

Efeito de três sistemas de preparo do solo sobre a rentabilidade econômica da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)

Manoel Genildo Pequeno, Pedro Soares Vidigal Filho*, Raimundo Pinheiro Neto e Marcus Vinícius Kvitschal

Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

*Autor para correspondência. E-mail: psvfilho@uem.br

RESUMO. O objetivo deste estudo foi avaliar a rentabilidade econômica da cultura da mandioca em três sistemas de preparo de solo durante os anos agrícolas de 1999/2000 a 2002/2003, em Araruna, Estado do Paraná. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com oito repetições. Os tratamentos foram constituídos de plantio direto; preparo mínimo (escarificação) e preparo convencional (aração + gradagem niveladora). A força de tração e o consumo de combustível requeridos nas operações de preparo do solo e de plantio da mandioca foram maiores no sistema de preparo convencional. Os maiores custos com combustível, preparo do solo e plantio da mandioca, e custo operacional relativo às culturas de inverno e à cultura da mandioca, bem como a maior renda bruta foram observados no sistema de preparo convencional, seguidos pelo preparo mínimo e plantio direto. A maior renda líquida e a melhor relação benefício/custo foram observadas no sistema de preparo convencional que proporcionou maior produtividade de raízes tuberosas em relação aos sistemas de preparo mínimo e de plantio direto.

Palavras-chave: mandioca, preparo convencional, preparo mínimo, plantio direto.

ABSTRACT. Effects of three tillage systems on economic profitability of cassava crop (*Manihot esculenta* Crantz). The objective of this paper was to evaluate the economic profitability of cassava crop submitted to the three soil tillage systems during the years 1999/2000 to 2002/2003, in Araruna, state of Paraná. The treatments consisted of three soil tillage systems: no-tillage, minimum tillage using chiseling, and conventional tillage with moldboard plow and disking, arranged in a randomized complete blocks with eight replications. The traction strength and fuel consumption in the soil tillage and in the cassava sowed operation were more required in the conventional tillage system. The conventional and the minimum tillage systems showed the highest costs for fuel, soil tillage and cassava sowed. They also presented the highest gross income. The greatest net income and the best benefit/cost relation were observed in the conventional tillage system, which showed the highest storage root yield compared to the minimum and to the no-tillage systems.

Key words: cassava, conventional tillage, minimum tillage, no-tillage.

Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) é cultivada praticamente em todas as regiões brasileiras, tendo importância tanto na alimentação humana quanto na animal, além de ser utilizada como matéria-prima para a obtenção de inúmeros produtos agroindustriais (Cardoso e Souza, 2002).

Em geral, ao longo de seu ciclo, a cultura da mandioca predispõe as áreas de cultivo a grandes perdas de solo e de água decorrentes do processo erosivo, em função de seu crescimento inicial lento, do espaçamento entre linhas relativamente largo e da grande movimentação de solo, que normalmente ocorre por ocasião do preparo e da colheita. Nas

regiões Noroeste e Centro-Oeste do Estado do Paraná, a cultura da mandioca ocupa 48% da área total cultivada, equivalente a 65.000 ha (Groxko, 2004). Essas regiões são constituídas, em sua maioria, por solos de textura média a arenosa, muito susceptíveis à erosão. Nessas áreas, o cultivo intensivo tem propiciado uma redução gradativa da produtividade das culturas, em especial da mandioca, resultante do processo erosivo (Fidalski, 1997). Uma alternativa para evitar estas perdas de solo por erosão é a adoção de práticas de preparo que resultem em uma mínima movimentação de solo. Há indicações de que para algumas culturas o plantio direto e o preparo mínimo propiciam maiores produtividades em comparação com o preparo convencional do

solo. Entretanto, são poucos os resultados de avaliação dos efeitos dos sistemas de preparo do solo sobre a produtividade da mandioca (Souza, 1986; Carvalho *et al.*, 1988; Souza e Carvalho, 1995; Oliveira *et al.*, 2001) e principalmente sobre a sua rentabilidade econômica no Brasil, em particular na região Noroeste do Estado do Paraná.

Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a rentabilidade econômica da cultura da mandioca conduzida sob três sistemas de preparo de solo, em Araruna, Noroeste do Paraná.

