CULTIVO DE MANDIOCA DE MESA EM PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL SOBRE DIFERENTES CULTURAS DE COBERTURA¹

ANTONIO CARLOS PRIES DEVIDE², CRISTINA MARIA DE CASTRO², TERESA
LOSADA VALLE³, JOSÉ CAELOS FELTRAN³, JÚLIO CÉSAR RAPOSO DE ALMEIDA⁴

¹Aceito para Publicação no 1º Trimestre de 2017.

²Pesquisador da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Polo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Vale do Paraíba- APTA.

³Pesquisador do Instituto Agrônomo de Campinas- IAC.

⁴Professor no Centro de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté- UNITAU

Resumo

O plantio convencional no cultivo de mandioca emite gases de efeito estufa e causa a erosão do solo, declínios no rendimento e na qualidade das raízes. Comparou-se o plantio convencional (CONV) da mandioca IAC 576-70, incorporando com aração e gradagem os resíduos das culturas de cobertura: Sorgo (S), Crotalária (C), Coquetel (S+C), *Brachiaria decumbens* e *B. ruziziensis*; com o sistema de plantio direto (SPD), mediante a roçada. *Sorgo* e *B. ruziziensis* aportaram em média 3,5 t ha⁻¹ de matéria seca, com taxa de cobertura do solo superior a 80 %, cuja produtividade de 23,9 t ha⁻¹ no SPD foi 7,0 t ha⁻¹ inferior ao convencional; porém, equivalentes o índice de colheita (53 %), a massa fresca total e o tempo de cozimento. A colheita da mandioca no SPD aos 10 meses acumulou 63,5 t ha⁻¹ de fitomassa fresca, minimizando a erosão.

Palavras-chave: conservação do solo, tecnologia limpa, reduções de emissões.

BEHAVIOR SWEET CASSAVA IN NO-TILLAGE AND CONVENTIONAL SYSTEMS WITH DIFFERENT COVER CROPS

Abstract

The conventional cassava cultivation planting emits greenhouse gases and cause soil erosion, decreases in efficiency and quality of the roots. Compared to conventional tillage (CONV) cassava IAC 576-70 incorporating, with plowing and harrowing, cover crop residue: sorghum (S), Sunn hemp (C), Cocktail (S + C), *Brachiaria decumbens* and *B. ruziziensis*; the no-tillage system (SPD), by mowing. Sorghum and *B. ruziziensis* landed on average 3,5 t ha⁻¹ of dry matter with soil coverage rate higher than 80%, whose 23,9 productivity t ha⁻¹ the SPD was 7,0 t ha⁻¹ lower than conventional; however, the equivalent index of harvest (53%), fresh pasta and total cooking time. The harvest cassava in the SPD to 10 months racked up 63,5 t ha⁻¹ of phytomass, minimizing erosion.

Key words: soil conservation, cleantech, emissions reductions.

Introdução

A pegada ecológica da humanidade atingiu níveis e ritmos críticos no século XX: população, economia, uso da energia, *output* e contaminação industrial cresceram surpreendentemente, impactando os processos gerais e o equilíbrio da ecologia planetária (TOLEDO; BARRERA-BASSOLS, 2015).

A queima de combustíveis fósseis incrementa o conteúdo de gases de efeito estufa na atmosfera, ocasionando a elevação da temperatura do Planeta. Na agricultura, as pesquisas buscam reduzir o uso dos combustíveis fósseis e a mobilização do solo visando preservar a matéria orgânica.

No caso do preparo do solo com aração e gradagem no cultivo de mandioca, ocorre a pulverização dos agregados, a mineralização da matéria orgânica emitindo gases de efeito estufa, baixando a retenção de umidade e de nutrientes, elevando o adensamento do solo

(BERNOUX et al., 2006). Os amplos espaçamentos, o desenvolvimento lento, o baixo índice foliar ao final do ciclo e à movimentação do solo no plantio e na colheita favorecem a erosão (OTSUBO et al., 2008).

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.); terceira fonte de calorias nas regiões tropicais, nativa do Brasil; se aplica na alimentação humana e animal, matéria-prima industrial e biocombustível (VALLE et al., 2007). A variedade “de mesa” mais plantada no estado de São Paulo é a IAC 576-70, rica em carotenoides.

