

**Alterações na taxa de cobertura e rugosidade superficial do solo conduzido sob plantio
direto e sistemas de preparo**

**Changes in coverage rate and surface roughness of soil under no-tillage and tillage
systems**

**Cambios en la tasa de cobertura y la rugosidad de la superficie del suelo bajo sistemas
de labranza cero y labranza**

Recebido: 12/10/2020 | Revisado: 25/10/2020 | Aceito: 27/10/2020 | Publicado: 29/10/2020

Maiara Karini Haskel

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9635-174X>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

E-mail: maiara.haskel@hotmail.com

Paulo Cesar Conceição

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5880-8094>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

E-mail: paulocesar@utfpr.edu.br

Caroline Aparecida Seleprin Dresch

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4829-1081>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

E-mail: carol.dresch@outlook.com

Angela Regina Tomazoni

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3381-978X>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

E-mail: angelareginatomazoni@gmail.com

Cidimar Cassol

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4941-9051>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

E-mail: cidiutfpr@hotmail.com

Felipe Lunardelli Sandrin

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4125-3448>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

E-mail: felipesandrin@outlook.com

Resumo

As práticas de mitigação da compactação do solo influenciam nos atributos do solo, mediante a isto, objetivou-se avaliar a rugosidade e taxa de cobertura do solo por plantas de cobertura, conduzidas sob preparos do solo. O experimento foi implantado em 2015, composto de cinco sistemas de preparos do solo: Plantio direto (PD); Plantio direto escarificado com intervalo de 3 anos (PDEi); Plantio direto escarificado anualmente (PDEa); Plantio direto sob preparo mínimo com intervalo de 3 anos (PDPMi) e Plantio direto sob preparo mínimo anualmente (PDPMa), realizados em maio, antecedendo a sementeira das plantas de cobertura: aveia, ervilhaca, nabo e consórcio das espécies (aveia, ervilhaca e nabo). O experimento é composto por um fatorial, com 3 repetições. Os parâmetros avaliados foram rugosidade do solo, taxa de cobertura do solo por palhada e planta, percentual de solo exposto até os 67 dias após a sementeira de plantas. O PD apresentou a menor variação de rugosidade do solo, cerca de 2,5 cm de alteração, enquanto para os demais tratamentos de preparos variaram de 3,6 – 4,4 cm. Para a taxa de cobertura por plantas pode-se observar o maior recobrimento do solo pela aveia preta e consórcios de espécies aos 15, 30 e 53 dias após a sementeira de plantas. O PDEa obteve maior percentual de solo inicial exposto, cerca de 71%, seguido do PDPMa, PDEi, PDPMi e PD. Os preparos com maior intensidade podem afetar características do solo e desempenho de plantas, bem como ocasionar a degradação ao longo do tempo.

Palavras-chave: Plantas de cobertura; Escarificação; Exposição do solo.

Abstract

The practices of mitigation of soil compaction influence soil attributes, through this, the objective was to evaluate the roughness and rate of soil cover by cover plants, conducted under soil preparation. The experiment was implemented in 2015, composed of five soil tillage systems: No-tillage (PD); Scarified no-tillage with 3-year interval (PDEi); Annual no-till planting (PDEa); No-tillage under minimum tillage with 3-year interval (PDPMi) and No-tillage under minimum tillage annually (PDPMa), carried out in May, before sowing cover crops: oats, vetch, turnip and intercropping of species (oats, vetch and turnip). The experiment consists of a factorial, with 3 repetitions. The parameters evaluated were soil roughness, soil cover rate per straw and plant, percentage of exposed soil up to 67 days after planting. The PD showed the smallest variation in soil roughness, about 2.5 cm of alteration, while for the other preparation treatments they varied from 3.6 - 4.4 cm. For the coverage rate by plants, the largest coverage of the soil by black oats and species consortia can be observed at 15, 30 and 53 days after planting. The PDEa obtained the highest percentage of initial exposed soil,

around 71%, followed by PDPMa, PDEi, PDPMi and PD. Higher intensity preparations can affect soil characteristics and plant performance, as well as cause degradation over time.

Keywords: Cover plants; Scarification; Soil exposure.

Resumen

Las prácticas de mitigación de la compactación del suelo influyen en los atributos del suelo, a través de esto, el objetivo fue evaluar la rugosidad y tasa de cobertura del suelo por plantas de cobertura, realizadas bajo preparación del suelo. El experimento se implementó en 2015, compuesto por cinco sistemas de labranza del suelo: labranza cero (PD); Labranza cero escarificada con intervalo de 3 años (PDEi); Siembra anual sin labranza (PDEa); Labranza cero con labranza mínima con intervalo de 3 años (PDPMi) y Labranza cero con labranza mínima anual (PDPMa), realizada en mayo, antes de la siembra de cultivos de cobertura: avena, vicia, nabo y cultivos intercalados de especies (avena, arveja y nabo). El experimento consta de un factorial, con 3 repeticiones. Los parámetros evaluados fueron rugosidad del suelo, tasa de cobertura del suelo por paja y planta, porcentaje de suelo expuesto hasta 67 días después de la siembra. El PD mostró la menor variación en la rugosidad del suelo, alrededor de 2,5 cm de alteración, mientras que para los otros tratamientos de preparación variaron de 3,6 a 4,4 cm. Para la tasa de cobertura por plantas, la mayor cobertura del suelo por consorcios de avena negra y especies se puede observar a los 15, 30 y 53 días después de la siembra. La PDEa obtuvo el mayor porcentaje de suelo expuesto, alrededor del 71%, seguida de PDPMa, PDEi, PDPMi y PD. Las preparaciones de mayor intensidad pueden afectar las características del suelo y el rendimiento de las plantas, así como causar degradación con el tiempo.

