

## EFECTO DEL SISTEMA DE LABOREO Y MANEJO DE RESIDUOS SOBRE LA ESTABILIDAD DE LOS AGREGADOS EN UN OXISOL (BRASIL)

Taboada Castro<sup>1</sup>, M. M., Alves<sup>2</sup> M. C., Whalen<sup>3</sup>, J., Taboada Castro<sup>1</sup>, M. T.

<sup>1</sup>Universidad de A Coruña. Facultad de Ciencias. A Zapateira. CP. 15071. A Coruña.

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. Ilha Solteira-SP, Brasil.

<sup>3</sup>McGill University. Faculty of Agricultural and Environmental Sciences. Montreal. Canadá.

E-Mail: mtaboada@udc.es

**Resumen.** Los sistemas de laboreo y el manejo inadecuado de los restos de los cultivos pueden provocar alteraciones temporales o permanentes en la estructura del suelo. En este trabajo se evaluó la influencia del laboreo del suelo y manejo de los restos vegetales sobre la estabilidad estructural de un suelo de sabana que fue transformado en agrícola. Durante cinco años se estableció una sucesión de cultivos (habas/plantas de cobertura/soja) bajo dos sistemas de manejo: laboreo convencional (LC) y no-laboreo (NL).

La estabilidad estructural se determinó considerando la distribución de tamaños de los agregados estables al agua y el diámetro medio ponderado (DMP). En todos los tratamientos la mayor proporción de agregados estables corresponde a la clase de mayor tamaño (> 4 mm), si bien en LC y NL se redujo entre un 13 y 56% respecto al suelo natural (sabana). Los sistemas de laboreo se diferenciaron en la capacidad de agregación del suelo. El DMP en LC fue significativamente mayor que en NL, relacionándose este hecho con la época de muestreo y con posibles fenómenos de compresión de agregados. Entre las plantas de cobertura, la crotalaria (*Crotalaria juncea*), el guandu (*Cajanus cajan*) y el mijo (*Pennisetum americanum*) mostraron efectos positivos sobre la estabilidad de los agregados cuando se cultivan bajo sistemas de NL.

**Palabras clave:** estabilidad de agregados, laboreo convencional, no-laboreo, plantas de cobertura

**Abstract.** Tillage systems and inadequate management of crop residues may cause temporary or permanent changes in soil structure. In this survey was assessment the influence of the tillage and crop residues management on structural stability in a soil of savanna transformed in agricultural land. During five years was established a crop rotations consisting of beans/cover crops/soybeans under two management systems: conventional tillage (CT) and no-tillage (NT). we assesment the influence of tillage and management of crop residues on the structural stability, using the size distribution of water stable aggregates and by the mean weight diameter(WMD). In all treatments, the largest proportion of aggregates was in the class > 4mm, although LC and NL decreased between 13 and 56% compared to the natural soil. Tillage systems differed in the ability of soil aggregation. The MWD in conventional tillage was significantly higher than in no-tillage systems. This fact was related to the time of sampling and also with phenomena of compression. Among the cover crops crotalaria (*Crotalaria juncea*), guandu (*Cajanus cajan*) and millet (*Pennisetum americanum*) showed positive effects on the stability of aggregates when are cultivated under no-tillage systems.

**Key Words:** aggregate stability, conventional tillage, no-tillage, cover crops.

## INTRODUCCIÓN

En Brasil la sabana, localmente denominada “Cerrado”, conforma un ecosistema natural que ocupa alrededor de 200 millones de hectáreas, lo que supone un 23% del territorio de este país. Sin embargo, debido a que presenta unas buenas condiciones para ser cultivada, gran parte de esta extensión perdió sus características originales cediendo lugar a actividades agropecuarias. Bajo este paisaje predominan los Latosolos (EMBRAPA, 1999), unos suelos muy profundos y con excelentes condiciones físicas a pesar de su limitada fertilidad natural, los cuales pueden resultar muy productivos cuando se aplican sistemas de manejo tecnificado, que incluyan corrección de la acidez, aumento de la fertilidad y control de la erosión.

