

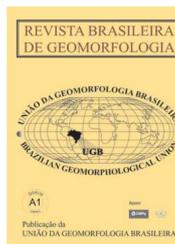


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 18, nº 2 (2017)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v18i2.1146>



RESISTÊNCIA DO SOLO EM CULTIVO DE TABACO COM DIFERENTES FORMAS DE MANEJO NA REGIÃO SUDESTE DO PARANÁ

SOIL RESISTANCE ON TOBACCO CULTIVATION WITH DIFFERENT FORMS OF MANAGEMENT IN SOUTHEASTERN PARANÁ

Valdemir Antoneli

*Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Centro-Oeste
Campus de Irati, Rodovia PR-153, km 7, Irati, Paraná. Cep: 84500-000, Brasil
Email: vaantoneli@gmail.com*

Fabio Caian de Jesus

*Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Centro-Oeste
Campus de Irati, Rodovia PR-153, km 7, Irati, Paraná. Cep: 84500-000, Brasil
Email: fabiocaian@hotmail.com*

João Anésio Bednarz

*Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Centro-Oeste
Campus de Irati, Rodovia PR-153, km 7, Irati, Paraná. Cep: 84500-000, Brasil
Email: joaogeo2013@gmail.com*

Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):
10/09/2016
Aceito (Accepted):
29/04/2017

Palavras-chave:

Plantio Direto; Plantio Convencional; Etapas do Cultivo; Compactação do Solo.

Keywords:

No Tillage; Conventional Tillage System; Planting Stages of the Cultivation; Soil Compaction.

Resumo:

O cultivo do tabaco é uma alternativa rentável para as pequenas propriedades da região Sudeste do Estado do Paraná, principalmente por ser cultivado em áreas impróprias para a agricultura (solos rasos e declividade acentuada). Nas áreas com restrições ao uso, o tabaco é cultivado sob plantio convencional e nas áreas mais planas utiliza-se o plantio direto. A variação na forma de plantio pode influenciar na resistência do solo. O objetivo deste trabalho foi identificar a influência do manejo do solo na resistência do solo em áreas de cultivo de tabaco com plantio convencional e plantio direto. Foram identificados 10 pontos para o monitoramento da resistência do solo em cada forma de plantio com coletas quinzenais entre setembro (início do plantio) a fevereiro (término da colheita). Foi utilizado o método de perfis transversais entre as linhas de plantio. As mensurações foram realizadas com um penetrômetro de bolso. Ao término da pesquisa foi observado que as atividades diárias realizadas no cultivo do tabaco influenciam na resistência do solo, mesmo com formas diferentes de cultivo.

Abstract:

Tobacco cultivation is a profitable alternative for small farms of the State of Paraná Southeast, mainly because it is grown in inappropriate areas for agriculture (shallow soils and steep slopes). In areas with restrictions on use, tobacco is

grown under conventional planting and in the flatter areas, no-tillage. The variation in planting can influence the soil resistance. The objective of this study was to identify the influence of soil management on the soil resistance on tobacco growing areas with conventional tillage system and no tillage. We identified 10 points for the soil resistance monitoring in every form of planting with fortnightly collections from September (beginning planting) to February (end of harvest). We used the method of transversal profiles (profilometers) between the crop rows. The measurements were made with a penetrometer. At the end of the study we observed that the daily activities in the tobacco growing influence on soil resistance, even with different forms of cultivation.

Introdução

Com o sucesso na seleção de espécies vegetais silvestres, com a força da engenharia genética e abertura de novas fronteiras agrícolas, a produção agrícola ganhou novos contornos no mundo promovendo constantes alterações nas paisagens agrárias (LLAUSÀS *et al.*, 2009) tornando-as cada vez mais homogêneas (FJELLSTAD e DRAMSTAD, 1999). Esta intensificação tem promovido aumento das áreas cultiváveis, sendo necessário transformar áreas com restrições ao uso em áreas agrícolas.

A transformação de áreas com restrições ao uso em áreas agricultáveis ao longo do tempo tem promovido o agravamento da degradação dos solos (SQUIRE *et al.*, 2015) podendo levar ao abandono das terras cultiváveis devido a redução da produtividade (BAKKER *et al.*, 2005).

As áreas sem restrições ao uso (solos férteis e declividade inferior a 12%) vêm sendo tomadas de atividades agrícolas com alta concentração de tecnologia e rentabilidade expandindo os complexos agroindustriais (SILVA *et al.*, 1983). Nessas áreas são difundidas técnicas de cultivo que proporcionaram o aumento da produtividade e redução da degradação do solo. Dentre as quais podem ser citados, o plantio direto, o cultivo mínimo e o plantio em curva de nível.

Diversas pesquisas vêm sendo realizadas no intuito de analisar a influência da forma de manejo do solo nos seus condicionantes hidro-físicos como: perdas de solo (JEMAI *et al.*, 2013); infiltração (LIPIEC *et al.*, 2006; ZALUSKI e ANTONELI, 2014), estabilidade de agregados (CRITTENDEN *et al.*, 2015; KABIRI *et al.*, 2015), densidade e porosidade do solo (FLORES *et al.*, 2008), matéria orgânica (VALBOA *et al.*, 2015); umidade (KOVÁČ *et al.*, 2005; LI *et al.*, 2015), resistência do solo (BOTTA *et al.*, 2016), dentre outras.

Todas essas pesquisas citadas foram desenvolvidas em diversos cultivares. Entretanto são incipientes as pesquisas que comparam a resistência do solo em

cultivo de tabaco com diferentes formas de manejo. Contudo, são encontrados na literatura resultados de pesquisas que mostram processos acelerados de degradação do solo neste cultivar, com perdas de solos acima da tolerância (WOOD e WORSHAM, 1986; SLATTERY, 1997, ANTONELI e THOMAZ, 2014). Mesmo com a adoção de práticas conservacionistas como o plantio direto a degradação do solo pode ser acelerada devido à forma de plantio.

Na Região Sudeste do Estado do Paraná, o cultivo de tabaco tem se tornando uma importante fonte de renda das pequenas propriedades rurais (média inferior a 15 hectares), pois com apenas 2,5 hectares é possível gerar renda para a sobrevivência de uma família composta por quatro pessoas (ANTONELI e THOMAZ, 2014).

As pequenas propriedades da região Sudeste do Paraná caracterizam-se em sua maioria, como áreas impróprias para a agricultura mecanizada (solos rasos e encostas declivosas). Este padrão de pequenas propriedades associados a outros fatores físicos e socioeconômicos contribuiu para que o cultivo do tabaco se tornasse uma das atividades agrícolas mais importantes da região, empregando grande parte da mão-de-obra familiar (BOBATO, 2013).

O cultivo do tabaco, realizado no sistema de plantio convencional é efetuado em áreas com restrições ao uso (solos rasos e encostas com declives acima de 20%). Já com sistema de plantio direto, o cultivo é realizado em áreas sem restrições ao uso. Em ambas as formas de cultivo há variação nas atividades diárias de manejo ao longo do ciclo da cultura.

Portanto, esta pesquisa teve como objetivo identificar a variação da resistência do solo na camada superficial ao longo do cultivo do tabaco em duas formas de cultivo (plantio convencional e plantio direto) em uma área rural no município de Fernandes Pinheiro- PR (Região sudeste do Paraná).

Destaca-se que as duas formas de cultivo monitoradas encontravam-se na mesma encosta, portanto,

indicavam características físicas de relevo e solos semelhantes. Justifica-se a realização desta pesquisa como uma forma de identificar se há variação na resistência do solo nos diferentes usos e, se as atividades realizadas em cada forma de manejo ao longo do cultivo contribuem para essa variação.

Partiu-se do pressuposto de que se há variação na forma de cultivo e nas atividades diárias, pode haver variação na resistência do solo mesmo sem utilização de máquinas agrícolas para o desenvolvimento das atividades.

