



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

AMARÍLIS BERALDO RÓS

**IMPACTOS DE SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO NAS
PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM ARGISSOLO VERMELHO
AMARELO E NA PRODUÇÃO DE BATATA-DOCE**

Londrina
2012

AMARÍLIS BERALDO RÓS

**IMPACTOS DE SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO NAS
PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM ARGISSOLO VERMELHO
AMARELO E NA PRODUÇÃO DE BATATA-DOCE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. João Tavares Filho

Londrina
2012

R699i Rós, Amarílis Beraldo.
Impactos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas de um Argissolo Vermelho Amarelo e na produção de batata-doce / Amarílis Beraldo Rós. – Londrina : [s.n], 2012
59f. : il.

Orientador: João Tavares Filho
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Inclui bibliografia

1. Física do solo. 2. Conservação do solo. 3. Batata-doce. I. Tavares Filho, João. II. Universidade Estadual de Londrina. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

AMARÍLIS BERALDO RÓS

**IMPACTOS DE SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO NAS
PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM ARGISSOLO VERMELHO
AMARELO E NA PRODUÇÃO DE BATATA-DOCE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Tavares Filho
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. Ricardo Ralisch
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. Osmar Rodrigues Brito
UEL – Londrina – PR

Profa. Dra. Maria de Fátima Guimarães
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes
FCT?UNESP – SP

Dra. Graziela Moraes de Cesare Barbosa
IAPAR – Londrina – PR

Dra. Andréia Cristina Silva Hirata
Pólo Alta Sorocabana/APTA

Londrina, 29 de fevereiro de 2012.

DEDICO

Aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Londrina (UEL),

À Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA),

Ao Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR),

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
(CAPES),

Ao meu orientador Dr. João Tavares Filho,

Ao Dr. Nobuyoshi Narita,

À Dra. Graziela Moraes de Cesare Barbosa,

Aos meus pais e

À Clara Rós Golla.

RÓS, Amarílis Beraldo. **Impactos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas de um Argissolo Vermelho Amarelo e na produção de batata-doce**. 2012. 59 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

RESUMO

A adoção de sistemas de preparo reduzido é essencial à conservação do solo, mas pode afetar negativamente a produtividade de algumas culturas. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o impacto dos sistemas de preparo convencional e preparo reduzido (plantio direto) nas propriedades físicas de um Argissolo Vermelho Amarelo e na produtividade de raízes tuberosas de batata-doce. Para a avaliação das propriedades físicas (densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e resistência do solo à penetração de raízes), foi instalado experimento em blocos ao acaso, esquema de parcelas subdivididas, com nove repetições. As parcelas corresponderam aos tratamentos preparo convencional (aração seguida de gradagem niveladora e posterior levantamento de leiras com sulcador) e preparo reduzido com manutenção de palhada superficial (sem revolvimento do solo, exceto nas linhas de plantio). As subparcelas corresponderam às épocas de coleta: 120 e 180 dias após plantio (DAP) da cultura da batata-doce. Para a avaliação da produtividade da cultura (produtividades total e comercial e números de raízes tuberosas total e comercial) o delineamento experimental foi em blocos ao acaso, esquema de parcelas subdivididas, com seis repetições. As parcelas corresponderam às formas de manejo do solo e as subparcelas, à quatro épocas de colheita: 90, 120, 150 e 180 DAP. Foi verificado no solo sob preparo convencional, em relação ao reduzido, menor densidade na camada superficial do solo (0-0,15 m), menores valores de resistência do solo à penetração, maiores porosidade total e macroporosidade e menor valor de microporosidade. Tal situação favoreceu, em solo convencionalmente preparado, maiores produtividades total e comercial de raízes por meio do incremento dos números total e comercial de raízes tuberosas, em todas as épocas avaliadas, enquanto no preparo reduzido as produtividades total e comercial corresponderam a apenas 60% e 57% das produtividades total e comercial obtidas no preparo convencional aos 180 DAP, respectivamente. Logo, o preparo reduzido do solo, nas condições deste estudo, não é viável para o cultivo da batata-doce, considerando-se a produtividade da cultura.

Palavras-chave: Conservação do solo. Densidade do solo. Resistência do solo à penetração. Porosidade do solo. Produtividade de raiz tuberosa.

RÓS, Amarílis Beraldo. **Soil managements impacts on the soil physical properties of an Alfissol type soil and on the sweet potato yield.** 2012. 59 f. Thesis (Doctorate in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

ABSTRACT

The adoption of reduced tillage systems aims the soil conservation, but it can affect some crops yield in a negative way. Thus, this study aimed to assess the impact of conventional tillage and reduced tillage (no-tillage) on the physical properties of an Alfissol type soil and on sweet potato tuberous roots yield. For the evaluation of physical properties (soil bulk density, total soil porosity, soil macroporosity, soil microporosity and soil resistance to penetration), an experiment was conducted in randomized block design, in split-plot scheme, with nine replicates. The plots consisted of the treatments conventional tillage (plowing followed by leveling and making mounds) and reduced tillage with straw on the soil surface (cultivated only along the rows). The subplots corresponded to two collect periods: 120 and 180 days after planting (DAP) of the culture of sweet potato. For the assessment of the crop productivity (total and commercial yields and numbers of total and commercial tuberous roots), it was adopted experimental design in blocks design, in split-plot scheme, with six repetitions. The plots corresponded to the soil management forms and subplots to four collect periods: 90, 120, 150 and 180 DAP. It was found that conventional tillage, compared to reduced tillage, promoted lower soil bulk density on the soil surface (0 to 0.15 m), lower soil resistance to penetration, and higher total soil porosity and soil macroporosity, and lower soil microporosity score. This situation favored, in soil under conventional tillage, higher total and commercial tuberous roots yields due to higher numbers of total and commercial tuberous roots, in all periods evaluated, while in reduced tillage, the total and commercial yields corresponded to only 60% and 57% of the total and commercial yield obtained in conventional tillage, at 180 DAP, respectively. Thus, the soil reduced tillage under the conditions of this study is not viable for the sweet potato cultivation, considering the crop yield.

Keywords: Soil conservation. Soil bulk density. Soil resistance to penetration. Soil porosity. Tuberous root yield.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do município de Presidente Prudente no Estado de São Paulo.	20
Figura 2 – Localização do Pólo Alta Sorocabana no município de Presidente Prudente/SP.	22

ARTIGO A

Figura 1 - Resistência do solo à penetração em Argissolo Vermelho Amarelo submetido a preparo convencional (PC) e preparo reduzido (PR) e área de mata nativa, em diferentes profundidades, aos 180 dias após plantio da batata-doce. *As barras indicam os valores de erro padrão da média e a sobreposição destas indica a ausência de diferenças entre as médias dos tratamentos	33
Figura 2 - Umidade gravimétrica em Argissolo Vermelho Amarelo submetido a preparo convencional (PC) e preparo reduzido (PR) e área de mata nativa, em diferentes profundidades, aos 180 dias após plantio da batata-doce. *As barras indicam os valores de erro padrão da média e a sobreposição destas indica a ausência de diferenças entre as médias dos tratamentos	33
Figura 3 – Relação comprimento e diâmetro de raízes tuberosas de plantas de batata-doce cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo submetido a preparo convencional (PC) e preparo reduzido (PR), em diferentes épocas de coleta. **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.....	35
Figura 4 – Raízes tuberosas de plantas de batata-doce cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo submetido a preparo convencional (PC) e preparo reduzido (PR), coletadas aos 180 DAP.	36
Figura 5 – Relação massa e comprimento de raízes tuberosas de plantas de batata-doce cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo submetido a preparo convencional (PC) e preparo reduzido (PR), em diferentes épocas de coleta. **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.....	37

ARTIGO B

- Figura 1** — Produtividades total e comercial de raízes tuberosas de batata-doce em sistema convencional e preparo reduzido de solo. ■: produtividade total no sistema convencional de preparo do solo; □: produtividade comercial no sistema convencional de preparo do solo; ●: produtividade total em preparo reduzido; e ○: produtividade comercial em preparo reduzido. **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F 43
- Figura 2** — Números total e comercial de raízes tuberosas de batata-doce em sistema convencional de preparo de solo e preparo reduzido. ■: número total de raízes tuberosas no sistema convencional de preparo do solo; □: número comercial de raízes tuberosas no sistema convencional de preparo do solo; ●: número total de raízes tuberosas em plantio direto; e ○: número comercial de raízes tuberosas em plantio direto. **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F..... 46
- Figura 3** — Massa de matéria fresca individual de raízes tuberosas de batata-doce. **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F 47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO (PREPARO CONVENCIONAL E PLANTIO DIRETO)	12
2.2	SISTEMAS DE MANEJO E PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO	13
2.3	SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE RAÍZES E TUBÉRCULOS	17
2.4	O CULTIVO DA BATATA-DOCE NO OESTE PAULISTA E A AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS - PÓLO ALTA SOROCABANA	19
3	ARTIGO A: PROPRIEDADES FÍSICAS DE SOLO E CRESCIMENTO DE BATATA-DOCE SOB DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO	23
3.1	RESUMO E ABSTRACT	23
3.2	INTRODUÇÃO	24
3.3	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
3.5	CONCLUSÕES	37
4	ARTIGO B: PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA BATATA-DOCE EM DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO	39
4.1	RESUMO E ABSTRACT	39
4.2	INTRODUÇÃO	40
4.3	MATERIAL E MÉTODOS	41
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.5	CONCLUSÕES	48
5	CONCLUSÕES GERAIS	49
6	CONSIDERAÇÃO FINAL	50
	REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

O preparo convencional do solo pode reduzir sua qualidade devido à exposição e degradação dos compostos orgânicos, pelo favorecimento de condições para a formação de uma zona compactada abaixo da camada arada e pela facilidade com que o solo pulverizado é erodido. Por isso, este sistema de preparo do solo pode, em algumas situações extremas, favorecer a degradação ambiental.

O conhecimento de tais informações resulta em preocupação com a qualidade do solo, entendida como sua capacidade de manter uma produção de modo sustentável, ou seja, economicamente viável, socialmente justa e ambientalmente correta. Dessa forma, a adoção de sistemas de preparo do solo com mínimo revolvimento e uso de plantas de cobertura objetiva a manutenção e recuperação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e, como resultado, a satisfatória produtividade das culturas exploradas.

O cultivo de plantas destinadas à produção de raízes e tubérculos geralmente ocorre em áreas sob preparo convencional do solo e seu cultivo em áreas com solo pouco revolvido tem sido objeto de estudos, embora ainda escassos. A batata-doce é uma dessas culturas, sendo cultivada em todas as regiões brasileiras, principalmente em áreas de solo com textura arenosa.

No Estado de São Paulo, grande produtor de batata-doce, a região de Presidente Prudente é importante produtora da cultura, a qual apresenta importância fundamental na economia do município e da região, contribuindo para manter o homem no campo.

Nessa região, as classes de solo predominantes são Latossolo Vermelho, Argissolo Vermelho Amarelo e Neossolo. Assim, a área apresenta alto índice de suscetibilidade à erosão, pois nela estão Latossolos com textura arenosa associados a longos comprimentos de rampa, embora em relevos suaves, e Argissolo com horizonte B textural com baixas taxas de infiltração em relevos predominantemente ondulados.

Para a instalação da cultura da batata-doce é realizado o revolvimento da camada superficial por meio de arados e grades e, em seguida, utiliza-se equipamento para confecção de leiras. Assim, há o enterrio de quase a totalidade de restos vegetais remanescente de culturas anteriores e o solo fica desprotegido de cobertura vegetal até sua completa cobertura pela cultura implantada.

Sabendo-se que, dentre os componentes do manejo, o preparo do solo é a atividade que mais influencia seu comportamento físico, por atuar diretamente na sua

estrutura, as propriedades físicas do solo podem ser adotadas como indicadores de qualidade do mesmo, sendo, inclusive, utilizadas no estabelecimento de comparações entre áreas agrícolas e de vegetação nativa.

Dessa forma, este trabalho teve por objetivo avaliar o impacto dos sistemas de preparo convencional com confecção de leiras e preparo reduzido (plantio direto) nas propriedades físicas de um Argissolo Vermelho Amarelo e na produtividade de raízes tuberosas de batata-doce. O estudo concentrou-se na determinação e comparação da densidade do solo, porosidade total e resistência do solo à penetração; e quantificação e comparação das produtividades total e comercial de raízes tuberosas de batata-doce nos dois sistemas. Este trabalho se encontra organizado em cinco capítulos, além da Introdução:

Capítulo 2 (*Revisão de Literatura*), no qual se faz referência aos trabalhos já realizados sobre o tema e que auxiliaram no direcionamento da execução do presente trabalho. O capítulo contém importantes considerações sobre os sistemas de manejo convencional e plantio direto, e sua influência em propriedades físicas do solo e na produtividade de culturas cujo órgão comercial é subterrâneo, bem como demonstra a importância da cultura da batata-doce na região do Oeste Paulista;

Capítulo 3 (*Artigo A: Propriedades físicas de solo e crescimento de batata-doce sob diferentes sistemas de preparo*), onde são redigidas informações e conclusões obtidas por meio da realização de experimento a campo objetivando a comparação das propriedades físicas densidade do solo, porosidade total e resistência do solo à penetração nos sistemas de manejo convencional e reduzido, assim como a influência dessas no crescimento de raízes tuberosas de batata-doce;

Capítulo 4 (*Artigo B: Produtividade da cultura da batata-doce em diferentes sistemas de preparo do solo*), o qual contém as considerações obtidas por meio de trabalho realizado a campo sobre a influência dos sistemas de manejo do solo estudados (convencional e reduzido) na produtividade de raízes tuberosas da cultura, destacando-se ainda a relação entre os sistemas de preparo e o desenvolvimento de raízes tuberosas ao longo do tempo;

Capítulo 5 (*Conclusões gerais*), onde se encontram as principais conclusões tratadas no trabalho, bem como a relação entre elas; e

Capítulo 6 (*Considerações finais*), o qual apresenta a opinião da autora em relação às conclusões gerais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO (PREPARO CONVENCIONAL E PLANTIO DIRETO)

A partir da década de 1960, o governo brasileiro incentivou e subsidiou a modernização da agricultura baseada no uso de equipamentos e insumos agrícolas, na época, modernos (GONÇALVES NETO, 1997), objetivando o aumento de produção sem que esta se desse pela incorporação de novas áreas.

A adoção do pacote tecnológico importado implicou na utilização de práticas de manejo desenvolvidas para áreas de clima, regime de chuvas e solos bem diferentes das condições brasileiras.

Pode-se mencionar que os solos presentes em regiões temperadas e tropicais diferem na composição mineralógica, fato diretamente relacionado à fertilidade. Outra característica é referente à quantidade de matéria orgânica nos solos. Nesses, em condições de clima tropical, a decomposição do material orgânico é muito rápida, ocorrendo o oposto nas áreas de clima mais ameno. A matéria orgânica, que colabora com a boa estrutura do solo, é facilmente degradada quando o recurso solo não é adequadamente manejado. Além disso, sua diminuição reduz a fertilidade e a capacidade de armazenamento de água (PRIMAVESI, 1979).

Assim, o preparo convencional do solo realizado em condições inadequadas de umidade e declive, por meio do uso de arados e grades (desenvolvidos para regiões de clima temperado) e da baixa manutenção de resíduos vegetais na superfície, tem promovido redução de fertilidade química, física e biológica do solo, além de perdas do próprio solo com sua deposição em corpos d'água. Como resultado, há a queda da capacidade produtiva dos solos brasileiros.

Como o sistema de manejo deve contribuir para a manutenção ou melhoria da qualidade do solo e do ambiente, favorecendo a obtenção de adequadas produtividades das culturas em longo prazo (COSTA et al., 2003), o estudo e a adoção de sistemas conservacionistas do solo tornou-se imprescindível.

O plantio direto, prática de preparo reduzido do solo com mínimo revolvimento da superfície do solo, foi adotado no Brasil a partir do início da década de 1970, como prática voltada à conservação do solo (ELTZ, 1997), visto que mantém resíduos vegetais na superfície do solo, reduz a perda de solo e água (BERTOL et al., 2007;

MACHADO; SILVA, 2001; SILVA; DE MARIA, 2011), e favorece a reciclagem de nutrientes e a atividade biológica (CERETTA et al., 2002)

Para Llanillo et al. (2006), o plantio direto, em relação ao preparo convencional do solo, apresenta vantagens nos níveis de matéria orgânica, na estabilidade de agregados, na compressibilidade e na condutividade hidráulica, mas oferece limitações quanto à densidade do solo e resistência à penetração das raízes.

