

José Carlos Cruz

Traducido por: Ing. Joaquín García P.
Investigador de CORPOICA Regional Dos

RESUMEN

Treinta años después de su introducción en territorio brasileño, el sistema de Plantio Directo (siembra directa) se consolida como una tecnología conservacionista de gran aceptación por parte de los agricultores con sistemas adaptados a diferentes regiones y a diferentes niveles tecnológicos, desde el grande hasta el pequeño agricultor que usa la tracción animal. Fundamentándose este sistema en un movimiento mínimo del suelo, ocurriendo esta en una estrecha faja de la superficie del terreno para la siembra, en el mantenimiento de los residuos de cosecha bajo el suelo, en el control químico de malezas y en la necesidad de una rotación de cultivos. Requiere de cuidados en su implantación pero, después de establecido sus beneficios se extienden no solamente al suelo sino, consecuentemente, al rendimiento de los cultivos y a la competitividad de los sistemas las agropecuarios, así como también, debido a la drástica reducción de la erosión, reduce el potencial de contaminación del medio ambiente y da al productor una mayor garantía de rentabilidad, pues la estabilidad de la producción es aumentada en comparación a los métodos tradicionales de manejo de suelos. Por sus efectos benéficos bajo las características físicas, químicas e biológicas del suelo, se puede afirmar que la siembra directa es una herramienta esencial para alcanzar la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios.

INTRODUCCIÓN

Iniciado en los estados del Paraná y Rio Grande do Sul, en 1970, y con un proceso de adopción por los agricultores a partir de 1976, la Siembra Directa está hoy siendo adoptada y adaptada a casi todas las regiones del Brasil. Según inventario de la Federação Brasileira de Plantio Directo en la Palha (Febrapdp), en la cosecha 90/91, apeen las 1 millón de hectáreas eran cultivadas con el sistema. Dos años después, en 92/93, el área se duplico, y en el año 1994, se acercaba a las tres millones de hectáreas, alcanzando hoy, cerca de 12 millones de hectáreas, incluyendo tanto grandes como mediados y pequeños productores, dentro de estos los que utilizan tracción animal, y expandiéndose en todo el territorio en nacional (Técnicos, 2000). Los estados de Rio Grande do Sul y Paraná y la región de Cerrados son las zonas de mayor de expansión de esa técnica, que hoy es aplicada no solo en los cultivos de soya y maiz, sino también en frijol, arroz, trigo, caña de azúcar y pastos, además de las utilizaciones en presiembr para árboles forestales, cítricos y cafés (Frutos da terra, 2000). Además de esto, existe hoy una serie de entidades, empresas productoras de insumos, máquinas agrícolas, investigadores, extensionistas y productores que actúan como soporte al movimiento pró-siembr directa. Entre esas entidades, deben ser destacadas los clubes, como el pionero "Clube da Minhoca" (Club de la lombriz de tierra) de Ponta Grossa, Paraná, e otros Clubes de los Amigos da Terra o Clubes do Plantio Directo de diversas regiones, que vienen realizando una serie de eventos de promoción de la siembra directa. A partir de 1.981, varias entidades o fundaciones fueron instituidas, como la Fundação ABC, en Castro (Paraná), la Fundação Fecotrigo, en Cruz Alta, (Rio Grande do Sul), la Fundação MS, en Maracaju, MS (Mato Grosso do Sul), la Fundação MT, en Rondonópolis, MT (Mato Grosso), y mas recientemente la Associação Plantio Directo do Cerrado, en Goiânia (Goias) (Pereira,1998).

La siembra directa, definida como el proceso de siembra en suelo no revuelto, y en el cual la semilla es colocada en surcos, con anchura y profundidad suficientes para un adecuado cubrimiento y contacto de las semillas con la tierra, es hoy entendido como un sistema con los siguientes fundamentos que se integran:

- Eliminación o reducción de las operaciones de preparación del suelo. Como resultado, hay un mayor mantenimiento de la estabilidad de los agregados, mejorando la estructura del suelo, evitando compactación, con mejoras en la rata de infiltración del agua de lluvia y mantenimiento de la humedad, mejorando el flujo del aire y la actividad biológica del suelo y el mantenimiento de la materia orgánica del suelo.
- Uso de herbicidas para el control de malezas. El uso de herbicidas desecantes significa sustituir la energía mecánica de la preparación del suelo (combustible diesel, que es no renovable) por la energía química. Es fundamental el uso de métodos integrados de control de malezas, explorando el uso de cultivos de cobertura, rotación de cultivos y herbicidas específicos.
- Formación de Cobertura Muerta. Ofrece protección contra el impacto de las gotas del agua de lluvia, reduciendo la escorrentía superficial y la erosión, protegiendo el suelo contra el efecto de rayos solares, reduciendo la evaporación, la temperatura del suelo y la amplitud térmica, y contra la acción de los vientos, incorporando materia orgánica al suelo, necesaria para una actividad microbiana mas rica y permitiendo un mayor reciclaje de nutrientes. Además de eso, colabora en el control de malezas, por la supresión o efecto alelopático.
- Rotación de Cultivos. La combinación de especies con diferentes exigencias nutricionales, producción de fitomasa y sistema radicular vuelve el sistema mas eficiente, además de facilitar el control integrado de plagas, de enfermedades y de malezas.
- Uso de sembradoras específicas: De precisión, con tolvas para fertilización al momento de la siembra y

aditamentos para siembra directa .

Ventajas y Desventajas de la Siembra Directa.

Varios autores (Bradley, 1997; Purísimo, 1997; Dijkstra, 1984; Primavesi, 1985 y Derpsch et al., 1991;) citan las principales ventajas de la siembra directa, que pueden ser resumidas, de acuerdo con Saturnino y Landers (1997), de la siguiente forma:

- Racionalización en el uso de insumos y maquinaria.
- Protección, mejoramiento químico y reestructuración física del suelo con los residuos de cosecha, la rotación de cultivos, el reciclaje de nutrientes, la preservación de la materia orgánica y el desarrollo de macro e microorganismos responsables por la vida de los suelos.
- Sensible disminución de sedimentación en represas y ríos;
- Reducción sustancial del consumo de combustible por tonelada de grano;
- Reducción del costo de mantenimiento de carreteras de tierra;
- Costos reducidos en el tratamiento de agua para acueducto municipal;
- Eliminación de la contaminación y eutrofización de cursos de agua por los sólidos y solutos en la escorrentía del exceso de agua de lluvia;
- Reducción de la presión de apertura de nuevas áreas (importante para la preservación de la Amazonía);
- Incremento de la fauna acuática y de tierra firme;
- Reducción del riesgo de inundaciones;
- Agricultura productiva, próspera y sostenible, resultando en menores costos en alimentos básicos y una menor migración de la población rural para las grandes ciudades, principalmente cuando se utiliza este sistema en agricultura familiar.

Algunas desventajas son también atribuidas a la siembra directa (Dijkstra, 1984; Souza e Resinde, 1982.; Viesgas e Peeten, 1987):

- Sistema no aplicable a todas las condiciones y no adaptable a algunos tipos de suelos;
- Dificultad en la incorporación de abonos;
- Mayor uso de herbicidas (elevados costos);
- Resultados negativos en suelos mal corregidos y erodados;
- Deficiencia en la eliminación de focos de enfermedades y plagas (presentes en restos de cosechas);
- Necesidad de un mejor conocimiento y generalmente mayores costos en el control de malezas;
- Necesidad de establecimiento de cobertura muerta;
- Exigencia de una asistencia técnica mas especializada.

Las ventajas o desventajas de la siembra directa dependen de una serie de factores y características edafoclimáticas de la región donde ese sistema es o será utilizado y es fundamental que, en cada región, el sistema sea adaptado siguiendo sus vocaciones naturales, de manera que el sistema sea lo mas eficiente posible. Además de esto, se comprueba que, a medida que el agricultor y la región se encuentren mas familiarizados en el uso de la siembra directa, nuevas ventajas son adicionadas al sistema y nuevas alternativas van surgiendo para la solución de problemas.

Un ejemplo de esto es la evolución del sistema en el Brasil (Purísimo 1997): inicialmente, la siembra directa pudo haber sido considerada como alternativa para la solución de los problemas de erosión y conservación del suelo, especialmente en la región de Campos Gerais en el estado de Paraná. La falta de equipos adecuados, la falta de disponibilidad de mayores alternativas en herbicidas para un control mas efectivo de malezas comunes y, obviamente, la falta de mayores conocimientos sobre el tema eran los factores mas limitantes.

Al inicio de los años 80, el plantio directo era muy dependiente del control químico de las malezas y había grandes preocupaciones con los consecuentes riesgos al hombre y al ambiente. Posteriormente, con el uso de la rotación de cultivos, el sistema se volvió mas sostenible, con una reducción en las necesidades de fertilizantes, herbicidas y otros productos químicos.

La mayor utilización de herbicidas de post-emergencia, mas adaptados al sistema, también represento una gran evolución. Los beneficios de la rotación de cultivos incluyeron la reducción en la presión sufrida por plagas y enfermedades, un control mas efectivo de malezas, mejoras en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, reducción de los riesgos económicos, debido a la diversificación y una mayor eficiencia en el uso del agua y nutrientes.