Área De Estudos

O estudo foi realizado em uma propriedade rural no município de Fernandes Pinheiro localizado na região Sudeste do Estado do Paraná a 25° 24' latitude Sul e 50° 32' longitude Oeste (figura 1). O município de Fernandes Pinheiro está localizado na Unidade Morfoestrutural do Segundo Planalto Paranaense e subunidade do Planalto de Irati. (MINEROPAR, 2017). Segundo Santos *et al.* (2007), no Planalto de Irati há predomínio de moderada vulnerabilidade a erosão, sendo encontrados solos Argissolos textura argilosa e média/argilosa e dissecação média do relevo. No entanto observa-se a formação de diques e sills, os quais indicam áreas de declividade superiores a 20%.

MAZZA, (2006) observa que há predomínio dos solos Latossolo vermelho, Cambissolo háplico e Argissolo vermelho-amarelo.

O clima da região se caracteriza como Cfb- Subtropical Úmido Mesotérmico com geadas frequentes no inverno e verões frescos, sem estação seca. O período quente ocorre de setembro a abril, com temperaturas médias inferiores a 22 °C, e a estação fria, que vai de maio a agosto, apresenta médias inferiores a 18 °C e mínima absoluta abaixo de 0 °C. O volume médio de precipitação para a área é de 2030 mm/ano. A altitude média é de 812,0 m.

O município de Fernandes Pinheiro assim como grande parte da região Sudeste do Paraná esta inserido no conglomerado denominado C13, conforme classificação do IAPAR (1995), o qual apresenta a região com alta participação de culturas temporárias, principalmente fumo, milho e feijão; sendo utilizada a força do trabalho familiar e de tração animal. É composta ainda, de pastagens, mata natural de reflorestamento e áreas em pousio associadas à baixíssima utilização de insumos agroindustriais e motomecanização. Essas características físicas (solos, relevo e clima) e a estrutura das propriedades contribuem para o desenvolvimento do cultivo do tabaco que se torna uma atividade rentável para a pequena propriedade.

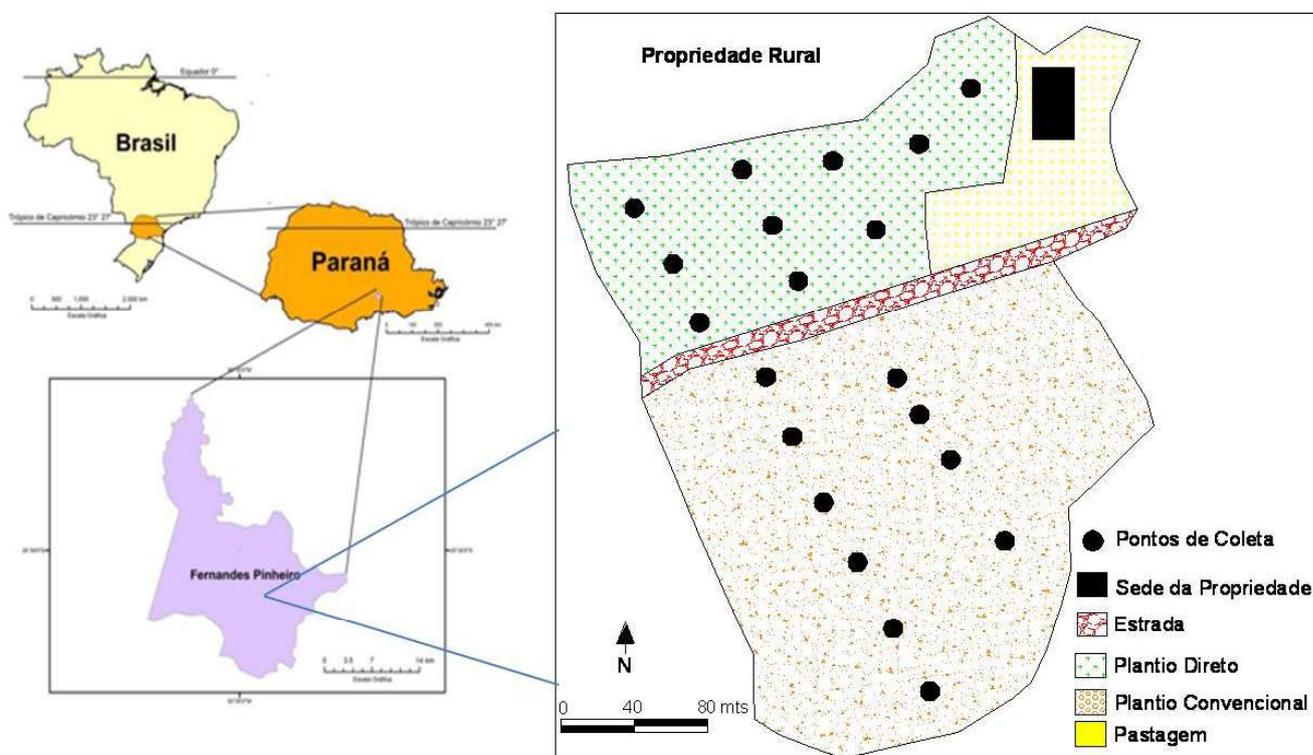


Figura 1 - Localização da área de estudos.

A Propriedade rural onde a pesquisa foi realizada apresenta uma área de cultivo de tabaco de 2,4 hectares situado em uma mesma encosta, sendo 1,4 hectares uti-

lizados para o plantio convencional e 1,0 hectare para o plantio direto (tabela 1). A encosta apresenta um cumprimento de 220 metros, e declividade média de 16%.

Tabela 1: Características das áreas de monitoramento.

Variáveis	Plantio convencional	Plantio direto
Declividade (%)	12.0± 0.2	10.0 ± 0.3
Largura entre camalhões (m)	1.3 ± 0.7*	1.3± 1.1*
Altura dos camalhões (cm)	30 ± 1.6*	28 ± 2.4*
Tipo de solo	Cambissolo Háptico	Cambissolo Háptico
Areia (%)	30	28
Silte (%)	26	27
Argila (%)	44	45
pH	6.1	5.9
Matéria orgânica (g/kg ⁻¹)	23.8	25.1

*N = 20 repetições de mensuração dos camalhões.

Nota: Para análise granulométrica, do pH e matéria orgânica do solo, foram coletadas 10 sub- amostras de 0 a 20 cm de profundidade, homogeneizadas e retirada uma amostra composta para análise.

Materiais e Métodos

Resistência do Solo

Para o monitoramento da resistência do solo na camada superficial do solo no cultivo de tabaco em ambas as formas de cultivo (plantio direto e plantio convencional) foi traçada uma linha transversal entre o camalhão D (Direito) a montante e o camalhão E (Esquerdo) a

jusante, (figura 2). A cada 10 centímetros de distância na referida linha foi realizada as coletas (batimetria). Ressalta-se que a batimetria serviu para indicar os locais de mensuração da resistência na camada superficial do solo. Foram selecionados 10 perfis transversais em cada forma de cultivo que foram monitorados durante o ciclo do cultivo do tabaco (setembro a fevereiro) ao longo da safra 2014/2015.