O Brasil é um dos líderes mundiais na produção de mandioca e o pioneiro na conservação do solo com o sistema de plantio direto (SPD), mantendo a produtividade agrícola elevada para diversas culturas. Por meio do uso de culturas de cobertura e o SPD obtém-se o aporte de matéria orgânica em superfície (DERPSH et al., 2010), melhorando-se as condições físicas do solo para o desenvolvimento das raízes, evitando-se a compactação (FASIMIRIM; REICHERT, 2011), mantendo a umidade e a temperatura mais baixa na camada superficial do solo (SILVA et al., 2006), amenizando os efeitos das mudanças climáticas e atendendo à demanda mundial por alimento e energia (DERPSH et al., 2010).

Entretanto, há controvérsias sobre a denominação ‘plantio direto’ de mandioca, pois, há movimentação do solo na colheita. O termo ‘cultivo mínimo’ também é empregado, mas quase sempre visa à produção industrial para fécula e farinha (PEQUENO et al., 2007; OTSUBO et al., 2008), cujas raízes são colhidas com dois ciclos ou mais, pouco importando a qualidade culinária.

A região de Mata Atlântica concentra 62% da população brasileira, 80% do produto interno bruto nacional e abriga 30,5 milhões de hectares de pastagens (PROBIO, 2009). Sendo o Vale do Paraíba uma bacia leiteira situada no eixo Rio – São Paulo; com predomínio de solos de baixa fertilidade natural; a implantação do SPD na cultura de mandioca pode promover a conservação do solo, ofertando carboidratos e proteínas para a nutrição humana e animal, com maior eficiência energética e economia de combustíveis fósseis mediante a redução da mecanização no preparo do solo.

Devido aos poucos registros sobre SPD de mandioca de mesa e a necessidade de reverter à degradação dos solos na bacia hidrográfica do Paraíba do Sul, comparou-se nesta

pesquisa o efeito de cinco culturas de cobertura em sistema de plantio direto e convencional em relação ao desempenho da variedade de mandioca de mesa IAC 576-70. Plantada no outono e colhida no inverno, avaliou-se o aporte de fitomassa das culturas de cobertura e a taxa de cobertura do solo, bem como o crescimento, produtividade e a qualidade culinária das raízes tuberosas da mandioca.

Material e Métodos

Em experimento conduzido no Pólo Regional do Vale do Paraíba - APTA/SAA, Pindamonhangaba/SP (560 m de altitude); sobre Latossolo Vermelho amarelo de textura argilo-arenosa, relevo ondulado e clima quente com inverno seco (Köppen); comparou-se o sistema de plantio direto (SPD) e convencional (CONV) em blocos ao acaso e parcelas subdivididas em faixas de 12 x 60 m. As culturas de cobertura foram: sorgo BRS 610 (*Sorghum bicolor*), crotalária (*Crotalaria juncea*), coquetel (sorgo+crotalária), *Brachiaria decumbens* e *B. ruziziensis*, semeadas na densidade recomendada para cada espécie e o coquetel com 40 e 20 kg ha⁻¹ de sementes de crotalária e sorgo, respectivamente, em sub-parcelas de 6 x 10 m e cinco repetições.

A fertilidade do solo a 20 cm de profundidade: MO = 24,5 g dm⁻³, pH em água = 4,7; P = 3,0 mg dm⁻³ (extrator Mehlich); K = 0,7 mmol_c dm⁻³; Ca = 24,5 mmol_c dm⁻³, Mg = 11,5 mmol_c dm⁻³ e 45 mmol_c dm⁻³ de H + Al, S = 36,2 %, CTC = 80,7 e V = 45 %, demandou elevar a saturação de bases a 50% com calcário dolomítico, aplicado 60 dias antes das culturas de cobertura; semeadas em linhas espaçadas a 40 cm (março).

A taxa de cobertura do solo (TS) foi estimada em sobreposição de matriz quadriculada de 100 pontos de interseção à imagem digital de 1,0 m² de área interna de moldura de canos de PVC, obtida a 1,50 m de altura, sendo os pontos coincidentes com a parte aérea equivalente ao percentual de solo coberto (90 dap). Imediatamente antes da roçada, estimou-se o acúmulo da fitomassa em três metros lineares das seis fileiras centrais. Os resíduos foram mantidos na superfície do solo em SPD ou incorporados com arado e grade no CONV.