Una práctica agrícola muy extendida en Brasil consiste en incluir plantas de cobertura como abonos verdes dentro de la rotación de cultivos comerciales. Estos abonos verdes, por un lado proveen al suelo de cubierta vegetal e impiden el desarrollo de plantas invasoras en los campos baldíos tras la cosecha (Igue *et al.*, 1984). Por otra parte, tienden a aumentar la materia orgánica del suelo y a mejorar la agregación (Alvarenga *et al.*, 1996). En climas cálidos la descomposición de los residuos orgánicos está acelerada por las altas temperaturas, entre otros factores, de modo que es necesario un aporte continuo de estos en grandes cantidades (Bertol *et al.*, 1998; Campos *et al.*, 1999).

Los sistemas de laboreo y manejo de residuos inadecuados, pueden provocar alteraciones en las propiedades del suelo, principalmente en su estructura, cuya alteración puede ser temporal o permanente (Campos *et al.*, 1999; Li *et al.*, 2006). Estacionalmente la estructura del suelo puede variar en función de factores relacionados con el clima, tipo de suelo, cantidad y calidad de los residuos orgánicos incorporados, así

como, con las prácticas agrícolas (Martens, 2000; Castro Filho *et al.*, 2002; Plante y McGill, 2002). Distintas prácticas de manejo efectuadas sobre un mismo tipo de suelo pueden repercutir de diferente forma sobre su estructura (Roth y Pavan, 1991; Castro Filho *et al.*, 1998). En este sentido el efecto más negativo se atribuye a aquellos sistemas de manejo que remueven intensamente el suelo (fragmentación mecánica de los agregados y mayor oxidación del carbono orgánico) y que además propician tasas bajas de residuos orgánicos (restos de cultivos, raíces, exudaciones), los cuales afectan al contenido de materia orgánica del suelo, uno de los principales agentes de formación y estabilización de los agregados (Tisdall y Oades, 1982). En contraste, los sistemas agrícolas que adoptan prácticas conservacionistas, como el mínimo laboreo y el no-laboreo, y que además incorporan altas tasas de restos vegetales han sido considerados como una alternativa de manejo que mejora las condiciones estructurales y la materia orgánica del suelo (Beare *et al.*, 1994; Castro Filho *et al.*, 1998; Martens, 2000).

En este trabajo se evalúa la estabilidad de los agregados en un Oxisol en el que se estableció una sucesión de cultivos que incluyen plantas de cobertura, bajo dos sistemas de laboreo: convencional y no-laboreo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en el área experimental de la Fazenda de Ensino e Pesquisa, Faculdade de Engenharia-FEIS, en el municipio de Selvíria, Mato Grosso do Sul (Brasil), en una zona cuyas coordenadas geográficas son 51°22' de longitud Oeste de Greenwich y 20°22' de latitud Sur, con altitud alrededor de 335 metros. La media anual de precipitación es de 1370 mm y la de temperatura de 23,5 °C. El clima, de acuerdo con la clasificación de Köppen es

AW, caracterizado como tropical húmedo con estación lluviosa en verano y seca en invierno. El suelo fue clasificado como Latosolo Vermelho (EMBRAPA, 1999) y como Oxisol (Soil Survey Staff, 2003).

El área experimental, cuya vegetación nativa era sabana (Cerrado), fue transformada en zona agrícola en 1978. Posteriormente se estableció un ensayo durante 5 años (1997-2002) con la finalidad de evaluar los efectos del LC y el NL en una sucesión de cultivos constituida por habas (*Phaseolus vulgaris*) en invierno, plantas de cobertura (abonos verdes) durante la primavera y soja (*Glycine Max. L*) en verano. El diseño experimental consistió en bloques aleatorios divididos en subparcelas con 4 repeticiones para cada tratamiento, siendo estos los siguientes: dos sistemas de laboreo (LC y NL), combinación de cuatro plantas de cobertura + suelo labrado (preparación idéntica al lecho de siembra de las demás parcelas pero sin sembrar) y dos profundidades (0-5 cm y 5-15 cm). Además, se evaluó un área de referencia con vegetación típica de Cerrado (testigo) sin interferencias antrópicas. Como plantas de cobertura se seleccionaron tres leguminosas: guandú (*Cajanus cajan*), crotalaria (*Crotalaria juncea*) y mucuna (*Mucuna aterrina*), y una gramínea: mijo (*Pennisetum americanum*). El manejo de los restos del cultivo y plantas de cobertura consistió en corte y trituración, quedando estos distribuidos sobre la superficie del suelo en las parcelas de NL ó bien incorporados a este en las de LC.