A partir de la última década, la tendencia evolutiva del plantio directo ha sido mucho mas activa, basada mas en oportunidades que en el riesgo. Ejemplo de esa tendencia es el empleo del plantio directo en los sistemas de

producción animal, con la integración agricultura-ganadería. La combinación de cultivos extensivos con la producción de carne o leche, además de representar la inclusión de una cobertura muerta mas variada, favorecida de los beneficios agregados, significa una garantía de alternativa de retorno al equilibrio natural.

Requisitos básicos para el plantio directo

1. Calificación del Agricultor

Por tratarse de un sistema complejo, exige que el agricultor tenga un conocimiento mas amplio y un dominio de todas las fases o etapas del sistema, envolviendo el manejo de mas de un cultivo, y muchas veces, una asociación de agricultura y ganadería. El sistema exige ademas un acompañamiento mas rígido de la dinámica de plagas, enfermedades y malezas, del manejo de fertilizantes y de las modificaciones causadas al ambiente, a medida que el sistema se va implantando.

2. Administración y entrenamiento de la mano de obra.

Por las razones expuestas en el punto anterior, se ve la necesidad de un mayor entrenamiento de la mano de obra.

3. Buen drenaje de suelos húmedos con alto nivel freático.

Este requisito es necesario para que esos suelos sean aptos al sistema, pues el plantio directo ya promueve un aumento del agua en el suelo (como consecuencia de una menor escorrentía superficial, de una mayor infiltración y de una menor evaporación) lo que podría agravar el problema del exceso de humedad en suelos con drenaje deficiente, principalmente en suelos "pesados", en razón de la cantidad o tipo de arcilla predominante donde temperaturas mas frías puedan afectar la germinación y la emergencia de plántulas. Obviamente, en el Brasil, bajas temperaturas del suelo difícilmente se constituyen en un problema.

4. Eliminación, antes de la implementación, de la compactación o de capas adensadas

La presencia de capas adensadas en el suelo, generalmente resultantes del uso inadecuado de arados o de rastras de discos, en años sucesivos, siempre a una misma profundidad, causa una serie de problemas: reducción de la infiltración del agua en el suelo, favoreciendo la escorrentía superficial y la erosión; concentración del sistema radicular en las capas superficiales del suelo, reduciendo el volumen del suelo explorado por las raíces, tanto en términos de nutrición de plantas como de absorción de humedad, volviéndose las plantas mas susceptibles a los veranos y reduciendo su productividad. Como el plantio directo no elimina esas capas adensadas, ese trabajo debe ser realizado antes de la implementación del sistema.

5. La Superficie del terreno debe estar nivelada

Suelos llenos de surcos, zanjales o trillas de llantas deben ser preparados previamente, volviendo la superficie del terreno lo mas nivelada posible. Este problema también es muy común en áreas de pastoreo degradadas. Existen en el mercado sembradoras con un sistema especial de siembra que permite acompañar el microrelieve del suelo; sin embargo, lo ideal es la preparación previa del área.

6. Corrección de la acidez del suelo antes de iniciar el plantio directo

Cono en el sistema de plantio directo el suelo no será volteado y revuelto, es muy importante corregir el suelo tanto en la capa superficial como en la subsuperficial. Para esto, el deberá ser muestreado de 0-20 cm e de 20-40 cm y, si es necesario efectuar el encalado, incorporando la cal lo mas profundo posible; si fuere conveniente, hacer aplicación de yeso para corrección de la capa subsuperficial. Aunque esa haya sido uen la tendencia en el Brasil Central, en el sur del País el uso de la cal en la superficie del suelo ha sido efectiva, trayendo ventajas económicas (debido al menor costo de la aplicación de la cal sin incorporación por medio del uso del arado y rastrillo) y de la conservación del suelo, pues, sin voltearlo y revolverlo, se mantiene la estructura física del campo nativo, lo que es fundamental en el control de la erosión, principalmente en suelos arenosos (Fiorin et al., 1998)

7. Los niveles de fertilidad se deben localizar en la faja de media a alta

Corrección de los contenidos de fósforo y potasio son necesarios antes de iniciar el sistema de plantio directo. En la realidad, el agricultor debe tener como meta mantener los niveles de fertilidad altos y establecer un programa de fertilización de reposición, teniendo en consideración el sistema como un todo y las menores perdidas de nutrientes resultantes de una menor erosión.

8. Los restos de cosecha (socas) en la superficie deben cubrir, por lo menos, el 50% del suelo, o 6 t/ha de materia seca para cobertura del suelo.

Probablemente, este es uno dos requisitos mas importantes para el éxito del plantio directo, por afectar prácticamente todas las modificaciones que el sistema promueve, y muy variable entre las diferentes regiones, pues las opciones de cobertura del suelo dependen de las condiciones climáticas de cada localidad.

9. Jamás pensar en quemar los restos de cosecha.

Este requisito es obvio, pero puede ser un problema con el cultivo del algodón, para el cual, por razones

fitosanitarias, a veces se recomienda la quema de restos de cosecha.

10. Uso del picador y del distribuidor de paja en las combinadas

El objetivo de esa práctica es promover una mejor distribución de los restos de cosecha en la superficie del suelo, facilitando la siembra y protegiendo de manera mas uniforme el suelo.

11. Eliminación de especies de malezas perennes

Esas plantas son de difícil control y tienden a aumentar su infestación con el uso del plantio directo.

12. Evitar una alta infestación de especies de malezas muy agresivas

Esas plantas, además de difícil control, incrementaran el costo de producción.

13. Las especies de malezas deberán ser identificadas y recibir un control específico, antes del plantio directo

Como en el plantio directo las malezas serán controladas sin el uso de procesos mecánicos y su costo representa un alto porcentaje del costo de producción total, toda acción que reduzca o facilite el control de malezas antes de la instalación del plantio directo deberá ser adoptada.

El éxito o fracaso de la implementación del plantio directo depende, además de los requisitos básicos, de la capacidad del productor y de su experiencia en el manejo de diferentes cultivos que harán parte de los sistemas de rotación y/o sucesión de cultivos, envolviendo muchas veces agricultura y ganadería y, en algunas áreas, el manejo de malezas con el uso de herbicidas, en la mecanización agrícola.

En los últimos años, con el crecimiento acelerado do plantio directo, es común que productores no muy expertos, motivados por el éxito del sistema, implantaron el plantio directo sin obedecer requisitos básicos, alegando que eso implicaría un atraso en la implantación del sistema. Ocurre que la no consideración de algunos de los principios básicos comprometerá la viabilidad técnica y económica del plantio directo, generando frustraciones y, muchas veces, implicando el abandono del plantio directo antes que ese sistema pueda manifestar todo su potencial. Así, es prudente que el productor inicie el sistema en pequeñas áreas, para dominarlo mejor.

Rotación de Cultivos

En la implementación y conducción del sistema de plantio directo de manera eficiente, es indispensable que el esquema de rotación de cultivos promueva en la superficie del suelo el mantenimiento permanente de una cantidad mínima de residuos de cosecha, que nunca deberá ser inferior a 2,0 t/ha de materia seca. Como seguridad, se indica que deben ser adoptados sistemas de rotación que produzcan en promedio 6,0 t/ha/año o mas de materia seca. En este caso, la soya contribuye con muy poco, raramente pasando de 2,5 t/ha de masa seca (Ruedell, 1998). Por otro lado, el cultivo del maiz, de amplia adaptación a diferentes condiciones, tiene una ventaja de dejar una gran cantidad de restos de cosecha que, una vez bien manejados, pueden contribuir para reducir la erosión y mejorar el suelo (Fiorin & Campos, 1998).

Al inicio del sistema de plantio directo, es importante priorizar la cobertura del suelo, principalmente si las áreas presentan un cierto grado de degradación. Para esto, donde fuere posible, los cultivos de maiz y de avena integradas y de forma planificada en el sistema de rotación proporcionan un alto potencial de producción de fitomasa y de una elevada relación C/N, garantizando el mantenimiento de una cobertura del suelo, dentro de la cantidad mínima preconizada y por mayor tiempo de permanencia en la superficie. También las braquiárias presentan esas condiciones y representan una excelente alternativa en áreas de integración agricultura-ganadería.

Los residuos de cosecha o soca representa la esencia del plantio directo y desempeña las siguientes funciones:

1. Reduce el impacto de las gotas de lluvias, protegiendo el suelo contra la desagregación de partículas y compactación;
2. Dificulta la escorrentía superficial, aumentando el tiempo y la capacidad de infiltración del agua de lluvia;
3. Como consecuencia, hay una reducción en las pérdidas de suelo y agua por la erosión;
4. Preteje la superficie del suelo de la acción directa de los rayos solares, reduciendo la evaporación y, consecuentemente, manteniendo una mayor cantidad de agua disponible en el suelo;
5. Reduce la amplitud hídrica y térmica, favoreciendo una alta actividad biológica;
6. Aumenta la materia orgánica en el perfil do suelo, aumentando la disponibilidad de agua para las plantas, la CIC del suelo y mejora sus características físicas;
7. Ayuda en el control de malezas, por supresión o por acción alelopática.

Especial atención debe ser dada a la soya y al maiz, cultivos mas usados en el plantio directo, y que presentan grandes ventajas cuando son sembrados en rotación inclusive con aumentos significativos en los rendimientos de ambos cultivos (Cruz, 1982, Derpsch, 1986 e Ruedell, 1998).