Assim, a adoção dessa prática conservacionista influencia a produtividade de culturas, sendo que suas vantagens sobre atributos físicos dos solos podem favorecê-la (FERNANDES et al., 1999; OTSUBO; MERCANTE; SILVA, 2005) ou, em algumas situações onde as culturas são bastante sensíveis a incremento na densidade dos solos, prejudicá-la (ANIKWE; UBOCHI, 2007; NASCENTE et al., 2011; SECCO et al., 2005).

2.2 SISTEMAS DE MANEJO E PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

Dentre os componentes do manejo, o preparo do solo é a atividade que mais influencia o comportamento físico do solo, por atuar diretamente na sua estrutura (VIEIRA; KLEIN, 2007). O efeito do manejo sobre as propriedades físicas do solo é dependente da sua textura e mineralogia (SEYBOLD; HERRICK; BREJDA, 1999), o que resulta, segundo Costa et al. (2003), em impactos mais expressivos em propriedades físicas de solos arenosos que de solos argilosos.

No sistema de manejo convencional há intenso revolvimento da camada superficial, o que geralmente ocasiona compactação subsuperficial logo abaixo da camada mobilizada pelo arado, devido à carga aplicada pelo equipamento nessa camada (LLANILLO et al., 2006). Assim, o sistema favorece a degradação do solo pela perda da qualidade estrutural e aumento da erosão hídrica, especialmente quando não há adoção de práticas conservacionistas, sejam elas edáficas, vegetativas ou mecânicas. Além disso, a adoção de tal sistema também promove a exposição dos compostos orgânicos e, conseqüentemente, sua degradação (ALBUQUERQUE et al., 2005; DALAL et al., 2011; LEITE et al., 2003), propiciando a degradação física, química e biológica do solo (LEITE et al., 2003; LOVATO et al., 2004; ZHANG; SONG; WENYAN, 2007;)

O plantio direto, ao contrário, promove mínima mobilização do solo que fica restrita à linha de semeadura/plantio e mantém resíduos vegetais na superfície do solo (CASSOL et al., 2007), constituindo-se, dessa forma, em alternativa de manejo capaz de preservar as propriedades físicas e a capacidade produtiva do solo (SILVA; MIELNICKZUK,

1997), reduzir as perdas por erosão hídrica e aumentar os estoques de matéria orgânica (LEITE et al., 2003). O sistema plantio direto promove ainda economia de combustíveis nas operações agrícolas (CARVALHO et al., 2011) pela redução do uso de máquinas, o que, associado ao baixo revolvimento do solo e ao uso de plantas de cobertura, preserva e permite recuperar a estrutura do solo, mantendo, dessa forma, o sistema agrícola mais produtivo (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Diversos trabalhos relatam os efeitos benéficos dos sistemas conservacionistas na melhora das propriedades físicas do solo, como manutenção do teor de C orgânico total (LOVATO et al., 2004; SILVA et al., 2006) e maior estabilidade da estrutura do solo, pelo efeito físico das raízes sobre a formação e manutenção dos agregados do solo (SILVA et al., 2006; SOUZA NETO et al., 2008). Entretanto, devido ao menor revolvimento, o plantio direto pode favorecer compactação, como resultado de cargas acumuladas devido a pisoteio de animais (FIGUEIREDO et al., 2009; LANZANOVA et al., 2007) e tráfego de máquinas (COLLARES et al., 2008; CRUZ et al., 2003).

Trabalhos realizados com o objetivo de comparar os sistemas convencional e plantio direto geralmente ressaltam as vantagens do preparo conservacionista, mas como diversos fatores (o clima, os sistemas de cultura utilizados, o tempo de uso dos diferentes sistemas de manejo e a condição de umidade do solo durante as operações de campo), além da classe de solo, também determinam a intensidade dos efeitos do manejo sobre as propriedades físicas do solo (COSTA et al., 2003; STONE; SILVEIRA, 2001), os resultados podem divergir. Tal fato facilita compreender o porquê da grande diversidade de resultados divulgados quanto ao efeito dos sistemas de preparo convencional e plantio direto na densidade do solo, na porosidade e na resistência do solo à penetração, propriedades físicas que, segundo Tavares Filho, Barbosa e Ribon (2010), são importantes indicadores da qualidade do solo.

Em geral, tem sido observado no solo, em plantio direto, incremento no conteúdo de água (BESCANSÁ et al., 2006; SOBRINHO et al., 2003), temperaturas mais amenas (ODJUGO, 2008) e certa compactação superficial, caracterizada pelo aumento da densidade do solo e redução de sua porosidade total (BESCANSÁ et al., 2006; MORET; ARRÚE, 2007; OSUNBITAN; OYEDELE; ADEKALU, 2005), sendo que com o sistema consolidado, tal compactação tende a não existir (GOEDERT; SCHERMACK; FREITAS, 2002).

O preparo convencional, em relação ao sistema onde não há o revolvimento do solo (plantio direto), proporciona menor densidade do solo na camada superficial

(BERTOL et al., 2000; BERTOL et al., 2004; LLANILLO et al., 2006; SECCO et al., 2005; STONE; SILVEIRA, 2001; TAVARES FILHO; TESSIER, 2009) em função do revolvimento do solo desta camada por meio de implementos agrícolas, enquanto no plantio direto há consolidação natural do solo em função da ausência de preparo. Entretanto, tal situação não é regra. Diversos trabalhos (ASSIS; LANÇA, 2005; CARNEIRO et al., 2009; COSTA; GOEDERT; SOUSA, 2006; SILVA et al., 2006; TORRES; FABIAN; PEREIRA, 2011) demonstram que, sob determinadas condições e tipo de solo, os sistemas de preparo não resultam em diferentes densidades do solo. A semelhança de densidade do solo entre os dois sistemas geralmente ocorre em áreas onde o plantio direto já ocorre há anos e, conseqüentemente, seus benefícios se estendem desde a camada superficial até maiores profundidades.

Em áreas de plantio direto, como consequência do aumento da densidade, há redução da porosidade total do solo (CRUZ et al., 2003; FASINMIRIN; REICHERT, 2011; STONE; SILVEIRA, 2001), frequentemente acompanhada pela redução da macroporosidade (CRUZ et al., 2003; SILVA et al., 2006) e incremento da microporosidade (STONE; SILVEIRA, 2001). Mas o não revolvimento do solo torna a porosidade mais eficiente no transporte líquido e gasoso em relação ao convencional, devido à manutenção da continuidade dos poros (OSUNBITAN; OYEDELE; ADEKALU, 2005).

Quanto à resistência do solo à penetração, o plantio direto pode promover maior resistência que o preparo convencional na camada superficial (RALISH et al., 2008; TORMENA et al., 2002). Destaca-se, entretanto, que em áreas onde o sistema plantio direto é adotado há tempo suficiente para que os benefícios do sistema se estendam além da camada superficial, a resistência do solo à penetração é inferior neste sistema em camadas mais profundas (TAVARES FILHO et al., 2001).

O preparo reduzido associado à manutenção de palha superficial favorece a manutenção da umidade no solo, auxiliando na retenção e disponibilidade de água às plantas, o que está relacionado à barreira formada pelos resíduos vegetais que reduzem a evaporação da água na superfície (FABRIZZI et al., 2005; FASINMIRIN; REICHERT, 2011; MATEUS; CRUSCIOL; BORGHI, 2007)

Considerando-se que o solo sob vegetação nativa apresenta características físicas adequadas ao crescimento e desenvolvimento desejável de plantas (ANDREOLA; COSTA; OLSZEWSKI, 2000) e que, segundo Llanillo et al. (2006), o sistema de manejo do solo deve permitir que as propriedades físicas do solo mantenham-se o mais próximo das condições originais em que este se encontrava na natureza, para que haja manutenção da

capacidade produtiva do solo, propriedades físicas do solo podem ser comparadas entre áreas de vegetação nativa e áreas cultivadas. Dessa forma, densidade do solo, porosidade e resistência do solo à penetração de raízes podem ser consideradas indicadores de qualidade.

Em geral, comparações entre os sistemas de preparo do solo e áreas não agrícolas (mata ou cerrado nativos) demonstram densidade de solo superior em solos utilizados para agricultura, sejam preparados convencionalmente ou em plantio direto, conforme relatado por Carneiro et al. (2009), Cunha et al. (2011) e Figueiredo et al. (2009), o que é justificado, segundo esses autores, pelo tráfego de máquinas e equipamentos agrícolas e pelo pisoteio de animais, sendo agravado quando as operações de preparo de solo e tráfego de máquinas nas lavouras são realizadas em solos com umidade superior à adequada para essas atividades (FIGUEIREDO; DIAS JUNIOR; FERREIRA, 2000; STRECK et al., 2004). Contudo, Araújo, Goedert e Lacerda (2007) verificaram semelhança entre densidades de solo preparado convencionalmente e de área de vegetação nativa, em camadas de 0,05 a 0,30 m.

De maneira semelhante à densidade, a porosidade total e a proporção de macro e microporos do solo também podem ser bastante influenciadas pelo sistema de manejo e ocupação do solo. Andrade, Stone e Silveira (2009), Cunha et al. (2011) e Figueiredo et al. (2009) verificaram maiores valores de porosidade total e macroporosidade em solo sob vegetação nativa que em áreas cultivadas, o que pode ser atribuído, segundo esses autores, ao maior teor de matéria orgânica no solo promovido pela deposição constante de restos vegetais na superfície do solo e ausência de tráfego de maquinário nas áreas de vegetação nativa. Contudo, trabalhos relatam semelhanças entre preparo convencional, plantio direto e vegetação nativa nos atributos porosidade total (SILVA et al., 2006) e macro e microporosidades (ASSIS; LANÇA, 2005), em camadas de 0 a 0,15m.

As alterações provocadas na porosidade do solo, além de modificar as taxas de trocas gasosas, alteram a disponibilidade de água para as plantas (ARGENTON et al., 2005). Oliveira et al. (2004) constataram, em Latossolo Vermelho distrófico, que o uso agrícola do solo em relação a área de vegetação nativa modifica a retenção de água, por alterar a relação entre macro e microporos e os teores de matéria orgânica.

Por fim, áreas com vegetação natural, geralmente, apresentam menores valores de resistência à penetração de raízes que solos com uso agrícola, conforme observado em trabalhos de Argenton et al. (2005), Beutler et al. (2001) e Tavares Filho, Barbosa e Ribon (2010).

Logo, as situações encontradas são bastante diferenciadas, o que torna os sistemas de manejo um campo de trabalho repleto de possibilidades de estudo.

2.3 SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO E PRODUTIVIDADE DE RAÍZES E TUBÉRCULOS

As vantagens da adoção do plantio direto são amplamente divulgadas, sendo ressaltados, inclusive, os benefícios referentes à manutenção da temperatura mais amena (ODJUGO, 2008) e teor de umidade adequado ao crescimento das raízes e absorção de nutrientes (BESCANSA et al., 2006; SOBRINHO et al., 2003), sendo que a manutenção de umidade em plantio direto pode ser responsável por incremento de produtividade de culturas em períodos de menor precipitação, em comparação ao preparo convencional (CARVALHO et al. 2004). Em taioaba, a maior presença de umidade em Argissolo com textura arenosa não revolvido com palha e sem palha favoreceu maior produtividade de rizomas em comparação a solo revolvido (AGBEDE, 2008). Stone e Silveira (1999), verificaram que, no plantio direto, feijoeiros apresentaram sistema radicular mais superficial que em área preparada com arado, mas a cultura apresentou maior produtividade no preparo reduzido, fato associado à menor variabilidade de água disponível para as plantas.

Para Tavares Filho et al. (2001), o maior volume de raízes de milho em área de plantio direto, em relação à área preparada convencionalmente, é atribuído a melhores condições de continuidade estrutural para o desenvolvimento radicular da cultura. Por outro lado, Mello Ivo e Mielniczuk (1999) e Silva, Reinert e Reichert (2000) relatam que o não revolvimento do solo promove maior concentração das raízes de milho na camada superficial do solo, mas sem diminuição de produtividade de grãos. Resultado semelhante foi encontrado por Corsini e Ferraudo (1999), que ressaltam que em Latossolo Roxo, a partir do quarto ano de cultivo, houve estabilização do sistema plantio direto com atributos físicos do solo bastante favoráveis ao desenvolvimento radicular.

Estudos com plantas cujos órgãos comerciais são raízes ou tubérculos são escassos em solos sob plantio direto e os resultados obtidos são controversos. O principal argumento contra o sistema conservacionista é de que culturas de raízes e tubérculos são sensíveis à compactação do solo, à aeração inadequada ou à má drenagem e, desse modo, respondem favoravelmente ao sistema convencional de preparo do solo (HOWELER; EZUMAH; MIDMORE, 1993). Batata, (FONTES et al., 2007; IVANY; ARSENAULT; HOLMSTROM, 2007; NUNES et al., 2006) mandioca (OLIVEIRA et al., 2001; PEQUENO et al., 2007) e batata-doce (AGBEDE, 2010) seriam algumas das culturas que se desenvolvem melhor em solos revolvidos.

Nunes et al. (2006) verificaram que batateiras apresentaram respostas positivas quanto ao teor de macronutrientes em seus órgãos e produtividade de tubérculos

com o revolvimento do solo. O que, para Thornton et al. (2008), é explicado pela maior exploração pelo sistema radicular de volume de solo das camadas revolvidas, facilitando maior acesso a nutrientes e diminuindo a possibilidade de estresse hídrico.

Odjugo (2008), em trabalho com a cultura da mandioca, relata maiores rendimentos de raízes em solos sob sistema de preparo convencional, o que correspondeu a incremento de 46% em relação ao plantio direto. Pequeno et al. (2007), em trabalho comparativo entre plantio convencional, cultivo mínimo e plantio direto, obtiveram maior produtividade de raízes de mandioca no sistema convencional, em Latossolo Vermelho textura franco arenosa. De maneira semelhante, Oliveira et al. (2001) verificaram que preparo convencional em Nitossolo Vermelho distrófico latossólico proporcionou condições físicas de solo que permitem maior crescimento e produtividade de raízes de plantas de mandioca que o plantio direto.

Em batata-doce, Agbede (2010) relata que o plantio convencional resultou em maior produtividade de raízes tuberosas em relação ao plantio em solo não revolvido, bem como as plantas de batata-doce apresentaram folhas com maiores teores de N, P, K, Ca e Mg. Agbede e Adekiya (2009) expõem resultados semelhantes e os justificam pela menor densidade e maior porosidade encontradas em solo convencionalmente preparado. Para Anikwe e Ubochi (2007), o plantio direto apresenta vantagens sobre o plantio convencional, como maior conservação da umidade do solo, diminuição de sua temperatura, maiores teores de carbono orgânico e de N total, mas a característica menor densidade em solo preparado sob sistema convencional resulta em vantagens que se sobrepõem às características positivas do plantio direto, favorecendo a produtividade da cultura da batata-doce.

Trabalho com inhame também demonstra maior produtividade de tubérculos em solos onde houve sua movimentação em relação a solos não revolvidos (AGBEDE, 2006), embora Oliveira et al. (2004) não tenham observado diferença de produtividade entre os tratamentos. A cultura da beterraba também apresentou maior produtividade em solo revolvido em comparação a solo sob plantio direto, conforme verificado e trabalho de Rashidi e Abbassi (2011).

Porém, culturas de raízes e tubérculos podem apresentar resultados promissores em solos sob preparos conservacionistas. Para Carter, Sanderson e Peters (2009), Gordon et al. (2011) e Holmstrom et al. (2006) não há diferença de produtividade e de qualidade de batatas cultivadas em solo preparado convencionalmente e em solo com menor revolvimento, dentre os quais cultivo mínimo e plantio direto. Alva, Collins e Boydston (2009) e Fernandes et al. (2006) complementam que, além da manutenção de produtividade, o

preparo reduzido do solo favorece a qualidade do solo e representa uma opção de economia de energia e custos de trabalho.