El muestreo se efectuó al cabo de cinco años de ensayos, coincidiendo con la fase final del desarrollo vegetativo de las plantas de cobertura (noviembre de 2002), es decir, dos meses después de la recolección de las habas y unos días antes del manejo de los abonos verdes. El suelo labrado (sin sembrar y sin herbicidas) cuando fue muestreado presentaba abundante vegetación espontánea (porte similar a las plantas de cobertura).

Se tomaron muestras inalteradas a dos profundidades (0-5 cm y 5-15 cm), siendo 88 el número total de muestras.

La estabilidad de los agregados se efectuó por tamizado en húmedo, partiendo de agregados de 4 a 6,35 mm de diámetro inicial, siguiendo el método propuesto por Angers y Mehuys (1993). Se determinó el porcentaje de agregados estables al agua para seis clases de tamaño (> 4mm; 4-2 mm; 2-1 mm; 1-0,5 mm; 0,5-0,25 mm y < 0,25 mm) y a partir de ellas se calculó el diámetro medio ponderado (DMP). La materia orgánica se obtuvo siguiendo la metodología de Rajj y Quaggio (1983).

Los datos de DMP y materia orgánica se trataron estadísticamente mediante análisis de la varianza y test de Tukey, para comparación de medias al nivel del 5% de significación usando el programa estadístico SANEST (1991). Se analizó el efecto del manejo del suelo, sucesión de cultivos, y profundidad, así como la influencia de las interacciones entre dichos factores sobre la estabilidad de los agregados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Distribución del tamaño de agregados

En la figura 1 se presentan los resultados de la distribución del tamaño de los agregados para un suelo en estado natural (SN) y bajo dos sistemas de laboreo (LC y NL) considerando dos profundidades (0-5 cm y 5-15 cm). Cada distribución representa el promedio de las cuatro repeticiones de cada tratamiento. Se observa un patrón de distribución muy similar en todos los tratamientos, destacando la elevada proporción de macroagregados (>250 $\mu$ m) dentro de la clase de mayor diámetro (> 4 mm) frente a la baja proporción de macroagregados de menor tamaño y microagregados (< 250  $\mu$ m) distribuidos en los cinco intervalos de clases restantes. Este comportamiento indica que los agregados

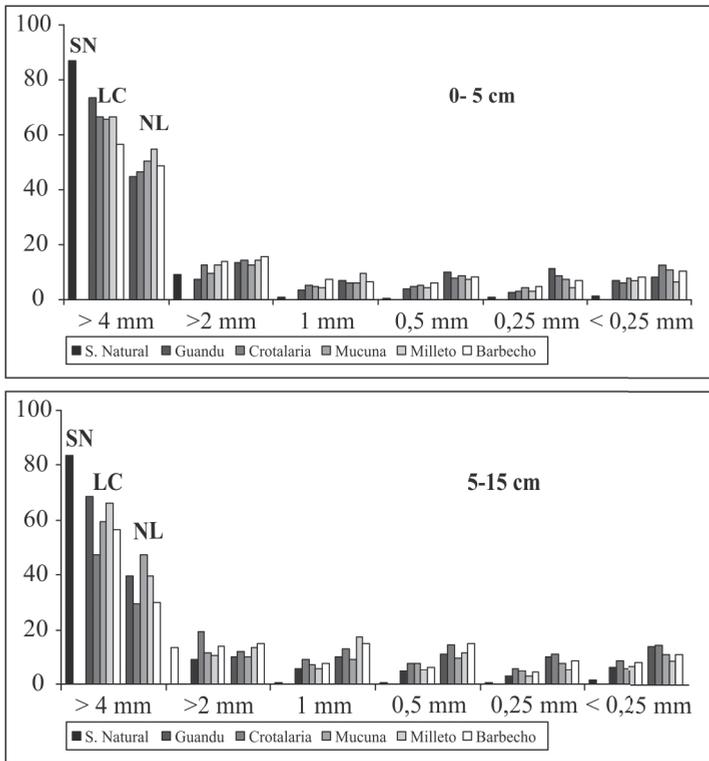


Figura 1. Distribución del tamaño de agregados durante una sucesión de cultivos constituida por habas/plantas de cobertura/soja a la profundidad de 0-5 cm y 5-15 cm, respectivamente.