Material e métodos

Nos anos agrícolas de 1999/2000 a 2002/2003, foram instalados quatro experimentos no município de Araruna, Noroeste do Estado do Paraná. A área experimental foi constituída de um Latossolo Vermelho distrófico, textura Franco Argilo Arenosa, que vinha sendo cultivada em sistema de plantio direto por cerca de três anos. A análise química do material de solo, obtida por ocasião da implantação dos experimentos, apresentou os seguintes resultados: pH (H_2O) = 5,2; Al^{+3} = 0,0 $cmol_c dm^{-3}$; Ca^{+2} = 1,49 $cmol_c dm^{-3}$; $Ca^{+2} + Mg^{+2}$ = 2,44 $cmol_c dm^{-3}$; K^+ = 0,32 $cmol_c dm^{-3}$; P = 5,0 $mg dm^{-3}$; Fe = 44,81 $mg dm^{-3}$; Cu = 1,2 $mg dm^{-3}$; Zn = 0,9 $mg dm^{-3}$ e C = 13,54 $g dm^{-3}$. Os experimentos iniciaram-se na segunda quinzena do mês de abril de 1999, com a implantação da cultura de inverno. Nos dois primeiros anos agrícolas foi realizada a semeadura direta de aveia preta (*Avena strigosa*, Schreb) associada ao nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzger), enquanto nos anos subsequentes foi utilizado o milho (*Pennisetum americanum* L.) como cultura de cobertura. Por ocasião da floração plena da aveia/nabo ou do milho, foi realizada a dessecação química com 1,5 $L ha^{-1}$ de Gramoxone 200.

Os tratamentos consistiram de três sistemas de preparo do solo: a) preparo convencional (PC): aração com arado de aivecas (largura de corte 1,2 m e profundidade de trabalho de 0,20 a 0,25 m), seguido de uma gradagem com grade niveladora de arrasto; b) preparo mínimo (PM): revolvimento do solo apenas com arado descompactador Ikeda, Modelo DP-220 M, com rolo nivelador, largura de corte 2,5 m e levante hidráulico; c) plantio direto (PD): nenhum preparo prévio do solo, com plantio realizado direto na palha.

O plantio dos experimentos, nos quatro anos agrícolas de avaliação, foi efetuado em 10/10/1999, 21/10/2000, 21/11/2001 e 11/12/2002, por meio de plantadora de mandioca mecanizada, Plant Center, Modelo PC 20, de duas linhas, desprovida de

botinha, com largura de trabalho de 2 m, com as manivas sendo distribuídas a uma profundidade média de 0,10 m.

As cultivares de mandioca utilizadas no plantio foram a Espeto (nos dois primeiros anos agrícolas) e a Fécula Branca (nos dois últimos), em função das suas características agrônômicas (Vidigal Filho *et al.*, 2000) e da disponibilidade de material de propagação com qualidade agrônômica satisfatória. As ramas utilizadas no plantio foram obtidas de lavouras com cerca de 9-10 meses de ciclo, colhidas no município de Araruna. Para todos os tratamentos foram utilizadas manivas com tamanho médio de 0,15-0,20 m, conforme recomendações de Lorenzi e Dias (1993).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com oito repetições. As unidades experimentais constituíram-se de 5 linhas de 15 m de comprimento, com área total de 75 m^2 e área útil de 30 m^2 , correspondente a 3 linhas de plantas, de 10 m de comprimento. O espaçamento utilizado foi de 1 m entre linhas e de 0,80 m entre plantas, com população de 12.500 plantas ha^{-1} .

Por ocasião da implantação da cultura da mandioca, no terceiro ano de avaliação foram efetuadas avaliações que propiciaram a determinação dos custos inerentes aos três sistemas de preparo de solo utilizados.

Na avaliação dos componentes dos custos inerentes às operações de preparo do solo e de plantio da mandioca foi utilizado um sistema de aquisição de dados computadorizado "Micrologger 23X" para monitorar e gravar continuamente os sinais gerados por transdutores do tipo analógico (célula de carga) e de pulso (patinagem; consumo de combustível e radar). Todos os transdutores foram alimentados a partir da bateria interna do "Micrologger" e monitorados a uma frequência de aquisição de 10 Hz, previamente definida por programação. Por ocasião da implantação dos tratamentos de preparo de solo, procedeu-se ao monitoramento da força requerida na barra de tração, a patinagem das duas rodas traseiras do trator, a velocidade de deslocamento e o consumo de combustível.

Nas operações de aração, de escarificação e de plantio foi utilizado um comboio formado por dois tratores. O primeiro deles, um trator Massey Fergusson 292, encontrava-se devidamente instrumentalizado com painéis dotados de cronômetro, registradores de força instantânea, integrada e picos de força, conforme Silva (1997) e Silva e Benez (1997). Nesse trator foram instalados um radar, medidores de consumo de combustível e geradores de impulsos. Por

sua vez, no segundo trator, um Valmet 1280, procedeu-se ao acoplamento dos diversos implementos que foram utilizados nas operações de preparo de solo e de plantio.