En el sur del Brasil, por tener condiciones climáticas más favorables, hay mayores opciones de rotación de cultivos, envolviendo tanto los cultivos de verano como los de invierno, conforme muestran Derpsch (1986) e Ruedell (1998). En el Brasil Central, las condiciones climáticas, con casi total ausencia de lluvias entre los meses de mayo y agosto, dificultan la existencia de cultivos de invierno, excepto en algunas áreas con microclima adecuado o con agricultura bajo riego. Esa situación dificulta o deja pocas opciones para el establecimiento de cultivos comerciales o mismo cultivos de cobertura, esto es, cultivos cuya finalidad principal es aumentar el aporte de restos de cultivos sobre la superficie del suelo, exigiendo que estas tengan características peculiares, como un rápido desarrollo inicial y una mayor tolerancia a la sequía. Trabajando con varias opciones de rotación de cultivos de verano (cosecha normal) y de safrinha, en la región de Rio Verde, GO, Ferreira (1998) encontró que las mayores productividades de maíz son sobre los residuos de algodón, girasol, guandú y en nabo forrajero, mientras que, para el cultivo de la soya, las mejores respuestas fueron sobre los residuos de maíz, avena, sorgo y millo (Milheto).

En el Brasil Central la implementación del plantio directo ha sido facilitada en áreas donde es posible el desarrollo de safrinha. En ese caso, safrinha es entendida como el segundo cultivo de una sucesión dentro de la misma época lluviosa, sembrada sin irrigación. La safrinha solo es posible donde el período lluvioso se prolonga un poco más. Dentro de los principales cultivos de safrinha, se destacan el maíz, que ya ocupa cerca de dos millones quinientas mil hectáreas sembradas en la cosecha 1999/00, el sorgo, el millo y el girasol.

En Minas Gerais, la safrinha de maíz representa menos del 2% de la safrinha brasilera, constituyendo una dificultad adicional en la formación de cobertura muerta adecuada para el plantio directo. Además de eso el área sembrada con maíz en el Estado es más de el doble del área de soya, siendo que, en algunas regiones, como el Sur de Minas Gerais, la siembra de la soya no es común, lo que restringe las alternativas de rotación de cultivos y dificulta la implementación del plantio directo. En esa región, también es común la siembra de maíz para la producción de ensilaje, cuando toda la producción de biomasa es retirada del terreno y la interacción agricultura-ganadería es muy fuerte. La experiencia de varios agricultores de la región han demostrado la posibilidad de la siembra del maíz sobre residuos de braquiárias. En ese caso, cuando la cobertura inicial no es aun adecuada, es común la siembra del maíz asociado con la braquiária. La semilla de la forrajera generalmente es colocada junto al fertilizante de la sembradora de maíz y sembrada a una mayor profundidad que el maíz. Algunos agricultores ya usan, después del maíz para ensilaje, la siembra de otra cosecha maíz, avena, siembras de sorgo forrajero o de corte y pastoreo o milheto. Esas alternativas, aunque sean viables, necesitan de alguna otra opción para romper este ciclo de siembras de gramíneas.

En el Brasil Central (Centro-Oeste y Sudeste), la expansión del sistema de plantio directo asociado a un programa de integración agropecuaria se ha mostrado altamente promisorio. Se estima que en la región de los Cerrados brasileros, con cerca de 204 millones de hectáreas consideradas como cultivables, apenas alrededor de 44 millones son ocupadas actualmente, siendo alrededor de 11 millones con cultivos de secano (soya, maíz, etc.); 31 millones de pasturas cultivadas (principalmente do genero *Brachiaria* spp) y dos millones en cultivos permanentes. Por otro lado, datos de la Fundación MS muestran que, después de la recuperación de la pastura con dos a tres años de soya, luego en el primer año, después de la recolección de la soya es posible producir 20 arrobas o 300 kg de carne/ha/año y, gradativamente, ir disminuyendo la producción en el segundo, tercero y cuarto año después de la soya, con valores de 14,0, 9,0 y 5,4 arrobas/ha/año de carne, respectivamente (Roos, 2000). Broch (2000) describe también la evolución de la integración agricultura-ganadería en el Centro-Oeste del Brasil. Segundo este autor, la Fundación MS recomienda el plantio directo sobre pastura degradada y no sobre suelo degradado. Pastura degradada es aquí definida como aquella que presenta una productividad menor del 40 % de su potencial productivo en condiciones ideales de manejo y clima. Como referencia el autor cita que una pastura de *B. decumbens* y *B. brizantha* que bajo condições ideales presenta una ganancia de 210 kg de carne/ha/año, es considerada degradada cuando pasa a producir alrededor de 40 % de eso, o sea, 84 kg de carne/ha/año. Por otro lado, suelo degradado es aquel que presenta acidez elevada, baja fertilidad y erosión del suelo.

La implementación del plantio directo sobre pastura degradada depende de algunas consideraciones, entre ellas la probable necesidad de preparación del suelo para corrección de desuniformidades (surcos de erosión, trillas de ganado, binde (termiteros), pies de rastra o pies de arado etc.) y, si no fuere el caso, podrá ser realizada el encalado superficial o en el surco de siembra, junto al fertilizante. Generalmente hay necesidad del uso del surcador en la sembradora, para una mayor profundidad del fertilizante y preparación del surco de siembra y mejor desarrollo radicular del cultivo a ser instalado. La soya ha sido el cultivo más utilizado en este sistema, pero también otros cultivos, como el maíz, frijol y algodón, con mayores exigencias nutricionales, especialmente por nitrógeno, pueden hacer parte del sistema, ajustándose el manejo de nutrientes a las necesidades del sistema, especialmente de la fertilización nitrogenada en la siembra (Ferreira, 1998).

La contribución de la braquiária en el plantio directo es presentada en la Tabla 1, que muestra la evaluación de la cantidad y de la distribución del sistema radicular de una pastura de *B. decumbens* 16 años después de su formación y en pastoreo continuo.

Tabla 1. Producción y distribución del sistema radicular de *B. decumbens*, evaluado 16 años después de su formación y en pastoreo continuo.

Profundidad (cm)	Materia seca (T/ha)	Distribución (%)
0-4	0,938	54
4-9	0,191	11
9-15	0,140	8
15-30	0,150	9
30-60	0,175	10
60-100	0,147	8
Total	1,741	100

Fuente: Broch (2000).

Se espera, que al decomponerse esas raíces en la capa superficial del suelo (mas del 50 % del total se encuentran en los primeros 4,0 cm superficiales) provoquen la descompactación natural de la superficie del suelo, que podría estar compactado por el pisoteo de los animales.

Modificaciones causadas por el plantio directo

Por ser un sistema en el que no se voltea y revuelve el suelo y fundamentado en la presencia de restos de cultivos sobre la superficie, en sistemas de rotación de cultivos, una serie de modificaciones ocurre en el ambiente del suelo afectando el desarrollo y la productividad de los cultivos.

Características físicas.

Como las características físicas del suelo son interdependientes, la ocurrencia de modificaciones en una de ellas normalmente acarrea cambios en todas las otras. Una de las primeras preocupaciones cuando se trata de manejo de suelo es su influencia en la absorción y disponibilidad de agua, pues el estado en que se encuentra la superficie del suelo ejercerá gran influencia en la infiltración, drenaje y escorrentía superficial (Castro,1989). La costra que se forma en esa superficie durante lluvias intensas tienen un efecto mayor en la absorción de agua que el tipo de suelo, la pendiente del terreno o su contenido de humedad. El escurrimiento superficial depende de la infiltración del agua en el suelo y, consecuentemente, de todos los factores que la influyen. En general, el escurrimiento superficial es menos influenciado que las pérdidas de suelo por el tipo de preparación (Bertol, Cogo & Cassol, 2000) . Según esos autores, citando algunos trabajos de literatura, la escorrentía superficial puede ser expresivo, aun sin preparación del suelo, especialmente cuando es sometido a lluvias de alta erosividad y, principalmente, grandes longitudes de rampa, y o pendientes acentuadas, donde los residuos de cultivos pueden ser removidos de la superficie del suelo por la escorrentía.

Los datos de la Tabla 2 ejemplifican el efecto de restos de cultivos sobre la escorrentía superficial, infiltración y pérdidas de suelo.

Tabla 2. Efecto de diferentes niveles de residuos de cultivos sobre la escorrentía superficial, infiltración y pérdida de suelo, en pendiente de 5%.

Residuos (t/ha)	Efectos sobre el agua y el suelo		
	Escorrentía (%)	Infiltración (%)	Pérdida de suelo (t/ha)
0	45,3	54,7	13,69
0,550	24,3	74,7	1,56
1,102	0,5	99,5	0,33
2,205	0,1	99,9	0
4,410	0	100,0	0

Fuente: Adaptado de Ramos (1976) citado por Ruedell (1998)

La cobertura vegetal (viva o muerta) tiene efecto en la intercepción de las gotas de lluvia, disipando su energía cinética, porque evita el impacto directo sobre la superficie del suelo, reduciendo la desagregación de sus partículas que es la fase inicial del proceso erosivo. Además de eso, la cobertura vegetal reduce la velocidad de escorrentía de los aguaceros, y mejora o mantiene la capacidad de infiltración del agua en el suelo, reduciendo el efecto de la desagregación del suelo, evita el sellamiento superficial, provocado por la obstrucción de los poros

con las partículas finas desagregadas (Castro, 1989). Ejemplificando esa situación, datos de Derpsch et al. (1986), citados por Castro, (1989) muestran que las curvas de infiltración obtenidas con lluvia simulada, donde la infiltración básica con plantio directo fue de 45 mm/h (100%), para la preparada con arado escarificador, fue de 35 mm/h (78%) y solamente 26 mm/h (58%) para la preparación convencional.