SN: Suelo natural (sabana); LC: Laboreo convencional; NL: No-laboreo. Barbecho (vegetación espontánea).

son muy estables al agua. A pesar del claro predominio de la fracción superior a 4 mm, dentro de esta clase se observan diferencias entre tratamientos, indicando que la estabilidad estructural puede verse alterada por efecto de los sistemas de laboreo y manejo del cultivo, y además esta decrece conforme aumenta la profundidad del suelo.

No obstante, cabe destacar que la cantidad de microagregados bajo el sistema de NL fue ligeramente superior al de LC. Estas diferencias no se pueden justificar por el tipo de laboreo ya que, al contrario de lo que sucede con los macroagregados, los microagregados no se alteran por desagregación mecánica durante el laboreo ni por humectación

(Tisdall y Oades 1982). De acuerdo con Jastrow et al. (1998) la estabilidad de los microagregados depende de la fuerza con que las arcillas y otros componentes inorgánicos del suelo se unen a la materia orgánica particulada, a los residuos microbianos y a otros coloides orgánicos.

La agregación está controlada por diferentes mecanismos según los tipos de suelos (Oades y Waters, 1991; Dalal y Bridge, 1996; Bronick y Lal, 2005). En los Oxisoles, con elevados contenidos de arcilla y abundantes óxidos de hierro y aluminio, la estabilidad estructural en buena medida esta afectada por la interacción de estos componentes. Demattê (1980) encontró

que el Oxisol de nuestra área experimental presentaba un 12% de óxidos de aluminio y un 24% de óxidos de hierro, los cuales podrían conferir estabilidad a este suelo. Por otra parte, los suelos con textura arcillosa debido a su baja macroporosidad y a que retienen más agua para un potencial hídrico determinado, tienden a ser resistentes al estallido (Le Bissonnais, 1996; Truman et al., 1990), hecho que podría explicar parcialmente la estabilidad de los agregados del presente estudio.

### Diámetro medio ponderado de los agregados (DMP)

Los valores medios del diámetro medio ponderado (DMP) y de la materia orgánica para los distintos tratamientos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores medios de DMP y materia orgánica en los sistemas de laboreo, profundidad y plantas de cobertura. Medias seguidas de letras iguales en la columna no difieren estadísticamente entre sí, por el test de Tukey al 5%.

Sistema de Laboreo	DMP (mm)	Materia orgánica (gdm <sup>-3</sup> )
Laboreo convencional	3,62 a	30 a
No-laboreo	2,83 b	25 b
<b>Profundidad</b>		
0-5 cm	3,41 a	30 a
5-15 cm	3,04 b	26 b
<b>Plantas de cobertura</b>		
Guandu	3,32 a	27 a
Crotalaria	3,31 a	28 a
Mucuna	3,12 a	28 a
Mijo	3,23 a	27 a
Vegetación espontánea	3,15 a	28 a

El DMP y la materia orgánica mostraron diferencias significativas entre sistemas de laboreo y entre profundidades, y no significativas entre las plantas de cobertura que anteceden al cultivo de verano (soja).

En las condiciones de estudio, el sistema de laboreo ejerció influencia sobre el DMP, siendo el LC el que menos afectó a la

estabilidad de los agregados, lo cual se refleja por un valor de DMP de 3,62 mm en LC frente a 2,83 mm de NL. Estos valores son acordes con los contenidos medios de materia orgánica en ambos sistemas de laboreo (30 gdm<sup>-3</sup> y 25 gdm<sup>-3</sup>, respectivamente en LC y NL).

El comportamiento observado bajo los dos sistemas de laboreo estudiados no es muy frecuente, ya que no era de esperar mayor estabilidad estructural en parcelas labradas convencionalmente. En general, se considera que los sistemas de conservación mejoran la estabilidad de los agregados frente al laboreo convencional (Alvarenga et al., 1986; Rivero y Paolini, 1994), siempre y cuando se practique adecuadamente el manejo del suelo, de los cultivos y de los residuos, lo que se traduce también en un incremento de materia orgánica, que es un importante agente en el proceso de agregación (Tisdall y Oades, 1982).

