



ESALQ

Disciplina: LSO0660 – Tecnologia do Solo

Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas

Prof. Dr. Maurício Roberto Cherubin



Sistemas de preparo e rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



ESALQ

TÓPICOS DA AULA

Preparo do solo

Conceito e finalidade

Tipos de preparo (inicial e periódico - primário, secundário)

Principais operações envolvidas em cada tipo de preparo

Sistemas de preparo do solo

Tipos de sistemas (Convencional, Profundo, Mínimo e Direto)

Vantagens e desvantagens

Impactos de SPD na qualidade do solo e produtividade das plantas

Sistemas de rotação de cultura

Planos de rotação para diferentes regiões do Brasil

Preparo do solo

Sistemas de preparo e
rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



ESALQ

O preparo do solo engloba um conjunto de operações mecânicas de mobilização do solo que visa promover melhorias químicas, físicas e biológicas no solo criando condições favoráveis para receber as sementes ou mudas e promover o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Objetivos:

- ✓ Melhorar as condições físicas do solo – eliminar camadas compactadas;
- ✓ Promover o armazenamento de água no solo (infiltração)
- ✓ Incorporar calcário, gesso, fertilizantes e restos de culturas;
- ✓ Eliminar plantas indesejáveis/soqueiras;
- ✓ Controlar pragas de solo;
- ✓ Nivelar o solo, facilitando atividades posteriores de plantio, tratos culturais e colheita



Tipos de preparo do solo

Sistemas de preparo e
rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



ESALQ

Inicial

Preparo da área/solo para implantação de um sistema agrícola

- Destoca
- Limpeza
- Sistematização



Foto: Nilton Venâncio

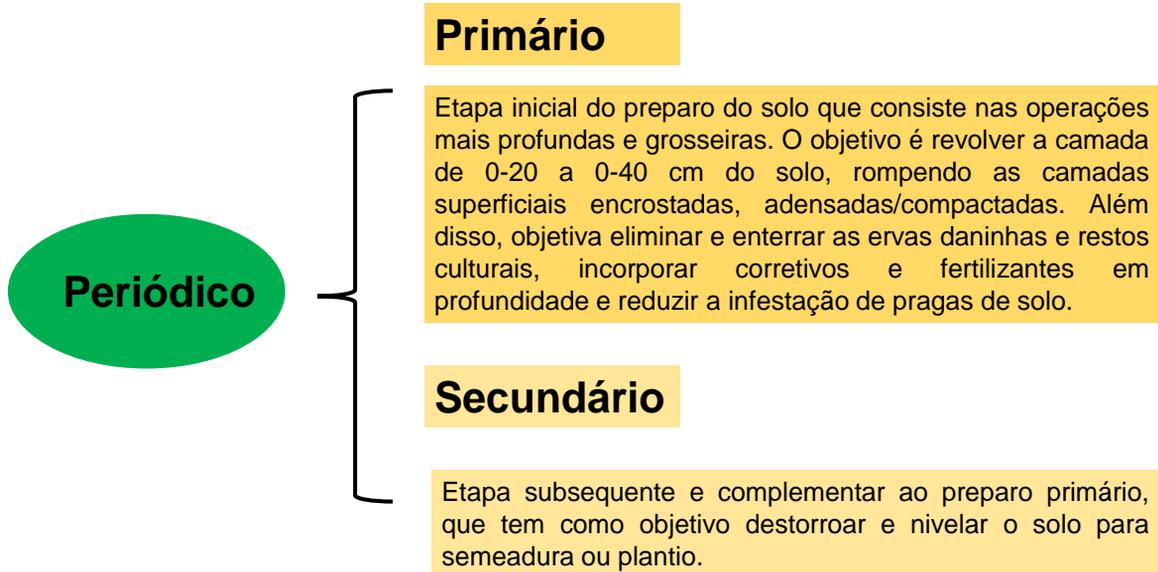
Periódico

Preparo do solo para criar condições adequadas para a instalação ou desenvolvimento de uma (nova) cultura

Frequência e intensidade depende do tipo da cultura e do solo



Tipos de preparo do solo



Tipos de preparo do solo

Primário

- Aração (disco ou aiveca)
- Subsolagem
- Gradagem pesada



Fotos: Delian Cordeiro

Tipos de preparo do solo

Sistemas de preparo e
rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



ESALQ

Secundário

- Gradagem leve (nivelamento)

Operação que faz o “acabamento” no preparo do solo para receber a semeadura ou plantio da cultura



Foto: Charles Echer



TÓPICOS DA AULA

Sistemas de preparo e
rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



ESALQ

Preparo do solo

Conceito e finalidade

Tipos de preparo (inicial e periódico - primário, secundário)

Principais operações envolvidas em cada tipo de preparo

Sistemas de preparo do solo

Tipos de sistemas (Convencional, Profundo, Mínimo e Direto)