Por eso, el suelo debería permanecer siempre y completamente cubierto por restos vegetales. Una infiltración total de altas precipitaciones pluviométricas solo es garantizada si el suelo se encuentra con un 100% de cobertura. Para esto, son necesarias de 4 a 6 t/ha de cobertura muerta, según Derpsch et al. (1991) y confirmado por otros autores citados por ellos. Resaltan aun que las cantidades de residuos obtenidas después de las recolecciones de soya y trigo, en el Paraná, de 2,5 t/ha y de 1,5 t/ha respectivamente, en una secuencia de cultivos soya/trigo, son insuficientes, habiendo necesidad de incluir abono verde y plantas productoras de cobertura muerta, tal como maíz en el sistema de rotación de cultivos, para que el plantio directo alcance el máximo de eficiencia. Para una misma cantidad de agua perdida por escorrentía, esta transporta mucho menos suelo en plantio directo de que en el sistema convencional. Entretanto, algunos casos de erosión significativa han sido observados en áreas de plantio directo debido a la baja cobertura del suelo con residuos, el desmonte del sistema de terrazas y la siembra sin obedecer las curvas de nivel (Vieira, 1985).

La cobertura muerta en plantio directo reduce las pérdidas de agua por evaporación, como consecuencia de tres aspectos: a) reduce la cantidad de radiación solar directa que alcanza la superficie del suelo, disminuyendo la cantidad de energía disponible para el agua cambiar del estado líquido para vapor; b) El vapor de agua necesita difundirse por medio de la espesura de la capa de restos de cultivos, lo que reduce sustancialmente su pérdida, cuando comparado con las pérdidas en una superficie de suelo descubierto; c) La capa de residuos orgánicos actúa como un aislante térmico, reduciendo la conducción del calor hacia el interior del suelo (Phillips, s.d.). Como consecuencia, hay una mayor disponibilidad de agua para las plantas, lo que ya fue confirmado por varios autores (Vieira, 1981 e Cruz, 1982 entre otros). Además de una mayor infiltración y una menor pérdida por evaporación, la mayor disponibilidad de agua para las plantas en el plantio directo también puede ser atribuida a una modificación en la curva característica del agua en el suelo (Lal, 1974). Según Sidiras et al. (1983), el sistema de plantio directo era capaz de retener de 36 a 45 % mas agua disponible para los cultivos.

Densidad del suelo y porosidad

La preparación mecánica del suelo afecta su densidad y porosidad. Generalmente, el plantio directo presenta mayor densidad global del suelo y mayores valores de microporosidad, con la consiguiente reducción en volumen total de poros y en la macroporosidad. Esos efectos ocurren en la capa arable del suelo, alcanzando de 15 a 20 cm. Comparado con la preparación convencional, aunque los valores de densidad sean mayores en el plantio directo, hay una mayor homogeneidad a lo largo del perfil. En el sistema convencional, los valores de la densidad son menores en la capa arable, pero puede presentar valores mayores luego debajo da camada arable, caracterizando la presencia de "pies-de-arado o pies-de-rastra." Por otro lado, el uso excesivo de maquinaria sobre áreas de plantio directo en suelo con contenidos de humedad inadecuada puede agravar los problemas de aumento de la densidad global. Este problema es agravado en suelos arcillosos. Aunque los mayores valores de densidad global y bajo volumen de macroporos del plantio directo en relación al convencional sean características que podrían limitar la infiltración, otras características, como el no revolver el suelo, la mayor estabilidad de agregados, y los efectos de la cobertura muerta reduciendo o eliminando el efecto de sellamiento superficial del suelo y el escurrimiento superficial, acaban promoviendo una mayor infiltración del agua en el plantio directo.

Los agricultores han observado esa mayor "compactación" del suelo en los primeros años después de la implantación del plantio directo y que ese efecto puede afectar el rendimiento de cultivos mas sensibles, como el algodón. Entretanto, los propios agricultores ya observaron que el efecto nocivo de esa "compactación" aparente desaparece a medida que el plantio directo se establece adecuadamente. Es de esperarse que, en áreas de plantio directo donde se tienen en cuenta los principios básicos de su implementación, principalmente con relación al establecimiento de una cobertura muerta adecuada y a la eliminación previa de capas adensadas, que el efecto de la "compactación" sea menor y que desaparezca mas rápidamente. De cualquier forma, la dinámica de esa compactación, real o aparente, y el tiempo necesario para su desaparición deberán tener un mayor estudio.

Estabilidad de Agregados

Otra importante característica del plantio directo es el aumento en la estabilidad de agregados, lo que le confiere mayor resistencia a la desagregación por el impacto de las gotas de lluvia y, consecuentemente, menores problemas con la formación de sellamiento superficial, resultando en mayor infiltración y menor erosión. Según Vieira (1985), esa mayor estabilidad de agregados en el plantio directo puede ser explicada por un conjunto de las siguientes razones:

Y La destrucción mecánica de los agregados en la preparación convencional, por medio del revolvimiento del suelo por los implementos, generalmente, mas de una vez por año, debilitaría la estructura del suelo;

Y La mayor concentración de cationes como Ca^{++} y Mg^{++} próximos a la superficie del suelo, bajo plantio directo, podría afectar positivamente la estructura;

Y La presencia constante de material orgánico en descomposición en la superficie del suelo, favorecería la agregación del suelo bajo estudio en la capa de 0 -2 cm;

Y La capa muerta, que evita el impacto directo de las gotas de lluvia, protegería la estructura superficial del suelo;

Y Con la mayor densidad global en el plantio directo, los agregados se volverían mas resistentes a la desagregación;

Y La mayor población de lombrices de tierra en el plantio directo produce coprolitos que forman agregados de alta estabilidad.

Temperatura del Suelo

La temperatura del suelo es también afectada por el plantio directo, considerando que ella es afectada por la radiación solar, propiedades físicas del suelo, contenido de agua en el perfil del suelo, conductividad térmica y capa del suelo. Debido a la capa de cobertura muerta, menores oscilaciones de temperaturas, menores temperaturas a lo largo de un día y temperaturas inferiores durante el ciclo de los cultivos fueron medidos en plantio directo (Derpsch et al. 1991). En las condiciones de la región norte del Corn Belt americano, la menor temperatura del suelo en el plantio directo es considerada una de las mayores limitaciones para la adopción del sistema en la región, pues puede perjudicar la germinación, la emergencia, el desarrollo inicial y la absorción de nutrientes por plantas de maíz, soya, trigo y otras. Por otro lado, Lal (1976) concluyo que las menores temperaturas en el plantio directo son bastante ventajosas especialmente en áreas donde la temperatura del suelo excede los valores supra-óptimos, y cita diferencia máxima de hasta 11°C entre el plantio directo y áreas preparadas convencionalmente. Además del desarrollo de plantas, el balance hídrico y la temperatura del suelo tiene gran influencia en la actividad biológica del suelo.

Fertilidad del suelo.

En el plantio directo, la acumulación constante de restos de siembra en la superficie del suelo, el no revolver el suelo y el uso de fertilizantes y correctivos resultan en la formación de un gradiente de fertilidad en sentido vertical (Petrere & Ruedell, 1995 citados por Fiorin; Caen Lal & Campos, 1998) y mayor variabilidad en el sentido horizontal, por las líneas de fertilización, principalmente en la fase de implantación del sistema (Anghinoni & Salet, 1996 y Fiorin, Caen Lal & Campos, 1998), lo que determina la modificación en el sistema de muestreo del suelo, tanto en términos de localidad y profundidad del muestreo como en el número de submuestras que irán componer la muestra compuesta (Schlindwein & Anghinoni, 2000).

Como la estratificación de nutrientes en el suelo ocurre después en un determinado periodo de ser adoptado el sistema, en términos de profundidad de muestreo y de la evaluación de la necesidad de encalado y para la recomendación del plan de fertilización, debe ser llevada en consideración en la fase de implantación del sistema (hasta 4-5 años) y en la fase establecida (después un periodo de 4-5 años) (Fiorin, Caen Lal, Campos & Petrere, 1998).

Al iniciar el sistema de plantio directo, se deben corregir los impactos negativos de la acidez de la mejor manera posible, siendo eso considerado un pre-requisito para el éxito del sistema. Estos impactos negativos pueden ser calificados en apenas dos asuntos básicos: eliminación de la toxidez de Al y/o manganês (Mn) y ofrecimiento de Ca y Mg, elementos esenciales en la nutrición. De conformidad a lo sugerido por Sousa & Lobato (2000), la acidez superficial (0 a 20 cm) y la subsuperficial (20 a 60cm) deben estar corregidas, lo que posibilita un mayor desarrollo radicular de las plantas y un aumento en la absorción de los nutrientes y del agua por los cultivos. A ese respecto, se debe alertar por el hecho de que en muchas áreas esos cuidados no fueran debidamente tomados en cuenta, resultando, en muchos casos, en el retorno al sistema convencional (Sá, 1999).

Para iniciar el sistema de plantio directo, es aconsejable hacer muestreos de suelo y la incorporación de la cal a profundidades superiores que las indicadas para la preparación convencional, lo que favorecería el desarrollo de las raíces en el perfil del suelo.