Palabras clave: Cubrir las plantas; Escarificación; Exposición al suelo.

1. Introdução

Visando a melhoria de características físicas do solo em plantio direto, práticas de escarificação do solo e uso de plantas de cobertura vêm sendo adotadas, sendo utilizadas de forma individual ou associadas, podendo ser consideradas com maior eficiência, em casos extremos de compactação do solo, o uso de mais de um método de descompactação do solo (Pott et al., 2019; Rampim et al., 2020).

A rugosidade do solo é caracterizada por micro-ondulações da superfície, dependente de fatores do solo, seus atributos e teor de água durante o manejo, e principalmente por

fatores externos, como tipo e quantidade de palhada sobre o solo e pela intensidade de processos mecânicos (Vázquez et al., 2010), sendo que o manejo do solo adotado na produção agrícola reflete na rugosidade do solo e taxa de cobertura do solo (Zhu et al., 2020). A alteração da rugosidade atua na infiltração de água no solo, retardando o escoamento superficial. Por outro lado, o excesso de irregularidade na superfície do solo pode prejudicar a deposição de sementes das culturas, principalmente após preparos, que são a principal forma de alteração da rugosidade superficial do solo, podendo comprometer a germinação e desenvolvimento de culturas de interesse comercial.

Panachuki et al. (2010) afirmam que o cultivo mínimo tem maior influência da rugosidade do solo do que no sistema convencional com aração e gradagem, porém em contrapartida, no plantio direto tem menor alteração do perfil nos processos mecânicos, e grande parte da alteração de perfil nesse sistema é provocado pelo acúmulo de cobertura vegetal.

Em sistemas de cultivo adotados com manutenção de cobertura sob o solo, seja por plantas ou palhada de culturas antecessoras, pode-se observar redução da temperatura do solo, conservação da umidade do solo, aumento da atividade biológica, liberação de nutrientes pela decomposição de resíduos vegetais, barreira física para a germinação de plantas daninhas e dos impactos de gotas de chuva, protegendo o solo de erosão (Cruz et al., 2017). O contrário é observado em sistemas com maior incorporação da palhada no solo, refletindo nas condições ideais de cultivo de culturas comerciais.

Nesse contexto, buscou-se avaliar a influência dos sistemas de preparos do solo e do plantio direto sobre a rugosidade e exposição do solo, bem como o efeito da cobertura do solo por palhada e plantas de cobertura durante 67 dias após a semeadura das plantas, em um Latossolo Vermelho.

2. Metodologia

O estudo foi realizado na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Dois Vizinhos, no sudoeste do Paraná, situado em latitude sul de 25° 42' 52" e longitude oeste de 53° 03' 94", a 520 metros acima do nível do mar. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho (Cabreira, 2015). O clima da região, segundo classificação Köppen é do tipo Cfa (subtropical úmido) sem estação seca definida, com temperatura média do mês mais quente de 22°C (Alvares et al., 2013), com precipitações anuais de 2010 mm por ano (Vieira et al., 2018).

O experimento consiste em cinco sistemas de preparo do solo e quatro espécies de culturas de cobertura de inverno em sucessão a cultura do milho, tendo sido implantado no ano agrícola de 2015 com os seguintes sistemas de preparo: plantio direto (PD) sem revolvimento do solo; Plantio direto escarificado anualmente (PDEa); Plantio direto escarificado com intervalo de 3 anos (PDEi); Plantio direto sob preparo mínimo anualmente (PDPMa) e Plantio direto sob preparo mínimo com intervalo de 3 anos (PDPMi).

