

EROSIÓN HÍDRICA BAJO LLUVIA SIMULADA EN DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO Y CONDICIONES DE COBERTURA DEL SUELO

Douglas Henrique Bandeira^{1*}, Tomás de Figueiredo², Antonio Paz González¹, Marcos Lado Liñares¹, Ildegardis Bertol³, Aitor Garcia-Tomillo¹, Maria Clotilde Chagas Neta⁴

¹Grupo Aquaterra, Universidade da Coruña, As Caballeiras, s/n, Campus de Elviña, 15071, A Coruña, España. E-mail: douglas.bandeira@udc.es, tucho@udc.es, marcos.lado@udc.es, aitor.garcia.tomillo@udc.es, web: <http://www.cica.es>

²Departamento Ambiente e Recursos Naturais, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253, Bragança, Portugal. E-mail: tomasfig@ipb.pt, web: www.https://esa.ipb.pt

³Grupo de Manejo e Conservação de Solos Subtropicais e de Água, Universidade do Estado de Santa Catarina, Campus de Lages, 88.520-000, Lages, Brasil. E-mail: ildegardis.bertol@udesc.br, web: www.cav.udesc.br

⁴Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – Universidade Federal de Pelotas, 96050-500, Pelotas, Brasil. E-mail: metamariacc@gmail.com, web: <https://portal.ufpel.edu.br/>

RESUMEN. Se evaluó el efecto de la cubierta del suelo por residuos vegetales, el manejo del suelo con diferentes implementos agrícolas y tipo de tracción, sobre la erosión hídrica. Para ello, se cuantificaron las pérdidas de suelo y agua bajo lluvia simulada. Se estudiaron tres tipos de aperos de labranza del suelo escarificado (T1), arado (T2) y arado + grada (T3) y tres condiciones de labranza y cobertura del suelo, tracción mecánica y ausencia de cubierta (SC), tracción mecanizada bajo cubierta vegetal de residuos de avena (*Avena strigosa*) (CC) y tracción animal sin cubierta (TA). La escarificación disminuyó las pérdidas de suelo con relación a los demás tipos de labranza. El laboreo del suelo usando tracción animal originó pérdidas de suelo y agua menores en comparación con la tracción mecanizada, para una misma condición de la superficie del suelo, corroborando la importancia del uso de la labranza con tracción animal en pequeñas propiedades o en zonas de difícil acceso.

ABSTRACT. This study evaluates the effect of soil cover by plant residues, soil management with different agricultural implements and type of traction, on soil water erosion processes. For this purpose, water and soil under simulated rain conditions were quantified. Three different farm implements were studied, scarification (T1), ploughing (T2) and ploughing + harrowing (T3), under three specific tillage and soil surface conditions, mechanical tillage and no vegetable cover (SC), mechanical tillage and soil cover with oats (*Avena strigosa*) residues (CC) and animal traction without vegetable cover. The scarification treatment decreased soil and water losses, compared to other implements. Soil tillage using animal traction resulted in lower soil and water losses than mechanized traction, for each soil surface condition studied. These results corroborate the importance of animal traction tillage operations at small properties or in areas of difficult access.

1.- Introducción

La erosión hídrica es un proceso que implica la pérdida de la capacidad productiva de las tierras agrícolas, debido a la degradación y pérdida de suelo por acción del agua que cae

o se mueve sobre el terreno. Una escasa cubierta vegetal o un suelo susceptible a la inestabilidad estructural son condiciones que favorecen la erosión (Bertoni & Lombardi Neto, 1985). La erosión hídrica está entre las amenazas que más pueden afectar a los agroecosistemas de las regiones áridas, semiáridas y subhúmedas secas. En estas regiones, junto con la desertificación, la erosión constituye uno de problemas ambientales de mayor extensión espacial e incidencia ambiental y económica (Ingram et al., 1996; Williams et al., 1996). En Europa, se estima que el 12% de las tierras están sujetas a erosión hídrica, estando considerada como uno de los agentes que más pueden contribuir a la degradación del suelo (referencia). Se han documentado ampliamente tanto los problemas que la erosión hídrica puede causar al suelo en el lugar de origen, las parcelas y fincas agrícolas, como a las infraestructuras fuera del mismo y más o menos alejadas del origen..