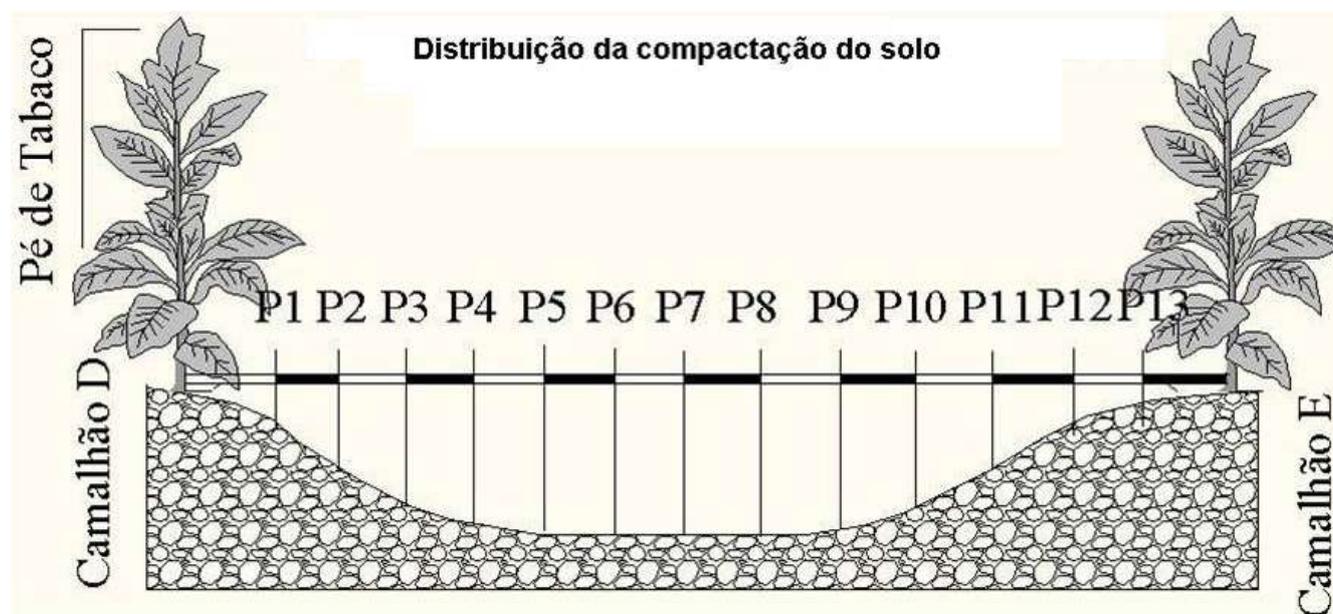


Figura 2 - esboço dos perfis transversais para monitoramento da resistência do solo na superfície do solo.

Nota: As linhas verticais (P1, P2) indicam os pontos onde foram realizadas as coletas, sendo 10 cm a cada intervalo.

Foram demarcados 10 pontos em cada forma de cultivo com hastes de ferro para que as coletas fossem realizadas sempre nos mesmos locais. As mensurações foram realizadas a cada quinze dias, utilizando um penetrômetro de bolso Marca H-4200 que registra resistência em quilograma força por centímetro quadrado (kgf/cm²). Ressalta-se que a haste do equipamento é cravada a um centímetro de profundidade de forma vertical na superfície do solo. Realizou-se a leitura da força necessária utilizada para que a haste fosse cravada no solo. Os resultados foram multiplicados pela constante 0.0098 (adimensional) para transformar em Mega Paschal (MPa).

Os dados de resistência do solo foram agrupados sendo que os pontos P1, ao P4 faziam parte do camalhão direito, os pontos P5 a P9, da entrelinha e os pontos P10 a P3 do camalhão Esquerdo (figura 2). Posteriormente, os dados foram distribuídos em classes, conforme Arshad *et al.* (1996) em que os valores de resistência a penetração entre 0,01 a < 0,1 MPa são considerados como resistência muito baixa; de 0,1 < 1,0 MPa baixa; de 1,0 < 2,0 MPa moderada; de 2,0 MPa < 4,0 MPa alta; de 4,0 < 8,0 MPa muito alta; e > 8,0 MPa extremamente alta.

Umidade antecedente

A umidade do solo foi coletada através de uma sonda com sensor de umidade modelo “espeto”, o qual, quando introduzido no solo registra os valores de umidade e transmite a um Datalogger, que faz o registro dos dados. A haste da sonda foi crava no solo de forma vertical na superfície do solo. Utilizamos o mesmo protocolo de pesquisa da resistência do solo para a coleta da umidade.

Calendário das atividades

O calendário das atividades diárias nos dois tipos de cultivo foi identificado conforme conversas com os agricultores e observação em campo. Este procedimento foi importante para elaborar um mapeamento das atividades de manejo que os agricultores desenvolvem ao longo do período de cultivo do tabaco.

Análise estatística

Utilizou-se estatística descritiva como a média, desvio padrão, máximo e mínimo, além da análise de

variância (ANOVA) para comparar a resistência e a umidade do solo nas duas formas de cultivo. Aplicou-se teste estatístico (Teste de *Tukey*) para comparar o mesmo atributo em dois momentos distintos (início do cultivo e término do cultivo) e para comparar os valores mensais entre os três setores do perfil (camalhão esquerdo, entrelinha e camalhão direito).

Resultado e Discussões

Na seqüência são apresentados os resultados e discussões das variáveis mensuradas ao longo do cultivo do tabaco nas diferentes formas de cultivo.

Calendário das atividades

As duas formas de cultivo do tabaco (plantio convencional e plantio direto) apresentam variação nas atividades diárias. No plantio direto, os camalhões foram construídos entre os meses de abril e maio e na seqüência foi semeada a cobertura vegetal de inverno (aveia preta – *Avena strigosa*) sob os camalhões e entrelinhas. No final do mês de agosto e início de setembro, esta vegetação foi dessecada com herbicida formando uma camada de 4 a 10 cm cobertura morta na superfície do solo com média de 3 a 5 toneladas de biomassa por hectare (ANTONELI e THOMAZ, 2014).

Destaca-se que a decomposição desta camada ao longo do período do cultivo do tabaco aumenta a exposição do solo e reduz a umidade, interferindo na variabilidade da resistência do solo. No mês de setembro, a cobertura do solo sob o plantio direto era de 100%, ao término do cultivo a média de cobertura foi de 12% (ANTONELI, 2011). Este valor condiz com aqueles estimados por Séguy *et al.* (1992) ao observarem cobertura morta de apenas 7% após 90 dias de cultivo da soja com plantio direto.

A cobertura vegetal de inverno também foi utilizada no plantio convencional, no entanto em agosto o solo foi revolvido para a construção do camalhão ficando exposto para o início do cultivo. Em setembro, foi realizado o plantio do tabaco nas duas formas de cultivo, entretanto cada forma indicou variação nas atividades (Quadro 1).

Quadro 1: Calendário das atividades nas duas formas de cultivo.

Mês	Plantio convencional	Plantio direto
Set	Construção dos camalhões; Plantio do tabaco; solo exposto.	Dessecagem da cobertura morta; Plantio do tabaco; solo coberto.
Out Nov	Atividades: revolvimento do solo da entrelinha; utilização de equipamentos rudimentares de tração animal; capina; aplicação de agrotóxicos; corte da flor do tabaco; solo exposto.	Atividades: capina no camalhão; aplicação de agrotóxico para o manejo de pragas e erva daninha; corte da flor do tabaco; solo coberto.
Dez	Início da colheita; aplicação de agrotóxicos para controle de pragas; solo exposto.	Início da colheita; aplicação de agrotóxicos para controle de pragas; solo coberto.
Jan	Intensificação da colheita (colheita semanal); solo exposto	Intensificação da colheita (colheita semanal); solo parcialmente exposto.
Fev	Término da colheita; solo exposto	Término da colheita; solo exposto

As atividades diárias entre as duas formas de cultivo variam desde o plantio, até o início da colheita. No plantio convencional o agricultor revolveu o solo semanalmente e/ou quinzenalmente dependendo da germinação das ervas daninhas. Este revolvimento foi realizado com implementos rudimentares de tração animal (terraceador, carpideira, cultivador e aleirador). Estes implementos revolvem a erva daninha apenas da entrelinha, sendo necessário a capina nos camalhões. O agrotóxico utilizado no plantio convencional é para controle de algumas pragas que afetam a produção.

No plantio direto, o tabaco foi transplantado em camalhões cobertos pela camada morta que auxilia na redução do escoamento superficial, redução da temperatura do solo e aumento da umidade (MONTENEGRO *et al.*, 2013). Esta condição permite a supressão da erva daninha pela cobertura morta (GUERRA *et al.*, 2015), sendo desnecessário portanto o revolvimento do solo. As ervas daninhas que surgiram na entrelinha foram removidas com herbicida e aquelas que germinaram nos camalhões foram removidas através da capina. Entretanto os camalhões não foram desestruturados e reconstruídos na seqüência como no plantio convencional.