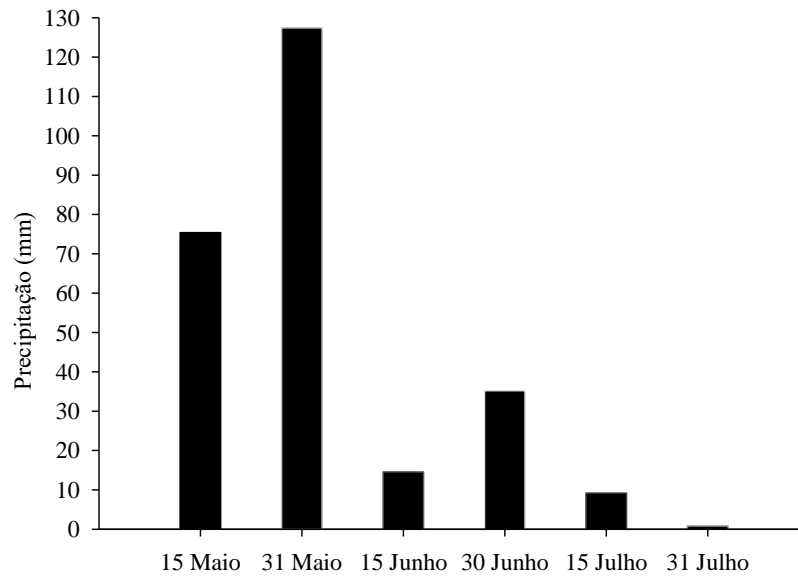
No PDE utiliza-se, para escarificação da área, o implemento Jumbo, da marca Jan, com 5 hastes, com espaçamento entre si de 0,40m, revolvendo solo em até 0,40 m de profundidade, enquanto o PDPM utiliza o subsolador da marca Terrus, que possui 4 hastes, espaçadas entre si a 0,70 m, com presença de rolo destorroador e a escarificação atinge até 0,50 m de profundidade no solo.

As plantas de cobertura foram implantadas em maio de cada ano, posterior a realização dos preparos do solo sendo utilizadas as seguintes densidades de semeadura: Aveia Preta – (*Avena strigosa* Schreb) 90 kg ha⁻¹; Ervilhaca Comum – (*Vicia sativa* L.) 40 kg ha⁻¹; Nabo Forrageiro – (*Raphanus sativus* L.) 15 kg ha⁻¹; Aveia + Ervilhaca + Nabo (A+E+N) - 60 + 30 + 10 kg ha⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, em esquema bifatorial, sistemas de preparos do solo e plantas de cobertura, compondo um fatorial 5x4, com três repetições e cada parcela possui medidas de 40 m².

Os preparos do solo foram realizados em 17/05/2019 para os preparos anuais (PDEa e PDPMa), sendo a quinta escarificação contínua, enquanto os preparos com intervalo de 3 anos foram realizados em maio de 2015 e 2018 (PDEi e PDPMi). Após a realização dos preparos do solo, para o sistema PDEa, foi utilizado grade niveladora para possibilitar a semeadura das plantas de cobertura, semeadas em 20/05/2019, utilizando semeadora de parcelas. A precipitação quinzenal durante as avaliações pode ser observada na Figura 1.

Figura 1. Precipitação quinzenal do período de preparos e avaliações do experimento (maio a julho de 2019).



Fonte: Autores.

A avaliação de perfilometria (rugosidade do solo) foi realizada em 10 de junho 2019, após a escarificação do solo, sendo a precipitação após o preparo até o momento de avaliação de 141,8 mm. As leituras do micro relevo superficial foram realizadas utilizando um rugosímetro, constituído de 49 varetas de ferro de 600 mm de comprimento e 8 mm de diâmetro cada, distanciadas 10 mm uma das outras e distribuídas ao longo de uma linha no suporte do rugosímetro. As alterações na altura das varetas, em função da rugosidade do terreno, foram anotadas em um papel milimetrado fixado em um suporte atrás das varetas. Foram realizadas 3 repetições em cada faixa escarificada e no SPD. O rugosímetro foi posicionado transversalmente a linha de semeadura e ao sentido dos preparos do solo, avaliando 50 cm de largura, sendo posicionado aleatoriamente na parcela, preconizando o espaço de efeito da haste dos equipamentos (Figura 2).

Para a determinação da taxa de cobertura do solo foi utilizada a metodologia proposta por Laflen et al. (1981) o qual consiste na utilização de um trena com espaçamento entre pontos de 0,10 m, colocada em diagonal na parcela, transversal a linha de semeadura, sendo realizada a contagem dos pontos que tocaram a palhada de cultura anterior, as plantas de cobertura ou o solo exposto. A avaliação foi realizada aos 15, 30, 53 e 67 dias após a semeadura (DAS) das plantas de cobertura.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Lilliefors), a análise Bifatorial, e

as médias comparadas pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade de erro, utilizando o software GENES (Cruz, 2016).

Figura 2. Rugosímetro utilizado para avaliação de relevo superficial.



Fonte: Autores.