Em mandioca, Otsubo et al. (2008) verificaram a influência do sistema de manejo e do preparo do solo na produtividade da raiz, constatando que há incremento na produtividade ao se realizar o plantio das manivas em sistema de cultivo mínimo sobre restos culturais de milho em comparação ao plantio após preparo convencional em solo com textura arenosa; enquanto Fey et al., 2007, em Latossolo Vermelho eutroférico, e Otsubo et al. (2002), em Argissolo Vermelho Amarelo, verificaram semelhantes produtividades em diferentes sistemas de preparo de solo, dentre os quais convencional e direto, resultado semelhante aos encontrados por Otsubo, Mercante e Silva (2005) e Gabriel Filho et al. (2000), sendo que os últimos compararam a produtividade da cultura em sistema convencional e preparo mínimo.

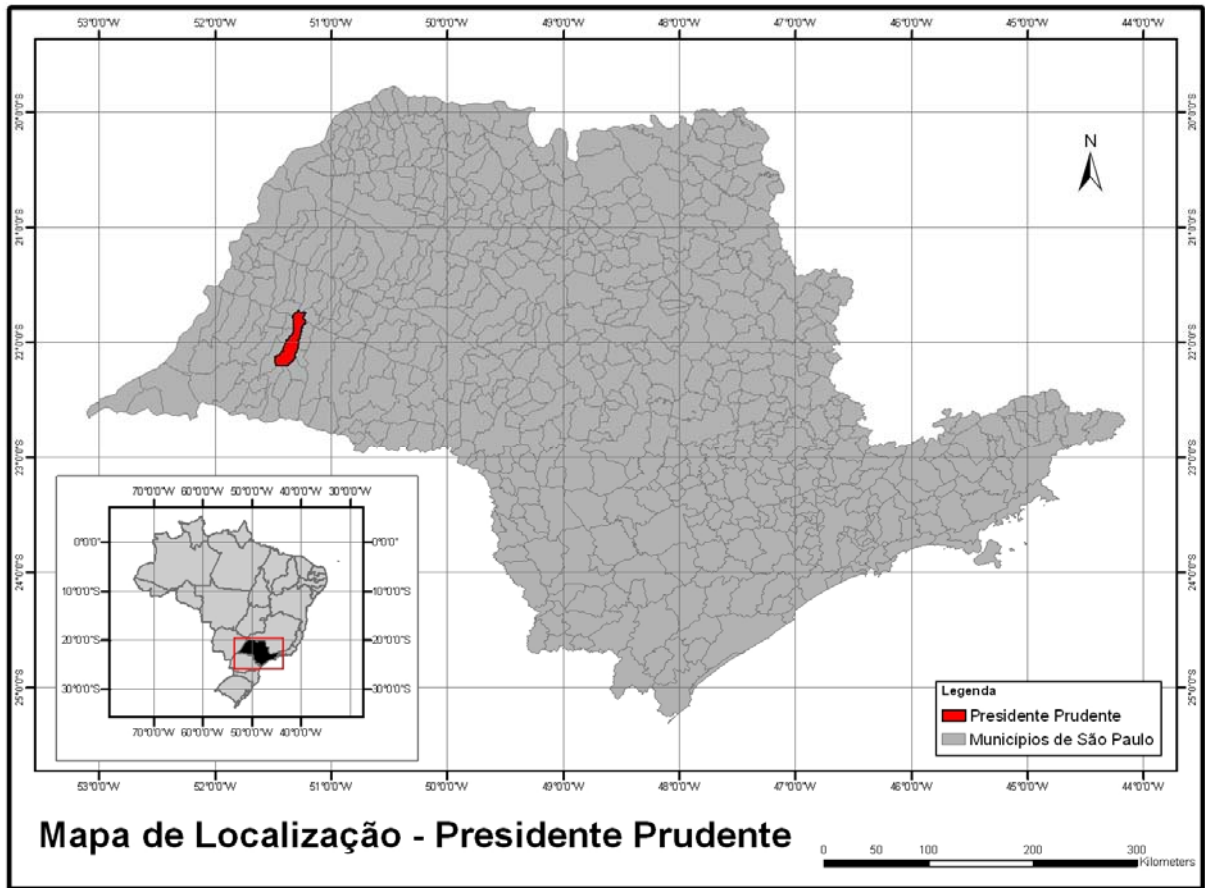
Assim, novos trabalhos avaliando desenvolvimento de plantas destinadas a produção de raízes e tubérculos são essenciais para a adequada compreensão da influência de sistemas de preparo do solo em sua produtividade.

2.4 O CULTIVO DA BATATA-DOCE NO OESTE PAULISTA E A APTA - PÓLO ALTA SOROCABANA

A batata-doce é cultivada em todas as regiões brasileiras (IBGE, 2012). No Brasil, a operação de plantio de batata-doce é geralmente manual, a qual se dá com o enterrio de até metade do material vegetativo (ramas) em leiras com 30-40 cm de altura e espaçadas 80-90 cm, em solos preferencialmente arenosos e bem drenados. Solos arenosos facilitam o crescimento lateral das raízes tuberosas, evitando a formação de raízes tortas e dobradas, além de facilitar sua colheita. Em solos arenosos, pode-se dispensar a operação de aração, mas em solos argilosos essa operação é obrigatória. (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2002).

Em 2009, o Brasil produziu 477.472 toneladas de raízes tuberosas de batata-doce, com produtividade média de 11,3 t/ha (IBGE, 2012). São Paulo foi o 3º estado em produção. Nesse ano, situava-se no estado a micro-região brasileira com a segunda maior produção da cultura no país: Presidente Prudente. Tal recorte espacial engloba 30 municípios dos quais 9 produziram em conjunto 33.624 t em 2.170 ha, destacando-se o Município de Presidente Prudente (Figura 1) com produção de 9.600 t em 800 ha (IBGE, 2012). Assim, a cultura tem importância fundamental na economia do município e da região.

Figura 1 – Localização do município de Presidente Prudente no Estado de São Paulo.



Fonte: Santos (2009).

A temperatura média anual da região de Presidente Prudente é de 23,0 °C, sendo que a média do mês mais frio (junho/julho) é de 19,5 °C, e a do mês mais quente (fevereiro) é de 25,5 °C. Quanto à precipitação, a média anual é de 1287,7 milímetro, sendo que o período que vai de novembro a fevereiro recebe as maiores chuvas. O inverno apresenta poucas chuvas, sendo essas ocasionadas por massas polares. A ocorrência de geadas fracas é comum, mas temperaturas negativas são raras (ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DA FCT/UNESP).

Destaca-se que, nos meses mais chuvosos, os dias com maior pluviosidade acumulada tendem a 1/3 a 1/5 da precipitação mensal, enquanto para os meses menos chuvosos (julho e agosto), a chuva de um dia equivale ao total ou à metade da precipitação mensal (STEIN, 1999).

Segundo engenheiros agrônomos da CATI (2005 – Informe verbal), na região, as classes de solo predominantes são Latossolo Vermelho, Argissolo Vermelho Amarelo e Neossolo. Essas caracterizam a área como região com alto índice de suscetibilidade à erosão, pois nela estão Latossolos com textura arenosa que, embora em

relevos suaves, estão associados a longos comprimentos de rampa, e Argissolos com horizonte B textural, ou seja, com baixas taxas de infiltração em relevos predominantemente ondulados (SÃO PAULO, [1997]).

O Latossolo, pela definição de Oliveira (1999), constitui solo mineral e profundo, ou seja, não apresenta impedimento físico à penetração de raízes a até pelo menos dois metros. Possui o horizonte diagnóstico B latossólico que se caracteriza por apresentar aumento de argila pouco significativo entre os horizontes A e B, considerando uma distância máxima de 30 centímetros (PRADO, 2003). Essa variação pouco expressiva de argila em profundidade faz com que o solo apresente coloração relativamente uniforme ao longo do perfil, quanto à argila.

De maneira geral, os Latossolos são solos envelhecidos, o que destaca a presença de sesquióxidos, argilas minerais silicatadas do tipo 1:1, quartzo e demais minerais resistentes à intemperização. Também podem estar presentes óxidos livres de alumínio e concreções de óxidos de ferro, manganês, alumínio ou titânio (VIEIRA e VIEIRA, 1983). Esses solos são adequados à agricultura por estarem situados em relevos planos a suavemente ondulados, apresentarem boa drenagem, elevada friabilidade e baixa suscetibilidade à erosão (OLIVEIRA, 1999).

O Argissolo é a classe de solo predominante. Também é constituído por material mineral. Segundo Prado (2003), os Argissolos caracterizam-se por apresentarem mudança textural, onde há acúmulo de argila no horizonte B (denominado textural) proveniente de camada superior.

A diferença textural encontrada nos argissolos dificulta a drenagem e, isso somado à sua ocorrência em relevo ondulado ou forte ondulado, faz com que seja necessária maior atenção na adoção de práticas conservacionistas, pois tais solos apresentam, segundo Lombardi et al. (1991 apud OLIVEIRA, 1999), baixa ou muito baixa resistência à erosão. Assim como os Latossolos, os Argissolos são geralmente muito profundos e apresentam argilas de baixa atividade, embora com maior capacidade de adsorção.

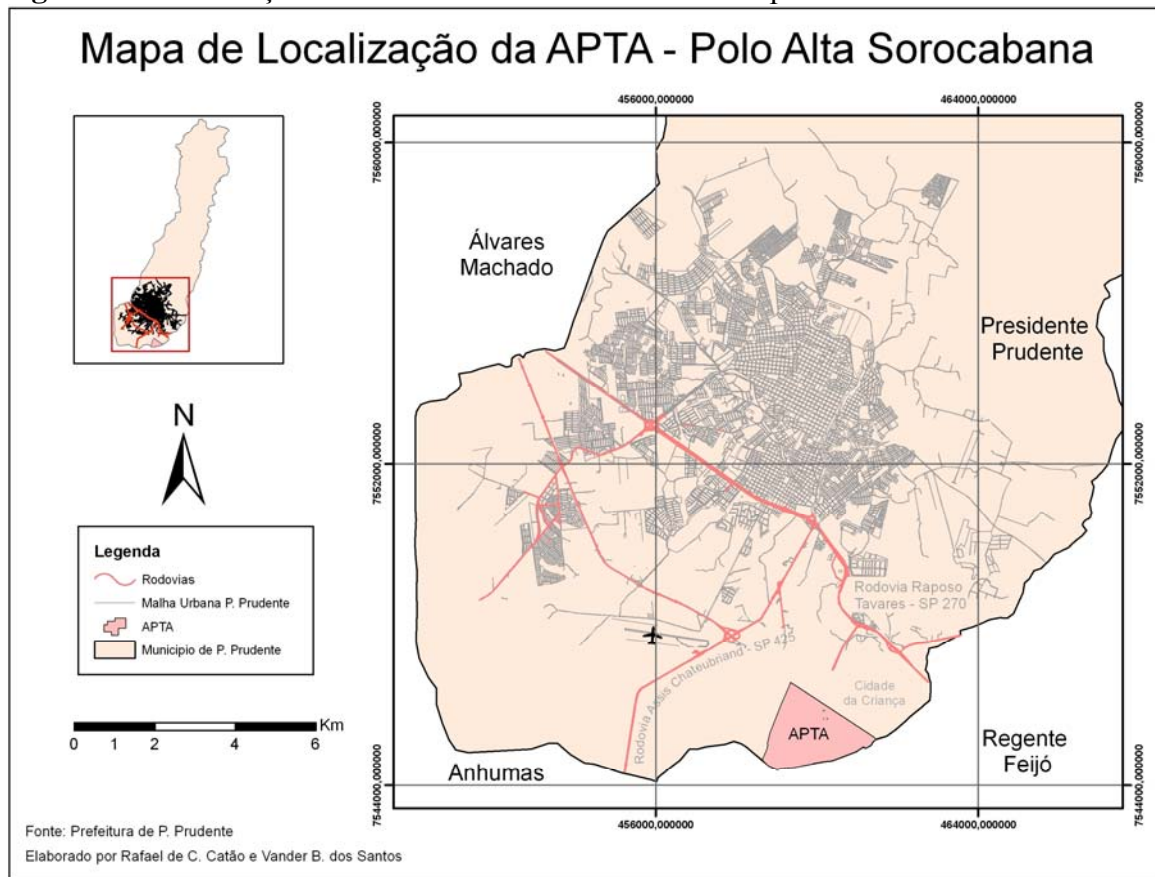
De forma generalizada, os Neossolos, freqüentemente associados a afloramentos de rochas, são constituídos por material mineral ou orgânico distribuído em até 40 centímetros de espessura (OLIVEIRA, 1999), fato que limita sua utilização para atividades agrícolas. Nesta classe de solo não há horizonte B diagnóstico, estando o horizonte A assentado sobre o horizonte C ou sobre a rocha.

O preparo de solo para o cultivo da batata-doce em Presidente Prudente, segundo Zero e Lima (2005), varia de uma aração e uma gradagem a três arações e três

gradagens, práticas que em condições inadequadas de umidade e manejo reduzem a qualidade do solo.

Assim, em função da importância da cultura para a região e para o Estado, trabalhos de pesquisa voltados à conservação de solo e ao incremento de produtividade da cultura têm sido realizados na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) – Pólo Alta Sorocabana (Figura 2), situada em Presidente Prudente/SP, 22° 11' de latitude Sul e 51° 23' de longitude Oeste, 458,3 m de altitude, onde ocorrem as três principais classes de solo da região.

Figura 2 – Localização do Pólo Alta Sorocabana no município de Presidente Prudente/SP.



Fonte: Santos (2009).

A APTA é a instituição estadual com a finalidade de gerar, adaptar e difundir conhecimento tecnológico para o desenvolvimento sustentável da agropecuária paulista e também nacional (SANTOS, 2009). Em função disto, o Pólo Alta Sorocabana, por situar-se em importante região produtora de batata-doce, possui pesquisadores científicos dedicados ao estudo do cultivo da cultura.

3 ARTIGO A: PROPRIEDADES FÍSICAS DE SOLO E CRESCIMENTO DE BATATA-DOCE SOB DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO

3.1 RESUMO

Trabalhos sobre preparo reduzido em solos cultivados com raízes e tubérculos são escassos e controversos. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o impacto de sistemas de preparo em propriedades físicas de um Argissolo Vermelho Amarelo e no crescimento de raízes tuberosas de batata-doce (*Ipomoea batatas*). Para avaliação do impacto de sistemas de preparo em propriedades físicas do solo, foi instalado experimento em blocos ao acaso, esquema de parcelas subdivididas, com nove repetições. As parcelas corresponderam aos tratamentos preparo convencional (aração seguida de gradagem niveladora e posterior levantamento de leiras com sulcador) e preparo reduzido com manutenção de palhada superficial (sem revolvimento do solo, exceto nas linhas de plantio). As subparcelas corresponderam às épocas de coleta: 120 e 180 dias após plantio (DAP) da cultura da batata-doce. Uma área de mata nativa foi utilizada como referência. Foram avaliados os atributos físicos densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade, resistência do solo à penetração de raízes e umidade gravimétrica do solo. Para avaliação do impacto de sistemas de preparo no crescimento de raízes tuberosas de batata-doce foi instalado experimento em blocos ao acaso, esquema de parcelas subdivididas, com seis repetições. As parcelas corresponderam às formas de manejo do solo e as subparcelas à quatro épocas de coleta: 90, 120, 150 e 180 DAP. Foram avaliadas as relações comprimento/diâmetro de raízes tuberosas e massa fresca individual/comprimento de raízes tuberosas. O preparo convencional do solo, em oposição ao preparo reduzido, promoveu menores valores de densidade do solo, resistência do solo à penetração e microporosidade; maiores valores de porosidade total e macroporosidade; proporcionou menor manutenção de água na camada superior do solo (0-0,15 m); e permitiu maior crescimento vertical de raízes tuberosas de plantas de batata-doce.

Palavras-chave: Plantio direto. Densidade do solo. Resistência do solo à penetração. Porosidade do solo. Formato de raiz.