Na determinação da velocidade média de deslocamento no plantio (VDP) utilizou-se uma unidade de radar da “Dickey-John”, modelo DjRVS II, com erro menor que $\pm 3\%$ para velocidades de 3,2 a 70,8 km h⁻¹, monitorando a velocidade instantânea. O radar foi fixado a uma chapa de ferro de 7,94 mm de espessura, que foi parafusada no monobloco do trator, com um ângulo de $35 \pm 5^\circ$, segundo especificação do fabricante e conforme Silva (2000).

A determinação da patinagem total das rodas motrizes do trator durante a operação de plantio da mandioca (PTP) foi realizada utilizando-se geradores de impulsos da S&E Instrumentos de teste e medições, modelo GIDP-60U-12-V, que são equipamentos eletromecânicos utilizados para a conversão de movimentos rotativos ou deslocamentos lineares em impulsos elétricos, gerando uma relação precisa de 60 impulsos por rotação. Os suportes dos sensores de rotação dos pneus traseiros foram construídos segundo descrição de Silva (2000).

A patinagem foi calculada mediante o emprego da equação abaixo, sendo os valores expressos em percentagem (Silva, 2000).

$$\text{Pat} = 100 \cdot \frac{\left(\frac{\sum \text{Pulsos}}{60} \cdot \text{Perim} \right) - L_{\text{PARC}}}{\left(\frac{\sum \text{Pulsos}}{60} \cdot \text{Perim} \right)}$$

em que:

Pat = patinagem das rodas motrizes (%);

$\sum \text{Pulsos}$ = total de pulsos armazenados no deslocamento dentro da parcela;

Perim = perímetro do rodado do trator;

L_{PARC} = comprimento da parcela experimental.

Na avaliação do consumo de combustível nas operações de preparo do solo e de plantio da cultura da mandioca foram utilizados dois medidores de fluxo, marca Oval Corporation, modelo LSN, precisão de 1 mm, um para alimentação e outro para o retorno. O medidor de fluxo de alimentação foi inserido depois do filtro primário e antes do filtro secundário, medindo a entrada de combustível na bomba injetora. O segundo medidor foi inserido depois dos bicos injetores, determinando a quantidade de combustível que retornava para o tanque. A diferença (entrada menos retorno) constituiu-se no consumo de combustível, expresso em L h⁻¹.

A partir da velocidade de deslocamento e do

consumo horário de combustível foi calculado o consumo de combustível por unidade área (L ha⁻¹), pela seguinte equação:

$$\text{Cca} = \left(\frac{10.000 / \text{Lt}}{(\text{Vd}/3,6) / (3.600)} \right) \text{Ch}$$

em que:

Cca = Consumo de combustível por área (L ha⁻¹);

10.000 = Área correspondente a 1 ha;

Lt = Largura de trabalho do implemento (m);

Vd = Velocidade de deslocamento (km h⁻¹);

3,6 = Fator de conversão da velocidade para m s⁻¹;

3.600 = Fator de conversão de segundos em hora;

Ch = Consumo horário de combustível (L h⁻¹).

A força de tração na barra foi medida por meio de uma célula de carga SODMEX, modelo N400, com sensibilidade de 2,156 mV V⁻¹ e capacidade para 5.000 Kgf, instalada entre o trator de tração (Massey Fergusson 292) e o trator rebocado (Valmet 1280), nivelada horizontalmente, de acordo com Silva (2000). Após as operações de aração, escarificação e de plantio, foi determinada a resistência ao rolamento, estando o trator rebocado com o implemento suspenso pelo levante hidráulico. Esse valor foi subtraído da força máxima e da força média de tração, sendo que esses resultados constituíram as forças de tração máxima total (FTT), a força de tração máxima no plantio (FTP), a força de tração média total (FMT), e a força de tração média no plantio (FMP), requeridas pelo implemento ou máquina em ação.

No que se refere à força de tração máxima total requerida (FTT), no PC, a mesma foi constituída da soma da força máxima requerida nas operações de aração, de gradagem e de plantio. Por sua vez, no PM a FTT foi constituída pela soma da força máxima requerida nas operações de escarificação e de plantio, enquanto que no PD considerou-se a força máxima requerida apenas na operação de plantio. De forma análoga procedeu-se ao cálculo da força média total (FMT).

A operação de gradagem foi realizada com uma grade tracionada pelo trator Massey Fergusson 292, no qual foi fixada a célula de carga, cujo valor registrado em um instrumento de medida constituiu-se da força requerida por ela.