La erosión hídrica depende, básicamente, de los siguientes factores: clima, suelo, relieve, cubierta, manejo y prácticas de conservación. Entre ellos, la cubierta y el manejo son los que pueden ser más fácilmente modificados para regular las pérdidas de suelo y de agua.

Los distintos sistemas de manejo del suelo originan diferentes condiciones en la superficie del mismo y afectan a los atributos físicos, por lo que, en consecuencia, tienen incidencia sobre el control de la erosión. En pequeñas propiedades agrícolas, las operaciones de manejo del suelo, en general, se realizan con tracción animal (Batavo, 1999), lo que puede conservar las propiedades físicas de la capa tanto superficial como subsuperficial del suelo. Esto ocurre debido al hecho de que los implementos de tracción animal no presentan la característica de presionar el suelo durante la ejecución de las operaciones, como ocurre con la tracción mecanizada.

Obtener información que contribuya a mejorar los sistemas de manejo del suelo es fundamental para el productor agrícola. Por ello se llevó a cabo un estudio en parcelas experimentales de pequeñas dimensiones, bajo lluvia simulada, con el objetivo de evaluar el efecto de la cubierta del suelo por residuos vegetales y el manejo del suelo con diferentes implementos agrícolas y dos tipos de tracción (mecanizada y animal), sobre las pérdidas de suelo y de agua.

2.- Material y métodos

Se llevó a cabo un ensayo de campo entre el 1 de julio y el 30 de agosto de 2017, en la finca experimental aneja al Instituto Politécnico de Bragança (IPB), en la región de Tras-os-Montes, Portugal (Latitud: 41 ° 47 '52 0,06 "N Longitud: 6 ° 45' 58.65" N, y altitud 744 m sobre el nivel del mar). El clima de esta zona es de tipo Csb, según la clasificación de Köppen; la precipitación media anual asciende a 800 mm y el déficit hídrico es elevado durante los meses de verano, junio a septiembre.

El suelo, desarrollado sobre rocas ígneas básicas, se clasifica como *Cambisol dístico* según la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRBSR, 2014). La textura del mismo es franco arcilla arenosa (57% de arena, 23% de limo y 20% de arcilla) y presenta un contenido de materia orgánica moderado (2,5%), así como moderada pedregosidad.

Como unidades experimentales se emplearon pequeñas parcelas de 1m², que fueron instaladas sobre una ladera con una pendiente media de 0,09 m m⁻¹. Se cuantificaron las pérdidas de suelo y agua bajo lluvia simulada, mediante un equipo similar al descrito por Wilcox et al. (1986); este simulador se calibró para aplicar a las parcelas lluvias de 63 mm h⁻¹ de intensidad y 60 minutos de duración.

Se estudiaron tres tipos de aperos de labranza del suelo: escarificado (T1), arado (T2) y arado + gradeado (T3) y tres condiciones de labranza y cobertura de la superficie del suelo: tracción mecanizada y ausencia de cubierta vegetal (SC), tracción mecanizada bajo cubierta vegetal de avena (*Avena strigosa*) (CC) y tracción animal sin cubierta vegetal (TA). Por tanto el ensayo consistió en nueve tratamientos y cada uno de ellos se replicó tres veces, totalizando 27 parcelas. En cada parcela se aplicaron tres simulaciones sucesivas, con un intervalo de dos horas entre cada una.

En los tratamientos con tracción mecanizada se utilizó un escarificador tipo Vibrocultor Herculano, modelo RHV 210 con 27 dientes en 4 planos verticales, con una anchura de trabajo de 2,70 metros y un arado romano de 550 kg, modelo RV de 6 cuchillos, con una anchura de trabajo de 2 metros. En los tratamientos con tracción animal se acopló un escarificador modelo canadiense con 9 dientes y con anchura de trabajo de 1,5 metros, y un arado Brabant de un cuchillo, con anchura de trabajo de 1 metro.

Antes y después de cada lluvia, se cuantificó la cubierta del suelo por residuos (en aquellas parcelas en las que se usaron los mismos), la rugosidad superficial, las características de la red hidrológica y algunos atributos físicos, relacionando los resultados posteriormente.

Se tomaron muestras no deformadas de los 5 primeros centímetros del suelo mediante anillos de 5 cm de diámetro y 5 cm de altura para determinar macroporosidad, microporosidad, porosidad total y densidad aparente. La determinación se llevó a cabo mediante un ensayo de permeabilidad en laboratorio, usando un permeámetro de carga constante en circuito cerrado (Hillel, 1998).