A partir do mês de dezembro iniciou-se a colheita do tabaco e, as atividades diárias passam a ser as mesmas nas duas formas de cultivo. Destaca-se que são realizadas entre 8 a 10 colheitas de dezembro a fevereiro (média de uma colheita a cada 15 dias). Ou seja, as folhas do tabaco não podem ser colhidas todas de uma só vez, pois apresentam estágios de maturação

diferentes. Entre os intervalos das colheitas, os agricultores realizam atividades de limpeza do terreno, controle de doenças e aplicação de agrotóxicos para inibir a brota dos pés de tabaco. Essas atividades podem potencializar a resistência do solo nas entrelinhas.

Resistência do solo

Ao término do monitoramento observou-se variação significativa na resistência do solo dos camalhões entre os dois sistemas. A média nos camalhões com plantio convencional foi de 1.13 MPa, variando de 1.10 (camalhão direito) a 1.16 MPa (camalhão esquerdo). A variação da resistência do solo entre os camalhões pode ser em decorrência da declividade da vertente e a morfologia dos camalhões, pois o camalhão esquerdo encontra-se a jusante do camalhão direito, o que pode receber maior impacto do tráfego. Já no plantio direto a média foi de 1.33 MPa variando de 1.31 MPa (camalhão direito) a 1.35 MPa (camalhão esquerdo). A resistência do solo nos camalhões com plantio direto foi 16.8% superior ao plantio convencional, sendo considerada resistência do solo moderada segundo critério estabelecido por ARSHAD *et al.* (1996).

A resistência do solo na entrelinha ao final da pesquisa foi de 2.23 MPa no plantio convencional e 2.40 MPa no plantio direto, ou seja, a resistência foi 7.6% maior no plantio direto, sendo considerada uma resistência alta (Tabela 2). O aumento na resistência do solo na camada superficial no plantio direto pode ser atribuído ao não revolvimento do solo durante o cultivo.

Tabela 2: Resistência superficial do solo no plantio convencional e plantio direto.

Fases do Cultivo	Mês	Resistência Plantio convencional (MPa)			Resistência Plantio direto (MPa)		
		Camalhão Direito ¹	Entre-Linha ²	Camalhão Esquerdo ³	Camalhão Direito ¹	Entre-linha ²	Camalhão Esquerdo ³
Plantio	Set	0.28 aA	0.10 bA	0.30 aA	0.51 cA	0.66 dA	0.45 cA
	Out	0.32 aA	1.20 bA	0.35 aA	0.93 cB	1.62 dB	0.90 cB
	Nov	0.85 aB	2.07 bB	0.92 acB	1.11 cB	2.36 dC	1.10 cC
Média período		0.48 a	1.12 b	0.52 a	0.85 c	1.55 d	0.82 c
Colheita	Dez	1.57 aC	2.70 bC	1.55 aC	1.42 aC	2.71 bD	1.45 aD
	Jan	1.70 aC	3.42 bD	1.82 aD	1.84 aD	3.24 cE	2.07 aE
	Fev	1.91 aD	3.90 bE	2.02 aD	2.08 bE	3.83 cF	2.13 bE
Média período		1.73 a	3.34 b	1.80 a	1.78 a	3.25 b	1.87 a
Média do total		1.10 a	2.23 b	1.16 a	1.31 c	2.40 d	1.35 c
Desvio P		0.20	0.10	0.10	0.13	1.14	0.67
CV		15.6	4.5	7.8	13.4	48.1	32.5

As médias de cada linha seguida da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste Tukey a 5% de probabilidade. As médias de cada coluna seguida da mesma letra maiúsculas não diferem entre si de acordo com o Teste Tukey a 5% de probabilidade

¹ Os valores indicados por esta coluna, referem-se as medidas entre os pontos P1 a P3.

² Estes valores referem-se as medidas entre os pontos P4 a P10.

³ Estes valores referem-se as medidas entre os pontos P11 a P13.

Diversas pesquisas apontam resultados similares aos encontrados nesta pesquisa com obtenção de valores inferiores de resistência no plantio convencional em relação ao plantio direto, entre eles está o trabalho realizado por (COSTA *et al.*, 2006). O revolvimento do solo no plantio convencional na fase de formação da cultura (setembro a novembro) pode ser considerado como uma forma de escarificação, entretanto este revolvimento é concentrado apenas na entrelinha o que pode interferir na resistência do solo na camada superficial. Girardello *et al.* (2014) contribuem com esta questão ao observarem redução significativa na resistência do solo com uso de escarificação. Neste caso, o não revolvimento do solo tende a compactar a camada superficial, a qual pode estar relacionada com o aumento da densidade e diminuição da porosidade total (KLEIN *et al.*, 2008).

Quando comparadas a resistência do solo nas diferentes fases do cultivo, observou-se que os valores variaram de acordo com as atividades desenvolvidas

nas duas formas de cultivo. Durante a fase do plantio e desenvolvimento da planta (setembro a novembro), os camalhões do plantio convencional indicaram menor resistência do solo em relação ao plantio direto (média de 67,3% superior)

As entrelinhas também indicaram variação significativa da resistência do solo entre as duas formas de cultivo, sendo a resistência do solo no plantio convencional 34,8% inferior as entrelinhas do plantio direto. Esta variação pode ser atribuída ao revolvimento semanal e/ou quinzenal da superfície do solo das entrelinhas e camalhões que auxilia na descompactação da camada superficial indicando valores inferiores as demais camadas do solo (MU *et al.*, 2016).

Mesmo com a remobilização do solo na entrelinha, a resistência da superfície do solo neste período foi superior aos camalhões. Esta variação pode ser atribuída ao trânsito dos agricultores e dos animais utilizados para as atividades nas entrelinhas os quais promovem zonas de maior frequência de trânsito (AMADO *et al.*, 2007).

No mês de novembro, o agricultor revolveu o solo no plantio convencional pela última vez antes do início da colheita e, com um terraceador de tração animal removeu a superfície do solo descompactada da entrelinha reconstruindo o camalhão. Este equipamento de tração animal remove uma camada em torno de 10 cm de solo da entrelinha para reconstruir os camalhões. Esta camada é aquela que ao longo do cultivo foi sendo revolvida para eliminação da erva daninha. Sem esta camada descompactada da superfície da entrelinha, os valores de resistência do solo aumentaram significativamente em relação aos valores indicados no mês de outubro. A variação na resistência do solo entre esses dois meses foi de 72.5% enquanto que no plantio direto o aumento foi de 45.6%.

A partir do mês de dezembro (início da colheita) a resistência do solo nos camalhões entre as duas

formas de cultivo não diferiram estatisticamente entre si. Mesmo caso ocorreu com os dados das entrelinhas. Esta condição pode ser explicada pela padronização das atividades diárias de manejo nas duas formas de cultivo, pois as colheitas foram realizadas a cada 15 dias conforme destacado anteriormente.

Ressalta-se que ao longo do período de colheita, houve um trânsito constante dos agricultores e dos animais (equinos) que são utilizados para as atividades diárias nas duas formas de cultivo. Esta padronização nas atividades pode ter influenciado na menor variação da resistência do solo entre as duas formas de cultivo.

A evolução da resistência do solo entre os dois períodos (plantio e colheita) nas duas formas de cultivo são apresentados em um croqui no qual é observada a variação mensal da resistência superficial do solo ao longo do cultivo (Figura 3).