Na avaliação da rentabilidade econômica da mandioca procedeu-se à determinação dos custos com combustível no preparo do solo e no plantio da mandioca, o custo do preparo do solo e do plantio da mandioca, o custo operacional do milheto e da mandioca, bem como a renda bruta, a renda líquida e a relação benefício/custo.

O custo do combustível nas operações de preparo do solo e de plantio da cultura da mandioca (CC) foi calculado multiplicando-se o volume de combustível consumido no preparo do solo e no plantio da mandioca pelo preço (R\$ L⁻¹) vigente no mercado de Araruna – Estado do Paraná, em outubro de 2003, cujo resultado constituiu-se no custo do combustível por unidade de área (R\$ ha⁻¹) para cada sistema de preparo.

Na determinação do custo do preparo do solo e de plantio da mandioca (CPP), foi considerado o custo das operações de preparo do solo e plantio da cultura da mandioca, computando-se o custo do combustível consumido bem como os custos de depreciação, de seguro, de juros e de manutenção do trator, das máquinas e dos implementos, em conformidade com Van Den Berg (1998).

No cálculo do custo operacional do milheto e da mandioca (CMM) foram computados os gastos com o plantio, adubação e manejo químico na cultura do milheto e com a cultura da mandioca (preparo do solo, plantio, tratos culturais, colheita e transporte), segundo Hoffmann *et al.* (1987). Foram considerados os preços correntes de insumos e de serviços, coletados no mercado de Araruna, Estado do Paraná, em outubro de 2003. Para futura atualização de custos e de receitas, deve-se considerar o valor do dólar americano comercial para venda, cuja cotação no dia 31 de outubro de 2003 foi de R\$ 2,8562 (Banco Central do Brasil, 2004).

No cálculo da renda bruta (RB), considerou-se a produtividade média dos quatro anos de avaliação, multiplicando-se a produtividade (t ha⁻¹) pelo preço médio recebido pelos agricultores (R\$ t⁻¹) nos últimos dez anos, corrigido pelo IGP para outubro de 2003 (Índice, 2003). A renda líquida (RL = RB - CMM), por sua vez, foi calculada pela subtração do custo operacional do milheto + mandioca (CMM) da renda bruta (RB), de acordo com Hoffmann *et al.* (1987), enquanto que a relação benefício/custo dos tratamentos foi efetuada em concordância com Miranda (1985) e Martinez e Lopes (1993).

Os dados relativos à força requerida, velocidade de deslocamento, patinagem, consumo de combustível, produtividade de raízes tuberosas, custos, renda bruta, renda líquida e relação benefício/custo foram submetidos à análise de variância. As médias, quando necessário, foram comparadas pelo teste de Tukey, considerando um nível de 5% de probabilidade de erro (Pimentel Gomes, 1990).

Resultados e discussão

Na Tabela 1 estão apresentados os valores

médios de força de tração máxima total (FTT), força de tração máxima no plantio (FTP), velocidade de deslocamento no plantio (VDP) e patinagem total no plantio (PTP) para os três sistemas de preparo do solo avaliados. Pode-se observar que a força máxima total requerida (FTT) variou de 12,42 KN no PD a 53,40 KN no PC, com o PM apresentando valor intermediário de 40,1 KN. As diferenças observadas entre os tratamentos podem ser explicadas pelo número de operações, quais sejam, a aração, a gradagem e o plantio no PC; a escarificação e o plantio no PM, e apenas a operação de plantio no PD.

Comparando-se a FTT (pico força requerida) com a FMT (Tabela 2), constatou-se que, em média, a FTT foi 20,59% superior à FMT no PC; 22,99% no preparo mínimo e 37,90% no plantio direto.

Tabela 1. Força de tração máxima requerida, velocidade de deslocamento no plantio e patinagem total no plantio em três sistemas de preparo do solo.

Sistemas de preparo	FTT ¹	FTP ¹	VDP ¹	PTP ¹
	KN	KN	Km h ⁻¹	%
Convencional (PC)	53,40 a	8,38 b	3,34 b	4,61 a
Mínimo (PM)	40,10 b	9,58 b	3,39 a	3,10 b
Direto (PD)	12,42 c	12,42 a	3,39 a	3,29 b
Média	35,31	10,13	3,37	3,66
C.V. (%)	4,65	10,32	0,51	13,64

¹ FTT: Força de Tração Máxima Total; FTP: Força de Tração Máxima no Plantio; VDP: Velocidade Média de Deslocamento no Plantio; PTP: Patinagem Total no Plantio. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si (p > 0,05) pelo teste de Tukey.

