeficientes do modelo linear (concentração do elemento químico  $i$  na fonte  $s$ ) e  $P_s$  é a proporção da massa da fonte  $s$ , que podem ser apresentados como um conjunto de funções lineares de  $m$  variáveis e  $n$  fontes.

A produção de sedimento (PS) das áreas de lavoura foi calculada com base na proporção da contribuição de sedimento das lavouras e na produção de sedimentos total estimada por Pellegrini, (2013), Didoné et al. (2014) e Minella et al. (2014). É importante lembrar que a PS é a quantidade de sedimento erodido por unidade de tempo e de área que atinge a rede de drenagem. Esse valor é menor que a erosão bruta, estimada pela quantidade de material erodido (perdido da parcela), mas que não necessariamente irá atingir os cursos d'água, devido a deposição de parte do material durante o processo de erosão e transporte (Taxa de Transferência de Sedimentos, ou "Sediment Delivery Ratio" - SDR).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade de sedimentos produzidos nas áreas de lavoura por unidade de área que realmente atinge a rede

de drenagem fluvial foi diferente entre as bacias estudadas (Tabela 1 e Figura 1), devido em parte às condições naturais intrínsecas de relevo, uso da terra e manejo do solo. Nas bacias de Júlio de Castilhos, a quantidade de sedimentos originada nas áreas de lavoura foi baixa ( $6-12 \text{ ton km}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ ), devido ao relevo mais suave e, principalmente, devido à presença de áreas úmidas e açudes, que promovem a interceptação dos sedimentos reduzindo a conectividade das áreas de lavoura com a rede de drenagem. Por outro lado, as encostas íngremes e solos rasos frequentemente arados, nas áreas de lavoura da bacia hidrográfica de Arvorezinha resultou na produção de sedimentos ( $224 \text{ ton km}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ ) aproximadamente 20-35 vezes maior do que nas bacias hidrográficas de Júlio de Castilhos, o que é particularmente preocupante, uma vez que o sistema de produção dessas áreas envolve altas doses de fertilizantes fosfatados e agrotóxicos, poluindo severamente os mananciais aquáticos locais e se propagando até o Estuário do Guaíba, cuja água é captada para consumo humano de grande parte da população gaúcha.

As bacias hidrográficas do Guaporé e do Conceição apresentam produção de sedimentos semelhante. Porém, a produção de sedimentos oriundos das áreas de foi cerca de três vezes menor na bacia do Conceição ( $130 \text{ ton km}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ ) do que na bacia do Guaporé ( $395 \text{ ton km}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ ). A bacia Guaporé tem características naturais que favorecem a erosão e a transferência de sedimentos para os corpos d'água, especialmente no terço médio e inferior, onde o relevo é forte ondulado e os solos são rasos. Mesmo assim, na maioria das propriedades as culturas e o manejo do solo não levam em conta a fragilidade dos solos, resultando em alta erosão das áreas de lavoura.

A menor produção de sedimento nas áreas de lavoura da bacia do Conceição em comparação com a do Guaporé, estão de acordo com o seu principal manejo do solo (> 80% das áreas de lavoura são cultivadas sob plantio direto) e com as características naturais de solo e paisagem que indicam baixa suscetibilidade à erosão. No entanto, a quantidade de sedimentos gerados nas áreas de lavoura que atinge a rede fluvial ainda é muito elevada para uma área considerada de baixa susceptibilidade à erosão sem revolvimento do solo, indicando que esforços são necessários para reduzir a erosão do solo. As principais causas disso são o abandono das práticas mecânicas para o controle de escoamento (e.g. utilização de terraços), a monocultura negligenciando o sistema de rotação de culturas, o baixo aporte de biomassa resultando em redução da cobertura do solo, e o tráfego excessivo e descontrolado de máquinas agrícolas pesadas muitas vezes sob condições de umidade desfavoráveis.

## CONCLUSÕES

As áreas de lavoura, mesmo cultivadas sob plantio direto, ainda são a principal fonte de sedimentos em bacias hidrográficas agrícolas do sul do Brasil. As atuais práticas de conservação do solo utilizadas pelos agricultores são insuficientes para reduzir a produção de