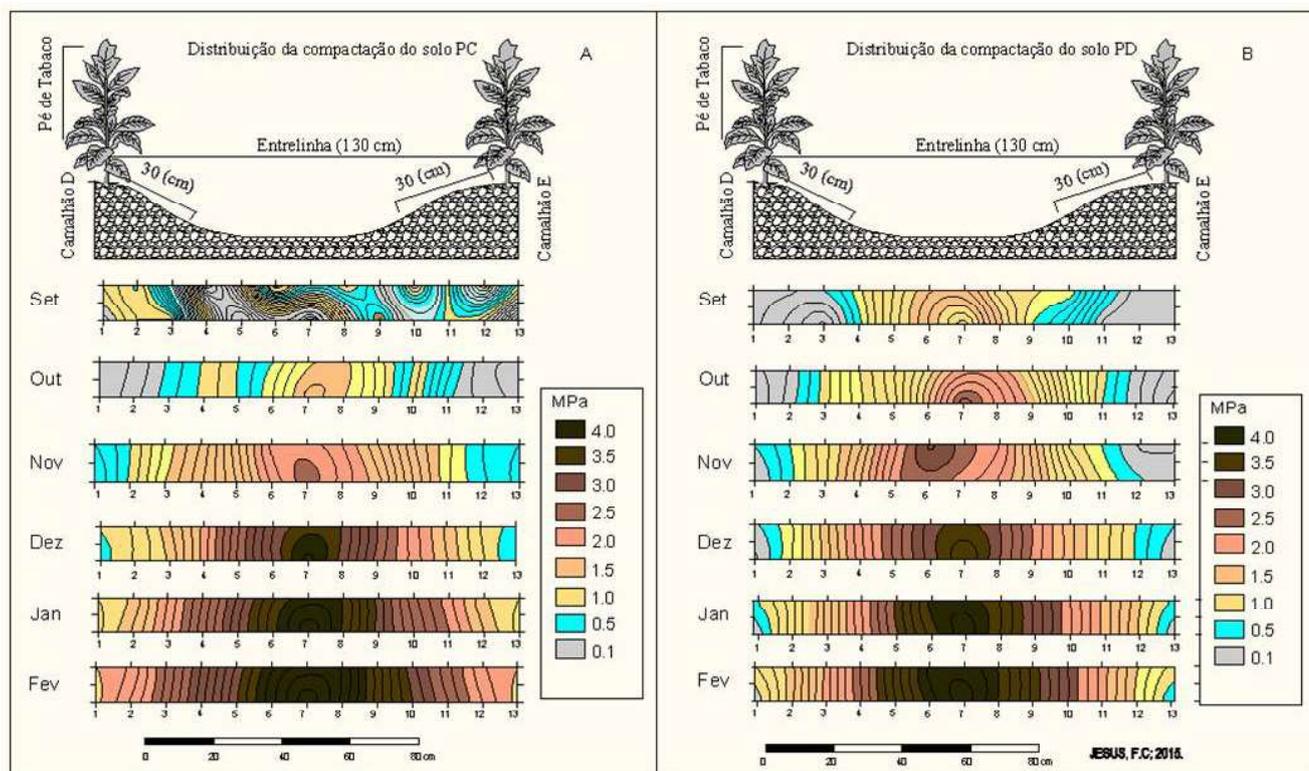


Figura 3 - Distribuição da compactação superficial. A) no plantio convencional; B) plantio direto.

A construção dos camalhões no mês de agosto e o revolvimento do solo nos três primeiros meses de cultivo proporcionaram variação significativa na espacialização da resistência do solo nos três primeiros meses no plantio convencional. A partir do mês de dezembro quando o solo deixou de ser revolvido no plantio convencional, a resistência do solo indicou valores bastante

próximos entre as duas formas.

Ao longo da colheita, a resistência do solo na entrelinha foi se intensificando e ao término da colheita (fevereiro) houve uma homogeneização da resistência do solo em toda dimensão da entrelinha com valores entre 3.5 a 4.0 MPa considerada uma resistência muito alta (ARSHAD *et al.*, 1996).

Este aumento na resistência pode ser em decorrência do tráfego ao longo da colheita e redução da umidade por conta do aumento da exposição do solo (ANTONELI e THOMAZ, 2014) e maior incidência de raios solares.

Umidade do solo.

Quando é comparada a espacialização da umidade da superfície do solo ao logo do cultivo do tabaco entre o Plantio Convencional e o Plantio Direto observa-se que os camalhões, os valores de umidade medidos, não indicaram variação significativa durante a safra. Entretanto, a maior parte destes diferiu dos valores medidos na área das entrelinhas, com exceção daqueles valores obtidos durante os dois primeiros meses do manejo de plantio convencional e do primeiro mês do plantio direto.

A umidade do solo dos camalhões e das entrelinhas do plantio convencional não apresentou valores diferentes nos dois primeiros meses, provavelmente devido ao constante revolvimento do solo tanto na

entrelinha quanto no camalhão e principalmente pela exposição total do solo. Já no plantio direto apenas no mês de setembro os valores de umidade foram próximos (Tabela 3).

A média da umidade no período de plantio (setembro a novembro) no plantio convencional foi inferior à média do plantio direto no mesmo período. Este resultado condiz com aqueles apresentados por Zanette *et al.* (2007) e Dalmago *et al.* (2009). A umidade do solo nos camalhões do plantio convencional diferiu estatisticamente dos camalhões do plantio direto, assim como as médias das entrelinhas também indicaram valores diferentes. Esta variação pode ser atribuída à biomassa da superfície do solo, conforme discutido por Fidalski *et al.* (2010), ou ainda pela remobilização do solo no plantio convencional.

Em caminhamentos pela área de estudos ao longo do cultivo, observou-se que a camada morta do plantio direto foi perdendo sua eficiência na cobertura do solo em decorrência do efeito do trânsito do agricultor e da decomposição deste material.

Tabela 3: Umidade superficial do solo no plantio convencional e plantio direto.

Fases do Cultivo	Mês	Umidade Plantio convencional (%)			Umidade Plantio direto (%)		
		Camalhão Direito ¹	Entre-Linha ²	Camalhão Esquerdo ³	Camalhão Direito ¹	Entre-linha ²	Camalhão Esquerdo ³
Plantio	Set	30.1 aA	30.1 aA	29.8 aA	37.8 bA	40.1 bA	36.5 bA
	Out	31.8 aA	34.7 aAB	31.9 aA	33.5 aAB	41.8 bA	35.7 aA
	Nov	32.7 aA	38.1 bB	31.7aA	32.7 aB	39.8 bA	34.2aA
Média período		31.5 a	36.4 b	31.1 a	34.7 b	40.6 c	35.5 b
Colheita	Dez	27.3 aAB	39.7 bB	26.9 aAB	29.5 aB	37.1 bAB	30.1 aB
	Jan	25.2 aB	37.1 bB	24.4 aB	27.1 aBC	36.1 bB	28.4aB
	Fev	24.2aA	35.4 bB	26.1 aAB	25.9 bC	34.7 bB	26.8aB
Média período		24.9 a	37.4b	25.8 a	27.8 a	35.9b	28.4 a
Média do total		28.2 a	36.9 b	28.5 a	30.8a	38.1 b	32.0 a
Desvio P		3.1	2.0	2.9	3.3	2.8.14	3.7
CV		10.5	4.4	10.9	10.7	7.4	11.8

As médias de cada linha seguida da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si de acordo com o Teste Tukey a 5% de probabilidade. As médias de cada coluna seguida da mesma letra maiúsculas não diferem entre si de acordo com o Teste Tukey a 5% de probabilidade

¹ Os valores indicados por esta coluna, referem-se as medidas entre os pontos P1 a P3.

² Estes valores referem-se as medidas entre os pontos P4 a P10.

³ Estes valores referem-se as medidas entre os pontos P11 a P13.

No período da colheita (dezembro a fevereiro) a variação na umidade média do solo nos camalhões não foi significativa nas duas formas de cultivo, assim como os dados de umidade do solo nas entrelinhas também não se diferenciaram entre si. A menor variação na umidade do solo durante a colheita do tabaco nos camalhões pode ser atribuída a padronização das atividades e a morfologia da planta do tabaco conforme observado por Antoneli *et al.* (2016).