Vantagens e desvantagens

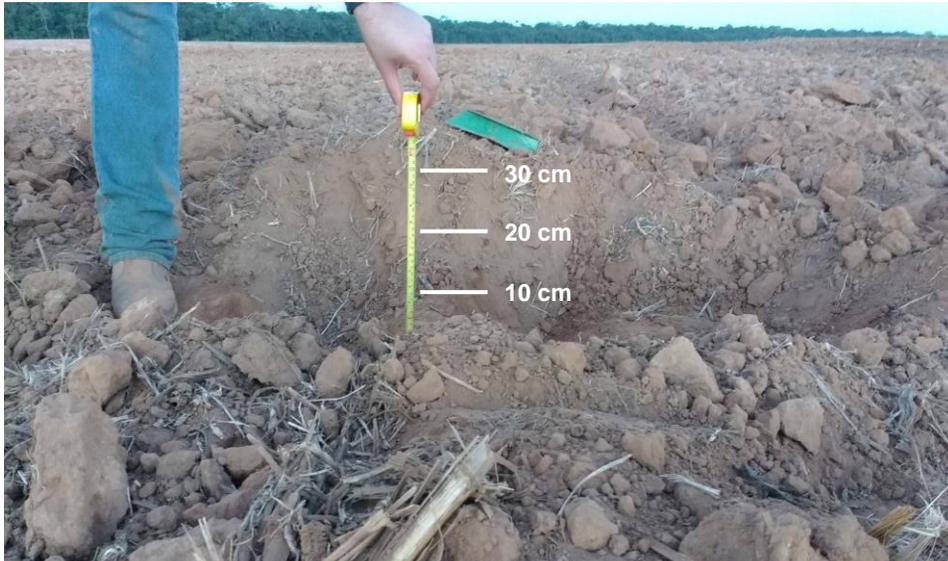
Impactos de SPD na qualidade do solo e produtividade das plantas

Sistemas de rotação de cultura

Planos de rotação para diferentes regiões do Brasil



Sistemas de preparo convencional



Sistemas de preparo convencional



Vantagens:

- ✓ Romper camadas compactadas;
- ✓ Incorporar corretivos e condicionadores;
- ✓ Controlar ervas daninhas resistentes, plantas "guaxas", destruição de soqueira;
- ✓ Controlar algumas pragas de solo;
- ✓ Favorecer o crescimento radicular das plantas no curto prazo;

Desvantagens:

- X Desagregação do solo (aumento da susceptibilidade à compactação);
- X Oxidação da MOS ("empobrecimento do solo" e emissão de GEE à atmosfera);
- X Necessidade de varias operações mecânicas (consumo de tempo e necessidade de equipamentos e mão de obra);
- X Aumento no consumo de combustível e custo de produção;
- X Aumento da susceptibilidade à erosão;





Preparo profundo “canteirização”

Equipamento que executa várias atividades simultaneamente:

- **Subsolagem profunda** (0,8 m)
- **Aplicação** de corretivos ou fertilizantes
- **Enleiramento** da palha,
- **Incorporação** de corretos ou fertilizantes
- **Quebra dos torrões** (0,0-0,4m de profundidade e 1,20 m de largura)



Mafes Agromecânica (Penta)



Foto: Tédson Azevedo (Grupo Zilor)



**Preparo profundo
em canavial em
rotação com
braquiária**



Foto: Tédson Azevedo (Grupo Zilor)

Sistemas de preparo e
rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



ESALQ

Preparo profundo em canal em rotação com crotalária

Preparo profundo “canteirização”

Sistemas de preparo e
rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



ESALQ

Vantagens:

- ✓ Romper camadas compactadas em profundidade;
- ✓ Aumentar a infiltração de água na linha da cultura
- ✓ Manter parte da área coberta pela palha;
- ✓ Incorporar corretivos e condicionadores (melhoria do perfil);
- ✓ Estabelecer um “canteiro” onde favorece o estabelecimento e crescimento radicular da cultura em profundidade
- ✓ Aumentar a longevidade do canal
- ✓ Controlar ervas daninhas e pragas

Desvantagens:

- X Preparo localizado, mas bastante intenso com pulverização da estrutura do solo na superfície;
- X Migração de partículas finas soltas em profundidade, obstruindo canais de aeração e movimentação da água. Risco de compactação (adensamento) em profundidade.
- X Indicado apenas para os solos textura e estrutura homogênea no perfil;
- X Quando feito em desnível, há riscos de canalizar água e gerar erosão no canteiro;
- X Dificuldade operacional na colheita, onde se colhedora ou transbordo passar sobre a linha (canteiro) afunda, e também aprofunda soqueira aumentando danos e perdas em colheitas subsequentes; Necessidade de controle de tráfego!
- X Necessidade de adequado dimensionamento da potência do trator (aumento de custo);



Sistemas de preparo reduzido/mínimo



Foto: Stara



Sistemas de preparo reduzido/mínimo

Vantagens:

Romper camadas compactadas sem revolvimento total do solo (parte da área continua coberta pela palhada;
 Reduzir resistência mecânica ao crescimento radicular;
 Menor intensidade comparado ao preparo convencional, reduzindo a pulverização da estrutura do solo;

Desvantagens:

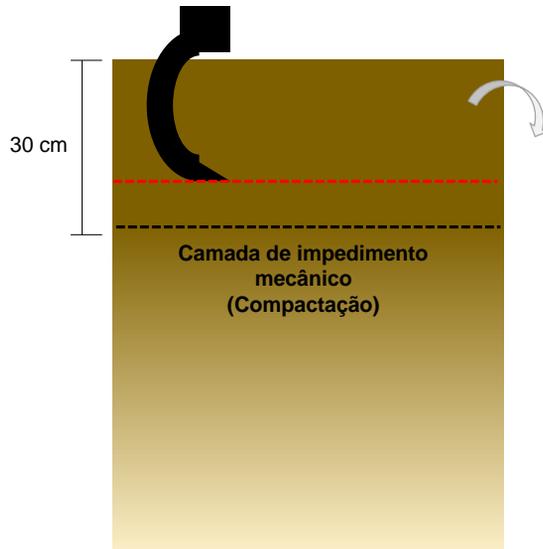
- X Rompe estrutura do solo e promove perda da MOS do solo;
- X (Pode) acentuar déficit hídrico às plantas em situações de estiagem;
- X Benefícios proporcionados pelo manejo são poucos duradouros (12-18 meses)

Cuidado!

Sistemas de preparo e
rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



ESALQ



Quando o preparo for realizado, mas não rompeu toda a camada compactada, aumenta o risco de erosão, pois deixa uma camada de solo solto na superfície sobre uma camada de solo com baixa infiltração de água.

Há um risco de que a enxurrada arraste toda a camada mobilizada do solo.

Sistemas sem preparo – (“Plantio direto”)

Sistemas de preparo e
rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



ESALQ

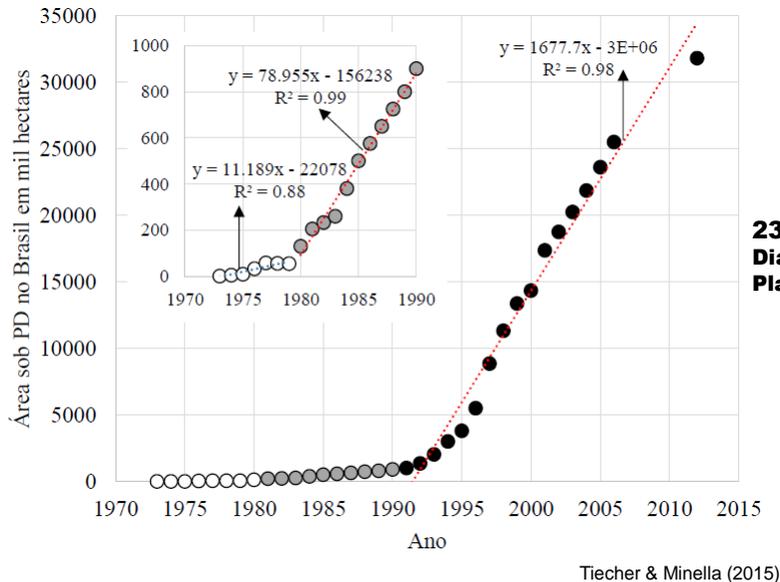


Histórico de adoção do SPD no Brasil

Sistemas de preparo e
rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



ESALQ



23 de Outubro
Dia Nacional do Sistema
Plantio Direto

Momentos históricos na evolução do sistema plantio direto no Brasil:

Sistemas de preparo e
rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



ESALQ

1) SPD surgiu na metade da década de 1970 em Rolândia – PR (**Herbert Arnold Bartz**), quando se tinha grandes problemas de erosão pelo preparo convencional, desmatamento e intensificação da mecanização. Bartz começou com 200 ha. No início havia muitos desafios, como equipamentos (principalmente as semeadoras) inadequados, carência de conhecimentos e de capacitação técnica, e tecnologia de controle de plantas invasoras ainda pouco desenvolvida. Assim, a taxa de adoção desse sistema até o final da década de 1970 foi de somente cerca de 10 mil ha por ano em todo o Brasil;

2) No início da década de 1980 foram criados os primeiros grupos de troca de experiência, envolvendo produtores rurais, assistentes técnicos e pesquisadores (**Clube da Minhoca em Ponta Grossa, Paraná, e Clube Amigos da Terra, no Rio Grande do Sul**). Nesse mesmo período houve um aprimoramento do manejo de plantas invasoras e aumento da diversidade e seletividade dos herbicidas pós-emergentes. Outro fator importante foi o desenvolvimento de semeadoras adaptadas para esse sistema de manejo do solo (i.e. triplo disco, disco duplo defasado, rompedores de solo tipo facão). Como resultado, houve um aumento médio de aproximadamente de 80 mil hectares por ano durante a década de 1980.