A mandioca IAC 576-70 foi plantada após o manejo das culturas de cobertura, em julho, no espaçamento 1,0 x 0,6 m (16.666 plantas ha⁻¹) com manivas de 15 x 2 cm dispostas no fundo de sulcos com 10 cm profundidade, adubados com 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Recebeu em cobertura (90 dap) 40, 60 e 4,0 kg ha⁻¹ de N, K₂O e Zn, respectivamente. Avaliou-se a altura total e da ramificação simpodial de 1^a, 2^a e 3^a ordem (R1, R2, R3) (240 dap), obtendo-se o percentual de ramificação (%R):

$$\% R = \frac{\text{altura R1}}{\text{altura total da planta}} \times 100$$

Aos 10 meses de idade (maio), colheram-se 56 plantas desprezando as laterais e as cabeceiras, computando-se a produtividade comercial (PC) (t ha⁻¹), o número de raízes por planta (NR), a massa média das raízes tuberosas (MR) (g), a massa fresca de raízes (MFr), da parte aérea (MFpa) e total (MFt) (t ha⁻¹), sendo o índice de colheita (IC) obtido por meio da relação entre MFr raízes e MFt (Kawano, 1982):

$$IC\% = \frac{MFr}{MFt} \times 100$$

A duração do tempo de cozimento (DTC) em minutos foi determinada com a porção central do cilindro descascado de três raízes de cada parcela, colocadas em cestos de alumínio vazados e imersas em água fervente até o cozimento ou “ponto de purê” (NOMANHA, 1988). A análise estatística foi com o programa SAS v.6.11 e resultados comparados com o teste de Tukey (p≤0,05).

Resultados e Discussão

No corte, as taxas de cobertura do solo do sorgo e *B. ruziziensis* superaram 80%; entretanto, com baixo acúmulo de fitomassa (2,8 t ha⁻¹ de MS) devido à baixa precipitação pluvial. A crotalária e as braquiárias aportaram 51 e 74% da MS do sorgo, respectivamente (Tabela 1). O baixo aporte das plantas de cobertura no outono é um fator que limita o plantio direto com qualidade pelos produtores rurais (MENEZES; LEANDRO, 2004). A época do ano, o déficit hídrico e as temperaturas diurnas elevadas limitam a expansão foliar. Em

levantamento expedito a redução do fotoperíodo induziu 100% de florescimento da crotalária e 42% do sorgo, 90 dap; ao passo que as braquiárias não floresceram (Figuras 1 e 2).

Figuras 1 e 2. Culturas do sorgo e crotalária na época da floração (90 DAS).

Rezende et al. (2011) registram queda de 38% no rendimento de MS de sorgo tardio (6,3 t ha⁻¹), semeado no fim de dezembro, e Albuquerque; Mendes (2011), obtiveram 5,7 t ha⁻¹ de MS na mesma época, em Jaíba/MG, com o BRS 610 precoce. Em Seropédica/RJ, a crotalária aportou 2,4 t ha⁻¹ de MS semeada em março (Leal et al., 2012). Menezes; Leandro (2004) obtiveram 13 t ha⁻¹ de MS com *B. ruziziensis* e *C. juncea*, semeadas em dezembro, no Cerrado. A superioridade das gramíneas deve-se ao metabolismo C₄, eficientes no uso da água na seca e melhor funcionamento dos fotossistemas em altas temperaturas (BARRY; PATEL, 2008).

Tabela 1. Acúmulo de fitomassa e taxa de cobertura do solo das plantas de cobertura (90 dap)

Culturas de cobertura	MF ⁽¹⁾	MS	TC
	t ha ⁻¹		%
Sorgo	16,0 a ⁽²⁾	3,6 a	80,25 ab
Crotalaria	6,8 b	1,8 a	60,37 c
Coquetel	8,8 ab	2,4 a	66,75 bc
<i>B. decumbens</i>	11,0 ab	2,8 a	62,87 bc
<i>B. ruziziensis</i>	11,2 ab	3,4 a	88,50 a
CV	18,75	17,89	18,56

DMS 10,081 2,545 19,618

⁽¹⁾ Dados transformados ($\sqrt{Y+0,5}$). ⁽²⁾ Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

A qualidade do material propagativo da mandioca, os mecanismos de tolerância à seca, com ciclo longo e sem picos de absorção de nutrientes (LORENZI, 2012), são fatores que permitem recuperar-se dos estresses ambientais com vigoroso crescimento, atingindo 240 cm de altura, 10 meses após, mesmo com germinação tardia 43 dap devido à estiagem prolongada (Figura 3).

Figura 3. Crescimento vegetativo da mandioca no plantio direto (SPD) e convencional (CONV).