Estos resultados obtenidos podrían explicarse teniendo en cuenta la variabilidad temporal de la estabilidad de los agregados, puesto que el muestreo se realizó al final del periodo de desarrollo vegetativo de las plantas de cobertura, pero antes de su manejo. Por tanto, el último aporte de restos vegetales al suelo tuvo lugar dos meses antes del muestreo con motivo de la incorporación de los restos del cultivo de invierno (habas). La dinámica de la materia orgánica del suelo induce variaciones temporales en la estabilidad de los agregados. Por tanto, el efecto de los restos de los cultivos (habas/plantas de cobertura/soja) aportados durante los cinco años que preceden al muestro, ya no se manifestarían o serían muy bajos, mientras que el responsable más directo de la formación y estabilización de los agregados parece ser la materia orgánica procedente de los restos de las habas. En las parcelas con NL, los restos triturados y distribuidos sobre la superficie fueron rápidamente descompuestos

por la acción de las elevadas temperaturas (>23°C ) y humedad (80%) de esta región sin que su efecto sobre la estabilidad pudiese manifestarse en la época del muestreo. En un estudio realizado en Goiania (Brasil), Assis et al. (2003) encontraron que a los setenta días después del manejo de los restos de sorgo, la mitad de la fitomasa incorporada al suelo ya estaba descompuesta. La influencia que ejerce el clima sobre la descomposición de los restos de los cultivos ha sido corroborada también por otros autores (Hunt, 1997; Gilmour et al., 1998; Bertol et al., 1998). A la vista de los resultados y teniendo en cuenta los cambios estacionales a los que está sujeta la estabilidad estructural, parece necesario evaluar los efectos del manejo del suelo en diferentes épocas a lo largo de la sucesión de cultivos, sobre todo después de la descomposición de la materia orgánica. De acuerdo con Baver et al. (1973), el material orgánico en sí, sin transformaciones biológicas, tiene un efecto muy bajo, si es que tiene alguno, en la estructura del suelo.

La materia orgánica no explica totalmente las variaciones del DMP encontradas en ambos sistemas de labranza. La mayor estabilidad en las parcelas sometidas a LC, podría ser atribuida a que durante las labores agrícolas, por efecto del volteo del suelo, los horizontes compactados serían llevados a la superficie, originando agregados muy estables formados por compresión y no por la acción biológica de raíces y microorganismos. Un comportamiento similar fue descrito en un Latosolo Roxo por Carpenedo y Mielniczuk (1990) quienes encontraron que la estabilidad estructural bajo laboreo convencional era igual o mejor que en pradera y en siembra directa.

Otra fuente de variación de la estabilidad de los agregados y del contenido en materia orgánica es la profundidad. Se verificó un descenso significativo de ambos parámetros a medida que aumenta la profundidad.

El efecto de las interacciones entre los sistemas de laboreo, las plantas de cobertura y la profundidad sobre el índice de agregación (DMP) se presentan en la Tabla 2.

En el horizonte más superficial (0-5 cm) de las parcelas bajo no-laboreo, el guandú, la crotalaria y el mijo ejercieron en la misma medida un efecto positivo sobre la estabilidad de los agregados. Contrariamente, la mucuna y la vegetación espontánea contribuyeron negativamente sobre la estabilidad, aportando valores de DMP más bajos que las otras plantas de cobertura.

Tabla 2. Efecto de las interacciones entre sistemas de laboreo, plantas de cobertura y profundidad sobre el DMP. Medias seguidas de letras iguales, mayúsculas en la columna y minúsculas en la línea, no difieren estadísticamente entre sí por el test de Tukey al 5 %.

Plantas de cobertura	DMP (mm)	
	No-Laboreo	Laboreo convencional
	0-5 cm	
Guandu	3,24 AB b	3,95 A a
Crotalaria	3,58 A a	3,55 A a
Mucuna	2,51 C b	3,72 A a
Mijo	3,38 AB a	3,51 A a
Vegetación espontánea	2,98 BC b	3,71 A a
5-15 cm		
Guandu	2,46 A b	3,65 AB a
Crotalaria	2,57 A b	3,53 AB a
Mucuna	2,52 A b	3,74 A a
Mijo	2,39 A b	3,64 AB a
Vegetación espontánea	2,72 A b	3,21 B a