Fotos: FEBRAPDP



Momentos históricos na evolução do sistema plantio direto no Brasil:

3) No início da década de 1990, o surgimento das primeiras semeadoras convencionais adaptadas para o SPD, e o comércio de semeadoras desenvolvidas exclusivamente para esse SPD na metade dessa década, houve um crescimento vertiginoso no aumento da área sob SPD no Brasil. Concomitantemente, a pesquisa evoluiu muito em dois aspectos-chave para o sistema:

(i) o manejo integrado de plantas invasoras, que foi impulsionado pela transgenia e pelo grande número e tipos de herbicidas passaram a ser oferecidos no mercado, e

(ii) o manejo da fertilidade do solo, onde a fertilização e a forma de amostragem do solo foram ajustadas. A dose de calcário, por exemplo, foi reduzida para metade ou até um terço da recomendação do sistema convencional, com aplicação à lanço e sem incorporação.

Sem dúvida nenhuma, o principal fator para o sucesso da difusão e adoção do SPD nos solos brasileiros foi a redução dos custos nesse sistema (economia de mão-de-obra, hora-máquina, combustível, calcário e fertilizante). Por isso, desde o início da década de 1990, a área cultivada sob SPD no Brasil tem aumentado cerca de 1700 mil hectares por ano.



SPD em culturas anuais (grãos)



Grande

Pequena



Média

SPD em cana-de-açúcar

Sistemas de preparo e
rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



Fonte: Assessoria de Imprensa da DMB



Fotos: LNER-CNPEM



SPD em hortaliça

Sistemas de preparo e
rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



Adubação verde com ervilhaca, com linhas preparadas para o plantio, Monte Castelo, SC.



Coquetel de adubos verdes em área de SPDH de cebola e melancia. Ituporanga, SC,

Fonte: EPAGRI – SC (<https://www.spdh.com.br>)

SPD em hortaliça

Sistemas de preparo e
rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



ESALQ



Alface (acima) e brócolis (abaixo) sobre palhada de aveia



Fonte: EPAGRI – SC (<https://www.spdh.com.br>)



Arranjo das plantas de abobora no espaçamento 3 x 2m em berço individual. Angelina, SC



Mudas de brássica em palhada de milheto Guatambu, SC



Sistemas de preparo e
rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin

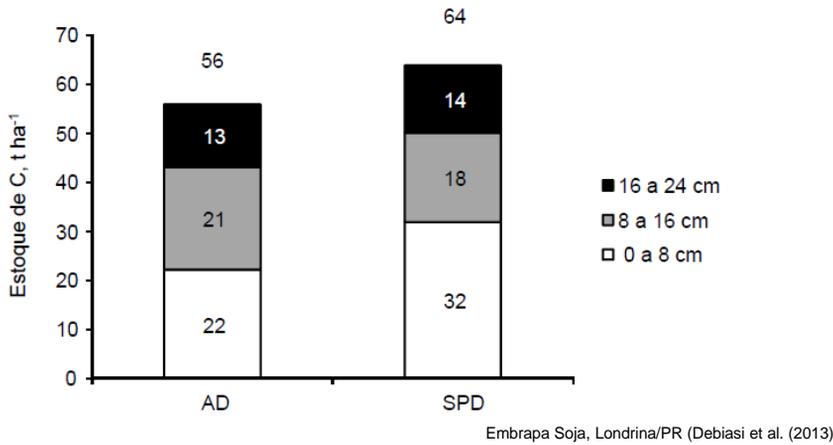


ESALQ

Impactos do sistema plantio direto na saúde do solo

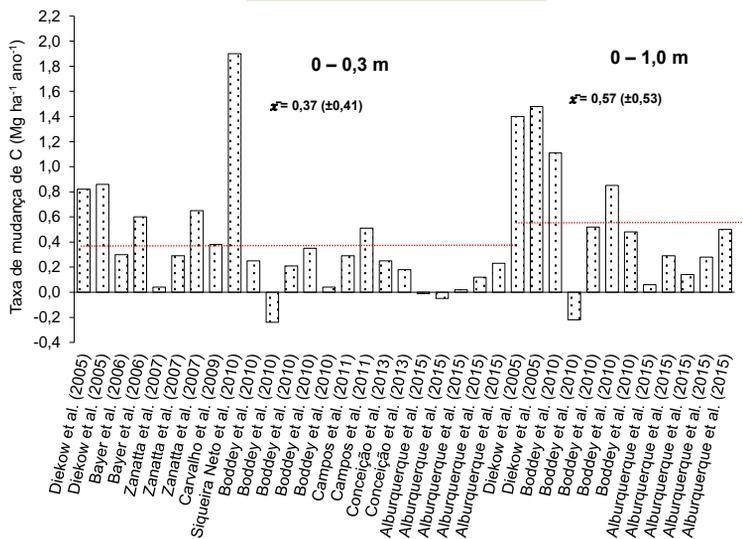
Carbono do solo

Estoques de carbono orgânico em camadas de solo no sistema de preparo convencional com arado de discos (AD) e no sistema plantio direto (SPD) após 29 anos.