Durante cada ensayo de lluvia simulada se recogieron muestras del agua de escorrentía de modo intermitente, cada cinco minutos, para medir la velocidad de descarga. Posteriormente, en laboratorio, se determinó la concentración de sedimentos en las muestras de agua de escorrentía. Por último, se calculó el volumen de flujo o escorrentía superficial y la pérdida total de suelo.

El volumen total de la precipitación aplicada realmente mediante el simulador fue ajustado para la intensidad de lluvia prevista, 63 mm h⁻¹, debido a que se apreciaron oscilaciones temporales de la intensidad de las lluvias simuladas. La pérdida total de suelo medida también se ajustó a la intensidad real de la precipitación, así como las diferencias de pendiente de las parcelas experimentales.

La toma de muestras de escorrentía en campo, su procesamiento en laboratorio, el cálculo de las pérdidas de agua y suelo y el ajuste de los datos, se efectuaron según los métodos descritos en Cogo (1981) y Cogo et al. (1984).

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y, cuando el tratamiento aplicado generó un efecto significativo en la variable medida, se empleó el test de Tukey a un nivel de significación de 0,05 para comparar los valores medios. Para analizar las diferencias entre tratamientos, se utilizó el programa estadístico SISVAR 5.6 (Ferreira, 2014).

3.- Resultados y discusión

Los datos de macroporosidad, microporosidad y porosidad total en la capa superficial se presentan en la tabla 1. En general, las lluvias simuladas presentaron una reducción significativa del espacio poroso, para todos los sistemas de manejo y condiciones de superficie. Estos resultados son consistentes con la formación de una costra superficial promovida por el impacto de las gotas de lluvia. Según Bezerra & Cantalice (2006), la energía cinética asociada a las gotas de lluvia al flujo superficial promueven la desagregación del suelo, causando la obstrucción de los poros.

Las perturbaciones en la estructura del suelo impuestas por la movilización durante el laboreo en áreas cultivadas han sido consideradas genéricamente en el ámbito de los procesos de compactación por tráfico y acción de la maquinaria (Horn et al., 1995). En ese trabajo, el efecto de la lluvia fue más pronunciado que el efecto de los diferentes sistemas de manejo, pero en estudios anteriores, García-Tomillo et al. (2017) mostraron que las movilizaciones con diferentes implementos tienen un impacto significativo en la porosidad.

Entre los tratamientos de preparación del suelo, la escarificación presentó mayores valores de macroporos antes de la aplicación de la lluvia simulada, para ambas condiciones de superficie. Este resultado puede ser justificado por la perturbación homogénea que ese sistema promueve en la capa superficial, rompiendo la costra en los primeros centímetros de suelo, creando agregados de

menor tamaño y facilitando la aireación.

La labranza con tracción animal ha presentado un impacto menor en la microporosidad en comparación con la tracción mecanizada (4% menos con tractor en relación a la tracción animal, considerando la media de las lluvias y sistemas de manejo). Esto supone mayor capacidad de almacenamiento de agua en el suelo movilizado con tracción animal.

Tabla 1. Macroporosidad, microporosidad, y porosidad total en la capa de 0,0 – 5,0 cm, antes de instalar el experimento y tras finalizar el mismo (media de tres repeticiones).

Trat.	Cond. Sup.	Macro		Micro		Poros. Total	
		Ant.	Desp.	Ant.	Desp.	Ant.	Desp.
T1	SC	7,7aB	3,3aA	62,0aB	56,7aA	69,7aB	59,7aA
T2	SC	7,3aB	3,7aA	60,3aB	55,7aA	62,0aB	58,0aA
T3	SC	7,0aB	3,7aA	60,7aB	57,0aA	67,7aB	57,7aA
CV(%)		19,4	16,4	17,5	20,1	15,9	13,7
T1	CC	7,7bB	4,7aA	61,3aB	53,0aA	64,0aB	57,3aA
T2	CC	6,3abB	4,3aA	61,3aB	53,3aA	63,3aB	58,0aA
T3	CC	5,3aB	4,0aA	56,7aA	51,3aA	60,7aA	55,7aA
CV(%)		14,7	20,2	19,5	21,1	15,8	17,7
T1	TA	6,3bB	3,7aA	63,3aB	55,0aA	66,3aB	58,7aA
T2	TA	5,7abB	3,3aA	65,7aA	58,7aA	65,0aA	58,3aA
T3	TA	5,0aB	2,7aA	61,3aB	53,3aA	62,7aB	55,0aA
CV(%)		16,5	17,8	22,2	24,5	21,1	26,5

Medias seguidas de la misma letra: minúscula en una columna y mayúsculas en una línea no difieren entre si según el test de Tukey ($p \leq 0.05$).