No caso da FTP (Tabela 1), observou-se um maior valor no PD do que nos sistemas de PC e PM, que não diferiram entre si. A maior exigência de força no PD provavelmente se explica pela maior densidade do solo. De acordo com Oliveira (1998), Silva *et al.* (2000) e Stone e Silveira (2001), a densidade do solo é maior no PD do que nos sistemas que envolvem um maior revolvimento de solo. Vale ressaltar que avaliações das condições físicas do solo da área experimental realizada por Watanabe *et al.* (2002) e por Cavalieri (2004), nos dois primeiros anos de cultivo, indicaram uma maior densidade do solo à profundidade de 0,10 m no PD, seguido do PM e do PC, respectivamente.

Tabela 2. Força média requerida na barra de tração e consumo de combustível em três sistemas de preparo.

Sistemas de Preparo	FMT ¹	FMP ¹	CCP ¹	CCT ¹
	KN	KN	L ha ⁻¹	L ha ⁻¹
Convencional (PC)	42,25 a	5,51 b	10,46 a	42,16 a
Mínimo (PM)	30,88 b	5,99 b	10,08 b	25,39 b
Direto (PD)	7,70 c	7,70 a	9,75 c	9,75 c
Média	26,94	6,40	10,10	25,77
C.V. (%)	3,73	6,64	2,22	2,97

¹ FMT: Força Média Total; FMP: Força Média no Plantio; CCP: Consumo de Combustível no Plantio; CCT: Consumo de Combustível Total. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si (p > 0,05) pelo teste de Tukey.

No que tange à velocidade de deslocamento na

operação de plantio (VDP), pode ser verificado que o PD e o PM mostraram uma velocidade de deslocamento superior ao PC. A menor velocidade no PC provavelmente se explica pela maior patinação observada nesse sistema, como pode ser verificado na Tabela 1. Silva (2000) pontua que a patinação influi negativamente na velocidade de deslocamento do conjunto trator e máquina/implemento. Entretanto, a tolerância de patinação dos conjuntos motomecanizados durante as operações agrícolas deve ser 7 a 15% (Silva, 2000). Dessa forma, pode-se inferir que os valores apresentados situaram-se abaixo desse limite de tolerância (Tabela 1).

Na Tabela 2 estão apresentados os valores relativos à força média total requerida (FMT), à força média requerida no plantio (FMP), bem como o consumo total de combustível nas operações de preparo do solo e de plantio (CCT), e o consumo de combustível apenas no plantio da mandioca (CCP). Observa-se que o PC apresentou maior requerimento de força no conjunto das operações de preparo do solo e de plantio (FMT) em relação ao PM e ao PD (Tabela 2). O maior número de operações realizadas no PC, em relação aos outros dois sistemas, pode explicar a maior demanda de força média total, concordando com Levien (1999).

Quanto à força média requerida na barra de tração, apenas na operação de plantio da cultura da mandioca (FMP) pode-se observar, na Tabela 2, que o PD demandou maior FMP do que o PM e o PC, os quais não diferiram entre si. O maior requerimento de FMP no PD pode estar relacionado às características físicas do solo, em particular à densidade do solo que, para Oliveira (1998), Silva *et al.* (2000), Stone e Silveira (2001), Watanabe *et al.* (2002) e Cavalieri (2004) é mais elevada (em profundidade de 0,10 m) nos solos cultivados pelo sistema de PD do que nos solos cultivados por sistemas que envolvam um maior revolvimento de solo.

No tocante ao consumo de combustível na operação de plantio (CCP), a média de consumo entre os tratamentos foi de 10,10 L ha⁻¹, embora todos os sistemas de preparo tenham diferido significativamente entre si (Tabela 2). O PC apresentou a maior média de consumo de combustível para o plantio, seguido pelo PM e pelo PD, respectivamente. O tempo de execução da operação de plantio no PC foi 2,54% superior ao PM, e 1,72% superior ao PD (dados não apresentados). De acordo com Fernandes *et al.* (2002), esta pode ser a explicação do maior consumo de combustível no PC.

O consumo de combustível total (CCT) para cada sistema de preparo mostrou resultados semelhantes àqueles observados para o consumo de combustível no plantio. O maior número de operações realizadas no PC, bem como a maior força requerida, podem explicar o maior consumo total de combustível. O consumo de combustível total no PC foi da ordem de 4,32 vezes maior que no PD. Também pode-se verificar que dos 42,16 L ha⁻¹ de combustível que foram consumidos no preparo do solo e no plantio da mandioca no PC apenas 10,46 L ha⁻¹ foram requeridos na operação de plantio, enquanto que 31,7 L ha⁻¹ foram demandados para o preparo do solo (Tabela 2). Dessa forma, as operações de aração e de gradagem no PC foram responsáveis pela requisição de três vezes a quantidade de combustível consumida no plantio, o que resultou em custos mais elevados para o PC.