El efecto de la vegetación espontánea (barbecho) sobre el DMP no difirió significativamente del mijo y del guandú, al nivel del 5%. Sin embargo, la mucuna difirió significativamente de las demás con un valor de DMP de 2,51 mm. Este resultado podría ser explicado en base a que la mucuna con corte en torno a 52 días, es decir, sin que finalice su ciclo vegetativo, produce cantidades inferiores de materia seca en comparación con las demás plantas de cobertura del

presente estudio. Esta conclusión fue obtenida a partir de un estudio anterior en la misma área experimental. Así, Almeida (2001) encontró que la productividad de materia seca de la mucuna (1294 kg ha<sup>-1</sup>) en el año 1999 era inferior a otras plantas de cobertura, mientras que dos años más tarde se redujo a valores de 867 kg ha<sup>-1</sup>, según datos obtenidos por Suzuki (2002). A este efecto, podría añadirse el hecho de que esta planta presenta una baja relación C/N y sufre una rápida descomposición, lo cual influiría negativamente sobre la agregación.

En el sistema de no-laboreo, la capa comprendida entre 5 y 15 cm de profundidad se caracterizó por una reducción general de la estabilidad con respecto a la superficial (0-5 cm), a pesar de no existir diferencias entre tratamientos. En el sistema de laboreo convencional no se observaron diferencias significativas entre plantas de cobertura, excepto para la vegetación espontánea en la profundidad 0-15 cm.

Analizando el efecto de las interacciones entre sistemas de laboreo, plantas de cobertura y profundidad del suelo (0-5 cm; 5-15 cm) sobre la materia orgánica (Tabla 3) no se encontraron diferencias significativas. A pesar

de ello, en términos absolutos los contenidos de materia orgánica fueron mayores bajo LC. Se puso de manifiesto una distribución desigual de materia orgánica en las capas del suelo en función del tipo de laboreo. En NL los mayores contenidos de materia orgánica se localizan en los primeros centímetros del suelo, lo cual es lógico ya que los residuos de los cultivos se extienden sobre la superficie. En cambio, en el LC los residuos vegetales son incorporados y redistribuidos uniformemente en la capa arable durante el laboreo, lo que podría justificar la distribución homogénea de materia orgánica en las dos profundidades estudiadas. Resultados similares han sido encontrados por Muzilli (1983), Eltz et al. (1989) y Castro Filho (2002).

Los contenidos de materia orgánica del suelo presentados en este trabajo son del mismo orden de magnitud que los encontrados por Almeida (2001) en un estudio anterior en la misma zona experimental y bajo los mismos sistemas de manejo y sucesión de cultivos. En suelos de sabana (Cerrado) Lopes (1983) encontró contenidos medios de materia orgánica que oscilaban entre 15 y 30 gdm<sup>-3</sup> resultados que están bastante acordes con los valores mostrados en la Tabla 3.

Tabla 3. Efecto de las interacciones entre sistemas de laboreo y plantas de cobertura sobre la materia orgánica en dos profundidades del suelo. Medias seguidas de letras iguales, mayúsculas en la columna y minúsculas en la línea, no difieren estadísticamente entre sí por el test de Tukey al 5 %.

	Materia orgánica (gdm <sup>3</sup> )	
	No-Laboreo	Laboreo convencional
<b>Plantas de cobertura</b>	<b>0-5 c m</b>	
Guandu	26 A a	33 A a
Crotalaria	28 A a	31 A a
Mucuna	27 A a	32 A a
Mijo	30 A a	29 A a
Vegetación espontánea	29 A a	31 A a
	<b>5-15 cm</b>	
Guandu	21 A a	29 A a
Crotalaria	22 A a	31 A a
Mucuna	23 A a	31 A a
Mijo	22 A a	27 A a
Vegetación espontánea	22 A a	28 A a

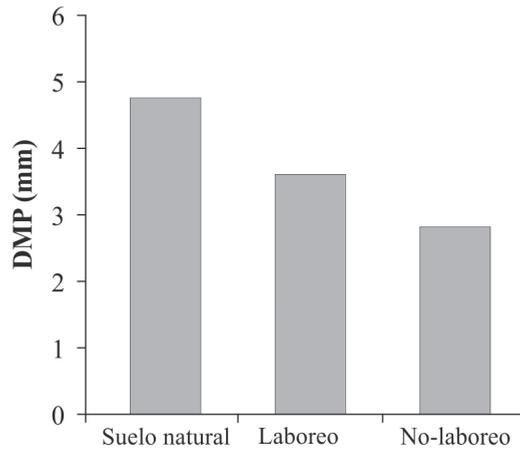


Figura 2. Valores medios de DMP en suelo natural (sabana) y suelo cultivado bajo dos sistemas de laboreo (LC y NL).