O percentual de ramificação da mandioca no SPD; superior ao CONV; resultou em uma cobertura do solo mais uniforme; pois, ramificações baixas refletem plantas abertas que expõe o solo à erosão (Figuras 4 e 5).

Figura 4 e 5. Mandioca IAC576-70 em SPD (150DAP) e na colheita (240DAP).

A IAC 576-70 possui ramificação em ângulo de 45°, ideal ao plantio adensado, consórcio com outras culturas e facilidade para os tratos culturais. Dentre os efeitos das culturas de cobertura na R2 e R3 (Tabela 2), a ramificação mais alta no pré-cultivo de crotalária, provavelmente, se deve a maior disponibilidade do N da fixação biológica, somado ao efeito da adubação de cobertura, favorecendo o crescimento vegetativo.

Tabela 2. Altura da ramificação (cm) R2 e R3 e percentual de ramificação (%R) da mandioca em plantio direto (SPD) e convencional (CONV) em função das culturas de cobertura

Cultura de cobertura	R2	R3	% R	
			SPD	CONV
Sorgo	137,58 b ⁽¹⁾	196,73 bc	28,94 aA	25,39 aAB
Crotalária	146,14 a	213,64 a	27,21 bA	24,44 abcB
Coquetel	140,94 ab	202,52 ab	29,68 aA	23,89 bcB
<i>B. ruziziensis</i>	139,04 ab	201,36 abc	30,29 aA	25,56 aB
<i>B. decumbens</i>	135,20 b	189,21 c	29,65 aA	23,63 aB
CV %	0,25	1,81	2,92	
DMS	8,386	12,414	1,636	

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras iguais minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

A produção comercial (PC) superou a média do estado de São Paulo (16,48 t ha⁻¹), considerada a mais elevada do Brasil (CASER et al., 2012); sem efeitos significativos entre plantas de cobertura e interações com o preparo do solo. O sistema CONV superou em 7,0 t ha⁻¹ o SPD, devido ao NR superior (Tabela 3). Entretanto, o SPD é uma tecnologia ambiental e economicamente viável, pois, representa economia de combustíveis fósseis e consequente reduzida emissão de GEE conservando os solos. No caso da mandioca, algumas classes de solo no SPD podem assumir menor porosidade e valores elevados de densidade e resistência à penetração (PEQUENO et al., 2007). A baixa oxigenação pode ser prejudicial à diferenciação das raízes tuberosas (LORENZI et al., 2012), apesar da MR não ter diferido entre os sistemas (Tabela 3).

Tabela 3. Produtividade comercial (PC), número de raízes por planta (NR), massa de raízes (MR) e tempo de cozimento (TC) de mandioca em plantio direto (SPD) e convencional (CONV)

Sistema	PC	NR	MR	TC
	t ha ⁻¹		g	min.
SPD	23,90 a ⁽¹⁾	4,00 a	354,90 a	15
CONV	31,27 b	5,45 b	352,55 a	15
CV (%)	12,29	17,60	8,44	-
DMS	3,411	0,837	30,055	-

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

O TC de 15 minutos atestou a boa qualidade culinária (Figuras 6 e 7). A facilidade do método expedito dispensa a análise de parâmetros complexos e de custo elevado (LORENZI, 2012). Observa-se a produtividade média elevada de MFt (63,5 t ha⁻¹) em colheita aos 10 meses de idade (Tabela 4), com diferenças notáveis para MFr entre os sistemas; apesar da partição equilibrada dos foto-assimilados, conforme IC.

Figuras 6 e 7. Raízes recém-colhidas e no teste de cozimento “ponto de purê”.

Apenas 20% de caule e ramos são usados no replantio, restando de 30 a 50% da fitomassa de alto valor nutricional (Valle et al., 2007) para uso na dieta animal, como folhagem, feno da parte aérea e a silagem (ALMEIDA FILHO; FERREIRA FILHO, 2005) ou incrementando os teores de matéria orgânica do solo.