La condición de cubierta del suelo con residuos vegetales de avena (*Avena strigosa*), ha presentado menor reducción de la porosidad total, en comparación con el suelo desnudo, el 5% y el 8%, respectivamente, destacando la importancia en mantener el suelo protegido, minimizando así efectos negativos de los procesos erosivos. Los comportamientos similares para la porosidad total también fueron verificados por Almeida et al., (2016).

Los datos de densidad aparente del suelo en la capa superficial se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Densidad aparente del suelo y rugosidad aleatoria, RR, antes de instalar el experimento y tras finalizar el mismo (media de tres repeticiones)

Trat.	Cond. sup.	Densidad.del suelo ($g\ cm^{-3}$)	
		Antes	Desp.
T1	SC	1,18aA	1,30aA
T2	SC	1,26aA	1,35aA
T3	SC	1,33aA	1,41aA
CV(%)		21,3	22,5
T1	CC	1,22aA	1,37aA
T2	CC	1,31aA	1,40aA
T3	CC	1,34aA	1,49aA
CV(%)		18,4	17,5
T1	TA	1,22aA	1,38aA
T2	TA	1,28aA	1,37aA
T3	TA	1,37aA	1,42aA
CV(%)		12,9	16,8

Medias seguidas de la misma letra: minúscula en una columna y mayúsculas en una línea no difieren entre si según el test de Tukey ($p \leq 0.05$).

Se observa el aumento en los valores absolutos de densidad del suelo después de la aplicación de las lluvias simuladas para todos los sistemas de manejo y condiciones de superficie. Aunque no hay diferencias estadísticas, este comportamiento revela la incidencia de las lluvias sobre la compactación el suelo, comportamiento que está asociado al

reajuste de las partículas desagregadas y obstrucción del espacio poroso de la capa superficial.

Entre los sistemas de manejo del suelo, la escarificación ha determinado menores valores absolutos de densidad, tanto en la tracción animal, como en la mecanizada. Lo mismo ocurrió para las tres condiciones de superficie. Esto refleja la importancia de ese sistema, considerado conservacionista, por movilizar el suelo de forma menos agresiva que los demás sistemas analizados.

La menor densidad del suelo supone mayor espacio poroso (ya que todos los sistemas presentaban el mismo contenido de materia orgánica), con efectos benéficos en los procesos hidrológicos y erosivos (mayor infiltración y menor escorrentía superficial). Este comportamiento también fue verificado por Tormena et al. (2004) y Bandeira et al. (2019), ambos comparando los atributos físicos en diferentes sistemas de manejo del suelo.

Las pérdidas de suelo y agua se presentan en la Tabla 3. En general, el tratamiento T2 (arado + grade) presentó mayores pérdidas de suelo en las tres condiciones de superficie, y entre éstas, el suelo sin cubierta vegetal promovió mayores pérdidas, el 78% y el 19%, en relación con las condiciones con cubierta vegetal y la tracción animal sin cubierta, respectivamente, en la media de las repeticiones. El impacto directo de las gotas de lluvia sobre el suelo descubierto provocó la desagregación de sus partículas, obstruyendo los poros y formando un sellamiento superficial de baja permeabilidad, que dificultó la infiltración de agua, aumentó el flujo superficial e intensificó la erosión del suelo, según Duley (1939).

Tabla 3. Pérdidas de suelo y de agua en diferentes sistemas de manejo del suelo y condiciones de superficie (promedio de las repeticiones)

	Pérdidas de suelo ($kg\ ha^{-1}$)			
	SC	CC	TA	Promedio
T1	1511.4 aA	243.3 aB	1137.5 aA	964.1
T2	1950.5 bA	449.7 bB	1549.3 bA	1316.5
T3	1658.4 abA	417.0 bB	1481.8 abA	1185.7
Promedio	1706.7	370.0	1389.5	
CV(%)	13.2	14.5	11.3	
Pérdidas de agua (% de lluvia aplicada)				
T1	26,1aC	9,1aB	13,2bA	16,2
T2	35,3aA	20,1bB	29,6aA	28,3
T3	34,1aC	14,7aB	22,0aA	23,6
Promedio	31,8	14,7	21,6	
CV(%)	14,3	17,5	10,6	

Médias seguidas da mesma letra: minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a $p \leq 0.05$.