En la figura 2 se presentan los valores medios de DMP obtenidos en un suelo de sabana en estado natural (SN) sometido a LC y NL. Se observa que la transformación de un suelo natural de sabana en sistemas agrícolas provocó un deterioro sobre la estabilidad de los agregados. En el suelo de sabana (testigo) el valor medio de DMP alcanzó 4,77 mm, en tanto que este valor se redujo a 3,62 mm en LC y a 2,83 mm en NL. Las diferencias de estabilidad estructural entre ambos sistemas de laboreo ya han sido discutidas anteriormente. Conviene destacar que estos suelos son bastante estables, a juzgar por los valores medios de DMP superiores a 2,80 mm. Como se comentó anteriormente, la estabilidad de los agregados en los Oxisoles, podría estar influenciada no sólo por la materia orgánica, sino también por los óxidos de hierro y aluminio, presentes en este tipo de suelos (Bronick y Lal, 2005).

### CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que la transformación de un suelo natural de sabana en agrícola provocó un descenso de la estabilidad de los agregados. Los

sistemas de laboreo (convencional y no-laboreo) ejercieron efectos diferentes sobre la estabilidad de los agregados. El laboreo convencional resultó más eficiente para mantener la estabilidad estructural que el sistema de no-laboreo. Este resultado podría atribuirse a las condiciones del muestreo y a la formación de agregados por fenómenos de compresión. Independientemente del tipo de laboreo, la estabilidad de los agregados disminuyó conforme aumenta la profundidad.

En el sistema de no-laboreo la crotalaria, el guandu y el mijo favorecieron la estabilidad de los agregados, en tanto que en laboreo convencional los efectos de las plantas de cobertura fueron similares.

### AGRADECIMIENTOS

A la Xunta de Galicia y al Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) por la concesión de una beca postdoctorales a la primera autora para realizar este estudio en la Universidad Estadual Paulista-UNESP, Brasil. A la Faculdade de Engenharia-FEIS (UNESP), por el uso de la Fazenda de Ensino e Pesquisa en cuyas parcelas experimentales se efectuó este estudio.

## REFERENCIAS

- Almeida, V.P. (2001). Sucessão de culturas em preparo convencional e plantio direto em Latossolo Vermelho sob vegetação de cerrado. Dissertação de Mestrado (Sistemas de Produção). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Universidade Estadual Paulista (UNESP). Brasil. 71. p.
- Alvarenga, R.C; Fernandes, B, Silva, T.C.A., Rezende, M. (1996). Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo e de manejo da palha do milho. R. Bras. Ci. Solo. 10:273-277.
- Angers, D.A., Mehuys, G. (1993). Aggregate stability to water. In Carter, M.R. (ed). Soil sampling and methods of analysis. Canadian Society of Soil Science, Lewis Publisher, Boca Raton, FL. pp. 651-657.
- Assis, E.P.M., Cordeiro, M.A.S., Paulino H.B., Carneiro, M.A.C. (2003). Efeito da aplicação de nitrogênio na atividade microbiana e na decomposição de sorgo em solo de cerrado sob plantio direto. *Pesq Agropec Trop*, 33:107-112.
- Baver, L.D., Gardner, W.H., Gardner, W.R. (1973). Soil structure: classification and genesis. In: Baver, L.D. & Gardner, W.R. *Soil Physics*. New York, John Wiley. 130-177 p.
- Beare M., Cabrera, M. Hendrix P. Coleman, D. (1994). Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional and no tillage soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 787-795.
- Bertol, I., Ciprandi, O., Kurtz, C., Baptista, A.S. (1998). Persistência dos resíduos culturais de aveia e milho sob a superfície do solo em semeadura direta. R. Bras. Ci. Solo. 22: 705-712.
- Bronick, C.J., Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124: 3-22.
- Campos, B.C., Reinert, D.J, Nicoladi, R., Cassol, L.C. (1999). Dinâmica da agregação inducida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. R. Bras. Ci. Solo, 23:383-391.
- Carpenedo, V., Mielniczuck, J. (1990). Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. R. Bras. Ci. Solo. 14: 99-105
- Castro Filho, C., Muzilli, O., Podanoschi, A.L. (1998). Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistema de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. R. Bras. Ci. Solo. 22 (3): 527-38.
- Castro Filho, C., Lourenço, A., Guimarães, M. De F., Fonseca, I.C.B. (2002). Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Paraná, Brazil. *Soil Tillage Res.* 65: 45-51.
- Dalal, R.C., Bridge, B.J. (1996). Aggregation and organic matter storage in sub-humid and semi-arid soils. In: Carter, M.R., Stewart, B.A. (Eds.), *Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 263-307.
- Demattê, J.L.I. (1980). Levantamento detalhado dos solos do Campus Experimental de Ilha Solteira. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Brasil. 119 p.
- Eltz, F.L.F., Peixoto, R.T.G., Jaster, F. (1989). Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno Álico. R. Bras. Ci. Solo. 13: 259-267.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). (1999). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de