En el caso de áreas con plantio directo ya establecido, está comprobada la viabilidad técnica y económica de la utilización de la cal en la superficie del suelo (Pöttker & Ben, 1998 y Caires et al., 1998, 1999 y 2000, entre otros).

Algunas hipótesis pueden ser sugeridas para explicar la acción del correctivo aplicado en superficie (Caires et al., 2000 y Sá, 1999):

a) Arrastre de partículas de cal por el agua percolada en el suelo, a través de canales formados por raíces muertas, de galerías de organismos del suelo (micro, meso y macro fauna) y por grietas del suelo;

- b) Formación y migración de $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, para capas mas profundas del suelo, teniendo en cuenta que, en el SPD, la acidez superficial es disminuida por diferentes mecanismos;
- c) Movimientos del Ca y del Mg intercambiables del suelo, relacionados con el mecanismo de lixiviación, por medio de la formación de complejos orgánicos hidrosolubles presentes en los restos de las plantas;
- d) Mezcla de partículas de cal con residuos de plantas por la acción de la fauna, que puede ser transportada en el perfil del suelo.

Otro hecho que merece ser destacado, es el de que altas productividades de siembras como maiz, soya y trigo han sido encontradas en tratamientos con ausencia de encalado, en suelos con elevada acidez, siendo las respuestas al encalado ausentes o inexpresivas. Las explicaciones para eso, según Caires (2000), han sido relacionadas con las características inherentes a ese sistema de siembra. Cabe mencionar las siguientes: los materiales vegetales, mantenidos en la superficie del suelo en el plantio directo, ejercen efectos positivos bajando la acidez, aumentando el pH y reduciendo el contenido de Al, estando esta reducción asociada al aumento del pH y a la formación de complejos orgánicos, al aumento en la capacidad de cambio de cationes, debido al aumento también de los contenidos de materia orgánica, en suelos ácidos bajo SP, puede proporcionar mayor concentración de cationes cambiables, suficiente para obtención de altas productividades; la elevada producción de granos puede, también, ser atribuida a la adecuada absorción de nutrientes por las plantas propiciada por la mayor humedad en las capas superficiales en el plantio directo.

Concluyese, por lo expuesto, que la necesidad de cal en el plantio directo es menor que la requerida en el sistema convencional. Segun Wiethölter (2000), con el aumento del área de plantio directo, la tendencia es usar menores cantidades de cal por área y en intervalos mayores que aquellos adoptados en el sistema convencional, implicando en la reducción de costos de producción.

En el caso del abono nitrogenado, cuidado especial debe ser dado a áreas donde se utiliza la siembra de gramíneas, que presentan una alta producción de biomasa y una tasa de descomposición mas lenta. Esa situación es común, principalmente cuando es implantado en áreas con cierto grado de degradación y con bajos contenidos de materia orgánica en el suelo y deberá prevalecer en la región de los Cerrados, donde las opciones de siembra de cobertura son limitadas.

De esa forma, el manejo del abono nitrogenado en gramíneas (maiz, sorgo, trigo, cebada etc.) deberá ser ajustado, utilizándose una mayor dosis en la siembra (cerca de 30 kg/ha, segun Fiorin, Caen Ial & Campos, 1998 y Sá, 1996). Esa situación es mucho común en los cultivos de maiz después avena negra, utilizada como cobertura de invierno. La gran utilización de la avena negra esta función de la facilidad de adquisición de semillas, buena producción de biomasa, ciclo adecuado y facilidad de manejo.

La utilización de sistemas de rotación, cuyo cultivo anterior al maiz sea una leguminosa, proporciona una economía del 50% de nitrógeno (Sá, 1996). Resultados actuales han demostrado, en algunas situaciones especiales, ser posible la anticipación de la dosis destinada a la aplicación en post-emergencia para el momento del manejo de la cobertura verde (Sá, 1996 y Ceretta, 1997). Esta alternativa, donde sea viable, podrá presentar mayor rendimiento operacional de la maquinaria, pues el fertilizante nitrogenado puede ser distribuido al voleo, al contrario de la aplicación en surco (banda) en postemergencia del cultivo.

Ceretta (1997) enfatiza que, aunque la aplicación en presiembra no sustituye completamente el abono en postemergencia, representará reducción de tiempo, economía de mano de obra y menor costo operacional de maquinaria. Además de eso, esa aplicación minimiza o elimina los efectos negativos de la inmovilización de N, por microorganismos que pueden limitar el crecimiento de plantas de maiz, cultivadas en sucesión a la avena. Entretanto, la aplicación de nitrógeno antes de la siembra del maiz no ha mostrado ser ventajosa para las condiciones del Brasil Central.

El fósforo es el nutriente que permite mayor economía en el sistema plantio directo. Segun Muzilli (1985) la no movilización del suelo por la preparación permite reducir los efectos de "fijación". El comportamiento del fósforo en el plantio directo difiere en relación a la preparación convencional en tres puntos básicos (Sá, 1998):

- ÿ El no revolver el suelo reduce el contacto entre los coloides y el ión fosfato, minimizando las reacciones de adsorción;
- ÿ El mantenimiento de residuos de cultivos sin su incorporación al suelo resulta en la formación de surcos con mayor concentración de fósforo, debido al abonamiento de los cultivos;
- ÿ La mineralización lenta y gradual de los residuos proporcionan una liberación y redistribución de formas orgánicas de P mas estables y menos susceptibles a las reacciones de adsorción. Esas características, asociadas a una combinación de cultivos con habilidades diferenciadas cuanto a la absorción y acumulación de fósforo (Sá, 1998) y una mejor eficiencia de aprovechamiento del fósforo por las plantas, debido al mayor contenido de

humedad en la capa arable, favoreciendo la tasa de difusión del nutriente hasta las raíces (Muzilli, 1985), ha demostrado la posibilidad de reducción en los costos con fertilizantes fosfatados en plantío directo.

Como las alteraciones en la disponibilidad de potasio no son tan marcantes en el plantío directo y por ser las productividades de los cultivos semejantes en los dos sistemas de cultivo, (plantío directo y convencional) las recomendaciones de fertilización potásica han sido las mismas de aquellas recomendadas para el sistema convencional.

Actividad Biológica

El contenido de materia orgánica ha sido considerado hace mucho tiempo como uno de los más importantes condicionantes de la productividad de los cultivos. La materia orgánica adiciona nutrientes a las plantas, mejora la estructura del suelo, influencia las relaciones entre agua, aire, resistencia mecánica y temperatura del suelo, ayuda en el control de la erosión y mejora el desempeño de los equipos de preparación del suelo (Tormeen la, 1996).

La disponibilidad de materia orgánica es fundamental para la vida microbiana del suelo, pues es de ella de donde la mayoría de los organismos obtienen energía y los elementos minerales y orgánicos para la realización de sus procesos vitales. Aunque partiendo de una producción de iguales cantidades de restos de cosecha, el hecho de que, en el plantío directo, los restos de cultivos quedan en la superficie del suelo, mientras que en la preparación convencional son enterrados, resulta en diferentes tasas de descomposición del material vegetal. Al realizarse la incorporación de los restos de cultivos por la preparación del suelo, el aireamiento es favorecido, lo que, concomitantemente con la introducción de residuos vegetales, acelera la actividad microbiana y, consecuentemente, su rápida descomposición.

Por otro lado, en el plantío directo, la tierra se mantiene compacta (no revuelta) y los residuos en la superficie, lo que reduce el contacto con los microorganismos y, por eso, la tasa de descomposición es menor (Almeida, 1985). Así, en iguales circunstancias, el contenido de materia orgánica es mayor en áreas con plantío directo comparado con áreas preparadas convencionalmente, y esto corresponde a una actividad microbiana más elevada.

Investigaciones realizadas en los EUA, por el USDA/ARS (Derpsch, 1997) muestran que el carbono del suelo se pierde muy rápidamente en la forma de CO₂ minutos después de la preparación intensiva del suelo y que la cantidad perdida tiene relación directa con la intensidad de la preparación. Después de 19 días, la pérdida total de carbono de una parcela arada de trigo fue hasta cinco veces más alta del que la de parcelas no aradas.

Por otro lado, el plantío directo puede representar una reducción entre 64 % y 74 % en el consumo de combustible diesel (Gentil et al. 1993). En cuanto los combustibles fósiles son responsables por la mayor cantidad de dióxido de carbono que entra en la atmósfera, se estima que la amplia difusión de cultivo conservacionista (que deja, en el mínimo, 30% de cobertura con residuos vegetales sobre la superficie del suelo después de la siembra) podría compensar hasta 16 % de las emisiones de dióxido de carbono por combustibles fósiles en el mundo (CTIC, 1996 citado por Derpsch, 1997).

El plantío directo, por la acción de la cobertura muerta en la superficie del suelo, mantiene los contenidos de humedad más constante, siendo menos frecuente los ciclos de humedad y secado del suelo. En condiciones de encharcamiento, el aire es expulsado del suelo, muriendo los organismos aeróbicos, de mayor interés agronómico. En condiciones de sequía, también ocurre muerte de los microorganismos. Por otro lado, el revolvimiento del suelo por la arada y las rastrilladas causa grandes modificaciones en las poblaciones microbianas, pues los microorganismos que se encuentran en mayores profundidades son traídos para la superficie desnuda del suelo y, no soportando la exposición a las amplitudes térmicas y alternancias de humedad, mueren.