Durante a colheita do tabaco, a planta atinge um estágio de crescimento que varia de 1,1 a 1,4 metros de altura e com um raio de aproximadamente de 50 cm. As folhas apresentam comprimento médio de 35 a 60 cm e largura de 15 a 30 cm (ANTONELI, 2011).

As folhas do tabaco possuem formato ovaladas, elípticas ou lanceoladas com pecíolo curto e alado (SILVA e MENTZ, 2005). Com o aumento no comprimento e na largura das folhas, estas se tornam mais pesadas e acabam direcionando suas pontas para o solo (desabando) promovendo maior cobertura do solo nos camalhões

(ZALUSKI e ANTONELI, 2014). Esta característica da planta potencializa a interceptação da água da chuva no camalhão e direciona a água para a entrelinha (ANTONELI e THOMAZ, 2014), contribuindo para maior umidade do solo nela.

Em caminhamentos pela área de estudos foi observado que em determinadas chuvas (baixa intensidade e volume) a planta influenciou de forma significativa na interceptação, sendo observadas manchas de solo seco na superfície debaixo dos pés de tabaco.

Por ser uma espécie de crescimento relativamente rápido promove variação na cobertura do solo e chega ao estágio da colheita com 60 a 70% do solo coberto (ANTONELI, 2011). Os camalhões são construídos a uma distância de aproximadamente 1,3 metros um do outro, como o raio da planta é de aproximadamente 50 cm significa, portanto, sobra um espaço entre os camalhões de 30 cm em média. Durante o ciclo de cultivo o tabaco vai indicando variações na exposição do solo, conforme indicado pela Figura 4.



Figura 4 - Morfologia da planta do tabaco e sua influência na cobertura do solo. A) cobertura do solo no mês de setembro; B) cobertura do solo em novembro; C) cobertura do janeiro. D) cobertura do solo em fevereiro.

A variação da cobertura do solo potencializa a distribuição da umidade superficial que pode ser um fator determinante para a resistência do solo. Por meio das figuras 4 C e 4 D são possíveis observar que resta apenas uma passagem estreita (15 a 25 cm) entre as folhas. Essa condição permite que o agricultor transite por essa pequena passagem no centro da entrelinha.

Quando comparados os dados de umidade com os de resistência do solo, observa-se que a umidade do solo não foi fator determinante na resistência do solo. No

plantio convencional foi encontrada menor correlação nos camalhões, tanto no período de plantio, quanto no período de colheita (figura 5). Durante os meses de plantio e desenvolvimento da planta (setembro a novembro), a remobilização do solo pode ter influenciado nesta baixa correlação. O revolvimento do solo na camada superficial além de minimizar o processo de compactação do solo (COLET *et al.*, 2009), permite maior aeração, maior rugosidade superficial (CORREA *et al.*, 2012) e aumento na taxa de infiltração (VOLK e COGO, 2014).

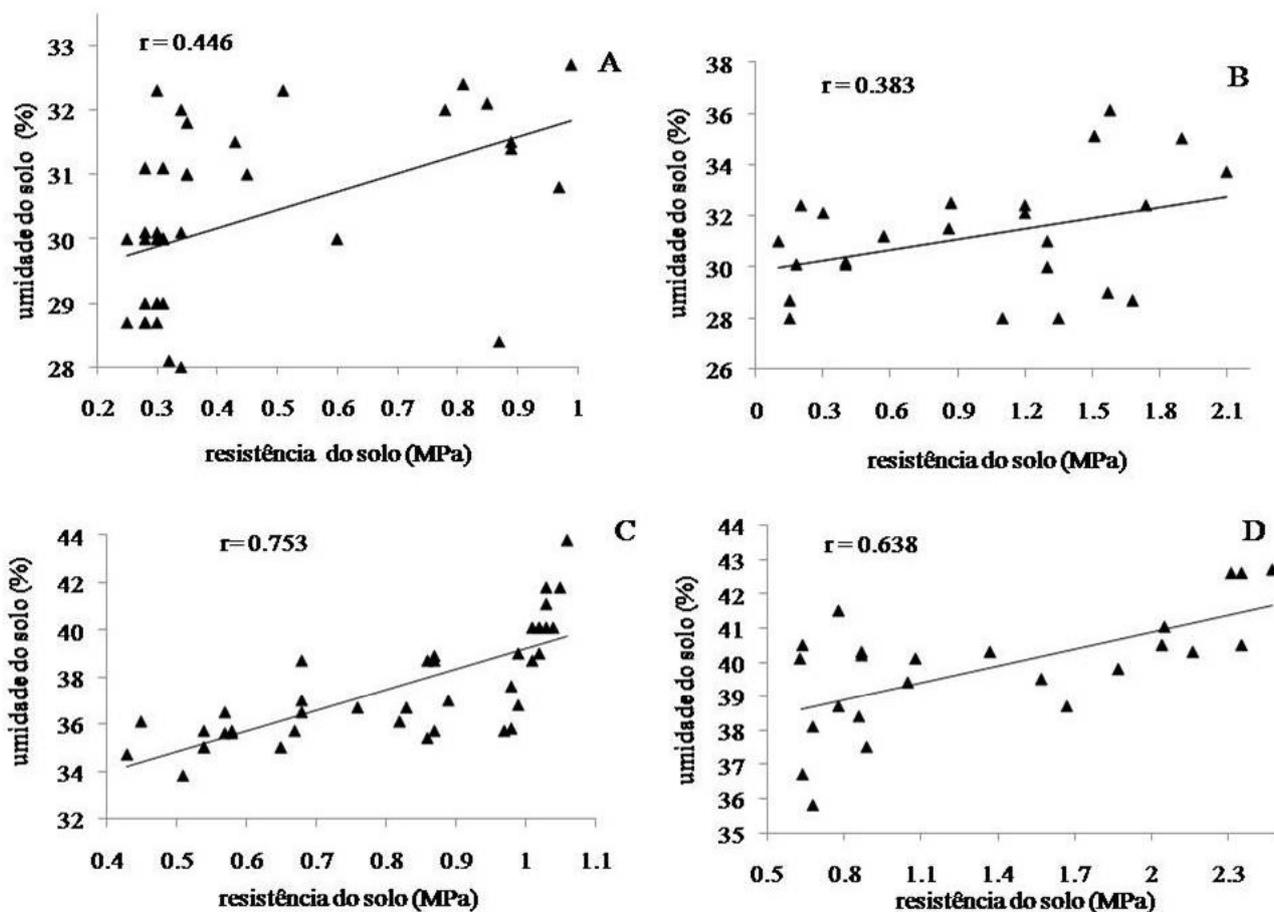


Figura 5 - Correlação entre umidade e resistência do solo no plantio convencional. A) correlação nos camalhões no período de plantio. B) Correlação nas entrelinhas no período de plantio. C) correlação nos camalhões no período de colheita. D) correlação nas entrelinhas no período de colheita.

Durante a fase de colheita, notou-se uma correlação média tanto nos camalhões quanto na entrelinha. Estes resultados podem ser influenciados pela cobertura do solo nos camalhões e parte das entrelinhas, conforme discutido anteriormente. Segundo Veiga *et al.*, (2008) o aumento na compactação do solo na entrelinha, diminui sua permeabilidade ao ar e à água.

A correlação entre a umidade e resistência do solo no plantio direto indicou variação parecida com o plantio convencional, ou seja, baixa correlação no período de plantio, tanto nos camalhões quanto nas entrelinhas e correlação média no período de colheita (Figura 6).

A baixa correlação entre a umidade e resistência do solo no período de plantio pode ser atribuída

à maior resistência do solo quando comparado ao plantio convencional. A resistência do solo na camada superficial reduz drasticamente a infiltração de água no solo (LANZANOVA *et al.*, 2007), o que pode reduzir o armazenamento de água no solo.