3. Resultados e Discussão

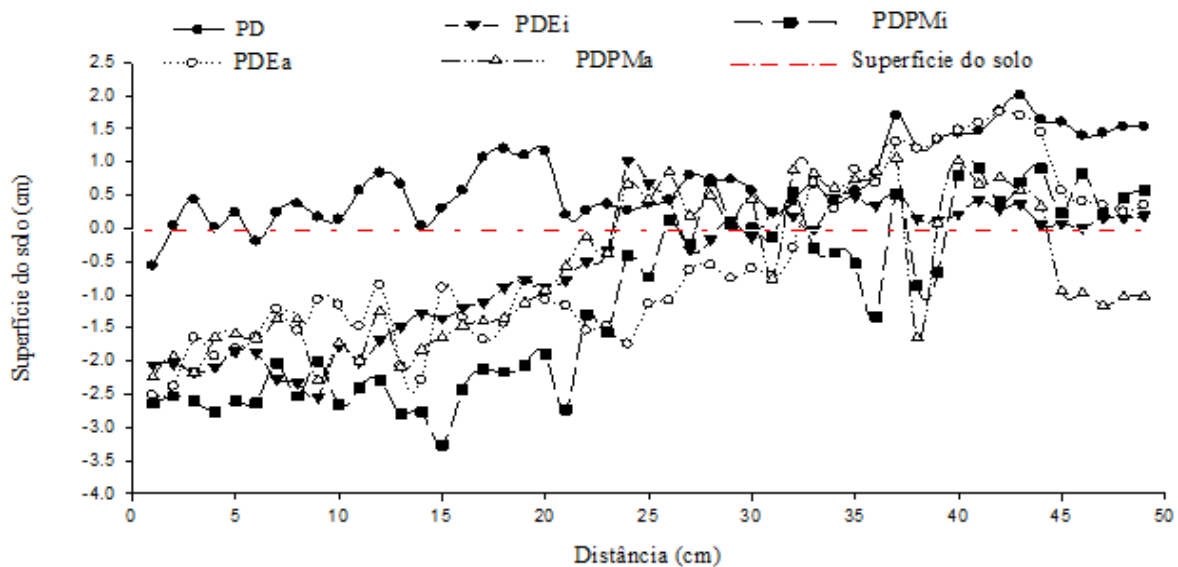
Em 50 cm de largura sob a superfície do solo pode-se observar alterações de relevo a cada cm na linha transversal a semeadura (Figura 3). O PD apresentou menor variação em relação aos demais tratamentos, variando do menor valor 0,5 cm abaixo da superfície do solo até 2 cm acima da superfície, com variação de 2,5 cm, enquanto o PDEa, PDPMa e PDPMi apresentaram variação acima de 4 cm no perfil, respectivamente de 4,3, 4,4 e 4,2 cm e o PDEi com variação de 3,6 cm no perfil superficial do solo.

A baixa variação apresentada pelo PDEa em relação aos demais tratamentos, pode estar relacionada possivelmente ao fato de que, no intervalo entre a realização da escarificação e a avaliação, tenha sido realizada uma operação de grade niveladora nesse tratamento, a semeadura, e ocorreu precipitação de 141,8 mm (Figura 1). A rugosidade do solo em sistemas com perturbação mecânica tende a reduzir após eventos pluviométricos. Para o PDE a rugosidade foi alterada de 10,4 para 7,5 mm e para PDPM de 8,9 para 7,2 mm, após precipitações de 160mm (Correa et al., 2012).

Carvalho Filho et al. (2007) em estudo de alteração do perfil do solo, utilizando escarificador com rolo destorroador semelhante ao PDPM, observou cerca de 10 cm de

elevação do perfil após o preparo do solo enquanto para o PDPMi encontramos variação de 4,1 cm no perfil do solo e 3,3 cm para o PDPMa.

Figura 3. Perfilometria do solo após escarificação aos 48 meses de condução do experimento.



Fonte: Autores.

A cobertura do solo por plantas não foi influenciada pelos preparos do solo na fase inicial das plantas dos 15, 30 e 53 DAS, se diferenciando somente entre as espécies utilizadas nas avaliações realizadas, onde as maiores taxas de cobertura foram verificadas para consórcios e aveia (Tabela 1), com isso resultando em menor taxa de exposição de palhada (tabela 2). Na avaliação realizada aos 67 dias houve interação significativa entre os fatores avaliados, a aveia e o consórcio continuaram se destacando nessa última avaliação, apresentando maior cobertura do solo por plantas, isso devido ao elevado perfilhamento da gramínea (aveia), se diferenciando estatisticamente da cultura do nabo forrageiro e da ervilhaca.

Ao avaliar a cobertura do solo por aveia, consórcio, nabo forrageiro, ervilhaca e demais espécies de plantas de cobertura hibernais, aos 30 DAS, Krenchinski et al. (2018) também observou maior cobertura do solo nos tratamentos contendo aveia solteira e em consórcio. Corroborando com o presente trabalho, ao avaliar a cobertura do solo aos 57 DAS Dahlem, (2013) obteve nos tratamentos de aveia preta e consórcio triplo, com aveia+ervilhaca+ nabo forrageiro, cobertura do solo por plantas de 83 e 85%, respectivamente, sendo obtido no presente trabalho média da cultura da aveia e consórcio de 80 e 84 % de cobertura por plantas aos 67 DAS.

Tabela 1. Taxa de cobertura do solo por planta (%) em área com preparos do solo e plantas de cobertura, aos 15, 30, 53 e 67 DAS de plantas de cobertura em 2019.