En la preparación convencional, la aireación provocada por la arada y rastrillada y la incorporación masiva de los residuos orgánicos incrementan la actividad temporaria de los microorganismos que luego decrece cuando esos residuos son consumidos.

Además de microorganismos, en el suelo también viven nematodos, moluscos, anélidos, artrópodos, etc. y hasta vertebrados, que también desempeñan papel importante en la biología del suelo. Se estima que en suelos fértiles la población de microorganismos alcanza, en peso, desde centenas de quilogramos hasta algunas toneladas por hectárea. Las fluctuaciones poblacionales de microorganismos, especialmente los artrópodos y lombriz de tierra, en áreas de cultivo dependen de los sistemas utilizados. La población aumenta bajo circunstancias más favorables, como el plantío directo (por el mantenimiento de materia orgánica, por el no revolvimiento del suelo y por la rotación de cultivos), en cuanto que en el sistema convencional disminuye drásticamente (Kenper & Derpsch, 1981, citados por Almeida, 1985 y Tanck et al., 2000).

La mayoría de los macroorganismos del suelo se mueven en la tierra en busca de alimentos o para la colocación

de huevos, abriendo galerías que contribuyen en el aumento de la permeabilidad del suelo, facilitando un drenaje más rápido del exceso de agua y mejorando el aireamiento, lo que conlleva a una mayor disponibilidad de oxígeno para las raíces y microorganismos. Además de eso, los canalículos formados facilitan el desarrollo del sistema radicular. Las lombrices de tierra son particularmente eficientes en este proceso y, como se alimentan de tierra, algunas especies la transportan desde la superficie para las capas inferiores y vice-versa, promoviendo mayor homogeneización del suelo y contribuyendo para su descompactación.

En el plantio directo, la descomposición es más lenta, manteniendo la población microbiana más constante (Almeida, 1985). Una de las principales consecuencias de ese aspecto es el efecto de la siembra directa bajo la simbiosis rizóbio-leguminosas. Voss & Sidiras (1985) comprobaron que, en parcelas con plantio directo, el peso y el número de nódulos fueron superiores a los de las parcelas con plantio convencional (Tabla 3), resultando en una mayor masa nodular, en una distribución más profunda de los nódulos en el perfil del suelo y en un mayor número de nódulos en plantas de soya. Esos resultados fueron atribuidos a la mayor cobertura del suelo, que proporciona menores variaciones de temperatura y mayores contenidos de humedad en el suelo.

Tabla 3. Efecto de dos años de plantio directo y sistema convencional en la masa nodular de soya, en la rotación tremoso-maiz-triticale.

Tipo de preparación	Peso de nódulos (mg/planta)	Número de nódulos por planta	Peso de nódulos (mg/nódulo)
Plantio directo	194,1 a*	40,75 a*	4,78 a*
Sistema convencional	113,5 b	31,14 b	3,64 b

* Diferencia significativa a 5% por el prueba de Duncan.

Fuente: Voss & Sidiras (1985)

Basándose en varios resultados de investigación, se ha sido sugerido que, en plantio directo con mínimo tres años de cultivos de soya inoculada, podrá no presentarse respuesta a la inoculación (Fiorin, Caen lal, Campos & Petrere, 1998).

Presencia de plagas

En la preparación convencional del suelo, la arada y la rastrillada, además de controlar malezas, poseen también el objetivo de eliminar o minimizar los problemas causados por ciertas plagas que pasan por lo menos una parte de su ciclo biológico en el suelo o en su superficie. Un ejemplo de esto es el efecto de la rastrillada leve que causa a mortalidad de las pupas del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) de 35 a 50 % (Cruz, 1995).

Para el sistema de plantio directo, las plagas conocidas como de hábito subterráneo son las más importantes. Por causa de la ausencia de preparación de suelo, se desarrollan grupos de plagas con ciclo biológico más largo y la bioecología de esas plagas difiere sustancialmente del sistema convencional. La mayoría de los insectos subterráneos considerados plagas son polípagos y utilizan como hospederos cultivos como el maíz, soya, trigo, arroz, frijoles, usualmente componentes del sistema de plantio directo. Varios grupos de insectos dañan las semillas después de las siembras o atacan el sistema radicular de esos cultivos. Generalmente, el ataque acarrea fallas en la población de los cultivos y las plantas sobrevivientes se vuelven improductivas o aumentan las pérdidas en la recolección, debido al volcamiento o por los daños causados a las semillas y al sistema radicular.

Informaciones sobre plagas subterráneas en el Brasil son restringidas. Especies de las familias Elateridae, Scarabeidae, Chrysomelidae y Curculionidae fueron predominantes en encuestas realizadas en la región tritícola de Rio Grande del Sur (Guerra et. al. 1976). Gassin (1989) publicó informaciones sobre la identificación, la biología y los daños de algunas especies asociadas a la parte subterránea de plantas cultivadas en el Sur del Brasil. Costa et. al. (1991) relataron los géneros *Delia*, *Elasmopalpus*, *Spodoptera*, *Agrotis*, *Conoderus*, *Euetheola*, *Pantomorus* y *Diabrotica* como los más importantes en el contexto económico, en encuesta realizada en el cultivo de maíz en el Rio Grande del Sur. En Minas Gerais, los grupos predominantes de insectos de suelo encontrados en el cultivo de maíz fueron termitas (comejenes), larvas e adultos de coleópteros, destacándose la incidencia de larvas del insecto alambre, en el noroeste del estado (Waquil et. al. 1991). En Paraná, Vian la et. al. (1992) relataron la predominancia de larvas de bicho bolo (coró), larvas de alambre, percevejo preto, en el suelo, chilópoda y larva Angorá, atacando el sistema radicular del maíz. Bianco (1985) relata algunas comparaciones y muestra que generalmente el problema de presencia de plagas es mayor en el plantio directo comparado con la preparación convencional del suelo.

Presencia de enfermedades

Los efectos del plantio directo sobre la presencia de enfermedades en el Brasil aun son poco estudiados, pero los restos de cultivos mantenidos sobre la superficie del suelo servirán como fuente de nutrientes y abrigo para la sobrevivencia, crecimiento y reproducción de organismos patógenos.

Patógenos foliares de maíz de baja capacidad competitiva saprofita, como los incitadores de la antracnosis (*Colletotrichum graminicola*), diplódia (*Diplodia macrospora*) y mancha de cercospora (*Cercospora zeae-maydis*), que hasta recientemente de menor importancia, han mostrado un aumento en la severidad con el aumento en el área de plantio directo en el Brasil.

Según Nazareno (1998), existe mucha información sobre la presencia de enfermedades en función del sistema de plantio. Para algunos casos, la intensidad de enfermedades es siempre mayor en el plantio directo. Para otros, la presencia de inóculo en los residuos de cosecha no significa necesariamente desarrollo de epidemias, pues sin condiciones ambientales favorables no habrá enfermedades. Las consecuencias serán más nocivas si no es establecido un sistema adecuado de rotación de cultivos.

En el caso de patógenos transportados por el viento, un cultivo puede sufrir influencia de restos de cultivo de áreas adyacentes. Así, al usar el plantio directo, el agricultor deberá tener un profundo conocimiento de la historia del lote a utilizar, del cultivo a ser implementado y de sus respectivos patógenos, de las condiciones que pueden volver favorables el surgimiento de enfermedades y de las medidas preventivas de control.

Desarrollo de plantas y productividad

Una vez que prácticas de manejo de suelos afectan la densidad aparente, la porosidad, la aireación, la disponibilidad del agua y la distribución de nutrientes en el suelo, ellas también afectarán la morfología y la distribución de raíces. Ha sido observada una mayor concentración de raíces de maíz en la capa superior del suelo en sistema de plantio directo comparado con el convencional (Cruz, 1982) Resultados similares son relatados para el cultivo de soya (Kamprath et al., 1979).

Sá & Petrere (1996) evaluaron el sistema radicular del maíz, utilizando el método del perfil cultural, en diferentes áreas del Paraná y de Rio Grande del Sur, con diferentes números de años de adopción de plantio directo. Según esos autores, lo que quedó bien caracterizado es que, cuanto mayor el tiempo de adopción del plantio directo con rotación de cultivos, mejor fue la distribución del sistema radicular en profundidad, caracterizando un mejor aprovechamiento del volumen de suelo explorado, teniendo siempre en consideración el tipo de suelo, las condiciones climáticas de cada localidad y el nivel de fertilidad de cada área evaluada. Esos autores también relatan una mayor densidad de raíces en la capa superficial del suelo. Aunque sea nítida las modificaciones en el sistema radicular, no siempre existe una relación directa entre el número de raíces y el rendimiento del cultivo.

Los resultados de evaluación de sistemas de manejo del suelo sobre los rendimientos de los cultivos varían bastante de cultivo para cultivo y con las condiciones de las pruebas, entretanto, resultados experimentales han mostrado ventajas del plantio directo sobre el convencional. En el caso específico del maíz, aparentemente, el efecto benéfico del plantio directo depende de un manejo más apropiado. Encuesta realizada en Mato Grosso del Sur (Melo Filho e Richetti, 1998) mostró que prácticamente todos los productores que realizan el plantio directo cultivan la soya en ese sistema, pero apenas 59,14% cultivan maíz. La justificación es que el maíz presenta problemas como por ejemplo, dificultad en la aplicación de nitrógeno en postemergencia y que el sistema radicular no presenta buen desarrollo. En esa encuesta, en la mayoría de las veces, los productores informaron que la productividad del maíz es menor que en la del sistema convencional. El menor rendimiento del maíz en el plantio directo, comparado con el convencional, es también relatado por Bauen Iann (1997), en el Estado de Indiana, Estados Unidos, donde el maíz en el plantio directo produce 14% menos que el maíz sembrado convencionalmente. Esa diferencia, entretanto, cae para 3% en el caso del maíz sembrado en rotación con la soya.