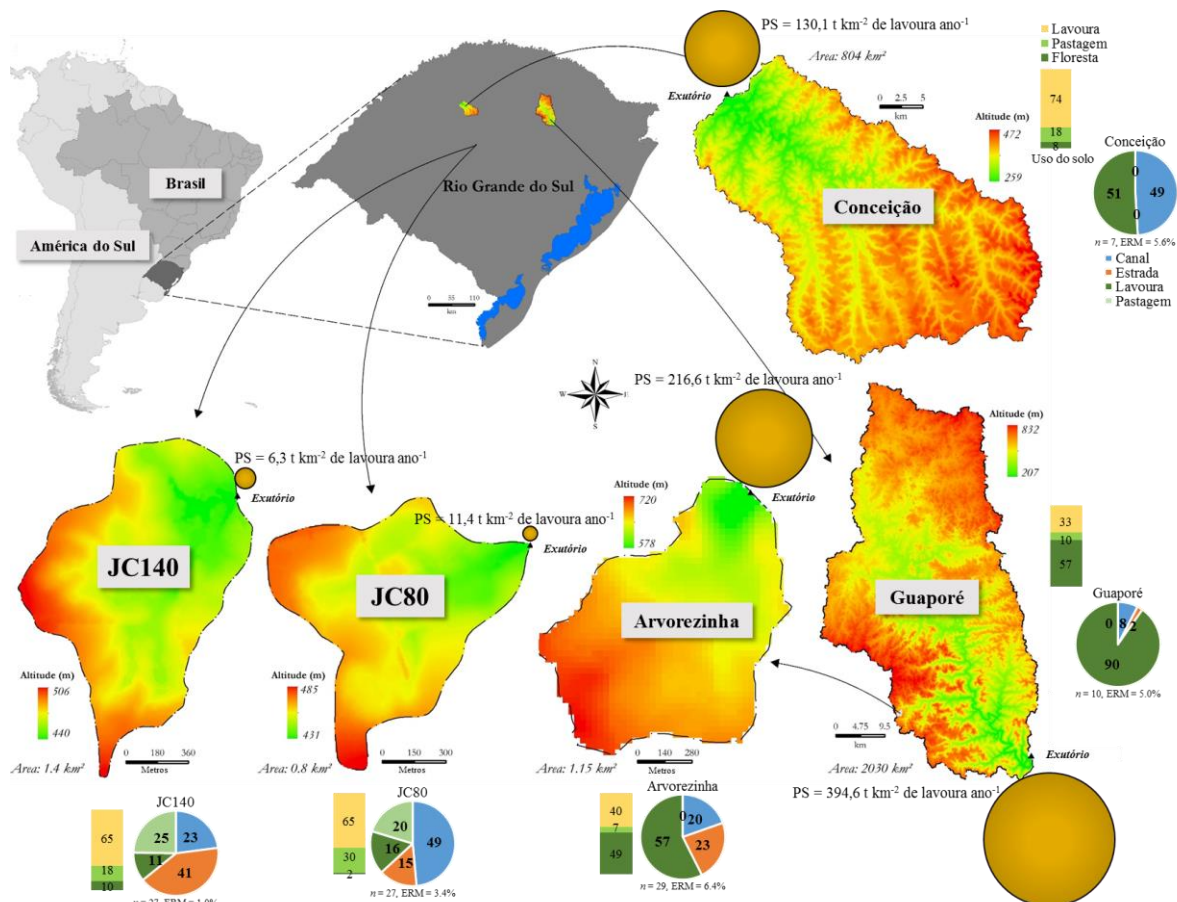
sedimentos nas áreas de lavoura para taxas aceitáveis. Diante deste cenário de degradação dos solos e das águas, pesquisadores, gestores e os responsáveis por políticas públicas devem unir esforços a fim de criar diretrizes visando a manutenção destes importantes recursos naturais.

**AGRADECIMENTOS:** Este estudo foi financiado pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), projeto nº 10/0034-0, e pelo programa CAPES-COFECUB, projeto nº 761/12.

### REFERÊNCIAS

- Collins AL, Walling DE, Leeks GJL. Source type ascription for fluvial suspended sediment based on a quantitative composite fingerprinting technique. *Catena*. 1997;29:1–27.
- Didoné EJ, Minella JPG, Reichert JM, Merten GH, Dalbianco L, de Barros CAP, Ramon R. Impact of no-tillage agricultural systems on sediment yield in two large catchments in Southern Brazil. *J Soils Sediments*. 2014;14:1287–1297.
- Minella JPG, Walling DE, Merten GH. Establishing a sediment budget for a small agricultural catchment in southern Brazil, to support the development of effective sediment management strategies. *J Hydrol*. Elsevier B.V.;

- 2014;519:2189–2201.
- Pellegrini A. Índices de desempenho ambiental e comportamento hidrossedimentológico em duas bacias hidrográficas rurais (Indexes of environmental performance and hydrosedimentological behavior in two rural watersheds). 2013. 108 f. Thesis (PhD in Soil Science) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria; 2013.
- Tiecher T. Fingerprinting sediment sources in agricultural catchments in Southern Brazil. 2015. 307 f. Tese (PhD in Soil Science) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.; 2015.
- Tiecher T, Minella JPG. Erosão do solo: um problema mundial agravando-se num contexto de “agricultura conservacionista” no Sul do Brasil. In: Tiecher T, organizador. Manejo e Conserv do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Bras Context as atividades agropecuárias e os Probl erosivos. Frederico Westphalen, RS: Editora URI – Frederico Westph; 2015. p. 122–154.
- Walling DE, Woodward JC. Tracing sources of suspended sediment in river basins: a case study of the River Culm, Devon, UK. *Mar Freshw Res*. 1995;46:327–336.



**Figura 1.** Contribuição fontes de sedimentos em cinco bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul. Os gráficos de barras indicam a porcentagem do uso do solo em cada bacia, enquanto que os gráficos de pizza indicam as contribuições médias das fontes de sedimentos para cada bacia. Círculos amarelos indicam a produção de sedimento (PS) das áreas de lavoura em cada bacia.