El efecto integrado de las gotas de lluvia y del flujo superficial del agua actuó como fuente de energía (Wischmeier & Smith, 1958), reflejándose en el aumento de las pérdidas de suelo, según Bertoni & Pastana (1964). Los implementos de tracción animal no presentan la característica de presionar el suelo durante la ejecución de las operaciones de manejo, tal como ocurre con la tracción mecanizada. Además, perturban el suelo menos intensamente, dañando menos la estructura que la tracción mecanizada, especialmente con motivo de la preparación del suelo (Bertol et al., 2000).

El tratamiento T1 (escarificación), presentó menores

pérdidas de suelo, corroborando con los datos obtenidos por Schick et al. (2000), Mello et al. (2003), Amaral et al. (2008) y Schick et al. (2014). Este comportamiento es explicado por la reducida movilización, pero suficiente para promover el rompimiento de capas compactadas (Gilles et al., 2009), favoreciendo la infiltración.

Las pérdidas de agua variaron entre sistemas de manejo del suelo y condiciones de cubierta superficial, pero en magnitud inferior que las pérdidas de suelo. Este comportamiento es explicado por el hecho de que los suelos presentan capacidad límite de infiltración de agua y, a partir de ese límite, el agua es igualmente perdida por flujo superficial, independientemente del tratamiento dado al suelo. Esta menor variación en las pérdidas de agua, en relación a las pérdidas de suelo, también fue verificada por Schick et al. (2000); Cogo et al. (2003); Schick et al. (2014) y Bandeira et al., (2019). La cubierta del suelo por residuos vegetales de avena promovió reducción del 17% en relación al suelo desnudo, en la media de los sistemas de manejo, reflejando una vez más el efecto beneficioso de la protección del suelo frente a los procesos erosivos. La tracción animal ha reducido significativamente las pérdidas de agua en relación a la tracción mecanizada. Esta reducción fue de 13% y 12%, en relación al T1 y T3, respectivamente, demostrando que, además de ser una alternativa en pequeñas propiedades o en zonas de difícil acceso, la tracción animal todavía promueve la conservación del suelo y del agua.

4.- Conclusiones

La lluvia simulada afectó a los atributos físicos del suelo, de modo que redujo la macroporosidad, la microporosidad y la porosidad total, mientras que la densidad del suelo aumentó tras la aplicación de la misma.

Las pérdidas de suelo y de agua han sido afectadas por los sistemas de manejo del suelo, de modo que la escarificación originó menores pérdidas de suelo y agua en comparación con los sistemas de manejo que emplearon arado.

La protección del suelo mediante residuos de avena redujo la erosión hídrica y disminuyó el efecto de la lluvia simulada sobre los atributos físicos.

El uso de la tracción animal para la labranza del suelo ha supuesto una mayor eficiencia en la reducción de las pérdidas de suelo y de agua promovidas por la erosión hídrica, en comparación con la tracción mecanizada.

Agradecimientos. Al Instituto Politécnico de Bragança, por la disponibilidad del área y de los implementos utilizados. A la Universidad de Coruña, por el apoyo cuando en la elaboración del proyecto. Al Profesor Dr. Tomás de Figueiredo y María Clotilde Chagas Neta, por el auxilio en los trabajos de campo. A los programas de CAPES e IACOBUS por los recursos financieros.

6.- Bibliografía

Almeida, W. S. de, D. F. Carvalho, de, E. Panachuki, W. C. Valim, S. A., Rodrigues, y C. A. Varela, 2016. Erosão hídrica em diferentes sistemas de cultivo e níveis de cobertura do solo. *Pesquisa Agropecuária*