Cuando comparado con la preparación convencional del suelo con rastrillo arador (sistema bastante común en Brasil central), el plantio directo del maíz ha presentado rendimientos superiores (Deen Iaria & Duarte, 1997 y Cruz, 1999).

Un importante aspecto en el plantio directo del maíz es el establecimiento de la densidad de siembra deseada. La presencia de una densidad de siembra (población) cerca de la deseada es común en plantio directo, donde las condiciones del suelo y de la sembradora no son favorables. Donde hay exceso de residuos, residuos mal distribuidos, microrelieve irregular, normalmente asociados a suelo con mayor contenidos de humedad que el adecuado, puede haber una reducción de la densidad de siembra, además de causar emergencia desuniforme y atraso en el desarrollo inicial. Estos problemas pueden ser agravados si la calidad de la sembradora no es buena. Sugérese, en estos casos, aumentar, en la calibración de la sembradora, la cantidad de semillas de 5 al 10% comparado con el plantio convencional. También es importante mantener la velocidad de la sembradora dentro de los límites recomendados. Debe ser también enfatizado el uso de genotipos que presenten un mejor

enraizamiento y buen vigor inicial, para que se pueda asegurar la densidad de siembra adecuada y una buena germinación, además de una emergencia rápida y uniforme.

Las diferencias en las productividades de los cultivos reflejan, además del sistema de manejo del suelo, todas las características del sistema de producción utilizado. Mas que cualquier resultado de investigación, la espectacular expansión del plantio directo a partir de los años 90 demuestra la competitividad de este sistema. Obviamente, la mayor eficiencia del plantio directo reflejado en términos de productividad, va a depender de la eficiencia de su implementación y de las condiciones edafoclimáticas de la región.

Consideraciones generales.

Iniciado hace cerca de 30 años en el Brasil, con el objetivo primero de conservación del suelo y controlar la erosión, el plantio directo se mostró altamente eficiente. De la acción pionera de agricultores del sur del País, el sistema fue gradualmente venciendo las primeras dificultades relativas a la falta de información técnica, maquinaria y equipos, mano-de-obra adecuada, dificultades en el control de malezas, establecimiento de un sistema de rotación y sucesión de cultivos adecuados etc. y, principalmente, la resistencia al cambio de conceptos establecidos y a la falta de una conciencia conservacionista por parte de agricultores, extensionistas, investigadores y de la sociedad en general.

Hoy, en el nuevo milenio, la situación es bien diferente, expresada por el área ocupada con ese sistema, ya pasando las 12 millones de hectáreas, por el número de investigaciones publicadas, por el número de club de "Amigos de la Tierra" y similares y asociaciones que trabajan pró-activamente con el plantio directo, por el número de eventos tratando del tema. En síntesis, se puede decir que el sistema se popularizo, siendo practicado por todos los extractos de agricultores, desde el grande hasta el pequeño agricultor que utiliza la tracción animal.

Segun Adelheelm & Kotschi (1985), citados por Derpsch (1997), agricultura sostenible es aquella que busca establecer, permanentemente, una productividad alta del suelo, de tal manera que busque restablecer y conservar un medio ambiente ecológico equilibrado, que tenga viabilidad económica y que permita una mejora en la calidad de vida, esto es, una agricultura sostenible que mantenga altas producciones indefinidamente, si dañar el suelo y el medio ambiente. Básicamente, los conceptos de agricultura sostenible llevan en consideración aspectos ambientales, económicos y sociales. Dentro de ese enfoque, se nota que el sistema de plantio directo es el que mas se aproxima al concepto de agricultura sostenible a lo largo del tiempo, pues presenta una serie de ventajas en relación a la preparación convencional del suelo: reduce la erosión, aumenta los contenidos de materia orgánica y, consecuentemente, la fertilidad del suelo, disminuye el consumo de combustibles fósiles, aumenta la disponibilidad del agua para las plantas, preserva y recupera los manantiales de agua, ayuda en el control de CO2 y su efectos en el calentamiento global y reduce los costos generales del cultivo, con aumento gradual de la productividad (Borges,1998). Actualmente, hay grandes perspectivas de reducción en el uso de herbicidas, por medio de mayores alternativas y mejor manejo de los residuos de cultivo y de nuevas alternativas en términos de selectividad de herbicidas póstemergentes, principalmente.

Por otro lado, como en todos los sistemas de producción, no existe ninguna forma de pronosticar y garantizar ausencia de plagas y enfermedades en plantio directo. Se debe utilizar al máximo el raciocinio y la experiencia de campo para suplantar los eventuales problemas sanitarios que provienen del sistema de plantio directo, potencializando los demás factores positivos de ese sistema.

También es fundamental dar soporte al uso del plantio directo en pequeñas propiedades, que ya es significativo en los estados del Sur del País. Específicamente, en las regiones tropicales del Brasil, mayores informaciones sobre las alternativas de cultivos de cobertura y la integración agricultura-ganadería deberán ser estudiadas mejor para dar mayor potencialidad al sistema. También deberán ser evaluadas otras alternativas de rotación y sucesión de cultivos en áreas donde el maiz o la soya no son cultivados, como, por ejemplo, el sur de Minas Gerais, que prácticamente no cultiva soya y gran parte del maiz es producido para ensilaje.

Bibliografía Consultada

ALMEIDA, F. S. de. Influência da cobertura morta do plantio directo na biologia do solo. In: FANCELLI, A.L. (Coord.) Atualização em plantio directo. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.103-144.

ANGHINONI, I.; SALET, R.L. Variabilidade espacial de propriedades químicas do solo no sistema plantio directo. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRECTO, 1995, Castro, PR. Anais... Castro: Fundação ABC, 1996. p.279-290.

BAUMAN, T.T. General aspects of weed management in no-till plantig. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA

DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu. Palestras e mesas redondas. Viçosa, SBCPD, 1997. p.17-27.

BERTOL, I.; COGO, N.P.; CASSOL, E. A. Distância entre terraços usando o comprimento crítico de rampa em dois preparações conservacionista do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.24, p.417-425, 2000

BIANCO, R. Ocorrência de pragas no plantio directo x convencional. In: FANCELLI, A. L. (Coord.) Atualização em plantio directo. Campinas: Fundação Cargill, 1985. cap. 9, p. 183-194.

BORGES, G. de O. Sustentabilidade agrícola e o sistema plantio directo na palha. In: SEMINÁRIO SOBRE O SISTEMA DE PLANTIO DIRECTO NA UFV, 1. , 1998, Viçosa, MG. Resumo das palestras...Viçosa: UFV/ Departamento de Fitotecnia, 1998. p.7-17.

BRADLEY, J.F. Twelve good reasons to stop plowing. In: CONGRESSO NACIONAL DE AAPRESID, 5. , 1997, Mar del Plata, Argentina. Conferencias... [S.l.]: AAPRESID, 1997. p.197-200.

BROCH, D. L. Integração agricultura-pecuária no Centro - Oeste do Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRECTO NO CERRADO, 4., 1999, Uberlândia, MG. Plantio directo na integração lavoura-pecuária. Uberlândia : UFU, 2000. p.53-60.

CAIRES, E.F.; BANZATTO, D.A.; FONSECA, A.F. Calagem na superfície em plantio directo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.24, n.1, p.161-169, jan/mar.2000.

CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao cal e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparação do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.22, n.1, p.27-34, jan/mar.1998.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio directo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.23, n.2, p.315-327, abr./jun..1999.

CASTRO, O. M. de. Preparação do solo para a cultura do milho. Campinas : Fundação Cargill, 1989. 41p. (Fundação Cargill. Série Técnica, 3)

CERETTA, C. A. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia/milho, no sistema plantio directo. In: FRIES, M.R.; DALMOLIN, R.S.D. (Coords.) Curso de atualização em recomendação e calagem: ênfase em plantio directo. Santa Maria: UFSM, 1997. p.112-124.

COSTA, E. C.; LINK, D.; MAFFINI, P. R. Insetos de solos associados a cultura do milho. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE INSETOS DE SOLO, 3., 1991, Chapeco, SC. Resumos. p.-7

CRUZ, I. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1995. 45p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica,21)

CRUZ, J. C. Effect of crop rotation and tillage systems on some soil properties, root distribution and crop production. West Lafayette : Purdue University, 1982. 220p. Tese Doutorado.

CRUZ, J.C. Manejo de solos em sucessão de culturas. In: SEMINÁRIO SOBRE A, 1999. p.39-49. CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 5., 1999, Barretos, SP. Anais. Campinas: Instituto Agrônomo

DeMARIA, I.C. & DUARTE, A.P. Sistemas de preparação do solo e sucessão de culturas para implantação e desenvolvimento do milho "safrinha". In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO "SAFRINHA", 4., 1997, Assis. Anais. Campinas, IAC/CDV, 1997. P.71-80.

DERPSCH, R. Agricultura sustentável. In: SATURNINO, H. M.; LANDERS, J.N. (Eds) O meio ambiente e o plantio directo. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997. cap. 2, p.29-48.