SOIL PHYSICAL PROPERTIES AND GROWTH OF SWEET POTATO UNDER DIFFERENT SOIL MANagements

Abstract

Studies about reduced tillage in soil cultivated with roots and tubers are rare and controversial. Thus, this study aimed to assess the impact of tillage systems on physical properties of an Alfisol type soil and on the growth of sweet potato (*Ipomoea batatas*) tuberous roots. To assess the impact of tillage systems on soil physical properties, an experiment was conducted in randomized blocks design, in split-plot scheme, with nine replicates. The plots consisted of the treatments conventional tillage (plowing followed by leveling and making mounds) and reduced tillage with straw on the soil surface (cultivated only along the rows). The subplots corresponded to two collect periods: 120 and 180 days after planting (DAP) of the culture of sweet potato. An area of native forest was used as reference. The soil physical properties evaluated were soil bulk density, total soil porosity,

soil macroporosity and soil microporosity, soil resistance to penetration and gravimetric soil water. For the assessment of the impact of tillage systems on growth of sweet potato tuberous roots, it was adopted experimental design in blocks design, in split-plot scheme, with six repetitions. The plots corresponded to the soil management forms and subplots to four collect periods: 90, 120, 150 and 180 (DAP). The length / roots diameter and fresh mass / length of individual roots relations were evaluated. Conventional tillage, opposite to reduced tillage (no-tillage), promoted lower values of soil bulk density, of soil resistance to penetration and of soil microporosity, higher scores of total soil porosity and soil macroporosity, it provided lower water maintenance in the soil surface (0 to 0.15 m) and greater vertical growth of sweet potato tuberous roots.

Keywords: No-tillage. Soil bulk density. Soil resistance to penetration. Soil porosity. Root shape.

3.2 INTRODUÇÃO

A cultura da batata-doce apresenta expressiva importância no Brasil (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2002), sendo cultivada após intenso revolvimento do solo, promovido por meio do uso de arados e grades (ZERO; LIMA, 2005). A esse fato podem ser atribuídas perdas de solo devido à ausência de cobertura morta e maior exposição da superfície do solo aos impactos de gotas de chuva e à formação de selamentos dos poros, o que favorece o escoamento superficial da água e o arraste de partículas de solos desagregados pelo impacto das gotas (MOLINE et al., 2011).

Embora a batata-doce seja atualmente cultivada apenas em áreas sob preparo convencional de solo, Barrera (1986), na década de 1980, já recomendava o plantio de batata-doce em sulco em solos arenosos, visto que a construção de leiras contribui para a perda da umidade do solo, podendo-se formar os camalhões durante as operações de capina e amontoa. Sabendo-se que, dentre os componentes do manejo, o preparo do solo é a atividade que mais influencia o comportamento físico do solo, por atuar diretamente na sua estrutura (VIEIRA; KLEIN, 2007), a utilização de práticas que promovam menor revolvimento do solo, como o plantio direto sobre palha, resulta em menor perda de solo por erosão hídrica, contribuindo ainda para a manutenção da umidade no solo. Entretanto, não há estudos de cultivo de batata-doce sob esse sistema no Brasil.

As culturas batata e mandioca apresentam órgãos de reserva subterrâneos assim como a batata-doce e estudos do preparo reduzido do solo com essas espécies são escassos e algumas vezes controversos.

Quanto ao efeito dos sistemas de preparo de solo para a implantação da cultura da mandioca sobre as propriedades físicas do solo, em Argissolo Vermelho textura

arenosa, Silva et al. (2008) relatam diferenças entre os sistemas de plantio direto e convencional apenas na fase inicial do estabelecimento da cultura, onde o plantio convencional apresentou menor densidade, maior macroporosidade e porosidade total.

De maneira semelhante, Tormena et al. (2002) comparando densidade, volume de macroporos e microporos, porosidade total e resistência do solo à penetração de raízes, em um Latossolo Vermelho distrófico, sob sistemas de preparo de solo convencional, mínimo e plantio direto, verificaram que o plantio direto proporcionou condições físicas menos favoráveis ao crescimento das plantas, quando comparado aos outros dois sistemas. Contudo, Otsubo et al. (2008) concluíram ser viável a implantação da cultura em área minimamente preparada, em Argissolo Vermelho.

No cultivo de batata, em solo de textura argilosa, Fontes et al. (2007) relataram menor produtividade de tubérculos em sistema de plantio direto quando comparado ao uso de arado de aiveca associado à grade niveladora. No entanto, Carter e Sanderson (2001), consideraram o preparo reduzido do solo uma alternativa viável para a produção da cultura.

Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o impacto de sistemas de preparo sobre propriedades físicas do solo e sobre o crescimento de raízes tuberosas de batata-doce.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Agência Paulista de Tecnologias dos Agronegócios (APTA) – Pólo Alto Sorocabana, em Presidente Prudente–SP, de março de 2009 a abril de 2010. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo, com relevo suave ondulado (média de 7% de declividade). Foi realizada amostragem do solo sob preparo reduzido no momento do plantio da batata-doce nas camadas de 0-0,15 e 0,15-0,30 m de profundidade para determinação da granulometria, com os seguintes resultados: 920 e 930 g kg⁻¹ de areia; 30 e 20 g kg⁻¹ de silte; 50 e 50 g kg⁻¹ de argila, respectivamente. Na área de mata nativa, os dados foram: 797 e 823 g kg⁻¹ de areia; 138 e 122 g kg⁻¹ de silte; 65 e 55 g kg⁻¹ de argila, nas camadas 0-0,15 e 0,15-0,30 m, respectivamente.

A área experimental vinha sendo ocupada por pastagem perene de *Brachiaria decumbens* há mais de 5 anos. A pastagem foi dessecada por meio do uso de glifosato para a instalação de milho safrinha, cultura destinada à sistematização da área

experimental. O milho foi semeado em plantio direto sob palha, densidade de 45000 plantas ha^{-1} , em março de 2009.

Em outubro de 2009, as plantas secas de milho foram roçadas para a instalação dos tratamentos preparo convencional (PC) e preparo reduzido (PR). A palha de milho (13 t ha^{-1}) foi incorporada no PC e mantida sobre a superfície do solo no PR. O PC foi realizado por meio de uma aração com grade aradora, a uma profundidade entre 0,25-0,30 m, seguida de uma gradagem niveladora, e posterior levantamento de leiras com sulcador, enquanto no PR houve movimentação do solo apenas nas linhas de plantio, as quais foram constituídas por sulcos abertos com uso de enxada.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com nove repetições. Para efeito de comparação, também foi avaliada área de mata nativa (MATA) sobre Argissolo Vermelho Amarelo, a aproximadamente 300 m do experimento.

Cada parcela experimental de $16,2 \text{ m}^2$ apresentou três leiras/linhas distanciadas 0,9 m onde foram plantadas 20 ramas de 0,3 m cada, oriundas de ponteiros de plantas de batata-doce, espaçadas a cada 0,3 m, o que correspondeu a 37000 plantas ha^{-1} .

O plantio nas leiras do PC, com altura de aproximadamente $0,35 \text{ m} \pm 0,03 \text{ m}$, foi realizado com abertura manual de orifício com 0,08 m de profundidade, colocação vertical da base da rama e enterrio também manual. Já no PR foi aberto sulco de 0,08 m de profundidade por aproximadamente 0,10 m de largura por meio de uso de enxada, com posterior colocação vertical da base da rama. A cobertura de porção da rama com solo também foi realizada por meio de enxada, com o cuidado de não remover a palha das áreas laterais. A área útil foi constituída pela porção de solo que continha as 18 plantas centrais da leira/linha do meio.

As propriedades de solo avaliadas foram: densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), resistência do solo à penetração de raízes (RP) e umidade gravimétrica do solo (Ug).

Para a determinação de densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade foram coletadas amostras com estrutura indeformada em cada parcela e nove ao acaso na área da mata, aos 120 e 180 dias após plantio (DAP) da batata-doce, na porção mediana das camadas de 0-0,15 m e 0,15-0,30 m. As coletas foram realizadas na leira/linha de plantio.

A Ds foi determinada pelo método do anel volumétrico (100 cm^3), onde a massa da amostra de solo seco a 105° C é relacionada à soma dos volumes ocupados pelas

partículas e pelos poros, e a Pt por meio da relação existente entre a densidade do solo (D_s) e a densidade de partículas (D_p), sendo a última calculada pelo método do balão volumétrico. A microporosidade foi obtida por meio do método da mesa de tensão e a macroporosidade pela diferença entre porosidade total e microporosidade. Os atributos físicos foram determinados de acordo com Claessen (1997).

A resistência do solo à penetração (RP) foi determinada por meio do uso de penetrômetro de impacto, aos 180 DAP. Em cada parcela experimental foram obtidas três medidas de RP, das quais foram calculados valores médios. Na área de mata, a característica foi avaliada em 27 pontos inteiramente casualizados para obtenção de 9 médias para cada profundidade. Foi avaliado o número de impactos a cada 0,05 m, na camada de 0-0,30 m de profundidade, onde se concentram as raízes tuberosas. Os dados obtidos em número de impactos por dm foram transformados para resistência do solo à penetração (MPa). Para esta transformação, utilizou-se a equação apresentada por Stolf (1991). Os resultados foram apresentados em valores médios para cada 0,05 m de profundidade. Também foram retiradas amostras nas camadas 0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m para determinação da umidade gravimétrica do solo, obtida conforme descrito por Claessen (1997).

As variáveis densidade, porosidade total do solo, macroporosidade e microporosidade foram submetidas à análise de variância e quando a interação das mesmas com as camadas estudadas foi constatada procederam-se os desdobramentos necessários e aplicou-se o teste de Tukey para a comparação das médias das variáveis analisadas. Os dados de resistência do solo à penetração foram avaliados e analisados utilizando um valor médio em cada profundidade. O erro padrão da média foi utilizado para proceder à avaliação dos tratamentos em cada profundidade amostrada. Adotou-se 5% de probabilidade de erro.

Também foi avaliado o formato das raízes tuberosas nos sistemas de preparo convencional e reduzido, por meio das relações comprimento e diâmetro de raízes tuberosas; e massa fresca e comprimento de raízes tuberosas. Foram consideradas as raízes com massa fresca individual entre 80 e 1000 g. Essa parte do trabalho foi realizado em blocos ao acaso, com seis repetições, esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas pelos preparos de solo convencional e reduzido e as subparcelas por quatro épocas de coleta.

As coletas de raízes tuberosas foram realizadas aos 90, 120, 150 e 180 dias após plantio, sendo que a última data (180 DAP) corresponde à época de colheita da variedade para fins de consumo *in natura*. As parcelas também foram constituídas por três leiras/linhas, sendo que a área útil foi composta pelas plantas centrais da leira/linha do meio, conforme descrito anteriormente.

Os dados obtidos com as relações comprimento/diâmetro e massa fresca/comprimento foram submetidos a análises de variância e as médias foram ajustadas a equações de regressão polinomial. O critério para a escolha do modelo foi a significância pelo teste F a 5% de probabilidade de erro e os maiores valores do coeficiente de determinação (R^2).

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na variável Ds houve interação entre formas de preparo do solo/ utilização e camadas analisadas nas duas épocas consideradas. Aos 120 DAP, na camada 0-0,15 m (Tabela 1), a Ds no PC foi menor que a densidade encontrada na MATA e no PR, sendo que a área de MATA apresentou menor valor que o PR. Esse resultado já era esperado pois o revolvimento de solo promovido por meio do uso de grade aradora e posterior confecção de leira provoca intensa pulverização do solo no preparo convencional, diminuindo a Ds na camada trabalhada. A menor Ds em MATA em relação ao PR deve-se, provavelmente, a maior quantidade de matéria orgânica na camada superficial de MATA, associada à ausência de tráfego de maquinário e animais nesta área.

Na camada de 0,15-0,30 m, a Ds existente no PC não apresentou diferença em relação ao PR e à MATA, mas MATA, de maneira semelhante à camada 0-0,15 m, apresentou menor densidade que PR. Verificou-se também que a Ds na camada mais superficial, nos três tratamentos, apresentou valor menor que a camada mais profunda, provavelmente devido ao fato desta camada apresentar menor quantidade de matéria orgânica e ser menos influenciada pelo preparo do solo.

Tabela 1 – Densidade do solo aos 120 e 180 dias após plantio da batata-doce, em Argissolo Vermelho Amarelo submetido a preparo convencional e preparo reduzido e área de mata nativa, em duas profundidades.

Preparo/Utilização	Densidade do solo (kg dm^{-3})			
	120 DAP		180 DAP	
	0-0,15 m	0,15-0,30 m	0-0,15 m	0,15-0,30 m
PC	1,28 Aa*	1,56 ABb	1,24 Aa	1,43 Ab
PR	1,50 Ca	1,58 Bb	1,57 Ba	1,61 Ba
MATA	1,42 Ba	1,48 Ab	1,22 Aa	1,45 Ab
CV (%)	7,03		5,69	

*Letras maiúsculas iguais entre os tipos de preparo do solo/utilização e na mesma profundidade e letras minúsculas iguais entre as duas profundidades e no mesmo preparo do solo/utilização não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

Na segunda avaliação, 180 DAP, nas duas camadas (0-0,15 e 0,15-0,30 m) (Tabela 1), o PC apresentou Ds inferior ao PR e semelhante à MATA. O PR apresentou a maior Ds entre os tratamentos, provavelmente em função do não revolvimento do solo, como o que ocorre no PC, e à menor presença de matéria orgânica no perfil de solo deste tratamento, que no solo da área de MATA. Na comparação entre cada preparo/ utilização do solo nas duas camadas, verificou-se maior Ds na camada de 0,15-0,30 m no PC e na MATA, enquanto o PR apresentou densidades semelhantes nas duas camadas. O PC apresentou-se semelhante à MATA neste atributo nas duas profundidades estudadas.

Assim, no PC, nas duas coletas, a camada mais profunda apresentou maior Ds em relação à camada superficial, enquanto no PR essa diferença ocorreu apenas aos 120 DAP. A diferença entre camadas no PC, provavelmente ocorreu devido à operação de confecção das leiras, no qual a camada superficial sofre menos compressão lateral do equipamento (sulcador) que as confecciona. No caso do PR, a equiparação da densidade aos 180 DAP pode ser explicada pela própria acomodação da camada superficial do solo ao longo do tempo.

Resultados referentes à densidade do solo são bastante variados. Carneiro et al. (2009), Costa, Goedert e Sousa (2006) e Torres, Fabian e Pereira (2011) observaram, em área de Latossolo Vermelho, que o sistema de preparo convencional do solo e o plantio direto não resultaram em diferença de densidade, assim como Assis e Lança (2005), em estudo em Nitossolo Vermelho, e Silva et al. (2006), em área de Argissolo Vermelho. No entanto, a comparação entre densidade de solo entre sistemas de preparo tem como resultado freqüente a menor densidade em camadas superficiais em solos convencionalmente preparados em relação a solos não revolvidos (plantio direto) conforme verificado no presente estudo e em trabalhos de Bertol et al. (2000), Llanillo et al. (2006), Secco et al. (2005) e Stone e Silveira (2001). Essa situação deve-se à consolidação natural do solo em função da ausência de preparo no plantio direto e da diminuição da densidade promovida pelo revolvimento do solo no preparo convencional.

A comparação entre os sistemas de preparo do solo e áreas não agrícolas (mata ou cerrado nativos) geralmente demonstra densidade de solo superior em solos utilizados para agricultura, sejam preparados convencionalmente ou em plantio direto, conforme relatado por Carneiro et al. (2009), Cunha et al. (2011), Ferreira, Tavares Filho e Ferreira (2010) e Figueiredo et al. (2009), o que é justificado, segundo esses autores, pelo tráfego de máquinas e equipamentos agrícolas e pelo pisoteio de animais. Mas, assim como

neste trabalho, Araújo, Goedert e Lacerda (2007) verificaram semelhança entre densidades de solo preparado convencionalmente e área de vegetação nativa.

Quanto à Pt, Ma e Mi, também houve interação significativa entre formas de preparo do solo/ utilização e camada analisada na primeira coleta. Aos 180 DAP, houve interação entre os tratamentos apenas para Pt e Mi.