A Tabela 3 ilustra o custo do combustível consumido, o custo operacional do preparo do solo e do plantio da mandioca, e o custo operacional com as culturas do milho e da mandioca. O custo do combustível total consumido no PC foi 1,61 vezes mais elevado que no PM, e 3,97 vezes mais elevado que no PD. Tal fato resultou em um custo operacional mais elevado para o PC quando comparado ao PM e ao PD (Tabela 3). Vale destacar que o maior consumo de combustível observado para o PC foi o fator determinante para esse maior custo com combustível.

Tabela 3. Custo médio do combustível consumido no preparo do solo e plantio da mandioca e Custo operacional da mandioca e do milho + mandioca.

Sistemas de Preparo	CC ¹	CPP ¹	CMM ¹
	R\$ ha ⁻¹		
Convencional (PC)	53,80 a	137,72 a	1.487,68 a
Mínimo (PM)	33,49 b	87,56 b	1.319,28 b
Direto (PD)	13,54 c	44,49 c	1.225,86 c
Média	33,61	89,92	1.344,27
C.V. (%)	4,07	1,21	1,87

¹ CC: Custo do Combustível; CPP: Custo Operacional da Mandioca; CMM: Custo Operacional do Milho e da Mandioca. Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

Em geral, todos os custos mostraram-se superiores no PC em relação ao PM e ao PD, respectivamente (Tabela 3). Os resultados obtidos foram semelhantes àqueles reportados por Aiyelari *et al.* (2001) em estudos desenvolvidos com a cultura da mandioca, e por Levien (1999) na cultura do milho. Estes autores também verificaram custos de implantação da cultura mais elevados quando da utilização de sistemas de preparo que envolveram maior revolvimento de solo.

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados de produtividade de raízes tuberosas, renda bruta, renda líquida, bem como a estimativa da relação entre

renda bruta e o custo operacional da cultura da mandioca. Observou-se que a produção de raízes tuberosas foi significativamente ($p \leq 0,05$) mais elevada no PC em relação ao PM e ao PD.

Tabela 4. Produtividade média de raízes tuberosas de mandioca nos quatro anos de avaliação, renda bruta, renda líquida e relação renda bruta/custo operacional de milho + mandioca.

Sistemas de Preparo	PROD ¹	RB ¹	RL ¹	RB/CMM ¹
	t ha ⁻¹	R\$ ha ⁻¹		
Convencional (PC)	24,69 a	2.712,07 a	1.016,90 a	1,60 a
Mínimo (PM)	20,48 b	2.230,39 b	609,26 b	1,38 b
Direto (PD)	18,22 b	1.971,41 c	407,17 b	1,26 b
Média Geral	21,13	2.304,62	677,78	1,41
C.V. (%)	10,9	7,19	24,21	7,17

¹PROD: Produção de raízes tuberosas; RB: Renda Bruta; RL: Renda Líquida; RB/CMM: Relação entre Renda Bruta e Custo operacional Milho + Mandioca. Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os efeitos dos sistemas de preparo de solo sobre a produção de raízes tuberosas (Tabela 4) provavelmente estão associados às condições físicas do solo, tais como a densidade e a porosidade. Essas características físicas influenciam no conteúdo de água e de ar no solo e, conseqüentemente, na disponibilidade de água e de nutrientes para as plantas (Vine e Ahmad, 1987). Com base nas informações relacionadas às condições físicas do solo da área experimental apontadas por Cavalieri (2004), pode-se inferir que as condições físicas foram mais limitantes no PD, de forma que os sistemas de preparo que propiciaram menor densidade, maior porosidade e menor nível de resistência do solo à penetração, tenderam a favorecer o desenvolvimento das raízes tuberosas da mandioca. Resultados semelhantes foram também reportados por, Souza *et al.* (1994), Kang *et al.* (1998) e Oliveira *et al.* (2001) os quais também observaram produção de raízes tuberosas mais elevada no PC e no PM.

Em relação à renda bruta (RB) e à renda líquida (RL), apresentadas na Tabela 4, o PC foi superior ao PM e ao PD. Mesmo tendo apresentado maior custo operacional, o PC proporcionou uma rentabilidade mais elevada. Todavia, esse maior retorno econômico resultante da utilização do sistema convencional de preparo do solo (PC) é altamente dependente da produtividade resultante da lavoura, ou seja, se a produção de raízes tuberosas não é satisfatória, a rentabilidade poderá ser mais reduzida do que quando comparada aos sistemas PM e PD.