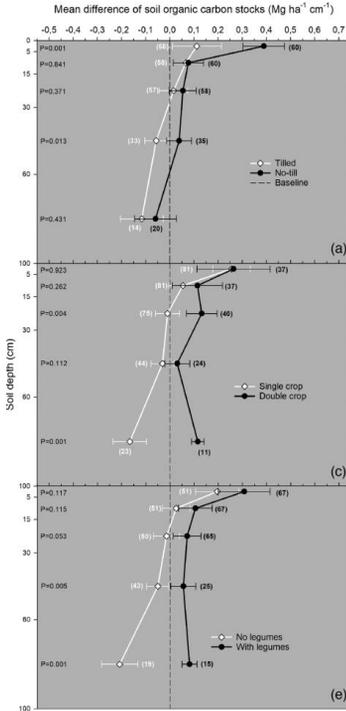
Carbono do solo

SPD vs Convencional



Cherubin et al. (2018)

Carbono do solo



O SPD promove incrementos em superfície (0-30 cm), **MAS** também em subsuperfície (30-100 cm)

Importância da **intensificação de cultivos** na área com consórcios

Leguminosas devem estar no plano de rotação de culturas, pois aportam N e favorecendo a estabilização de C no solo

Atributos químicos do solo

Alterações nos **atributos químicos do solo** em sistemas de preparo do solo manejados por 30 anos.

Sistema ⁽¹⁾	pH	P	K	Ca	Mg	Al ⁽²⁾	V	C
	CaCl ₂	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	%	g kg ⁻¹			
----- 0-8 cm -----								
SPD	5,58 a	58,6 a	0,70 a	5,06 a	2,51 a	0,01 a	69 a	24,1 a
AD	5,28 b	21,3 b	0,56 b	3,84 b	1,68 b	0,00 a	59 b	19,4 b
GP	5,16 b	23,5 b	0,54 b	3,59 b	1,64 b	0,02 a	57 b	20,4 b
ESC	5,28 b	22,7 b	0,57 b	3,75 b	1,77 b	0,01 a	59 b	20,8 b
----- 8-16 cm -----								
SPD	4,86 b	12,4 b	0,38 a	3,27 a	1,28 a	0,10 a	54 a	16,7 b
AD	5,18 a	16,7 ab	0,38 a	3,92 a	1,57 a	0,00 a	58 a	18,8 a
GP	4,96 ab	14,8 ab	0,32 a	3,48 a	1,46 a	0,04 a	54 a	15,6 b
ESC	5,10 ab	19,6 a	0,35 a	3,56 a	1,57 a	0,01 a	59 a	19,2 a
----- 16-24 cm -----								
SPD	4,88 b	5,5 b	0,22 b	3,22 a	1,03 a	0,07 a	50 a	13,4 bc
AD	5,11 a	11,6 a	0,32 a	3,23 a	1,28 a	0,00 a	53 a	17,4 a
GP	4,83 b	4,8 b	0,17 b	2,94 a	1,09 a	0,10 a	49 a	13,0 c
ESC	4,87 b	7,5 b	0,21 b	3,05 a	1,24 a	0,05 a	52 a	15,7 ab



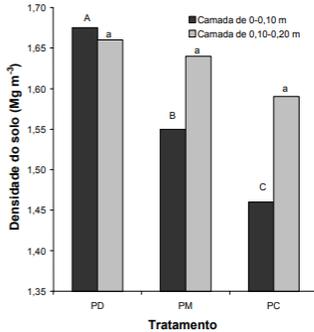
Embrapa Soja, Londrina/PR (Debiasi et al. (2013))

Atributos físicos do solo

Alterações nos atributos físicos do solo em sistemas de preparo do solo

PD = plantio direto
PM = preparo mínimo
PC = preparo convencional

Densidade do solo

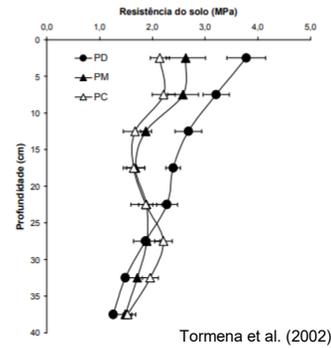


Latossolo Vermelho distrófico, (Araruna – Paraná)