Durante a colheita, a correlação entre umidade e a resistência do solo no plantio direto também se assemelhou ao plantio convencional. Esta questão pode ser atribuída à padronização das atividades desenvolvidas nas duas formas de cultivo.

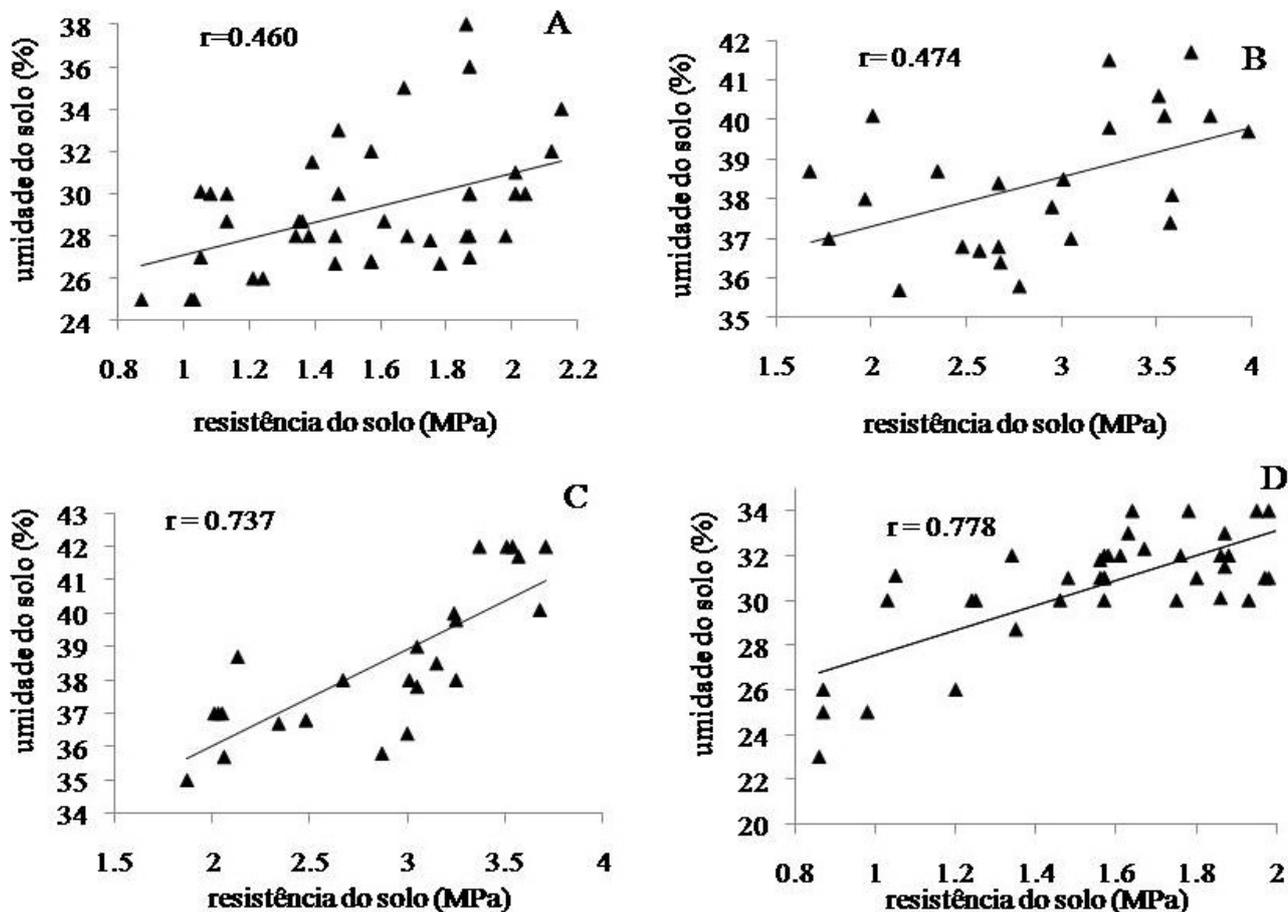


Figura 6 - Correlação entre umidade e resistência do solo no plantio direto. A) correlação nos camalhões no período de plantio. B) Correlação nas entrelinhas no período de plantio. C) correlação nos camalhões no período de colheita. D) correlação nas entrelinhas no período de colheita.

Conclusão

É possível afirmar diante dos resultados do trabalho que a resistência do solo na camada superficial do solo em plantio de tabaco sofre influência direta do manejo, pois nas áreas de plantio convencional, a compactação nos primeiros meses de cultivo foi menor em relação ao plantio direto devido à remobilização do solo para eliminar as ervas daninha.

A partir do momento em que as atividades de cultivos foram similares nas duas formas de cultivo (período de colheita) não houve variação significativa

na resistência do solo.

Os centros das entrelinhas indicaram maior resistência do solo devido ao constate pisoteio dos agricultores e dos animais (equinos) que são utilizados para a realização de algumas tarefas diárias.

A umidade do solo parece não ter influenciado de forma significativa na resistência do solo, principalmente no período dos primeiros meses de cultivo, já que a própria planta do tabaco influencia na distribuição da água na superfície do solo.

Concluí-se ao final da pesquisa, que mesmo com adoção de práticas conservacionistas como o plantio

direto, a resistência do solo ao término da colheita do tabaco é bastante próxima dos resultados obtidos com o plantio convencional.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de recurso através do Edital MCTI/CNPQ/Universal 14/2014 Faixa A. Número do Processo: 457595/2014-0. Coordenado pelo primeiro autor.

Referências Bibliográficas

AMADO, T.J.C.; PONTELLI, C.B.; SANTI, A.L.; VIANA, J.H.M. & SULZBACH, L. Variabilidade espacial e temporal da produtividade de culturas sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1101-1110. 2007.

ANTONELI, V. **Dinâmica do uso da terra e a produção de sedimentos em diferentes áreas fontes na bacia hidrográfica do Arroio Boa Vista- Guamiranga-PR**. Tese de Doutorado em Geografia pela Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba, 2011. 354p.

ANTONELI, V.; BEDNARZ, J. A.; JESUS F. C. de; Avaliação da umidade superficial do solo em cultivo de tabaco em plantio direto e convencional na Região Sudeste do Paraná. **Caminhos de Geografia** Uberlândia, v. 17, n.59 p. 51–64. 2016.

ANTONELI, V.; THOMAZ, E. L. Perda de solo em cultivo de tabaco sob diferentes formas de cultivo na região Sudeste do Paraná **Revista Brasileira de Geomorfologia**. São Paulo, v.15, n.3, p.455-469, 2014.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B. & GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J., eds. Methods for assessing soil quality. Madison, **Soil Science Society of America**, (SSSA Special publication 49), p.123- 141.1996.

BAKKER, M. M.; GOVERS, G.; KOSMAS, C.; OOST, V. V. K. VAN.; ROUNSEVELL, M. Soil erosion as a driver of landuse change. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.105, n.3, p. 467-481. 2005.

BOBATO, Z. L. O impacto socioeconômico gerado pela fumicultura na microrregião geográfica de Prudentópolis-PR, Geosul, Florianópolis, v. 28, n. 55, p 31-54, 2013.

BOTTA, G.F. TOLÓN-BECERRA, ARIVERO, D. LAUREDA, D. RAMÍREZ-ROMAN, M. LASTRA-BRAVO X., AGNES, D. FLORES-PARRA, I.M. PELIZZARI, F. MARTIREN V. Compaction produced by combine harvest traffic: Effect

on soil and soybean (*Glycine max* L.) yields under direct sowing in Argentinean Pampas. **European Journal of Agronomy**, v. 74, p. 155-163. 2016.

COLET, M.J.; SVERZUT, C.B.; WEIRICH NETO, P.H.; SOUZA, Z.M. de. Alteração em atributos físicos de um solo sob pastagem após escarificação. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p. 361368, 2009.