A relação entre a RB e o CMM (RB/CMM) indica que para cada unidade monetária investida na produção da mandioca verificou-se o retorno de 1,60 unidade monetária no PC; 1,38 no PM e 1,26 no PD (Tabela 4), ou seja, uma margem de 60, 38 e 26%, respectivamente. Isso indica um melhor retorno

econômico do PC, mesmo com o PC apresentando um custo operacional significativamente ($p \leq 0,05$) mais elevado do que o PM e o PD.

Embora o PC tenha mostrado maior margem de rentabilidade, tanto o PM quanto o PD devem ser considerados como uma opção de manejo de solo na região Noroeste do Paraná. Esse aspecto deve ser levado em conta, uma vez que a região Noroeste concentra aproximadamente 48% da área ocupada com a cultura da mandioca no Estado do Paraná (Groxko, 2004). Nessa região, a maioria dos solos apresenta textura média a arenosa, baixos teores de matéria orgânica, susceptibilidade ao processo erosivo (Fidalski, 1997), semelhantes ao solo da área onde foi realizado o presente estudo. Aliado a isso, deve-se considerar também que tanto o PM quanto o PD propiciam uma maior proteção do solo, uma redução do uso de mão-de-obra, além de uma maior rapidez nas operações inerentes à implantação da cultura da mandioca. Outro aspecto importante é que a adoção de práticas de manejo sustentado de áreas de cultivo com a mandioca, semelhante às aquelas existentes na região Noroeste do Paraná, exigem obrigatoriamente a utilização de rotação de culturas com espécies que apresentem elevada relação C/N (gramíneas), de forma a garantir a estabilidade de produção. Tal fato decorre da planta de mandioca apresentar crescimento inicial lento, expondo o solo à erosão por um período de cerca de 90-120 dias, associado à grande movimentação de solo por ocasião tanto da colheita manual quanto semimecanizada, e mais ainda na colheita totalmente mecanizada.

A redução na movimentação do solo e a manutenção de resíduos culturais na superfície do solo são práticas necessárias para o controle da erosão e para a redução da degradação do solo e do meio ambiente (Lal, 2000). Assim sendo, independente do sistema de preparo de solo a ser utilizado, quando da implantação da cultura da mandioca a área de cultivo deve obrigatoriamente estar coberta por resíduos vegetais que apresentem elevada relação carbono/nitrogênio (C/N), de forma a propiciar uma efetiva cobertura do solo na fase inicial de crescimento das plantas, e com isso reduzir as perdas de solo decorrentes da erosão.

Conclusão

Nas condições em que foi desenvolvido o presente estudo pode-se concluir que: a) a força de tração e o consumo de combustível requeridos nas operações de preparo do solo e plantio da mandioca

foram mais elevados no PC; b) Os custos mais elevados com combustível no preparo do solo e plantio da mandioca, o maior custo operacional relativo às culturas de inverno e da mandioca, bem como a renda bruta mais elevada, foram observados no PC, seguido do PM e do PD; c) A maior produtividade média de raízes tuberosas, a renda líquida mais elevada e a melhor relação benefício/custo foram observadas no PC, seguido do PM e do PD, respectivamente.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa Paraná 12 Meses-SEAB-PR/BID, à Capes, ao CNPq e à Pinduca Indústria Alimentícia Ltda., pelo apoio financeiro e logístico, os quais viabilizaram a realização deste estudo.