- Brasileira*. 51, 1110-1119.
- Amaral, A. J., I. Bertol, N. P. Cogo, y F. T. Barbosa, 2008. Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um cambissolo húmico da região do planalto sul- catarinense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 32, 2145-2155.
- Bandeira, D. H., I. Bertol, E. V. Vázquez, J. C. Ramos, C. Bertol, 2019. Impact of pig slurry application on soil and water losses: Comparison with a historical series. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 23, 425-431.
- Batavo, A. 1999. O plantio direto e o cultivo de feijão na pequena propriedade. *Revista Batavo*. 7, p.15.
- Bertol, I. y J. A. Almeida, 2000. Tolerância de Perda de Solo Por Erosão Para Os Principais Solos do Estado de Santa Catarina. *R. Bras. Ci. Solo*. 24, 657-668.
- Bertoni, J., y F. Lombardi Neto, 1985. Conservação do solo. *Editora Livraceres*. 392p.
- Bezerra, S. A. y J. R. B. Cantalice, 2006. 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.
- Bertoni, J., y F. I. Pastana, 1964. Relação chuva-perdas por erosão em diferentes tipos de solo. *Bragantia*. 23, 4-11.
- Cogo, N. P., R. Levien, R. A. Schwarz, 2003. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declividade e níveis de fertilidade do solo. *R. Bras. Ci. Solo*. 27, 743-753.
- Cogo, N. P., W. C. Moldenhauer, y G. R. Foster, 1984. Soil loss reductions from conservation tillage practices. *J. Soil Sci. Soc. Am*. 48, 368-373.
- Cogo, N. P. 1981. Effect of residue cover, tillage induced roughness, and slope length on erosion and related parameters. Indiana, USA, 346p. Thesis (Ph.D. – Soil science) Purdue University.
- Duley, F. L., 1939. Surface factors effecting the rate of intake of water by soils. *Soil Sci. Soc. of Am. Proc.* 4, 60-64.
- Ferreira, D. F. 2014. Sisvar: A guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *J. Ciência e Agrotecnologia*. 38, 109-112.
- García-Tomillo, A., T. de Figueiredo, A. Almeida, J. Rodrigues, J. D. Dafonte, A. Paz-González, J. Nunes, Z. Hernandez, 2017. Comparing effects of tillage treatments performed with animal traction on soil physical properties and soil electrical resistivity: preliminary experimental results. *J. Open Agriculture*. 2, 300–307.
- Gilles, L., N. P. Cogo, C.A. Bissani, T. Bagatini, & J. C. Portela, 2009. Perdas de água, solo, matéria orgânica e nutriente por erosão hídrica na cultura do milho implantada em área de campo nativo, influenciadas por métodos de preparo do solo e tipos de adubação. *R. Bras. Ci. Solo*. 33, 1427-1440.
- Hillel, D. 1998. *Environmental Soil Physics: Fundamentals, Applications, and Environmental Considerations*. New York. Academic Press.
- Horn R., H. Domzal, A. Slowinskajurkiewicz, y C. Van Ouwerkerk, 1995. Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment. *J. Soil and Tillage Research*. 35, 23-36.
- Ingram, J., J. Lee., C. Valentin, 1996. The GCTE Soil Erosion Network: A multi-participatory research program. *J. Soil and Water Conservation*. 51, 377-380.
- Mello, E.L., I. Bertol, V. Zapparoli, y M. R. Carrafa, 2003. Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo de um nitossolo háptico submetido à chuva simulada. *R. Bras. Ci. Solo*. 27, 901-909.
- Schick, J., 2014. Fatores R e K da USLE e perdas de solo e água em sistemas de manejo sobre um Cambissolo Húmico em Lages, SC. Tese (Doutorado em Manejo do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina.
- Schick, J., I. Bertol, O. Batistela, y A. A. Balbinot Junior, 2000. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. *R. Bras. Ci. Solo*. 24, 427-436.
- Tormena, C. A., P. S. Vidigal, Filho, A. C. A. Gonçalves, M. A. Araújo, y J. C. Pinto, 2004. Influência de diferentes Influência de diferentes sistemas de preparo do solo nas propriedades sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas de um L físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 8, 65-71.

- Wilcox, B., M. K. WOOD., J. M. TROMBLE., T. WARD, 1986. A hand portable single nozzle simulator designed for use on steep slopes. *J. Range Management.* 39, 331-335.
- William, S. J., M. Nearing., A. Nicks., E. Skidmore., C. Valentin., K. King., R. Savari, 1996. Using soil erosion models for global change studies. *J. Soil and Water Conservation.* 51, 381-385..
- Wischmeier, W. H. y D. D. Smith, 1958. Rainfall energy and its relationships to soil loss. *Trans. Am. Geophys. Union.* 39, 285-291.
- WRBSR. 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome. Italy.