Porosidade

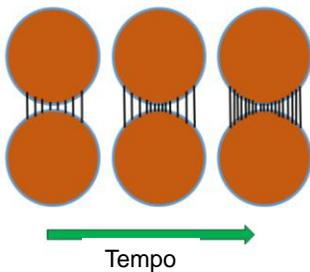
Preparo	Camada de 0-0,10 m		Camada de 0,10-0,20 m	
	Ma	Pt	Ma	Pt
	m ³ m ⁻³			
PC	0,1698 A	0,4500 A	0,1097 A	0,4025 A
PM	0,1436 A	0,4263 A	0,0855 A	0,3875 A
PD	0,0813 B	0,3713 B	0,0846 A	0,3875 A
Preparo	Microporosidade (m ³ m ⁻³)			
PC	0,285 A	Camada (m)		
PM	0,293 AB	0-0,10	0,2845 a	
PD	0,296 B	0,10-0,20	0,2992 b	

Resistência a penetração

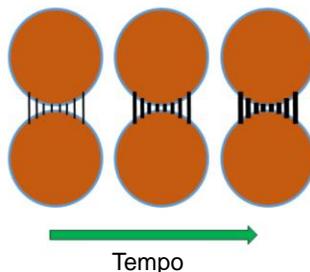


Agregação do solo

1º Mecanismo: aumento do número de ligações de agregados



2º Mecanismo: fortificação das ligações dos agregados via C



Moraes et al. (2017)

Importância das práticas de manejo para melhorar a estrutura do solo, e assim estocar mais de C e sustentar multifuncionalidade do solo

Sistemas de preparo e rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



ESALQ



Beatriz Vanoli



Regulação térmica

Sistemas de preparo e rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



ESALQ



Fotos: Tércioson Azevedo





Biologia do solo



Foto: FEBRAMPDP

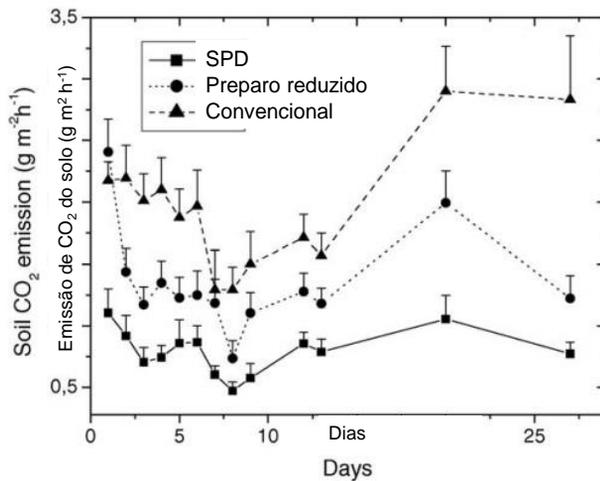


Foto: Edson M.T. da Rocha



Foto: Antônio Santi

Mitigação da emissão de gases do efeito estufa

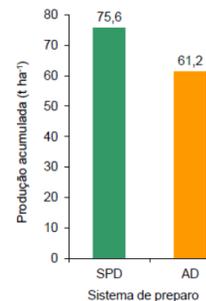
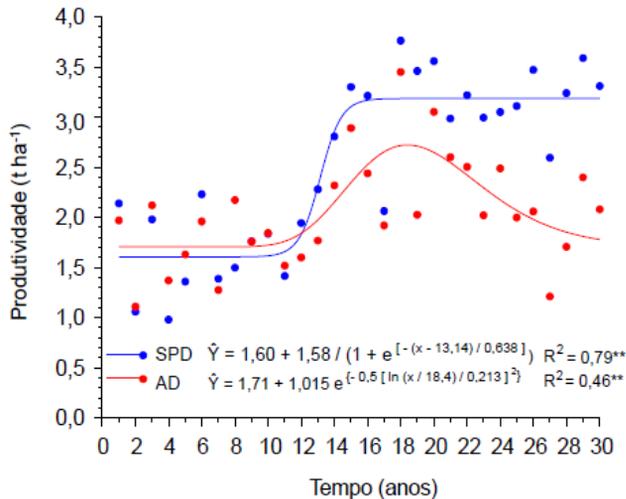


Produtividade da cultura

Sistemas de preparo e rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



Evolução temporal (30 anos) da produtividade de grãos da soja no sistema plantio direto (SPD) e no sistema de preparo convencional com arado de discos (AD).



Embrapa Soja, Londrina/PR (Debiasi et al. (2013))

Sistemas plantio direto

Sistemas de preparo e rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



Vantagens:

- ✓ Preserva a estrutura do solo
- ✓ Favorece o acúmulo de MOS
- ✓ Favorece a biodiversidade do solo
- ✓ Maior ciclagem de nutrientes, regulação térmica, retenção de água
- ✓ Reduz susceptibilidade à erosão (perda de solo, água e nutrientes)
- ✓ Reduz os custos de produção

...