Referências

- AIYELARI, E.A. *et al.* Effects of tillage practices on growth and yield of cassava (*Manihot esculenta*) and some soil properties in Ajibode, South-western Nigeria. *Indian J. Agr. Sci.*, New Delhi, v. 71, n. 3, p. 171-176, 2001.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. Sistema de Informática Ptax 800: Sisbacen 2004. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/?taxacambio>>. Acesso em: 11 jan. 2004.
- CARDOSO, C.E.L.; SOUZA, J.S. Importância, potencialidades e perspectivas do cultivo da mandioca na América Latina. In: CEREDA, M.P. *Agricultura. Série: Tuberosas Amiláceas Latinoamericanas*. Botucatu, v. 2, p. 29-47, 2002.
- CARVALHO, F.L.C. *et al.* Efeito da redução do preparo do solo sobre o comportamento produtivo da mandioca. *Pesq. Agrop. Bras.*, Brasília, v. 23, p. 609-614, 1988.
- CAVALIERI, K.M.V. *Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico textura média*. 2004. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.
- FERNANDES, H.C. *et al.* Comparação de diferentes sistemas de preparo do solo e semeadura com relação ao consumo de energia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. *Trabalhos publicados...* Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. CD-Rom.
- FIDALSKI, J. Diagnóstico de manejo e conservação do solo e da água na região Noroeste do Paraná. *Rev. Unimar*, Maringá, v. 19, p. 845-851, 1997.
- GROXKO, M. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Departamento de Economia Rural. *Prognóstico mandioca 2003*. Disponível em <<http://www.pr.gov.br/seab>>. Acesso em: 11 fev. 2004.
- HOFFMANN, R. *et al.* *Administração da empresa agrícola*. 5. ed. São Paulo: Pioneira, 1987.
- ÍNDICE geral de preços: FGV; base: dezembro 2002 = 1,00. *Suma Econômica*, São Paulo, n. 297, p. 10, 2003.
- KANG, B.T. *et al.* Effect of tillage and woody hedgerows in alley cropping on the productivity of an Alfisol. In: SCHULTE, A.; RUHIYAT, D. (Ed.). *Soils of tropical forest ecosystems: characteristics, ecology and management*. Heidelberg: Springer-Verlag, 1998. p. 144-149.
- LAL, R. Management in the developing countries. *Soil Sci.*, Baltimore, v. 165, p. 57-72, 2000.
- LEVIEN, R. *Condições de cobertura e métodos de preparo do solo para a implantação da cultura do milho (Zea mays L.)*. 1999. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.
- LORENZI, J.O.; DIAS, C.A.C. *Cultura da mandioca*. Campinas: SAA/CATI, 1993. (Boletim Técnico, 211).
- MARTINEZ, J.L.; LOPES, J. *Silagem de milho com uréia ou trevo branco para vacas em lactação*. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1993. (Boletim Técnico, 43).
- MIRANDA, G.M. *Identification of comparative advantage in the production of corn, sheat, soybeans and ethanol – Brazil and United States*. 1985. Dissertação (Mestrado)-The Ohio State University, Columbus, 1985.
- OLIVEIRA, J.O.A.P. *Efeito de sistemas de preparo em algumas propriedades do solo e na cultura da mandioca (Manihot esculenta, Crantz)*. 1998. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1998.
- OLIVEIRA, J.O.A.P. *et al.* Influência de sistemas de preparo do solo na produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 25, p. 443-450, 2001.
- PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. São Paulo: Nobel, 1990.
- SILVA, S.L. *Projeto e construção de um sistema de aquisição de dados para avaliação do desempenho energético de máquinas e implementos agrícolas*. 1997. Dissertação (Mestrado)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.
- SILVA, S.L.; BENEZ, S.H. Construção de um sistema de aquisição de dados para avaliação do desempenho energético de máquinas e implementos agrícolas em ensaios de campo. *Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 12, n. 3, p. 10-15, 1997.
- SILVA, V.R. *et al.* Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 24, p. 191-199, 2000.
- SILVA, S.L. *Avaliação de semeadoras para plantio direto: demanda energética, distribuição longitudinal e profundidade de deposição de sementes em diferentes velocidades de deslocamento*. 2000. Tese (Doutorado)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.
- SOUZA, L.S. *et al.* Efeito da profundidade de lavração na cultura da mandioca. I. Componentes do rendimento. *Rev. Bras. Mandioca*, Cruz das Almas, v. 13, p. 137-146, 1994.
- SOUZA, L.S. Manejo e conservação do solo para a cultura da mandioca. In: CURSO INTENSIVO NACIONAL DE MANDIOCA. 6., 1986, Cruz das Almas. *Curso...*

Cruz das Almas: Embrapa/CNPMPF, 1986.

SOUZA, L.S.; CARVALHO, F.L.C. Alterações em propriedades físicas e químicas do solo causadas por sistemas de preparo em mandioca. *Rev. Bras. Mandioca*, Cruz das Almas, v. 14, p. 39-50, 1995.

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

VAN DEN BERG, H. Custo da mecanização agrícola - março/1998. *Rev. Batavo*, Castro, n. 76, p. 36, 1998.

VIDIGAL FILHO, P.S. *et al.* Avaliação de cultivares de mandioca na região noroeste do Paraná. *Bragantia*, Campinas, v. 59, n. 1, p. 69-75, 2000.

VINE, P.N.; AHMAD, N. Yield development in cassava under different soil physical conditions. *Field Crops Res.*, Amsterdam, v. 17, p. 175-198, 1987.

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 Sci. Agron.*, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1255-1264, 2002.

Received on April 28, 2006.

Accepted on July 24, 2006.