	PD	PDEa	PDEi	PDPMa	PDPMi	Média	
15 DAS							
Aveia	17,2	17,8	17,8	18,5	17,0	17,7	a*
Consórcio	24,9	21,1	18,6	18,9	25,7	21,8	a
Ervilhaca	10,7	9,0	7,8	11,6	8,7	9,5	b
Nabo forrageiro	6,8	6,0	5,3	6,3	8,5	6,6	b
Média	14,9 ^{ns}	13,5	12,4	13,8	15,0		
CV %	26,4						
30 DAS							
Aveia	34,2	26,3	24,3	29,9	31,0	34,2	a**
Consórcio	41,7	26,6	24,3	29,2	31,8	41,7	a
Ervilhaca	16,8	15,6	22,4	23,8	22,8	16,8	b
Nabo forrageiro	7,4	16,8	16,2	21,7	22,7	7,4	b
Média	25,0 ^{ns}	21,3	21,8	26,1	27,1		
CV %	23,9						
53 DAS							
Aveia	76,8	68,8	80,0	64,7	71,4	72,4	a**
Consórcio	79,9	66,2	73,6	69,4	71,8	72,2	a
Ervilhaca	33,3	18,7	24,4	36,2	37,6	30,0	b
Nabo forrageiro	14,9	20,3	21,9	28,0	21,3	21,3	b
Média	51,2 ^{ns}	43,5	50,0	49,56	50,		
CV %	17,65						
67 DAS							
Aveia	88,0	aA 73,1	aA 81,1	aA 81,6	aA 76,9	aA 80,2	
Consórcio	88,4	aA 80,4	aA 81,1	aA 85,9	aA 85,7	aA 84,3	
Ervilhaca	62,6	bA 32,4	bB 45,7	bB 63,9	bA 59,5	bA 52,8	
Nabo forrageiro	17,9	cB 32,5	bA 38,4	bA 51,0	bA 37,2	cA 35,4	
Média	64,2	54,6	61,6	70,6	64,8		
CV %	16,6*						

Letras maiúsculas diferentes na linha, diferem os sistemas de preparo; letras minúsculas diferentes na coluna, diferem as plantas de cobertura dentro de cada período de avaliação; Onde: **: significativo a 1 % de probabilidade de erro; *: significativo a 5 % de probabilidade de erro ns=não significativo a

5% de probabilidade; PD=Plantio direto; PDEa= Plantio direto escarificado anualmente; PDEi= Plantio direto escarificado com intervalo; PDPMa= Plantio direto preparo mínimo anualmente; PDPMi= Plantio direto com preparo mínimo com intervalo. Fonte: Autores.

Aos 67 DAS pode-se perceber o efeito dos preparos do solo na cobertura por plantas, de forma que as parcelas de ervilhaca apresentaram menor cobertura do solo quando conduzidas sob PDEa e PDEi, com taxa de cobertura do solo por plantas de 32,4 e 45,8 %, enquanto que no PD, PDPMa e PDPMi variou de 59,5 a 63,9. Já o sistema com nabo teve menor taxa de cobertura no PD, possivelmente por nos sistemas com revolvimento do solo se ter maior exposição à radiação solar consequentemente melhor controle de *Sclerotinia sclerotiorum* (mofo branco), presente na área em estudo.

A taxa de cobertura do solo por palhada da cultura anterior apresentou interação significativa entre os fatores preparos do solo e plantas de cobertura em todas as avaliações realizadas (Tabela 2). No decorrer das avaliações as taxas de cobertura de palhada foram reduzindo em função do desenvolvimento das plantas de cobertura pelo aumento da taxa de cobertura do solo por planta (Tabela 2), exceto para as parcelas com nabo forrageiro, a qual apresentou desenvolvimento limitado devido a utilização das mesmas em mesmo local em sucessão desde o ano de 2015, com ataque inicial de pragas, posteriormente a ocorrência de mofo branco, devido a contaminação das sementes com escleródios, tendo ocasionado redução da população de plantas e baixo desenvolvimento.

O comportamento para o desdobramento das interações foi similar para todas as datas de avaliações onde para os sistema em PD, PDEi e PDPMi, apresentaram diferenças em todas as épocas avaliadas, incluindo o PDPMa aos 15 e 53 dias, as maiores taxas de cobertura por palhada foram verificadas para nabo seguido de ervilhaca, enquanto a menores taxas de cobertura foram verificadas para o consórcio seguido da aveia. Já o sistema com PDEa não apresentou diferenças para as taxas de cobertura por palhada entre as plantas de cobertura utilizadas, assim como para o sistema PDPMa aos 30 e 67 dias.

Entre os sistemas de manejo do solo, observou-se uma maior taxa de cobertura por palhada conforme menor foi o grau de intervenção no solo, na seguinte ordem PDEa>PDPMa>PDEi>PDPMa>PD. Dessa forma percebe se que o PD tem maior potencial de manter o solo coberto evitando processos erosivos

Entre as plantas de cobertura, os sistemas consorciados seguido da aveia, pelo desenvolvimento mais rápido, resultaram em menor exposição de palhada, em consequência da cobertura do solo por plantas. Na média das plantas de cobertura o consórcio apresenta a menor taxa de cobertura do solo por palhada, devido a diversidade de espécies, onde é comum

uma servir de tutora para outra com melhor aproveitamento dos recursos naturais, com ocupação de estratos diferenciados para o aproveitamento de luz e exploração do solo, possibilitando maior ciclagem de nutrientes, menor sensibilidade a estresses climáticos e rápida cobertura do solo (Amado et al., 2014).