Na primeira avaliação, aos 120 DAP, na camada de 0-0,15 m (Tabela 2), a Pt foi maior no PC que no PR e MATA, sendo que nos dois últimos foi semelhante. A Ma foi maior no PC e na MATA e apresentou menor valor no PR, diferentemente do relatado por Argenton et al. (2005), no qual a área de mata apresentou maior macroporosidade que os preparos reduzido e convencional. Já a Mi foi equivalente no PC e na MATA, enquanto o PR apresentou o maior valor. Na camada de 0,15-0,30 m, a Pt não diferiu entre os tratamentos, enquanto a Ma e a Mi no PC e PR foram semelhantes. A Ma e a Mi na MATA foram, respectivamente, superior e inferior aos valores encontrados nos outros dois tratamentos.

Os valores de Pt apresentaram comportamentos semelhantes à densidade de solo na comparação entre PC e MATA, isto é, quando PC e MATA apresentaram valores de Pt semelhantes (ou distintos), o mesmo comportamento ocorreu na característica Ds. Ocorreu o mesmo entre PC e PR.

Tabela 2 – Porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma) e microporosidade (Mi) aos 120 dias após plantio da batata-doce, em Argissolo Vermelho Amarelo submetido a preparo convencional (PC) e preparo reduzido (PR) e área de mata nativa, em duas profundidades.

Preparo/Utilização	Profundidade de 0-0,15 m			Profundidade de 0,15-0,30 m		
	Pt	Ma (cm ³ cm ⁻³)	Mi	Pt	Ma (cm ³ cm ⁻³)	Mi
PC	0,50 Aa	0,33 Aa	0,17 Bb	0,41 Ab	0,20 Bb	0,21 Aa
PR	0,43 Ba	0,22 Ba	0,21 Aa	0,41 Aa	0,20 Ba	0,21 Aa
MATA	0,46 Ba	0,29 Aa	0,17 Ba	0,44 Aa	0,26 Aa	0,18 Ba
CV (%)	6,44	14,44	7,96	6,44	14,44	7,96

*Letras maiúsculas iguais entre os tipos de preparo do solo/utilização na coluna e na mesma profundidade e letras minúsculas iguais entre as duas profundidades e no mesmo preparo do solo/utilização não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Com relação às características avaliadas nas duas camadas, no PC a Pt e a Ma foram maiores na camada superficial, enquanto na característica Mi ocorreu o inverso. No entanto, não houve diferença nas variáveis em relação às camadas avaliadas no PR e na MATA.

Aos 180 DAP, na camada de 0-0,15 m (Tabela 3), Pt no PC e na MATA foram semelhantes entre si, mas superiores ao PR. No entanto, a Mi existente na MATA e no

PR foram equivalentes entre si, mas superiores aos valores encontrados no PC. Na camada de 0,15-0,30 m, ocorreu o mesmo na característica Pt com relação à camada superior. Quanto à Mi, PC apresentou valor semelhante aos demais tratamentos, mas PR apresentou valor superior à MATA. A Ma apresentou menor valor em PR.

Tabela 3 – Porosidade total (Pt), macroporosidade (Ma) e microporosidade (Mi) aos 180 dias após plantio da batata-doce, em Argissolo Vermelho Amarelo submetido a preparo convencional (PC) e preparo reduzido (PR) e área de mata nativa, em duas profundidades.

Preparo/Utilização	Profundidade de 0-0,15 m		Profundidade de 0,15-0,30 m	
	Pt	Mi	Pt	Mi
	(cm ³ cm ⁻³)		(cm ³ cm ⁻³)	
PC	0,53 Aa*	0,16 Ba	0,46 Ab	0,18 ABa
PR	0,42 Ba	0,19 Aa	0,39 Ba	0,20 Aa
MATA	0,54 Aa	0,20 Aa	0,45 Ab	0,16 Bb
CV %	4,6	10,67	4,6	10,67
Preparo/Utilização	Ma (cm ³ cm ⁻³)			
	Profundidade			
PC	0,32 A**	0-0,15 m		0,31 A
PR	0,21 B	0,15 – 0,30 m		0,26 B
MATA	0,32 A			
CV %	11,06			11,06

*Letras maiúsculas iguais entre os tipos de preparo do solo/utilização na coluna e na mesma profundidade e letras minúsculas iguais entre as duas profundidades e no mesmo preparo do solo/utilização não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). ** Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,01)

De maneira semelhante ao ocorrido aos 120 DAP, as semelhanças ou diferenças de Pt obtidas entre os três preparos/utilização também ocorreram na Ds.

Aos 180 DAP (Tabela 3), houve diminuição da Pt na camada 0,15-0,30 m no PC e na MATA, enquanto a Mi diminuiu nessa camada na MATA. A Ma apresentou maior valor na camada 0-0,15 m.

Comparando-se as duas épocas de coleta (Tabelas 2 e 3), verifica-se que após 60 dias da primeira coleta, ou seja, aos 180 DAP, a Pt que era superior no PC em relação à MATA, tornou-se igual, enquanto o PR que era semelhante à MATA, apresentou menor porosidade. Tal fato é devido à acomodação natural do solo em função do tempo em áreas cultivadas. Em trabalho de Silva et al. (2008) ocorreu algo semelhante: na camada 0-0,10m de um Argissolo Vermelho textura arenosa, na primeira avaliação, o preparo convencional do solo resultou em maiores valores de porosidade total e macroporosidade e semelhante valor de microporosidade em relação ao plantio direto, enquanto na segunda avaliação, 15 meses após, o solo não apresentou diferenças nesses atributos nos dois sistemas.

Da mesma forma que a densidade do solo, os atributos relacionados à porosidade do solo respondem de maneira diferenciada, conforme o tipo de solo, sua utilização e seu histórico de cultivo. Silva et al. (2006), semelhantemente ao presente trabalho, também verificaram maior quantidade de macroporos em camada superficial de Argissolo Vermelho preparado convencionalmente em relação ao plantio direto (PD) e campo nativo, o que, segundo Cruz et al. (2003), deve-se à desestruturação do solo e, conseqüentemente, maior quantidade de poros obtidos com o PC do solo. Contudo, trabalhos demonstram semelhanças entre PC, PD e vegetação nativa nos atributos porosidade total (SILVA et al., 2006) e macro e microporosidades (ASSIS; LANÇA, 2005).

A comparação entre preparo do solo e área não cultivada (vegetação nativa) apresentou resultados divergentes em relação aos trabalhos de Andrade, Stone e Silveira (2009), Cunha et al. (2011) e Figueiredo et al. (2009), os quais verificaram maiores valores de P_t e M_a em solo sob vegetação nativa. No presente trabalho, esses atributos foram semelhantes em PC e MATA, ocorrendo inclusive maiores valores em PC, o que, provavelmente, foi devido ao trabalho do solo e à incorporação da palha de milho, os quais favorecem a manutenção dos poros após o revolvimento do solo.

Com relação à R_p , salienta-se que essa propriedade está relacionada à densidade do solo, à umidade encontrada no mesmo e à textura do solo (ROSOLEM et al., 1999). Assim, os resultados de resistência do solo à penetração obtidos são apresentados na Figura 1, bem como as respectivas umidades gravimétricas são apresentadas na Figura 2.

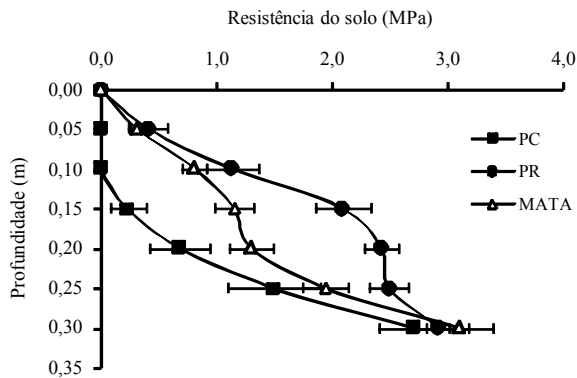


Figura 1 - Resistência do solo à penetração em Argissolo Vermelho Amarelo submetido a preparo convencional (PC) e preparo reduzido (PR) e área de mata nativa, em diferentes profundidades, aos 180 dias após plantio da batata-doce. *As barras indicam os valores de erro padrão da média e a sobreposição destas indica a ausência de diferenças entre as médias dos tratamentos

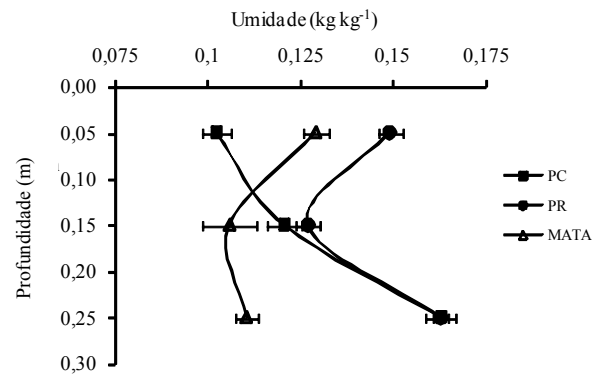


Figura 2 - Umidade gravimétrica em Argissolo Vermelho Amarelo submetido a preparo convencional (PC) e preparo reduzido (PR) e área de mata nativa, em diferentes profundidades, aos 180 dias após plantio da batata-doce. *As barras indicam os valores de erro padrão da média e a sobreposição destas indica a ausência de diferenças entre as médias dos tratamentos

No PC não houve resistência até 0,10 m, enquanto na área de MATA a resistência encontrada foi de 0,80 MPa e no PR de 1,14 MPa. Nessa camada, no PC, o solo encontrava-se menos úmido que em MATA e PR, mas tal fato não foi suficiente para impor resistência ao penetrômetro. Até a profundidade de 0,25 m, o PC resultou em menor RP que a MATA e o PR. Mas nessa profundidade, 0,25 m, a RP no PC foi semelhante à encontrada na área de MATA, embora ambas fossem inferiores à RP no PR. Na profundidade de 0,30 m, a RP dos três tratamentos foram significativamente iguais (PC = 2,70 MPa; MATA = 2,92 MPa; PR = 3,10 MPa) e apresentou seu maior valor, embora nesta profundidade a Ug tenha atingido o máximo valor observado em PC e PR. A maior RP no PR em relação à MATA e ao PC está relacionada à maior D_s e menores P_t e M_a encontrados na época de avaliação, embora semelhantes valores de D_s entre tratamentos não resultem obrigatoriamente em semelhantes valores de resistência à penetração de raízes visto que outros fatores também interferem (umidade e textura do solo), como verificada entre PC e MATA aos 180 DAP (iguais D_s e M_a , mas diferentes RP) e em trabalho de Prado, Roque e Souza (2002). Ralish et al. (2008) ressaltam que os primeiros anos de adoção do sistema de PD são acompanhados de maior resistência do solo à penetração nas camadas superficiais do solo.

A semelhança de RP entre PR e MATA na camada 0,0 – 0,10 m pode ter sido devida a maior umidade encontrada nessa camada no PR. No entanto, áreas com vegetação natural, geralmente, apresentam menores valores de resistência à penetração que solos com uso agrícola, conforme observado em trabalho de Argenton et al. (2005), Beutler et al. (2001) e Tavares Filho, Barbosa e Ribon (2010).

Em seu trabalho, Tormena et al. (2002) também verificaram maior Ds no plantio direto (PD) e maior RP nesse sistema em relação ao PC até a profundidade de 0 – 0,10. No entanto, em trabalho de Tavares Filho et al. (2001), houve maior RP no PD até a profundidade de 0,15 m em relação ao PC e, na camada 0,15 – 0,35 m, os valores de resistência à penetração entre os dois sistemas não diferiram, enquanto em maior profundidade a resistência à penetração foi menor no PD. Ressalta-se que em tal trabalho, o sistema PD era adotado por período superior a 20 anos, ou seja, os benefícios do PD já se estendiam além da camada superficial.

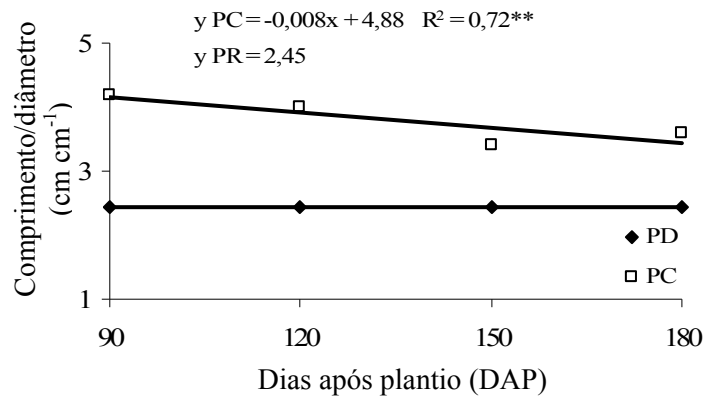
Quanto à umidade do solo, pode-se observar, pela Figura 2, que na camada de solo de 0-0,10 m, a Ug no PC foi menor que na MATA e no PR, sendo que no último, a Ug foi superior também à área de MATA. No entanto, nas camadas de 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m, a Ug das camadas do PC e do PD foram semelhantes, mas significativamente maiores que na área de MATA.

A maior Ug na camada superficial encontrada no PR foi favorecida pela presença de palha, visto que, segundo Martorano et al. (2009), os resíduos mantidos na superfície implicam em temperatura máxima e amplitude térmica menores, favorecendo a manutenção da água no solo (COSTA et al., 2003; FABRIZZI et al., 2005; FASINMIRIN; REICHERT, 2011), principalmente pela menor perda de água por evaporação (AGBEDE, 2010). Argenton et al. (2005), Mateus, Crusciol e Borghi (2007) e Tavares Filho et al. (2001) também destacam a importância da presença de restos vegetais sobre a superfície do solo em PD na manutenção de água no solo. Assim, o PR com palhada superficial foi a forma de preparo/ utilização de solo que mais favoreceu a manutenção de umidade na camada 0-0,10 m, enquanto o PC foi a pior.

O sistema de preparo do solo também influenciou o formato das raízes tuberosas. Houve interação significativa entre sistema de preparo e época de coleta. No PC, a resposta da relação comprimento/diâmetro de raízes tuberosas foi linear com decréscimo da primeira (90 DAP) à última coleta (180 DAP). Assim, houve aumento do diâmetro de raízes tuberosas em relação ao comprimento em função do tempo, ou seja, o diâmetro das raízes

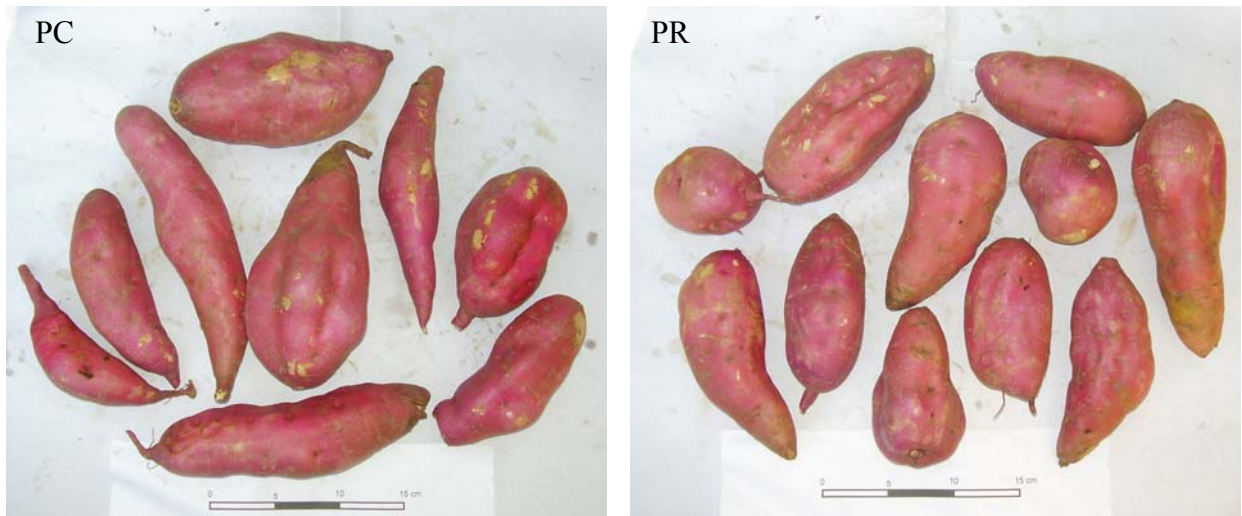
tuberosas foi constantemente ampliado em função da maior permanência das plantas no campo (Figura 3).