CORREA, I. M. C.; BERTOL, I.; RAMOS, J. C.; MASAHIKO M. T. Rugosidade da superfície de um Cambissolo Húmico relacionada com o preparo e compactação do solo sob chuva natural **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 36, n. 2, p. 567-576. 2012.

COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; GOMES DE SOUSA, D. M. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.7, p.1185-1191. 2006.

CRITTENDEN, S. J.; POOT, N.; HEINEN, M.; VAN BALEN, D.J.M.; PULLEMAN. M.M. Soil physical quality in contrasting tillage systems in organic and conventional farming. **Soil and Tillage Research**, v. 154, p. 136-144. 2015.

DALMAGO, G. A.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I.; KRUGER, C. A. M.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Retenção e disponibilidade de água às plantas, em solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13 (suplemento), p. 855–864, 2009.

FIDALSKI, J. AULER, P. A. M.; BERALDO, J. M. G.; MARUR, C. J.; FARIA, R. T.; BRABOZA, G. M. C. Availability of soil water under tillage systems, mulch management and citrus rootstocks. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 34, n.3, p. 917-924. 2010.

FJELLSTAD, W.J.; DRAMSTAD, W.E. Patterns of change in two contrasting Norwegian agricultural landscapes. **Landscape and Urban Planning**, v 45, Issue 4-1, p 177–191. 1999.

FLORES, C. A.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J. A.; PAULETTO, E. A. Recuperação da qualidade estrutural, pelo sistema plantio direto, de um Argissolo Vermelho. **Ciência Rural**, v.38, p.2164-2172, 2008.

GIRARDELLO, V. C.; AMADO, T. J. C.; SANTI, A. L.; CHERUBIN, M. R.; KUNZ, J.; TEIXEIRA, T. DE. G. Resistência à penetração, eficiência de escarificadores mecânicos e produtividade da soja em Latossolo Argiloso manejado sob Plantio Direto de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38 p.1234-1244. 2014.

- GUERRA, N.; OLIVEIRA NETO, A. M. DE.; FLORA, R.; GUERRA, A.; MEERT, L.; BOTTEG, E. L. Efeito de palhadas e métodos de irrigações na supressão de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.14, n.3, p.240-246, 2015.
- IAPAR–Instituto Agronômico do Paraná. **Caracterização da Agricultura no Paraná**. Londrina, 1995. 87 p.
- JEMAI, I; AISSA, N. B.; GUIRAT, S. B.; BEN-HAMMOUDA, M.; GALLALI, T. Impact of three and seven years of no-tillage on the soil water storage, in the plant root zone, under a dry subhumid Tunisian climate. **Soil and Tillage Research**, v.126, p.26–33, 2013.
- KABIRI, V.; RAIESI, F.; ALI GHAZAVI, M. Six years of different tillage systems affected aggregate-associated SOM in a semi-arid loam soil from Central Iran. **Soil and Tillage Research**, v. 154, p. 114-125, 2015.
- KLEIN, V.A.; VIEIRA, M.L.; DURIGON, F.F.; MASSING, J.P.; FÁVERO, F. Porosidade de aeração de um Latossolo Vermelho e rendimento de trigo em plantio direto escarificado. **Ciência Rural**, v.38, p.365-371. 2008.
- KOVÁČI, M. K.. MACÁK, M. ŠVANČÁRKOVÁ. The effect of soil conservation tillage on soil moisture dynamics under single cropping and crop rotation **Plant Soil Environ**, v.51, n.3, p. 124–130. 2005
- LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C. & REINERT, D.J. Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1131-1140, 2007.
- LI, J.; ZHANG, F.; WANG, S.; YANG, M. Combined influences of wheat-seedling cover and antecedent soil moisture on sheet erosion in small-flumes. **Soil and Tillage Research**, v, 151, p. 1–8. 2015.
- LIPIEC, J.; KUŚ, J.; SŁOWIŃSKA-JURKIEWICZ, A.; NOSALEWICZ, A. Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage methods. **Soil and Tillage Research**, v. 89. 1. 2, p. 210-220, 2006.
- LLAUSÀS, A.; RIBAS, A.; VARGA, D.; VILA, J. The evolution of agrarian practices and its effects on the structure of enclosure landscapes in the Alt Empordà (Catalonia, Spain), 1957-2001. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 129, n. 1-3, p. 73-82. 2009.
- MAZZA, C. A. **Caracterização ambiental da paisagem da microrregião colonial de Irati e zoneamento ambiental da floresta Nacional de Irati, PR**. São Carlos: UFSCar, 2006.
- MINEROPAR. Mapa Geomorfológico do Paraná. <http://www.mineropar.pr.gov.br/> Acesso 10/04/2017.
- MONTENEGRO, A. A. A.; ABRANTES, J. R. C. B.; LIMA, J. L. M. P. DE; SINGH, V. P.; SANTOS T. E. M. Impact of mulching on soil and water dynamics under intermittent simulated rainfall. **Catena**, v.109, p.139-149, 2013.
- MU, X.; ZHAO, Y.; LIU, K.; JI, B.; GUO, H.; XUE, Z.; LI, C. Responses of soil properties, root growth and crop yield to tillage and crop residue management in a wheat–maize cropping system on the North China Plain. **European Journal of Agronomy**, v.78, p. 32-43. 2016.
- SANTOS, L. C.; OKA-FIORI, C.; CANALLI, N. E.; PIO FIORI, A.; SILVEIRA, C. T. DA.; FRANÇA DA SILVA, J.M. Mapeamento da vulnerabilidade geoambiental do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**. 37(4): 02, p 01-09. 2007.
- SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; MATSUBARA, M. **Gestão dos solos e culturas nas fronteiras agrícolas dos cerrados úmidos do Centro- Oeste**. Lucas do Rio Verde, CIRAD, 1992. 117p.
- SILVA, M. V.; MENTZ, L. A. O gênero *Nicotiana L. (Solanaceae)* no Rio Grande do Sul, Brasil. **IHERINGIA, Série Botânica**. Porto Alegre, v. 60, n. 2, p. 151-173, 2005.
- SLATTERY, M. C.; BURT, T. P.; GARES, P. A. Dramatic Erosion of a Tobacco Field at Vanceboro, North Carolina. **Southeastern Geographer**, v.37, n.1, p.85-90, 1997.
- SQUIRE, G.R.; HAWES, C.; VALENTINE, T.A.; YOUNG, M.W. Degradation rate of soil function varies with trajectory of agricultural intensification. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.202, n. 1, p 160–167. 2015.
- VALBOA G.; LAGOMARSINO, A.; BRANDI, G.; AGNELLI, A.E.; SIMONCINI, S.; PAPINI, R.; N. VIGNOZZI, PELLEGRINI, S. Long-term variations in soil organic matter under different tillage intensities. **Soil and Tillage Research**, v. 154, p.126-135. 2015.
- VEIGA, M. da; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; KAISER, D.R. Short and long-term effects of tillage systems and nutrient sources on soil physical properties of a Southern Brazilian Hapludox. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1437-1446, 2008.
- VOLK, L. B. da S.; COGO, P. M. Erosão hídrica, em três momentos da cultura do milho, influenciada por métodos de preparo do solo e semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n 2. 2014.
- WOOD, S. D.; WORSHAM, A. D. Reducing soil erosion in

tobacco fields with no-tillage transplanting. **Journal of Soil and Water Conservation**, v 41, n. 3, p 193-196, 1986.

ZALUSKI, P.; ANTONELI, V. Variabilidade na Infiltração da Água no Solo em área de Cultivo de Tabaco na Região Centro-Sul do Paraná. **Caderno de Geografia**, v.24, n.41, p,1-14. 2014.

ZANETTE, S. V.; SAMPAIO, S. C.; SILVESTRE, M. G., BOAS, M. A. V., URIBE-OPAZ, M. A.; QUEIROZ, M. M. F. de. Análise espacial da umidade do solo cultivado com soja sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.3, p.239–247, 2007.