Desvantagens:

- X Problemas com compactação do solo em áreas intensamente trafegadas;
- X Dificuldade (em alguns casos) para corrigir acidez e restrições químicas em profundidade;
- X Favorece a ocorrência de algumas pragas e doenças de solo;
- X Risco de incêndio na palhada
- X Exige planejamento agrícola eficiente (utilização do tempo e recursos para manter solo coberto ou cultivado / definição de plano de rotação de cultura)



TÓPICOS DA AULA

Preparo do solo

Conceito e finalidade

Tipos de preparo (inicial e periódico - primário, secundário)

Principais operações envolvidas em cada tipo de preparo

Sistemas de preparo do solo

Tipos de sistemas (Convencional, Profundo, Mínimo e Direto)

Vantagens e desvantagens

Impactos de SPD na qualidade do solo e produtividade das plantas

Sistemas de rotação de cultura

Planos de rotação para diferentes regiões do Brasil

Pilares do sistema plantio direto, e praticas complementares



Pilares do sistema plantio direto e seus benefícios

Sistemas de preparo e rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



Ausência de revolvimento do solo

Manutenção da qualidade estrutural do solo; Redução das perdas de MOS; Favorecimento da biota do solo; Redução do risco de erosão; Redução no número de operações agrícolas; Redução de custos.



Cobertura do solo

Proteção do solo contra impacto da gota da chuva, e consequentemente à erosão; Retenção de umidade, Regulação térmica, Ciclagem de nutrientes, Aumento da MOS e CTC; Fonte de energia a biota do solo; Supressão de ervas daninhas e banco de sementes



Rotação de culturas

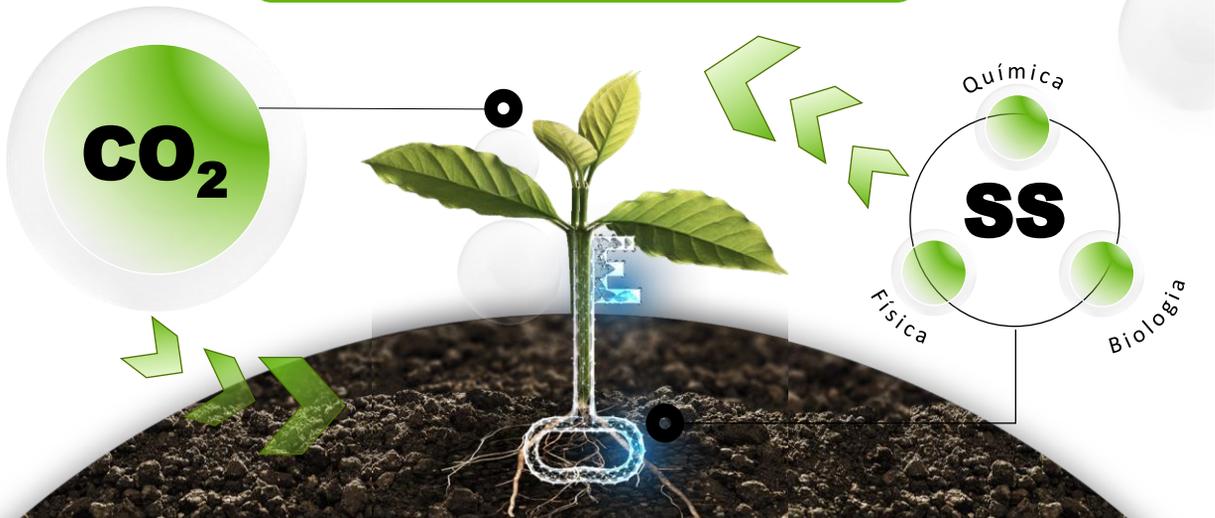
Diversificação de quantidade e qualidade de biomassa e sistemas radiculares que exploram diferentemente o solo; Quebra ciclo de pragas e doenças; Fixação biológica do solo; Reciclagem de nutrientes; Diversificação de renda e redução de riscos

A chave do manejo do carbono e da saúde do solo

Sistemas de preparo e rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin

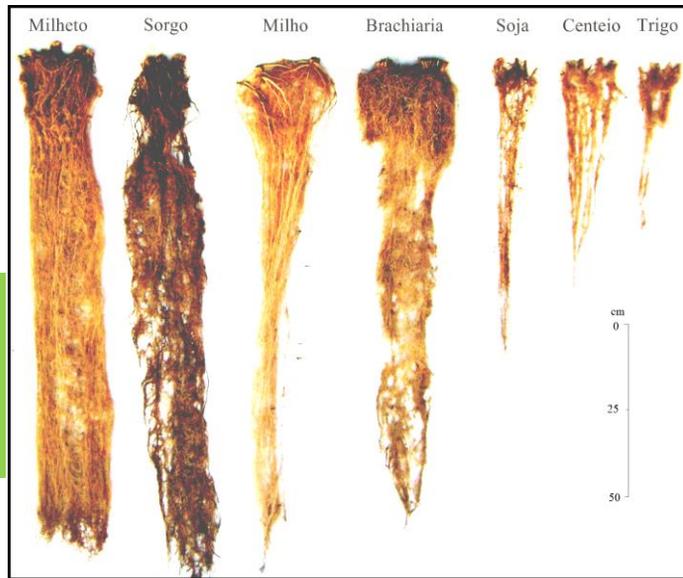


...INTENSIFICAÇÃO E DIVERSIFICAÇÃO



A importância da diversidade de plantas

Importância da diversificação de culturas para reciclagem de nutrientes, alocação de C em profundidade e formação de bioporos