Figura 3 – Relação comprimento e diâmetro de raízes tuberosas de plantas de batata-doce cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo submetido a preparo convencional (PC) e preparo reduzido (PR), em diferentes épocas de coleta. **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.



No PR, a relação comprimento/diâmetro de raízes tuberosas não apresentou diferença significativa entre as datas de coleta, permanecendo, em média, em 2,45 cm cm⁻¹, ou seja, o comprimento manteve-se maior que o dobro do diâmetro, no entanto, como o valor da característica foi inferior ao ocorrido no PC, constata-se que o formato das raízes tuberosas no sistema sem preparo foi menos alongado que no PC. Tal fato deve-se ao maior valor de resistência à penetração das raízes encontrada no PR na camada 0-0,25 m, propriedade que, segundo Barley, Farrell e Greacen (1965), afeta diretamente o alongamento das raízes. Dessa forma, as raízes mais arredondadas produzidas no PR conferem ao produto menor valor comercial, pois o mercado consumidor prefere formato alongado. Imagens de raízes tuberosas coletadas aos 180 DAP nos dois sistemas de preparo encontram-se na Figura 4.

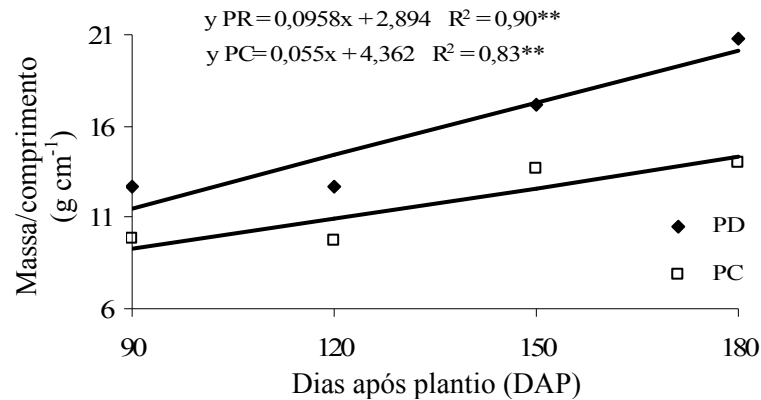
Figura 4 – Raízes tuberosas de plantas de batata-doce cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo submetido a preparo convencional (PC) e preparo reduzido (PR), coletadas aos 180 DAP.



Tais informações indicam que, no PR, o acúmulo de matéria seca nas raízes tuberosas pode ter ocorrido de maneira mais lenta que no PC em função de menor porosidade total, e maiores valores de densidade de solo e resistência à penetração de raízes no PR do solo, as quais limitam a exploração do solo em volume pelas raízes tuberosas e absorventes, visto que, segundo Agbede (2006) em trabalho com inhame, a maior densidade do solo pode causar resistência mecânica à raiz e ao crescimento dos órgãos de reserva subterrâneos, inclusive comprimento, prejudicando a absorção de nutrientes e de água pela planta. Em trabalho com batata-doce, Agbede e Adekiya (2009) verificaram que no plantio direto as plantas apresentaram folhas e raízes tuberosas com menores teores de N, P, K, Ca e Mg em relação ao preparo convencional do solo.

Na relação entre massa fresca individual de raízes tuberosas/comprimento de raízes tuberosas, também houve interação entre sistema de plantio e época de coleta. Em ambos os preparos do solo a resposta estimada foi linear crescente com a maior permanência das plantas no campo (Figura 5), o que era esperado, pois há incremento de substâncias reservas armazenadas em raízes tuberosas de batata-doce ao longo do tempo. No entanto, o PR proporcionou maior massa fresca individual de raízes tuberosas por unidade de comprimento de raízes que o PC, o que confirma o formato menos alongado demonstrado pela relação entre comprimento e diâmetro.

Figura 5 – Relação massa e comprimento de raízes tuberosas de plantas de batata-doce cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo submetido a preparo convencional (PC) e preparo reduzido (PR), em diferentes épocas de coleta. **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.



Como já descrito, o PR proporciona maiores densidade do solo e resistência à penetração de raízes. As raízes tuberosas de batata-doce são sensíveis a essas diferenças e respondem com alteração em seu formato. O PC favorece o formato mais alongado, pois a menor resistência à penetração permite que as raízes cresçam mais em comprimento, favorecendo a distribuição das substâncias de reserva ao longo de maior comprimento, enquanto o PR, por apresentar condições de maior resistência à penetração de raízes, limita o crescimento das mesmas em comprimento, o que as faz armazenar suas substâncias de reserva em menor espaço longitudinal.

De acordo com Copas et al. (2009), as plantas respondem a camadas de solo compactadas modificando o crescimento de suas raízes, sendo que em tubérculos de inhame a maior densidade do solo promove redução de seu comprimento, conforme verificado por Agbede (2006). No presente estudo, a densidade de solo de 1,6 Kg dm⁻³ promoveu modificações no formato das raízes tuberosas de batata-doce.

3.5 CONCLUSÕES

1. Na camada superficial, 0-0,15 m, o preparo convencional proporciona menores valores de densidade do solo e microporosidade e maiores valores de porosidade total e macroporosidade, em comparação com o preparo reduzido do solo.

2. O preparo reduzido confere maior resistência à penetração no solo na camada 0-0,25 m que o preparo convencional, mas, em função da palhada sobre a superfície do solo, favorece a manutenção de água na camada 0-0,15 m do solo.
3. As diferenças nos atributos físicos do solo decorrentes do diferentes sistemas de preparo do solo promovem alterações no formato de raízes tuberosas de batata-doce.
4. O preparo convencional apresenta propriedades físicas semelhantes à área de mata.

4 ARTIGO B: PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA BATATA-DOCE EM DIFERENTES SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO

4.1 RESUMO

A adoção de sistemas de preparo reduzido do solo visa à conservação do solo, mas pode afetar negativamente a produtividade de algumas culturas. Assim, este trabalho objetivou avaliar a produtividade de raízes tuberosas de plantas de batata-doce (*Ipomoea batatas*) cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo sob preparado convencional (aração seguida de gradagem niveladora e posterior levantamento de leiras com sulcador) e sob preparo reduzido com manutenção de palhada superficial (sem revolvimento do solo, exceto nas linhas de plantio). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com seis repetições. O ensaio foi constituído por parcelas subdivididas. As parcelas corresponderam aos tratamentos preparo convencional com confecção de leiras e preparo reduzido e as subparcelas, às quatro épocas de coleta: 90, 120, 150 e 180 dias após plantio. Foram avaliadas as características: produtividades total e comercial, números de raízes tuberosas total e comercial, e massa de matéria fresca individual média das raízes tuberosas consideradas comerciais. Houve interação entre os tratamentos preparo de solo e épocas de coleta para todas as características estudadas. Como resultado obteve-se que a cultura da batata-doce apresenta maiores produtividades total e comercial de raízes tuberosas em função de maiores números total e comercial de raízes tuberosas em solo preparado de maneira convencional, visto que não há diferença entre os manejos de solo quanto à massa de matéria fresca individual de raízes tuberosas. Assim, o preparo convencional do solo é mais adequado ao cultivo da batata-doce.

Palavras-chave: Plantio direto. Conservação do solo. Preparo reduzido. Raiz tuberosa. Massa de matéria fresca.

SWEET POTATO YIELD UNDER DIFFERENT SOIL MANAGERMENTS

Abstract

The adoption of reduced tillage systems aims the soil conservation, but it can affect some crops yield in a negative way. Thus, this study aimed to assess the sweet potato (*Ipomoea batatas*) tuberous roots yield, in an Alfisol type soil managed by conventional tillage (plowing followed by leveling and making mounds) and reduced tillage with straw on the soil surface (cultivated only along the rows). The experimental design was in randomized blocks with six replicates. The experiment was conducted in split-plot scheme. The plots corresponded to conventional tillage with mounds and reduced tillage, and the subplots to four collect periods: 90, 120, 150 and 180 days after planting. The characteristics evaluated were: total and commercial yields, numbers of total and commercial tuberous roots, and commercial tuberous roots individual fresh mass. There was interaction between soil managements and collect periods for all characteristics studied. As result, sweet potato crop had higher total and commercial tuberous roots yields, due to higher numbers of total and commercial roots in soil under conventional tillage, as there is no difference between the soil management on tuberous roots individual fresh mass. Thus, the conventional tillage is better to the sweet potato crop.

Keywords: No-tillage. Soil conservation. Reduced tillage. Tuberous root. Fresh mass.

4.2 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) é uma espécie da família Convolvulaceae cultivada para fins alimentícios. No Brasil, essa cultura é antiga e bastante disseminada, sendo cultivada principalmente por pequenos produtores rurais, em sistemas agrícolas com reduzida entrada de insumos (SOUZA, 2000).

O potencial de produção da cultura é alto, por ser uma planta com grande capacidade de produzir energia por unidade de área e tempo ($\text{Kcal ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2002). Esta olerícola é produzida em todas as regiões do Brasil e seu cultivo ocorre após intenso revolvimento do solo. Assim, o sistema de preparo de solo para o plantio da batata-doce é uma etapa com elevado potencial de degradação do solo e, conseqüentemente, de assoreamento de corpos d'água, fatores que, além da degradação ambiental, acentuam o empobrecimento de produtores rurais e de suas famílias.

Embora a batata-doce seja atualmente cultivada apenas em áreas sob preparo convencional de solo (aração e gradagem), Barrera (1986) já recomendava o plantio de batata-doce em sulco em solos arenosos, visto que a construção de leiras contribui para a perda da umidade do solo, podendo-se formar os camalhões durante as operações de capina e amontoa.

Além da perda de umidade do solo com o seu revolvimento, este é facilmente erodido durante as chuvas, principalmente na fase inicial de desenvolvimento das plantas. Por isso, o sistema de plantio direto sob palha tornou-se uma importante prática de manejo do solo, uma vez que diminui significativamente a perda do recurso por erosão hídrica e contribui para a manutenção da umidade no solo (LLANILLO et al., 2006). Portanto, práticas de manejo do solo que demandam menor revolvimento do mesmo e mantêm restos culturais na superfície têm suas propriedades bastante difundidas, como, por exemplo, a manutenção da fertilidade (AGBEDE, 2008) e da umidade na camada superficial do solo (FABRIZZI et al., 2005; MARTORANO et al., 2009), mas estudos sobre cultivo de espécies vegetais cuja parte comercial é subterrânea em solos não revolvidos são escassos. Howeler, Ezumah e Midmore (1993), em um trabalho de revisão, verificaram que culturas de raízes e tubérculos são sensíveis à compactação do solo, à aeração inadequada ou à má drenagem e, deste modo, respondem favoravelmente ao sistema convencional de preparo do solo. Opinião que é compartilhada por autores de trabalhos com batata (FONTES et al., 2007; IVANY; ARSENAULT; HOLMSTROM, 2007; NUNES et al., 2006) e mandioca (OLIVEIRA et al., 2001; PEQUENO et al., 2007).

Por outro lado, resultados a favor do preparo reduzido com essas culturas também são divulgados. Para Carter, Sanderson e Peters (2009), Gordon et al. (2011) e Holmstrom et al. (2006) não há diferença de produtividade e de qualidade de batatas cultivadas em solo preparado convencionalmente e em solo com menor revolvimento. Alva, Collins e Boydston (2009) e Fernandes et al. (2006) complementam que, além da manutenção de produtividade e qualidade de tubérculos de batata, o preparo reduzido do solo favorece a qualidade do solo e representa uma opção de economia de energia e custos. Em taro, Oliveira et al. (2004) verificaram semelhantes produtividades de rizomas nos sistemas de plantio convencional e direto. E quanto à cultura da mandioca, há trabalhos que relatam incremento de produtividade de raízes em solo sob cultivo mínimo sobre restos culturais de milho em relação ao convencionalmente preparado (OTSUBO et al., 2008) e semelhantes produtividades em diferentes sistemas de preparo de solo (FEY et al., 2007; OTSUBO et al., 2002). Aiyelari, Ndaeyo e Agboola (2001) inclusive destacam a viabilidade da produção de mandioca em sistema de preparo reduzido.

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a produtividade de raízes tuberosas de plantas de batata-doce cultivadas em Argissolo Vermelho Amarelo preparado convencionalmente e sob preparo reduzido.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Agência Paulista de Tecnologias dos Agronegócios (APTA) – Pólo Alto Sorocabana, em Presidente Prudente–SP, de março de 2009 a abril de 2010, em um Argissolo Vermelho Amarelo, com relevo suave ondulado, declive médio de 7%. Foi realizada amostragem de solo na área sob preparo reduzido no momento do plantio da batata-doce para determinação de atributos químicos e granulometria, com os seguintes resultados para as camadas de 0-15 e 15-30 cm de profundidade: pH (CaCl_2 1 mol L^{-1}) 5,3 e 4,8; 43,3 e 50,8 mg dm^{-3} de $\text{P}_{\text{Mehlich}}$; 6,7 e 3,93 g dm^{-3} de C; 2,94 e 3,42 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de H+Al; 0,3 e 0,33 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K; 1,5 e 0,97 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca; 1,23 e 0,65 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg; 50,75 e 36,31% de saturação por bases; 920 e 930 g kg^{-1} de areia; 30 e 20 g kg^{-1} de silte; 50 e 50 g kg^{-1} de argila, respectivamente.

A área experimental vinha sendo ocupada por pastagem perene de *Brachiaria decumbens* há mais de 5 anos. A pastagem foi dessecada por meio do uso de glifosato para a instalação de milho safrinha, cultura destinada à sistematização da área

experimental. O milho foi semeado em plantio direto sob palha, densidade de 45.000 plantas ha^{-1} , em março de 2009, para a sistematização da área.

Em outubro de 2009, as plantas secas de milho foram roçadas para a instalação do experimento cujo delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com seis repetições. As parcelas foram constituídas pelos tratamentos preparo convencional com confecção de leiras (PC) e preparo reduzido (PR), sendo que a palha da cultura do milho (13 t ha^{-1} de matéria seca) promoveu cobertura do solo no sistema preparo reduzido e foi incorporada no sistema convencional. As subparcelas corresponderam a quatro épocas de coleta das raízes tuberosas de batata-doce: 90, 120, 150 e 180 dias após plantio (DAP) de ramas de batata-doce, sendo que a época de 180 DAP corresponde à época de colheita desta variedade para fins de consumo *in natura*.

O PC foi realizado por meio da utilização de aração com grade aradora, a uma profundidade entre 0,25-0,30 m, seguida de gradagem niveladora, e posterior levantamento de leiras com sulcador (altura de aproximadamente $0,35 \pm 0,03$ m), enquanto no PR houve movimentação do solo apenas nas linhas de plantio, as quais foram constituídas por sulcos abertos com uso de enxada.

Cada parcela experimental, com área total de $16,2 \text{ m}^2$, foi constituída por três leiras distanciadas 0,9 m onde foram plantadas 20 ramas de 30 cm cada, oriundas de ponteiros de plantas de batata-doce, espaçadas a cada 0,3 m, o que correspondeu a 37.000 plantas ha^{-1} . O plantio no PC foi realizado com abertura manual de orifícios com 0,08 m de profundidade, colocação vertical da base da rama e enterrio também manual. Já no PR foi aberto sulco de 0,08 m de profundidade por aproximadamente 0,10 m de largura por meio de uso de enxada, com posterior plantio da rama. A cobertura com solo da porção basal da rama também foi realizada por meio de enxada, tomando-se o cuidado de não remover a palhada das entre linhas. A área útil de cada parcela foi representada pelas 18 plantas centrais da leira do meio.