Aos 15 DAS o sistema de PD e PDPMi (exceto no consórcio), destacou-se com maior cobertura do solo por palhada, tendo assim menor quantidade de solo exposto devido ao menor revolvimento ocasionado pelo manejo adotado. Ainda nesses sistemas pode-se verificar maior percentual de cobertura do solo por palhada nas parcelas com uso de ervilhaca e nabo forrageiro no PD, o que pode ser justificado pelo desenvolvimento inicial mais lento característico dessas espécies plantas de cobertura, principalmente quando comparado ao sistema de consórcio.

Tabela 2. Taxa de cobertura do solo por palhada (%) em área com preparos do solo e plantas de cobertura, aos 15, 30, 53 e 67 DAS de plantas de cobertura.

	PD		PDEa		PDEi		PDPMa		PDPMi		Média
15 DAS											
Aveia	75,8	bA	11,5	aD	57,2	bB	30,6	bC	71,0	aA	49,2
Consórcio	66,9	cA	17,0	aD	59,1	bB	30,4	bC	56,4	bB	45,9
Ervilhaca	82,9	aA	18,3	aD	71,0	aB	35,8	bC	77,4	aA	57,1
Nabo forrageiro	84,3	aA	16,0	aD	66,6	aB	42,3	aC	76,9	aA	57,2
Média	77,5		15,7		63,5		34,8		70,4		
CV %	9,8*										
30 DAS											
Aveia	59,2	bA	17,9	aC	57,3	bA	20,7	aB	59,0	bA	46,2
Consórcio	55,0	bA	21,6	aC	52,6	bA	20,2	aB	56,2	bA	47,0
Ervilhaca	76,7	aA	19,7	aC	63,8	aA	24,7	aB	68,4	aA	48,9
Nabo forrageiro	82,1	aA	21,0	aD	59,2	aB	23,9	aC	64,0	aB	48,1
Média	68,3		20,0		58,2		22,4		61,9		
CV %	13,2*										
53 DAS											
Aveia	19,6	bA	5,3	aA	12,5	bA	14,5	bA	24,9	cA	15,3
Consórcio	17,6	bA	7,6	aA	19,9	bA	12,8	bA	20,1	cA	15,6
Ervilhaca	63,1	aA	10,2	aC	57,6	aA	24,1	aB	51,5	bA	41,3

Nabo forrageiro	75,0	aA	15,3	aD	56,5	aB	32,3	aC	65,4	aB	48,9
Média	43,9		9,6		36,6		20,9		40,5		
CV %	19,9**										
67 DAS											
Aveia	10,3	cB	2,1	aB	11,4	bB	4,3	aB	20,9	cA	9,8
Consórcio	9,9	cA	4,2	aA	11,4	bA	6,0	aA	6,1	dA	7,5
Ervilhaca	31,1	bA	7,9	aB	41,6	aA	12,1	aB	33,5	bA	25,2
Nabo forrageiro	73,5	aA	6,1	aE	43,9	aC	16,2	aD	58,3	aB	39,6
Média	31,2		5,1		27,1		9,7		29,7		
CV %	29,4**										

Letras maiúsculas diferentes na linha, diferem os sistemas de preparo; letras minúsculas diferentes na coluna, diferem as plantas de cobertura dentro de cada período de avaliação; Onde: **: significativo a 1 % de probabilidade de erro; *: significativo a 5 % de probabilidade de erro; PD=Plantio direto; PDEa= Plantio direto escarificado anualmente; PDEi= Plantio direto escarificado com intervalo; PDPMa= Plantio direto preparo mínimo anualmente; PDPMi= Plantio direto com preparo mínimo com intervalo. Fonte: Autores.

Os maiores valores de cobertura do solo por palhada aos 15 DAS foram apresentados nas parcelas de ervilhaca e nabo forrageiro conduzidos sob PD, e nas parcelas de aveia, ervilhaca e nabo forrageiro conduzidos sob PDPMi, sendo os valores variáveis de 71 a 84 %, se diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Os menores valores de cobertura do solo por palhada foram verificados nos preparos realizados anualmente, tendo média de cobertura do solo com palhada de 15,6 % no sistema de PDEa, seguido do PDPMa com cerca de 34,7 % de palhada aos 15 DAS, tendo comportamento dos sistemas semelhante aos 30 DAS quando comparados aos demais, apresentando menor percentual de cobertura do solo com palhada.

O percentual de solo exposto é percebido de forma clara após a realização dos preparos e a semeadura, aos 15 DAS (Tabela 3). Nessa ocasião não houve interação entre os tratamentos, mas o percentual de solo exposto foi maior nos sistemas preparados anualmente (70,8 no PDEa e 51,4 no PDPMa). Embora o preparo no PDEi tenha ocorrido um ano antes (2018) estes obtiveram taxa de exposição do solo de 25% se diferenciando do PDPMi e PD que foram o tratamento com menor exposição do solo, na média das culturas variando de 7,6% a 14,6 de solo exposto. Isso demonstra que o efeito de um revolvimento do solo sobre a degradação da palhada persiste por tempo superior a um ano quando ele é elevado como é o caso do PDEi. Por outro lado, não houve efeito das plantas de cobertura na média dos preparos mostrando que o preparo tem efeito superior na decomposição da palhada do que o

sistema de plantas de cobertura adotada.