Tabela 4. Massa fresca de raízes (MFr), da parte aérea (MFpa), total (MFt) e IC da mandioca em plantio direto (SPD) e convencional (CONV). Pindamonhangaba, SP

Sistema	MFr	MFpa ⁽¹⁾	MFt	IC
		t ha ⁻¹		%
SPD	29,82 a ⁽²⁾	28,52 a	58,33 a	51,75 a
CONV	36,73 b	31,91 a	68,63 a	54,25 a
CV (%)	7,44	11,19	20,90	13,89
DMS	2,492	17,660	13,349	7,407

⁽¹⁾ Dados transformados: $[\sqrt{Y+0.5}-\text{SQRT}(Y+0.5)]$. ⁽²⁾ Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

No cômputo geral, as culturas de cobertura, o SPD, a antecipação do plantio e a colheita da mandioca no inverno evitando-se as chuvas minimizam os impactos na erosão do solo e incrementam os teores de matéria orgânica do solo; sendo o desafio do SPD a seleção de culturas de cobertura adaptadas aos estresses hídricos e insensíveis ao fotoperíodo.

Conclusão

A produtividade de mandioca em plantio direto, inferior ao manejo convencional, porém o índice de colheita foi similar e teve o rendimento superior à média nacional, economizando energia na mecanização e acumulando alta quantidade de resíduos essenciais para a conservação do solo e alimentação animal.

Sorgo e *B. ruziziensis* apresentaram as maiores taxas de cobertura e acúmulo de fitomassa.

Agradecimentos

Aos estagiários Thiago Jorge de Melo, Giovana Raposo Soares e Ricardo Sant’Ana, da Universidade de Taubaté.

A Fundação Agrisus – Agricultura Sustentável, por financiar a pesquisa.

Referências Bibliográficas

- ALBUQUERQUE, C.J.B.; MENDES, M.C. Época de semeadura do sorgo forrageiro em duas localidades do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, n.1, p.116–134, 2011.
- ALMEIDA FILHO, J. de; FERREIRA FILHO, J.R. Mandioca: uma boa alternativa para alimentação animal. **Bahia Agríc.**, v.7, n.1, p.50-56, 2005.
- CASER, D. V. et al. Previsões e Estimativas das Safras Agrícolas do Estado de São Paulo, Ano Agrícola 2011/12. **Análise e Indicadores dos Agronegócios**, v.7, n.4, 2012.
- BARRY, J.O. & PATEL, M. Kranz Anatomy and the C₄ Pathway. **eLS**, 2008.
- BERNOUX, M. et al. Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil, a review. **Agron. Sustain. Dev.**, v.26, n. 1, p.1-8, 2006.
- DERPSH, R. et al. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. **Int J Agric & Biol Eng.**, v.3, p.1-25, 2010.
- FASINMIRIN, J.T. & REICHERT, J.M. Conservation tillage for cassava (*Manihot esculenta* Crantz) production in the tropics. **Soil & Tillage Research**, v.113, p.1-10, 2011.
- KAWANO, K. Mejoramiento genetico de yuca para productividad. In: DOMÍNGUEZ, C. E. (Ed.) **Yuca: investigación, producción y utilización**. Cali: PNUD & CIAT, 1982. p.91-112.

- LEAL, M.A. de A. et al. Desempenho de crotalária cultivada em diferentes épocas de semeadura e de corte. **Rev. Ceres**, v.59, n.3, p.386-391, 2012.
- LORENZI, J. O. **Mandioca**. 2ªed., Campinas: CATI, 2012. 129p. (Boletim técnico, n. 245).
- MENEZES, L.A.S. & LEANDRO, W.M. Avaliação de espécies de cobertura do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34, n.3, p.173-180, 2004.
- NORMANHA, E.S. O mau cozimento dos aipins: uma hipótese. **O Agrônomo**, v.40, n.1, p.13-14, 1988.
- OTSUBO, A. A. et al. Sistemas de preparo do solo, plantas de cobertura e produtividade da cultura da mandioca. **Pesq. agropec. bras.**, v.43, n.3, 2008.
- PEQUENO, M.G. et al. Efeito do sistema de preparo do solo sobre características agrônômicas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.5, p.476-481, 2007.
- PROBIO. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Mapeamento de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros. 2009. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm> . Acesso em: 02 nov.2015.
- REZENDE, P. M. de et al. **Rev. Bras. Ciênc. Agrár.**, v.6, n.2, p.362-368, 2011.
- SILVA, E. C. da et al. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesq. agropec. bras.** 2006, v.41, n.3.
- TOLEDO, V. M.; BARRERA-BASSOLS, N. **A memória biocultural: a importância ecológica das sabedorias tradicionais**. São Paulo : Expressão Popular, 2015, p. 251 – 257.
- VALLE, T. L. et al. Mandioca: energia e alimento para o mundo. **O Agrônomo**, v.59, p.29-31, 2007.