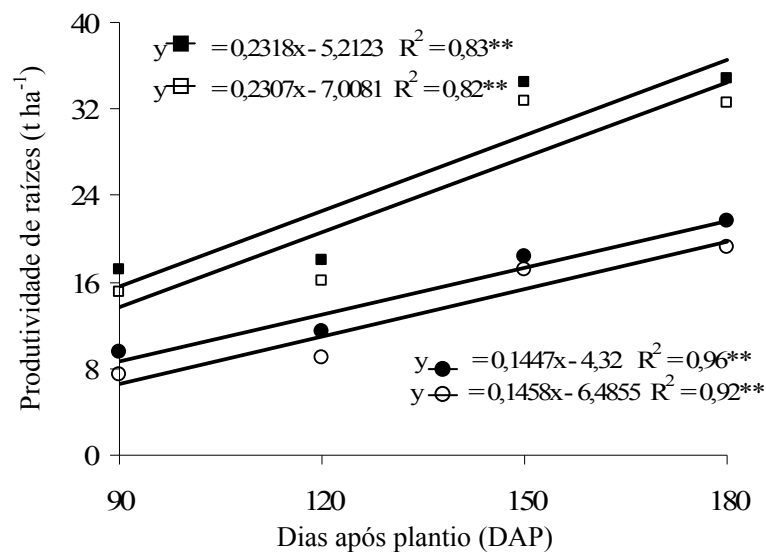
Foram avaliados as produtividades total e comercial e os números de raízes tuberosas total e comercial. Para produtividade total e número de raízes total foram consideradas todas as raízes tuberosas com massa igual ou superior a 40g, enquanto para a produtividade comercial e número de raízes comerciais foram consideradas as raízes tuberosas com massa de matéria fresca entre 80 e 1000 g e com bom aspecto (formato uniforme e liso). Também foi avaliada a massa de matéria fresca média individual das raízes tuberosas consideradas comerciais.

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância e as médias foram ajustadas a equações de regressão polinomial. O critério para a escolha do modelo foi a significância pelo teste F a 5% de probabilidade de erro e os maiores valores do coeficiente de determinação (R^2).

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação entre os tratamentos preparo de solo e épocas de coleta nas características produtividades total e comercial de raízes tuberosas de batata-doce. As produtividades total e comercial dos dois sistemas de preparo apresentaram resposta estimada segundo modelo linear, apresentando maiores valores com o aumento do período das plantas no campo (Figura 1). Tal fato está associado ao aumento da massa de matéria fresca individual das raízes tuberosas, visto que estas raízes acumulam maior quantidade de substâncias reservas em função do maior tempo de permanência no campo.

Figura 1 — Produtividades total e comercial de raízes tuberosas de batata-doce em sistema convencional e preparo reduzido de solo. ■: produtividade total no sistema convencional de preparo do solo; □: produtividade comercial no sistema convencional de preparo do solo; ●: produtividade total em preparo reduzido; e ○: produtividade comercial em preparo reduzido. **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.



O PC foi responsável pelas maiores produtividades total e comercial da cultura, em relação ao PR, durante o período avaliado. A produtividade total estimada de

raízes tuberosas no PR, aos 90 DAP, correspondeu a 56% da produtividade total estimada no PC, enquanto a produtividade comercial correspondeu a 48%. A ocorrência de menor percentagem de raízes comerciais no PR (48%) em relação à percentagem de produtividade total nesse sistema (56%) quando comparado ao PC deve-se ao fato de que, nesta coleta, havia grande quantidade de raízes com massa de matéria fresca entre 40 e 80 g no PR, ou seja, não foram consideradas na produtividade comercial. Desse modo, o PR acarretou menor armazenamento de substâncias reservas nas raízes tuberosas até esta fase, o que pode estar relacionado a restrições físicas do solo ao crescimento das raízes (tuberosas e de absorção) (WATANABE et al., 2002) e restrições à absorção de nutrientes pelas mesmas (QIN; STAMP; RICHNER, 2005).

Com o incremento do tempo de permanência das plantas no campo, houve acréscimo na percentagem de produtividades total e comercial de raízes tuberosas no PR em relação ao PC, atingindo, aos 180 DAP, 60% e 57%, respectivamente. Essas informações corroboram com os trabalhos de Agbede (2010) e Anikwe e Ubochi (2007), os quais constataram que o plantio convencional resulta em maior produtividade de raízes tuberosas de batata-doce em relação ao plantio em solo não revolvido, contudo, a produtividade no plantio convencional no trabalho de Agbede (2010) foi 30% superior ao plantio direto, enquanto no presente trabalho o solo revolvido proporcionou acréscimo de 68% aos 180 DAP.

Resultados apresentados por Agbede e Adekiya (2009) também relatam maiores rendimentos da cultura da batata-doce em solos preparados convencionalmente, em relação a solos não revolvidos, o que, segundo os autores, ocorre em função de o solo revolvido apresentar menor densidade e maior porosidade.

Odjugo (2008), em trabalho com a cultura da mandioca, descreve maiores rendimentos de raízes em solos onde houve revolvimento do solo, o que correspondeu a incremento de 46% em relação ao plantio direto. Pequeno et al. (2007), em trabalho comparativo entre plantio convencional, cultivo mínimo e plantio direto, obtiveram maior produtividade de raízes de mandioca no sistema convencional, em Latossolo Vermelho textura franco arenosa. A cultura do inhame também respondeu de maneira semelhante, apresentando maior produtividade de tubérculos em solos onde houve sua movimentação em relação a solos não revolvidos (AGBEDE, 2006).

Anikwe e Ubochi (2007) relatam que práticas de plantio direto apresentam vantagens sobre o plantio convencional, como maior conservação da umidade do solo, diminuição de sua temperatura, maiores teores de carbono orgânico e de N total. Mas, segundo os autores, a característica menor densidade de solo preparado sob sistema

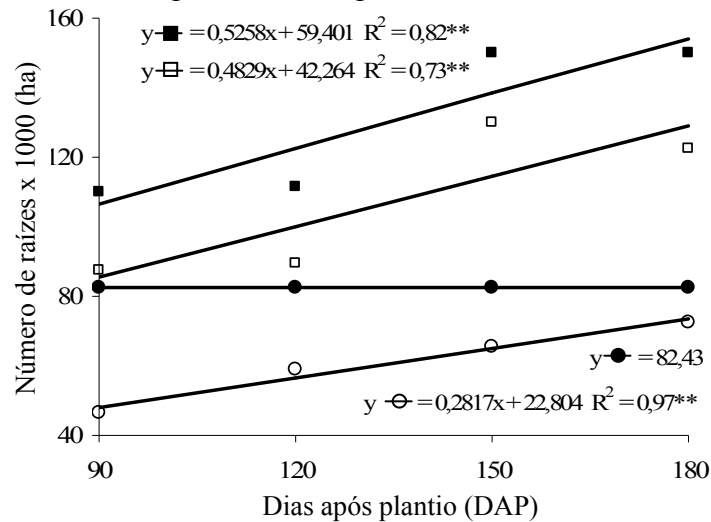
convencional resulta em vantagens que se sobrepõem às características positivas do plantio direto, favorecendo a produtividade da cultura da batata-doce. De maneira semelhante, Oliveira et al. (2001) verificaram que preparo convencional e mínimo em Nitossolo Vermelho distrófico latossólico proporcionam condições físicas de solo que permitem maior crescimento e produtividade de raízes de plantas de mandioca que o plantio direto.

No entanto, em taioba, Agbede (2008) verificou maior produtividade de rizomas em plantio direto em relação ao convencional, o que foi relacionado à maior umidade do solo mantida no solo não revolvido. Em trabalho com a cultura da mandioca em solo com textura arenosa, Otsubo et al. (2008) verificaram a influência do sistema de manejo e do preparo do solo na produtividade da raiz, constatando que há incremento na produtividade ao se realizar o plantio das manivas em sistema de cultivo mínimo sobre restos culturais de milho em comparação ao plantio após preparo convencional do solo.

Já Fey et al. (2007), em área de Latossolo Vermelho, obtiveram a mesma produtividade de raiz de mandioca em plantio convencional, preparo reduzido e plantio direto, em 1 e 2 ciclos. Otsubo et al. (2002), em Argissolo Vermelho Amarelo e Otsubo, Mercante e Silva (2005) relataram o mesmo resultado ao comparar a produtividade da raiz entre os sistemas convencional e direto. Em trabalho de Gabriel Filho et al. (2000) também não houve diferença de produtividade de raízes de mandioca em sistema convencional e preparo mínimo.

Com relação ao número de raízes tuberosas, houve interação entre os tratamentos preparo do solo e épocas de coleta. Não houve efeito significativo entre as médias do número total de raízes nas diferentes épocas de coleta no PR, ou seja, o número de raízes tuberosas foi considerado 82.400 unidades ha^{-1} , aproximadamente, em todas as épocas de coleta (Figura 2). O número de raízes comerciais em PR apresentou comportamento segundo modelo linear crescente da primeira a última coleta, variando, em valores estimados, de 48.100 a 73.500 unidades ha^{-1} . O número de raízes comerciais correspondeu a 58% aos 90 DAP e atingiu 89% do número de raízes total aos 180 DAP. No PC, os números total e comercial de raízes apresentaram resposta segundo modelo linear, isto é, houve incremento no número de raízes da primeira à última coleta. O número total de raízes estimado variou de aproximadamente 106.400 ha^{-1} aos 90 DAP a 154.000 ha^{-1} na última coleta. O número de raízes comerciais correspondeu a aproximadamente 80% do número total de raízes.

Figura 2 – Números total e comercial de raízes tuberosas de batata-doce em sistema convencional de preparo de solo e preparo reduzido. ■: número total de raízes tuberosas no sistema convencional de preparo do solo; □: número comercial de raízes tuberosas no sistema convencional de preparo do solo; ●: número total de raízes tuberosas em plantio direto; e ○: número comercial de raízes tuberosas em plantio direto. **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.



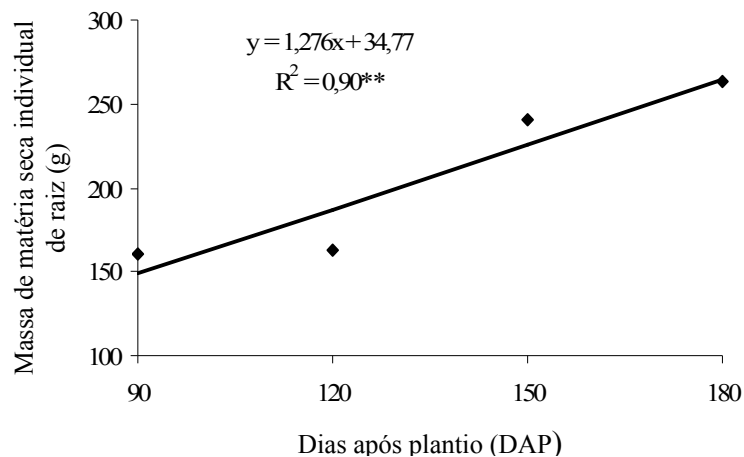
Na última coleta, a percentagem de raízes comerciais no PR em relação ao número de raízes total foi superior a essa percentagem no PC. Isso se deve ao não incremento no número total de raízes tuberosas no PR durante a avaliação e à inclusão de raízes na produtividade comercial devido ao seu ganho de massa em função do tempo.

Comparando-se as duas formas de preparo de solo, verificou-se que o PR com palha superficial foi desfavorável ao surgimento de raízes tuberosas, sendo que estas corresponderam a 77% do número de raízes no PC na primeira coleta. No PR não houve incremento significativo do número de raízes ao longo do período avaliado e o número total de raízes estimado correspondeu a apenas 53,5% do número total de raízes do PC na última coleta, 180 DAP. Verificou-se também que a proporção entre número de raízes comerciais e número de raízes total no PR foi inferior à mesma proporção no PC aos 90 DAP. Ou seja, até essa época, no PR, o acúmulo de substâncias reservas nas raízes tuberosas ocorreu de maneira mais lenta ocasionando grande proporção de raízes com massa fresca inferior a 80 g (consideradas não comerciais). De acordo com Agbede (2006), em trabalho com inhame, a maior densidade do solo pode causar resistência mecânica à penetração de raízes e ao crescimento dos tubérculos, prejudicando a absorção de nutrientes e de água pela planta.

Nunes et al. (2006) verificaram que batateiras apresentaram respostas positivas quanto ao teor de macronutrientes em seus órgãos e produtividade de tubérculos com o revolvimento do solo e Agbede (2010) verificou que no plantio direto as plantas de batata-doce apresentaram folhas com menores teores de N, P, K, Ca e Mg em relação ao preparo convencional do solo.

Considerando-se que o número de raízes tuberosas no PR é menor, poder-se-ia supor que essas apresentassem maior massa fresca individual, pois cada planta estaria armazenando substâncias reservas em um número reduzido de raízes. No entanto, isso não ocorreu. A média das massas frescas individuais das raízes tuberosas nos dois sistemas foram semelhantes (Figura 3), o que enfatiza a influência do sistema de preparo do solo no armazenamento de substâncias de reserva, pois as plantas cultivadas em PR, mesmo apresentando menor quantidade de raízes tuberosas por indivíduo que aquelas cultivadas em PC, não produziram raízes com maior massa de matéria fresca individual que no PC, ou seja, o armazenamento de substâncias de reserva por planta em PR é menor.

Figura 3 – Massa de matéria fresca individual de raízes tuberosas de batata-doce. **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.



A massa média de matéria fresca individual de raízes tuberosas apresentou diferença apenas em função da época de coleta. O acréscimo de massa fresca individual de raiz apresentou resposta segundo modelo linear, partindo de massa estimada de 150 g aos 90 DAP e atingindo cerca de 260 g, aos 180 DAP.

4.5 CONCLUSÕES

1. O preparo convencional promove maiores produtividades total e comercial de raízes tuberosas de batata-doce em relação ao preparo reduzido.
2. O preparo reduzido do solo apresenta menores produtividades de raízes que o preparo convencional devido ao menor número de raízes produzidas.
3. A massa média de matéria fresca individual das raízes tuberosas é semelhante nos dois sistemas de preparo do solo.

5 CONCLUSÕES GERAIS

Os sistemas de manejo preparo convencional e preparo reduzido resultaram em diferentes comportamentos físicos do solo, os quais influenciaram a produtividade da cultura da batata-doce. Os principais resultados foram:

1. O preparo convencional, em relação ao reduzido, promoveu menor densidade na camada superficial do solo (0-0,15 m), menores valores de resistência do solo à penetração de raízes, maiores porosidade total e macroporosidade e menor valor de microporosidade;
2. O preparo reduzido, em função da manutenção de palhada na superfície, favoreceu maior manutenção de água na camada superior do solo (0-0,15 m);
3. As propriedades físicas em solo sob preparo convencional favoreceram o formato mais alongado das raízes tuberosas de batata-doce, bem como proporcionaram maiores produtividades total e comercial de raízes por meio do incremento dos números total e comercial de raízes tuberosas, em relação ao preparo reduzido;
4. As raízes tuberosas de batata-doce apresentaram semelhante massa de matéria fresca individual nos dois sistemas de preparo do solo;
5. O preparo reduzido do solo não foi viável ao cultivo da batata-doce.

6 CONSIDERAÇÃO FINAL

No presente trabalho foi verificado que o preparo reduzido em Argissolo Vermelho Amarelo não é viável ao cultivo da batata-doce, em função da expressiva redução de produtividade. No entanto, o resultado pode ser favorável à exploração da cultura em áreas manejadas sob sistema plantio direto já consolidado, onde as propriedades físicas do solo sejam menos restritivas à cultura. Ou seja, é necessária a realização de outros trabalhos referentes ao tema, para que seja possível confirmar a viabilidade ou não da adoção do preparo reduzido do solo para o cultivo da batata-doce em outras situações de solo e manejo.