Tabela 3. Percentual de solo exposto em área com preparos do solo e plantas de cobertura, aos 15, 30, 53 e 67 DAS de plantas de cobertura.

	PD		PDEa		PDEi		PDPMa		PDPMi		Média
15 DAS											
Aveia	6,9		70,7		25,0		50,9		12,0		33,1 ^{ns}
Consórcio	8,2		61,9		22,4		50,7		18,0		32,2
Ervilhaca	6,4		72,8		21,2		52,7		13,9		33,4
Nabo forrageiro	8,9		78,0		28,1		51,4		14,6		36,2
Média	7,6	D**	70,8	A	25,0	C	51,4	B	14,6	D	
CV %	17,1										
30 DAS											
Aveia	6,6	aD	55,7	bA	18,4	aC	49,4	bB	10,0	aD	28,0
Consórcio	3,4	aD	51,8	bA	23,1	aC	50,6	bB	12,0	aC	28,2
Ervilhaca	6,5	aD	64,9	aA	13,9	aC	51,4	aB	8,8	aC	29,1
Nabo forrageiro	10,5	aD	62,3	aA	24,6	aC	54,5	aB	13,2	aD	33,0
Média	6,7		58,7		20,0		51,5		11,0		
CV %	17,1**										
53 DAS											
Aveia	3,6	aB	26,0	bA	7,5	bB	20,8	bA	3,7	aB	12,3
Consórcio	2,6	aB	26,2	bA	6,6	bB	17,8	bA	8,1	aB	12,3
Ervilhaca	3,6	aD	71,2	aA	18,0	aC	39,7	aB	10,3	aC	28,7
Nabo forrageiro	10,1	aC	64,4	aA	21,6	aC	39,7	aB	13,3	aC	29,8
Média	5,0		46,9		13,4		29,4		9,0		
CV %	23,0**										
67 DAS											
Aveia	1,7	aB	24,8	bA	7,5	aB	14,1	bA	2,1	aB	10,0
Consórcio	1,7	aA	15,4	bA	7,5	aA	8,1	bA	8,2	aA	8,2
Ervilhaca	6,3	aC	59,7	aA	12,6	aC	24,0	aB	7,0	aC	21,9
Nabo forrageiro	8,6	aC	61,7	aA	17,7	aC	32,8	aB	4,5	aC	25,0
Média	4,6		40,3		11,3		19,8		5,5		
CV %	40,7**										

Letras maiúsculas diferentes na linha, diferem os sistemas de preparo; letras minúsculas diferentes na coluna, diferem as plantas de cobertura dentro de cada período de avaliação; Onde: **: significativo a 1 % de probabilidade de erro; *: significativo a 5 % de probabilidade de erro ^{ns}=não significativo a 5% de probabilidade; PD=Plantio direto; PDEa= Plantio direto escarificado anualmente; PDEi= Plantio direto escarificado com intervalo; PDPMa= Plantio direto preparo mínimo anualmente; PDPMi= Plantio direto com preparo mínimo com intervalo. Fonte: Autores.

O PDEa apresentou maior percentual de solo exposto devido intensidade do revolvimento realizado cerca de 30 dia antes da primeira avaliação de taxa de cobertura do solo, com cerca de 70,8 % do solo exposto, seguido do PDPMa, com cerca de 51,5 % de solo exposto, corroborando com os resultados obtidos em estudo realizado por (Girardello et al., 2011), no qual na utilização de equipamentos semelhantes ao PDEa e PDPMa obteve-se exposição do solo de cerca de 75 e 40% após a realização dos preparos, respectivamente.

O PD apresentou os menores valores de exposição do solo em todas as avaliações, isto devido a exposição do solo ser localizada somente na linha de semeadura das plantas de cobertura, sendo que a exposição do solo reduziu de 7,6 %, na primeira avaliação para 4,5% na avaliação realizada aos 67 DAS., de forma que houve diferença significativa entre todos os preparos do solo, nas demais avaliações houve interação significativa entre os preparos do solo e as plantas de cobertura.

A partir dos 30 dias de avaliação há destaque absoluto para o PDEa que irá manter taxa de solo exposto de 40 (67 dias) a 59% aos 30 dias. Dentro desse tratamento há também uma clara distinção entre as plantas de cobertura sendo que nabo e ervilhaca mantem os maiores índices de solo descoberto enquanto aveia e consórcio conseguem obter uma relativa proteção ao sistema por plantas variando de 26 (30 dias) a 80% aos 67 dias (tabela 2)

De forma geral, os preparos do solo realizados anualmente apresentaram maior taxa de exposição de solo, sendo que ao passar do tempo, após os 30 DAS, pela cobertura do solo pelas plantas, foram mais nítidos nos sistemas cultivados com ervilhaca e nabo forrageiro, que obtiverem menor desenvolvimento inicial assim consequentemente mantendo elevada exposição do solo em relação aos demais preparos e aos sistemas com uso de aveia e consórcio.