- Janeiro: EMBRAPA/CNPQSO. 412 p.
- Gilmour, J.T., Mauromoustakos, A., Gale, P.M., Norman, R.J. (1998). Kinetics of crop residue decomposition: variability among crops and years. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 750-755.
- Hunt, H.W. (1997). A simulation model for decomposition in grasslands. *Ecology*. 58: 469-484.
- Igue, K., Alcover, M., Derpsch, R., Pavan, M.A., Mella, S.C., Medeiros, G.B. (1984). Adubação orgânica. *Inf. Pesqu. Inst. Agron. Paraná*. 59:1-33.
- Jastrow J, Boutton T, Miller R. 1996. Carbon dynamics of aggregate-associated organic matter estimated by  $^{13}\text{C}$  natural abundance. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 801-807.
- Le Bissonnais, Y. (1996). Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility. I. Theory and methodology. *European J. Soil Sci.*, 47: 425-437.
- Li, X.G., Li, F.M., Rengel, C., Singh, B., Wang, Z.F. (2006). Cultivation effects on temporal changes of organic carbon and aggregate stability in desert soils of Hexi Corridor region in China. *Soil Tillage Res.* 91:22-29.
- Lopes, A.S. (1983). Solos sob Cerrado: características, propriedades e manejo. Instituto da Potassa & Fosfato (EUA). Piracicaba. Brasil. 162. p.
- Martens, D.A. (2000). Plant residue biochemistry regulates soil carbon cycling and carbon sequestration. *Soil Biol. Biochem.* 32: 361-369.
- Muzilli, O. (1983). Influencia do sistema de plantio direto comparado ao convencional sobre a fertilidade da camada arável do solo. *R. Bras. Ci. Solo* 7:95-102.
- Oades, J.M., Waters, A.G., (1991). Aggregate hierarchy in soils. *Aust. J. Soil Res.* 29: 815- 828.
- Plante, A.F., McGill, W.B. (2002). Soil aggregate dynamics and the retention of organic matter in laboratory-incubated soil with differing simulated tillage frequencies. *Soil Tillage Res.* 66:79-92.
- Raij, B. van; Quaggio, J.A. (1983). Métodos de análises de solo para fins de fertilidade. Campinas: Instituto Agronômico-Boletim Técnico, 81. 31p.
- Rivero, C., Paolini, J. (1994). Efecto de la incorporación de residuos vegetales sobre algunas propiedades físicas de tres suelos venezolanos. *Venezuelos* 2(1):19-25.
- Roth, C.H.; Pavan, M.A.(1991). Effect of lime and gypsum on clay dispersion and infiltration in samples of a Brazilian Oxisol. *Geoderma*. 48: 351-361.
- Silva, I.F., Mielniczuk, J. (1998). Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 22:113-117.
- Suzuki, L.E.A.S. (2002). Influência de adubos verdes na recuperação de propriedades físicas de um latossolo vermelho de cerrado. Trabalho de Graduação. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Universidad Estadual Paulista. Brasil. 74. p.
- Soil Survey Staff. (2003). Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Services.(Novena Edición). 33 pp.
- Tisdall, J.M., Oades, J.M. (1982). Organic matter and water stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.*, 33:141-163.
- Tisdall J.M., Oades J.M.(1982). The effect of crop rotation on aggregation in a red-brown earth. *Aust J Soil Res.* 18: 423-34.
- Truman, C. C., Bradford, J. M., Ferris, J. E. (1990). Antecedent water content and rainfall energy influence on soil aggregate breakdown. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54: 1385-1392.
- Zonta, E.P., Machado, A.A. 1991. Sistema de Análise Estatística para Computadores (SANEST). 120 p.