REFERÊNCIAS

- AGBEDE, T.M. Effect of tillage on soil properties and yam yield on an Alfisol in southwestern Nigeria. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 86, n.1, p. 1-8, mar. 2006.
- AGBEDE, T.M. Nutrient availability and cocoyam yield under different tillage practices. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 99, n. 1, p. 49–57, abr. 2008.
- AGBEDE, T.M. Tillage and fertilizer effects on some soil properties, leaf nutrient concentrations, growth and sweet potato yield on an Alfisol in southwestern Nigeria. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 101, n. 1, p. 25-35, set. 2010.
- AGBEDE, T.M.; ADEKIYA, A.O. Tillage effects on soil properties and performance of sweet potato on an Alfisol in Southwestern Nigeria. **American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture**, Jordânia, v. 3, n. 3, p. 561-568, maio 2009.
- AIYELARI, E. A.; NDAEYO, U. N.; AGBOOLA, A. A. Effects of tillage practices on growth and yield of cassava (*Manihot esculenta*) and some soil properties in Ajibode, Southwestern Nigeria. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 71, n. 3, p. 171-176, 2001.
- ALBUQUERQUE, J.A. et al. Relação de atributos do solo com a agregação de um Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de verão para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 415-424, jun. 2005.
- ALVA A. K.; COLLINS H. P.; BOYDSTON R. A. Nitrogen Management for Irrigated Potato Production under Conventional and Reduced Tillage. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 73, n. 5, p. 1496-1503, set./out. 2009.
- ANDRADE, R. da S.; STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. da. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 411–418, jul./ago. 2009.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 857-865, 2000.
- ANIKWE M. A. N.; UBOCHI J. N. Short-term changes in soil properties under tillage systems and their effect on sweet potato (*Ipomea batatas* L.) growth and yield in an Ultisol in south-eastern Nigeria. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 45, n. 5, p. 351-358, ago. 2007.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W.J.; LACERDA, M.P.C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, set./out. 2007.
- ARGENTON, J. et al. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 425-435, maio/jun. 2005.

- ASSIS, R.L. de; LANÇAS, K.P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 515-522, jul./ago. 2005.
- BARLEY, K.P; FARRELL, D.A.; GREACEN, E.L. The influence of soil strength on the penetration of a loam by plant roots. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 3, n. 1, p. 69 – 79, 1965.
- BARRERA, P. **Batata-doce**: uma das doze mais importantes culturas do mundo. São Paulo: Ícone, 1986. 91p.
- BERTOL, I. et al. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico álico afetadas pelo manejo do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 91-95, jan./mar. 2000.
- BERTOL, I. et al. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n. 1, p.155-163, jan./fev. 2004.
- BERTOL, O. J. et al. Perdas de solo e água e qualidade do escoamento superficial associadas à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n. 4, p.781-792, ago. 2007.
- BESCANSÀ, P. et al. Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.87, n. 1, p.19-27, maio 2006.
- BEUTLER, A.N. et al. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 167-177, 2001.
- CARNEIRO, M.A.C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 147-157, jan./fev. 2009.
- CARTER, M.R.; SANDERSON, J.B. Influence of conservation tillage and rotation length on potato productivity, tuber disease and soil quality parameters on a fine sandy loam in eastern Canada. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 63, n. 1-2, p. 1-13, dez. 2001.
- CARTER, M.R.; SANDERSON, J.B.; PETERS, R.D. Long-term conservation tillage in potato rotations in Atlantic Canada: Potato productivity, tuber quality and nutrient content. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 89, n. 2, p. 273-280, mar. 2009.
- CARVALHO, L.A. et al. Produtividade e viabilidade econômica da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo no Centro-Oeste do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias Lisboa**, v. 34, n. 1, p. 199-211, 2011.
- CARVALHO, M.A.C. de et al. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p.1141-1148, nov. 2004.

CASSOL, E. A.; DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Sistema plantio direto: Evolução e implicações sobre a conservação do solo e da água. In: Ceretta, C. A.; Silva, L. S.; Reichert, J. M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v.5., p.333-370.

CERETTA, C. A. et al. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.163-171, 2002.

CLAESSEN, M.E.C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

COLLARES, G.L. et al. Compactação de um latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 933-942, jun. 2008.

COPAS, M.E. et al. Potato yield and quality response to subsoil tillage and compaction. **Agronomy Journal**, Madison, v. 101, n. 1, p. 82-90, jan./mar. 2009.

CORSINI, P.C.; FERRAUDO, A.S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 289-298, fev. 1999.

COSTA, E.A.; GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. 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, jul. 2006.

COSTA, F.S. et al. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 527-535, maio/jun. 2003.

CRUZ, A.C.R. et al. Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1105-1112, nov./dez. 2003.

CUNHA, E. de Q. et al. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. i – atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 589-602, mar./abr. 2011.

CUNHA, E.Q. et al. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I – Atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p.589-602, abr. 2011.

DALAL, R.C. et al. Organic carbon and total nitrogen stocks in a Vertisol following 40 years of no-tillage, crop residue retention and nitrogen fertilization. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 112, n. 2, p.133-139, abr. 2011.

ELTZ, F.L.F. Ensino de plantio direto. In: PEIXOTO, R.T. dos G.; AHRENS, D.C.; SAMAHA, M.J. (Ed.). **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: IAPAR.PRP/PG, 1997. p.39-42.

- FABRIZZI, K.P et al. Soil water dynamics, physical properties and corn and wheat responses to minimum and no-tillage systems in the southern Pampas of Argentina. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 81, n. 1, p. 57-69, mar. 2005.
- FASINMIRIN, J.T.; REICHERT, J.M. Conservation tillage for cassava (*Manihot esculenta* Crantz) production in the tropics. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 113, n. 1, p. 1-10, maio 2011.
- FERNANDES, H.C. et al. Avaliação da cultura da batata instalada por uma plantadora adaptada para trabalhar em sistemas de plantio direto e cultivo mínimo. **Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 305, p.65-73, jan./fev. 2006.
- FERNANDES, L.A. et al. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 9, p.1691-1698, set. 1999
- FERREIRA, R.R.M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA V.M. Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 913-932, out./dez. 2010.
- FEY, E. et al. Influencia do manejo do solo sobre a produtividade da mandioca de um e dois ciclos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 12, 2007, Paranavaí. **Anais**. Sociedade Brasileira de Mandioca, 2007. CD-ROM.
- FIGUEIREDO, C.C. et al. Propriedades físico-hídricas em Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 146- 151, mar./abr. 2009.
- FIGUEIREDO, L.H.A.; DIAS JUNIOR, M.S.; FERREIRA, M.M. Umidade crítica de compactação e densidade do solo máxima em resposta a sistemas de manejo num latossolo roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 487-493, 2000.
- FONTES P.C.R. et al. Características físicas do solo e produtividade da batata dependendo de sistemas de preparo do solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.25, n.3, p.355-359, set. 2007.
- GABRIEL FILHO, A. et al. Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia preta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.6, p.953-957, nov./dez. 2000.
- GOEDERT, W.J.; SCHERMACK, M.J.; FREITAS, F.C. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 223-227, fev. 2002.
- GONÇALVES NETO, W. A modernização desigual: duas décadas de privilegiamento na política agrícola. In: _____. **Estado e agricultura no Brasil: política agrícola e modernização econômica brasileira 1960-1980**. São Paulo: Hucitec, 1997. p.141-225.

GORDON, R.J. et al. Impact of modified tillage on runoff and nutrient loads from potato fields in Prince Edward Island. **Agricultural Water Management**, v. 98, n. 12, p. 1782-1788, out. 2011.

HOLMSTROM, D. et al. Effect of pre-plant tillage systems for potatoes in Prince Edward Island, Canada, on soil properties, weed control and potato yield. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 61, n. 6, p. 370-380, nov./dez. 2006.

HOWELER, R.H.; EZUMAH, H.C.; MIDMORE, D.J. Tillage systems for root and tuber crops in the tropics. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 27, n. 1-4, p. 210-240, out. 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA**. Banco de dados Agregados. 2008. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 01 fev. 2012.

IVANY, J.A.; ARSENAULT, W.; HOLMSTROM, D. Response of potatoes to reduced tillage and different nitrogen fertility levels. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 87, n. 4, p. 985-988, out. 2007.

LANZANOVA, M.E. et al. Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1131-1140, out. 2007.

LEITE, L.F.C. et al. Total C and N storage and organic C pools of a Red-Yellow Podzolic under conventional and no tillage at the Atlantic Forest Zone, Southeastern Brazil. **Australian Journal Soil Research**, Amsterdam, v.41, p.717-730, jul. 2003.

LLANILLO, R.F. et al. Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 205-220, abr./jun. 2006.

LOVATO, T. et al. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 175-187, fev. 2004.

MACHADO, P.L.O.A.; SILVA, C.A. Soil management under no-tillage systems in the tropics with special reference to Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Amsterdam, v. 61, n.1/2, p.119-130, 2001.

MARTORANO, L.G. et al. Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 397-405, jul./ago. 2009.

MATEUS, G.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; BORGHI, E. Efeito da palhada do sorgo de guiné “gigante” na nutrição foliar e produtividade da soja em plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 497-502, 2007.

- MELLO IVO, W.M.P.; MIELNICZUK, J. Influência da estruturado solo na distribuição e na morfologia do sistema radicular do milho sob três métodos de preparo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 135-143, 1999.
- MOLINE, E.F. da V. et al. Redução das perdas de água e solo em função do volume de palhada na superfície de um solo em Rondônia. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 4, n. 2, p. 91-97, maio/ago. 2011.
- MORET, D.; ARRÚE, J.L. Dynamics of soil hydraulic properties during fallow as affected by tillage. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 96, n. 1-2, p. 103–113, out. 2007.
- NASCENTE, A.S. et al. Desenvolvimento e produtividade de cultivares de arroz de terras altas em função do manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 186-192, abr./jun. 2011.
- NUNES, J.C.S. et al. Potato plant growth and macronutrient uptake as affected by soil tillage and irrigation systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.12. p.1787-1792, dez. 2006.
- ODJUGO, P.A.O. The impact of tillage systems on soil microclimate, growth and yield of cassava (*Manihot utilisima*) in Midwestern Nigeria. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 3, n. 3, p. 225-233, mar. 2008.
- OLIVEIRA, F.L. et al. Desempenho do inhame (taro) em plantio direto e no consórcio com crotalária, sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.3, p.638-641, jul./set. 2004.
- OLIVEIRA, G.C. et al. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n. 2, p. 327-336, abr. 2004.
- OLIVEIRA, J.B.de. **Solos do Estado de São Paulo**: descrição das classes registradas no mapa pedológico. Campinas: IAC, 1999. 112p.
- OLIVEIRA, J.O.A.P. et al. Influência de sistemas de preparo do solo na produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 443-450, 2001.
- OSUNBITAN J.A.; OYEDELE, D.J.; ADEKALU, K.O. Tillage effects on bulk density, hydraulic conductivity and strength of a loamy sand soil in southwestern Nigeria. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 82, n. 1, p. 57-64, maio 2005.
- OTSUBO, A.A. et al. Cultivo de mandioca em plantio direto e sua influência na dinâmica da biota do solo e na produtividade da cultura. In: Fert bio Agricultura: bases ecológicas para o desenvolvimento social e econômico sustentado, 2002, Rio de Janeiro. **Anais**. SBCS/SBM.
- OTSUBO, A.A. et al. Sistemas de preparo do solo, plantas de cobertura e produtividade da cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.327-332, mar. 2008.

OTSUBO, A.A.; MERCANTE, F.M.; SILVA, R.F. da. Características fitotécnicas de mandioca cultivada em plantio direto sobre palhada de aveia, em um solo arenoso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 11, 2005, Campo Grande. **Anais**. Sociedade Brasileira de Mandioca, 2005. 1 CD-ROM.

PEQUENO, M.G. et al. Efeito do sistema de preparo do solo sobre características agronômicas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.5, p. 476-481, set./out. 2007.

PRADO, H.do. **Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação, levantamento, manejo agrícola e geotécnico**. Piracicaba: H. do Prado, 2003. 275p.

PRADO, R. de M.; ROQUE, C.G.; SOUZA, Z. M. de. Sistemas de preparo e resistência à penetração e densidade de um Latossolo Vermelho eutrófico em cultivo intensivo e pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.12, p.1795-1801, dez. 2002.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 9. ed. São Paulo: Nobel, 1979. 549p.

QIN, R.J.; STAMP, P.; RICHNER, W. Impact of tillage and banded starter fertilizer on maize root in the top 25 centimeters of the soil. **Agronomy Journal**, Madison, v.97, n. 3, p.674-683, maio 2005.

RALISCH, R. et al. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 381–384, jul./ago. 2008.

RASHIDI, M., ABBASSI, S. Influence of different tillage methods on root yield, yield components and some quality characteristics of sugar beet (*Beta vulgaris*). **International Journal of Agriculture and Biology**, Paquistão, v. 13, n. 5, p. 796-800, 2011.

ROSOLEM, C.A. et al. Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.5, p.821-828, maio 1999.

SANTOS, V.B. dos. **Zoneamento agroecológico em propriedade rural**. 2009. 35 p. Monografia (Especialização) Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. **Programa estadual de microbacias hidrográficas: seção operativa**. Campinas: CATI, [1997]. 192p.

SECCO, D. et al. Atributos físicos e produtividade de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 407-414, maio/jun. 2005.

SEYBOLD, C.A.; HERRICK, J.E.; BREJDA, J.J. Soil resilience: a fundamental component of soil quality. **Soil Science**, New Brunswick, v. 164, n. 4, p. 224-234, abr. 1999.

SILVA, I.F. da, MIELNICKZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 313-319, 1997.

SILVA, J.B.C; LOPES, C.A.; MAGALHÃES, J.S. Cultura de batata-doce. In: CEREDA, M.P. (Coord.). **Agricultura: tuberosas amiláceas latino americanas**. S.l.: Fundação Cargill, 2002. p. 448-504. v. 2.

SILVA, M.A.S. et al. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n. 2, p. 329-337, abr. 2006.

SILVA, R. L.; DE MARIA, I.C. Erosão em sistema plantio direto: Influência do comprimento de rampa e da direção de semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n. 6, p.554–561, jun. 2011.

SILVA, R.F. et al. Atributos físicos e teor de matéria orgânica na camada superficial de um Argissolo Vermelho cultivado com mandioca sob diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n.6, p. 2435–2441, nov./dez. 2008.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 191-199, 2000.

SOBRINHO, T.A. et al. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 191-196, jan./abr. 2003.

SOUSA NETO, E.L. et al. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 2, p. 255-260, fev. 2008.

SOUZA, A.B. Avaliação de cultivares de batata-doce quanto atributos agronômicos desejáveis. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.24, n. 4, p. 841-845, dez. 2000.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 3, p. 229-235, 1991.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. da. Efeitos do sistema de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 83-91, jan. 1999.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 395-401, 2001.

STEIN, D.P. **Avaliação da degradação ambiental do meio físico da bacia do rio Santo Anastácio – Oeste Paulista**. 1999. 197f. Tese. (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade do Estado de São Paulo, Rio Claro.

STRECK, C.A. et al. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p.755-760, maio/junho, 2004.

TAVARES FILHO, J. et al. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 725-730, 2001.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G.M. de C.; RIBON, A.A. Physical properties of dystrophic Red Latosol (Oxisol) under different agricultural uses. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n.3, p. 925-933, maio/jun. 2010.

TAVARES FILHO, J.; TESSIER, D. Characterization of soil structure and porosity under long-term conventional tillage and no-tillage systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1837-1844, dez. 2009.

THORNTON, M. et al. Selecting and preparing the planting site. In: JOHNSON DA (Ed.). **Potato health management**. Saint Paul: The American Phytopathological Society. p.23-30, 2008.

TORMENA, C.A. et al. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 4, p. 795-801, dez. 2002.

TORRES, J.L.R.; FABIAN, A.J.; PEREIRA, M.G. Alterações dos atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 437-445, maio/jun. 2011.

VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 743-755, ago. 2009.

VIEIRA, M.L.; KLEIN, V.A. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1271- 1280, nov./dez. 2007.

VIEIRA, L.S.; VIEIRA, M.N.F. Unidades taxonômicas de solos. In: _____. **Manual de morfologia e classificação de solos**. 2.ed. São Paulo: Ceres, 1983. 313p.

WATANABE, S.H. et al. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho Distrófico influenciadas por sistemas de preparo do solo utilizados para implantação da cultura da mandioca. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1255-1264, 2002.

ZERO, V. M.; LIMA, S. L. Manejo e produtividade da cultura da batata - doce (*Ipomoea batatas*) no município de Presidente Prudente - SP. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 20, n. 4, p. 94-117, 2005.

ZHANG, J.; SONG, C.; WENYAN, Y. Tillage effects on soil carbon fractions in the Sanjiang Plain, Northeast China. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 93, n. 1, p. 102–108, mar. 2007.