4. Considerações Finais

A menor alteração na rugosidade superficial do solo após preparos e semeadura foi apresentada pelo PD enquanto os demais tratamentos apresentaram valores superiores a 3,6 cm de alteração.

A aveia preta e o consórcio de espécies possuem desenvolvimento mais rápido e maior capacidade de cobertura do solo inicial, quando comparados com a ervilhaca comum e o nabo forrageiro.

O PD proporciona maior cobertura por palhada após a semeadura do que os demais tratamentos, consequentemente com menor exposição do solo. Já o PDEa apresenta maior percentual de solo exposto, pelo revolvimento do solo pelo equipamento.

As práticas de mitigação da compactação do solo influenciam nos demais atributos de solo e no desenvolvimento de plantas, podendo ocasionar a degradação do solo a longo prazo.

Referências

Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., De Moraes Gonçalves, J. L., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

Amado, T. J. C., Fiorin, J. E., Arns, U., & Nicoloso, R. da S. Ferreira, A. de O. (2014). Adubação verde na produção de grãos e no sistema de plantio direto. In O. F. de Lima Filho, E. J. Ambrosano, F. Rossi, & Carlos, J. A. D. (Eds.), *Adubação Verde e Plantas de Cobertura no Brasil. Fundamentos e Prática* (2a ed.), 83.

Cabreira, M. A. F. (2015). *Levantamento de solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos*.

Carvalho Filho, A., Centurion, J. F., Silva, R. P. da, Furlani, C. E. A., & Carvalho, L. C. C. (2007). Métodos de preparo do solo: alterações na rugosidade do solo. *Engenharia Agrícola*, 27(1), 229–237. <https://doi.org/10.1590/s0100-69162007000100017>

Cruz, J., Alvarenga, R., Viana, J., Pereira, I., Albuquerque, M., Santana, D. (2017). *Sistema de Plantio Direto do Milho*. http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.html

Cruz, C. D. (2016). GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*, 35, 271–276.

Dahlem, A. R. (2013). Plantas de cobertura de inverno em sistemas de produção de milho sob plantio direto no sudoeste do Paraná. In *Tese de Doutorado*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Girardello, V. C., Amado, T. J. C., Nicoloso, R. da S., Hörbe, T. de A. N., Ferreira, A. de O., Tabaldi, F. M., & LanzaNova, M. E. (2011). Alterações nos atributos físicos de um latossolo vermelho sob plantio direto induzidas por diferentes tipos de escarificadores e o rendimento da soja. *Revista Brasileira de Ciencia Do Solo*, 35(6), 2115–2126. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000600026>

Lafren, J. M., Amemiya, M., Hintz, E. A. (1981). Medindo a cobertura de resíduos da colheita. *Journal of Soil and Water Conservation*, 36(6), 341–343.

Krenchinski, F. H., Cesco, V. J. S., Rodrigues, D. M., Albrecht, L. P., Wobeto, K. S., & Albrecht, A. J. P. (2018). Agronomic performance of soybean grown in succession to winter cover crops. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 53(8), 909–917. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000800005>

Panachuki, E., Bertol, I., Alves Sobrinho, T., Vitorino, A. C. T., Souza, C. M. A. de, & Urchei, M. A. (2010). Rugosidade da superfície do solo sob diferentes sistemas de manejo e influenciada por chuva artificial. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 34(2), 443–452. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832010000200018>

Pott, L. P., Amado, T. J. C., Leal, O. A., & Ciampitti, I. A. (2019). Mitigation of soil compaction for boosting crop productivity at varying yield environments in southern Brazil. *European Journal of Soil Science, March*, 1–16. <https://doi.org/10.1111/ejss.12880>

Rampim, L., Pott, C. A., Volanin, A. J. D., Spliethoff, J., Camilo, E. L., Camilo, M. L., Conrado, A. M. C., Kolling, C. E., Conrado, P. M., & Neto, E. G. (2020). Influência do manejo mecânico e da adubação verde nos atributos físicos de Latossolo. *Research, Society and Development*, 9(5), e173953258. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i5.3258>

Vázquez, E. V., Bertol, I., Siqueira, G. M., Paz-Ferreiro, J., & Dafonte, J. D. (2010). Evolution of the soil surface roughness using geostatistical analysis. *Bragantia*, 69(suppl), 141–152. <https://doi.org/10.1590/s0006-87052010000500015>

Vieira, F. M. C., Machado, J. M. C., De Souza Vismara, E., & Possenti, J. C. (2018). Probability distributions of frequency analysis of rainfall at the southwest region of Paraná State, Brazil. *Revista de Ciências Agroveterinarias*, 17(2), 260–266. <https://doi.org/10.5965/223811711722018260>

Zhu, P. zong, Zhang, G. hui, Zhang, B. jun, & Wang, H. xiao. (2020). Variation in soil surface roughness under different land uses in a small watershed on the Loess Plateau, China. *Catena*, 188(September 2019), 104465. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104465>

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Maiara Karini Haskel - 30%

Paulo Cesar Conceição - 25%

Caroline Aparecida Seleprin Dresch - 15%

Angela Tomazoni - 10%

Cidimar Cassol - 10%

Felipe Lunardelli Sandrin - 10%