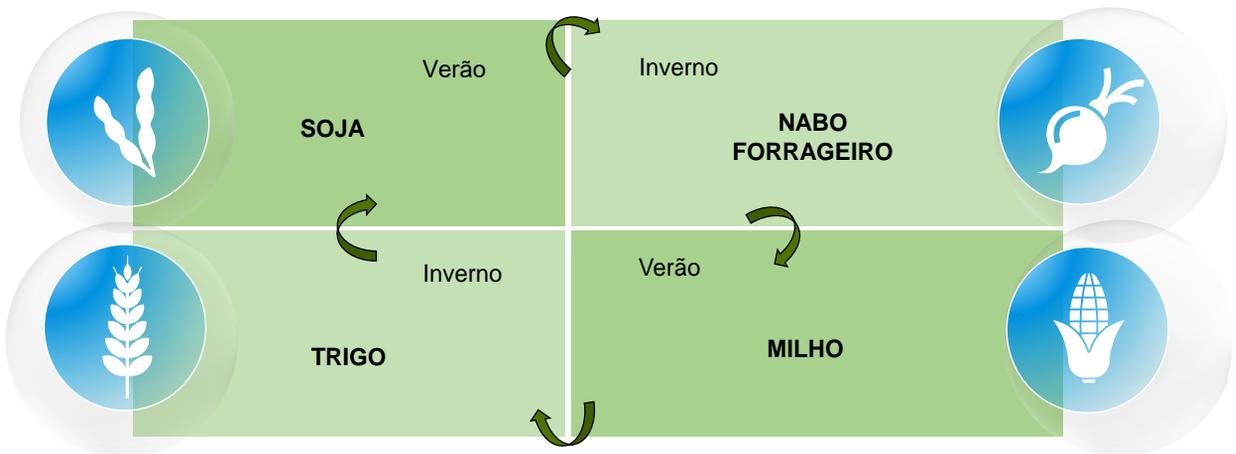


60 dias após germinação

Foto – José Denardin (Embrapa Trigo)

Planos de rotação de culturas

A **rotação de culturas** consiste na alternância planejada e previamente ordenada do cultivo de diferentes espécies (ou conjunto de espécies) em um determinado período sobre um dado local.



Planos de rotação de culturas

Sistemas de preparo e
rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



Exemplo para Região Sul do Brasil

(Soja - cultura principal)

Área	Ano I		Ano II		Ano III		Ano IV	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
100%	Soja	Trigo	Soja	A+N+E cobertura	Milho	Trigo	Soja	Aveia Pastejo

Não há diversificação de cultivos na
propriedade dentro da mesma safra –
Aumenta-se os riscos!

Planos de rotação de culturas

Sistemas de preparo e
rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



Exemplo para Região Sul do Brasil

(Soja - cultura principal)

Área	Ano I		Ano II		Ano III		Ano IV	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
25%	Soja	Trigo	Soja	A+N+E cobertura	Milho	Trigo	Soja	Aveia Pastejo
25%	Soja	A+N+E cobertura	Milho	Trigo	Soja	Aveia Pastejo	Soja	Trigo
25%	Milho	Trigo	Soja	Aveia Pastejo	Soja	Trigo	Soja	A+N+E cobertura
25%	Soja	Aveia Pastejo	Soja	Trigo	Soja	A+N+E cobertura	Milho	Trigo
100%	Verão	Soja (75%)		Milho (25%)				
	Inverno	Trigo (50%)		A+N+E – cobertura (25%)		Aveia - pastejo (25%)		

Planos de rotação de culturas

Sistemas de preparo e
rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



Exemplo (sistema simplificado) para Região Centro Oeste (Soja - cultura principal)

Área	
33%	Soja Milho safrinha Braquiária
33%	Soja Milho safrinha Crotalária
33%	Soja Cobertura

Planos de rotação de culturas

Sistemas de preparo e
rotação de culturas
Prof. Dr. Maurício R. Cherubin



Exemplo (sistema diversificado) para Região Centro Oeste (Soja - cultura principal)

Área	
25%	Soja Milho safrinha Braquiária
25%	Soja Algodão safrinha
25%	Milheto Milho Braquiária
25%	Soja Algodão safrinha

100%	Verão	Soja (75%)	Milho (25%)	
	"Inverno"	Algodão safrinha (50%)	Milho safrinha + braquiária (25%)	Cobertura (braquiária) (25%)



ESALQ

Muito Obrigado!

Prof. Dr. Maurício R. Cherubin
cherubin@usp.br