DERPSCH, R. Rotação de culturas; plantio directo e convencional. São Paulo: Ciba- Geigy, 1986. n.p.

DERPSCH, R., ROTH, C.H., SIDIRAS, N., KÖPKE, U. Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio directo e preparação conservacionista do solo. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)/Londrina: IAPAR, 1991. 272p. (Sonderpublikation der GTZ, n.245)

DIJKSTRA, F. Porque utilizo o plantio directo. São Paulo: BASF, 1984. 34p.

- FERREIRA, S. M. Extensão rural e assistência técnica no sistema plantio directo na Região dos Cerrados. In: SEMINÁRIO SOBRE O SISTEMA DE PLANTIO DIRECTO NA UFV, 1. , 1998, Viçosa, MG. Resumo das palestras...Viçosa: UFV/ Departamento de Fitotecnia, 1998. p.107-115.
- FIORIN, J. E.; CAMPOS, B. C. de; Rotação de culturas. In: CAMPOS, B-H. C. de (Coord.) A cultura do milho no plantio directo. Cruz Alta. RS: FUNDACEP-FECOTRIGO, 1998. cap.2, p.7-14.
- FIORIN, J. E.; CANAL, I. N.; CAMPOS, B-H. C. de; Fertilidade do solo. In: CAMPOS, B-H. C. de (Coord.) A cultura do milho no plantio directo. Cruz Alta. RS: FUNDACEP-FECOTRIGO, 1998. cap.3, p.15-54.
- FIORIN, J. E.; CANAL, I. N.; CAMPOS, B-H. C. de; PETRERE, C. Fertilidade do solo. In: SILVA, M.T.B. da (Coord.) A soja em rotação de culturas no plantio directo. Cruz Alta. RS: FUNDACEP-FECOTRIGO, 1998. cap.2, p.35-96
- FRUTOS DA TERRA. São Paulo: Monsanto, v.4,n.14, 2000
- GASSEN, D. N. Insetos subterrâneos prejudiciais as culturas no sul de Brasil. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1989. 47p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 13)
- GENTIL, L. V.; GONÇALVES, A.L.D.; SILVA, K.B. da. Comparação econômica operacional e agrônômica entre o plantio directo e o convencional, no cerrado brasileiro. Brasília: UnB, 1993. 21p.
- GUERRA, M. S.; LOECK, A. E.; RUDIGER, W. H. Levantamento das Pragas de Solo da Região Triticula do Rio Grande do Sul. Divulgação Agrônômica, São Paulo, n.40, p. 1-5, 1976.
- KAMPRATH, E. J.; CASSEL,D.K.; GROSS,H.D.; DIBB,W.D. Tillage effect on biomass production and moisture utilization by soybeans on costal plain soils. Agronomy Journal, Madison, v.72, p.1001-1005, 1979.
- LAL, R. No-tillage effects on soil properties and maize (Zea mays L.) production in Western Nigeria. Plant and Soil, The Hague, v.40, p.321-31, 1974.
- LAL, R. No-tillage effects on soil properties under different crops in Western Nigeria. Soil Science Society of America Journal, v.40, p.762-768, 1976.
- MELO FILHO, G. A. de & RICHETTI, A. Perfil sócio-econômico e tecnológico dos produtores de soja e milho de Mato Grosso do Sul. Dourados, EMBRAPA-CPAO, 1998.57p. (EMBRAPA-CPAO. Documentos, 15).
- MUZILLI, O. O plantio directo no Brasil. In: FANCELLI, A. L. Atualização em plantio directo. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.3-16.
- NAZARENO, N.R.X. de. Ocorrência e manejo de doenças. In: IAPAR (Londrina, PR) Plantio directo : pequena propriedade sustentável. Londrina, 1998. cap.8, p.173-190
- PEREIRA, M. H. O sistema de plantio directo na palha. 25 anos da sua adoção no Brasil. In: SEMINÁRIO SOBRE O SISTEMA DE PLANTIO DIRECTO NA UFV, 1. , 1998, Viçosa, MG. Resumo das palestras...Viçosa: UFV/ Departamento de Fitotecnia, 1998. p.1-6.
- PHILLIPS, R. E. Soil moisture. In : PHILLIPS, R. E. ; THOMAS, G. W.; BLEVINS, R. L. No-tillage research: Research reports and reviews. Lexington: University of Kentucky, [S.d.]. p.23-42.
- PÖTTKER, D.; BEN J. R . Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio directo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.22, p.675-684, 1998.
- PRIMAVESI, O. Fatores limitantes da produtividade agrícola e plantio directo. São Paulo: BASF Brasileira S. A., Indústrias Químicas, 1985. 56p.
- PURÍSSIMO, C. Experiências do manejo de plantas daninhas no Sul/Sudeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIENCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997,Caxambu, MG. Palestras e mesas redondas. Viçosa: SBCPD , 1997. p.33-35.
- ROOS, L. C. Impacto econômico da integração agricultura-pecuária em plantio directo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRECTO NO CERRADO, 4., 1999, Uberlândia, MG. Plantio directo na integração lavoura-pecuária. Uberlândia : UFU, 2000.p.25-29.
- RUEDELL, J. A soja numa agricultura sustentável. In: SILVA, M.T.B. da (Coord.) A soja em rotação de culturas no

plântio directo. Cruz Alta. RS: FUNDACEP-FECOTRIGO, 1998. cap.1, p.1-34.

SÁ, J. C. de M. Manejo de nitrogênio na cultura de milho no sistema plântio directo. Passo Fundo : Aldeia Norte, 1996. 24 p.

SA, J. C. de M. Reciclagem de nutrientes dos resíduos culturais e estratégia de fertilização para produção de grãos no sistema plântio directo. In: SEMINÁRIO SOBRE O SISTEMA DE PLANTIO DIRECTO NA UFV, 1. , 1998, Viçosa, MG. Resumo das palestras....Viçosa: UFV/ Departamento de Fitotecnia, 1998. p.19-61.

SÁ, J.C. de M.; PETRERE, C. Desenvolvimento radicular da cultura de milho em solos sob plântio directo da Região dos Campos Gerais e do planalto Gaúcho. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRECTO, 1995, Castro, PR. Anais... Castro: Fundação ABC, 1995. p.173-205.

SÁ, J.C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plântio directo. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIM, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Ed.), Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas, Lavras: SBCS, 1999, p.267-319.

SATURNINO, H. M.; LANDERS, J. N. Plântio directo e transferência de tecnológica nos trópicos e subtropicais. . In: SATURNINO, H. M.; LANDERS, J.N. (Eds) O meio ambiente e o plântio directo. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997. cap.2, p.89-112.

SCHLINDWEIN, J. A.; ANGHINONI, I. Variabilidade horizontal de atributos de fertilidade e amostragem do solo no sistema Plântio Directo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.24, p.85-91, 2000.

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; MONDARDO, A., Influencia de diferentes sistemas de preparação do solo na variação da humidade e rendimento da soja em Latossolo Roxo distrófico (oxisol). Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.7, p.103-106, 1983.

SOUZA, I. F.; REZENDE, A. M. Controle de plantas daninhas em soja e plântio directo. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Soja: proteína também para o mercado interno. Belo Horizonte: Sistema Estadual de Pesquisa Agropecuária-EPAMIG/ESAL/UFMG/UFV, 1982. (EPAMIG. Informe Técnico, 94).

TANCK, B. C. B.; SANTOS, H.R.; DIONÍSIO, J.A Influencia de diferentes sistemas de uso e manejo do solo sobre a flutuação populacional do Oligochaeta edáfico *Amyntas* spp. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.24, p.409-415, 2000

TECNICOS e agricultores discutem os rumos do PD no terceiro milênio. A granja, Porto Alegre, v.56, n.619, p.64-65, 2000.

TORMENA, C.A. Resíduos culturais: efeitos no controle da erosão e alterações em propriedades físicas do solo. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRECTO, 1995, Castro, PR. Anais... Castro: Fundação ABC, 1995. p.37-51.

VIANA, P. A.; WAQUIL, J. M.; CRUZ, I.; SANTOS, J. P.; OLIVEIRA, M. A. Levantamento de Pragas Subterrâneas da Cultura do Milho no Estado do Paraná. Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1990-1991, Sete Lagoas, v.5, p. 58-59, 1992.

VIÉGAS, G. P.; PEETEN, H. Sistemas de produção. In: PATERNIANI, E., VIÉGAS, G. P. (Eds.) Melhoramento e produção de milho. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.451-538.

VIEIRA, M. J. Propriedades físicas do solo. In: IAPAR (Londrina, PR.). Plântio directo no Estado do Paraná. Londrina, 1981. cap.2, p.19-32. (IAPAR. Circular, 23)

VIEIRA, J. M. Comportamento físico do solo em plântio directo. In: FANCELLI, A. L. Atualização em plântio directo. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.163-179.

VOSS, M.; SIDIRAS, N. Nodulação da soja em plântio directo em comparação com plântio convencional. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.20, p.775-782 , 1985.

WAQUL, J. M.; VIANA, P. A.; CRUZ, I.; SANTOS, J. P. Levantamento de Pragas Subterrâneas e sua Importância na Redução da População de Plantas de Milho - II. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE INSETOS DE SOLO; 3, 1991, Chapeco, SC. Resumos ... [S.l.: s.n. 1991?]. p.28.

WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio directo: experiência nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., Santa Maria. Fertibio 2000. Santa Maria: SBCS, 2000. CD-ROM.