

Plantio Direto na Cultura da Mandioca

No-tillage System on Cassava

Eduardo Barreto Aguiar^{*a}; Eloty Justina Dias Schleder^b; Vitor Hugo dos Santos Brito^b; Flávio Augusto Faedo Aguiena^a

^aUniversidade Anhanguera-Uniderp, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Produção e Gestão Agroindustrial. MS, Brasil.

^bUniversidade Anhanguera-Uniderp, Curso de Agronomia. MS, Brasil.

*E-mail: aguiareb@msn.com

Resumo

A cultura da mandioca ocupa uma área plantada no Brasil de 1,4 milhões de ha. É a quarta cultura em volume de produção sendo cultivada, em sua maioria, em solos arenosos e de baixa fertilidade por pequenos agricultores e agricultores familiares. Na região Centro-Sul do Brasil é cultivada em grandes áreas com alto nível tecnológico, nas quais se obtém elevadas produtividades. Por ser cultivada em largos espaçamentos e recobrir mal o solo é altamente susceptível aos processos erosivos. Comparada aos cereais sua produtividade é superior, podendo atingir valores acima 35 t.ha⁻¹, e por isso extrai grandes quantidades de nutrientes, principalmente K. O plantio direto é considerado um sistema conservacionista que reduz as perdas por erosão e aumenta os teores de matéria orgânica reduzindo também as perdas de nutrientes por lixiviação, principalmente, em solos arenosos. Nos últimos anos, avanços foram feitos no que se refere ao plantio direto da mandioca, refletindo no crescente aumento das áreas sob este sistema. Entretanto, os resultados de pesquisa não são conclusivos em função do pequeno número de experimentos conduzidos, e pela ausência de experimentos de longa duração, que melhor avaliam os efeitos dos diferentes sistemas de produção. Tradicionalmente, os efeitos do plantio direto nos primeiros anos são indiretos, refletindo em produtividade nos sistemas já estabilizados após dois ou três anos de implantação. Contudo, boa parte dos resultados relatados são promissores, e demonstram elevado potencial para a melhoria da competitividade da cultura e a sustentabilidade destes agroecossistemas.

Palavras chave: Sustentabilidade. Sistemas de Produção. Conservação do Solo.

Abstract

Cassava crop is cultivated on 1.4 million ha. It is the fourth crop in terms of production amount, mostly cultivated on sandy and low-fertility soils by small farmers. In the Center-South region of Brazil it is grown in large areas with high technological level, where high yields are obtained. Because it is cultivated in large spaces and covers the soil poorly, it is highly susceptible to erosive processes. Compared to cereals, its productivity is higher, reaching values above 35 t.ha⁻¹, and thus it extracts large amounts of nutrients, mainly K. No-tillage is considered a conservation system that reduces losses by erosion, increases the contents of organic matter and also reduces the losses of nutrients by leaching mainly in sandy soils. Many advances have been made towards the development of no-tillage of cassava, culminating in the growing increase in areas under this system. However, the research results are not conclusive due to the small number of experiments, and the absence of long-term experiments. Traditionally, the effects of no-till in the first years are indirect, reflecting on productivity in systems already stabilized after 2 or 3 years. However, part of the reported results is promising, and demonstrate high potential for improving the competitiveness of the culture and the agro-ecosystems sustainability.

Keywords: Sustainability. Production Systems. Soil Conservation.

1 Introdução

No Brasil, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) ocupa a quarta posição em volume de produção depois da cana-de-açúcar, soja e milho, com uma produção anual de, aproximadamente, 19 milhões de toneladas, e uma área plantada de 1,4 milhões de hectares (IBGE, 2020). Está distribuída em todo território nacional, principalmente, em pequenas propriedades, muitas dessas destinadas à agricultura familiar e ao abastecimento de pequenas indústrias locais como as de farinha, polvilho ou, ainda, o comércio *in natura* da mandioca de mesa.

Na região Centro-Sul do Brasil, formada pelos Estados de São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul, a mandioca é

cultivada também em grandes áreas, com elevado nível tecnológico e nas quais se obtém altas produtividades. Nesta região a produção é destinada, principalmente, para o mercado industrial de amido e em menor escala às fábricas de farinha.

Nas áreas maiores, as máquinas agrícolas são responsáveis pela totalidade das etapas de preparo do solo, plantio, controle de pragas e doenças e de plantas infestantes, ficando apenas a colheita, com a necessidade de complementação manual, após o uso dos “afoadores tratorizados”, que otimizam em muito a mão de obra.

Em função de seu desenvolvimento inicial lento e os largos espaçamentos praticados, a mandioca é considerada uma cultura que recobre mal o solo, principalmente, nos primeiros 120 dias (RANGEL *et al.*, 2018). Após o plantio,

em sua maioria, no sistema convencional, o solo permanece exposto aos efeitos nocivos da erosão por um longo período, por volta de três meses (LORENZI, 2003). Após esse período ocorre o desenvolvimento mais pronunciado da parte aérea e uma melhor cobertura do solo.

Tais características da cultura, aliadas às condições predominantes de clima e solo em que a mandioca é cultivada, torna clara a necessidade da adoção de práticas de conservação do solo, como o plantio direto, a exemplo do que houve para as culturas, como: soja, milho entre outras, que visem uma maior sustentabilidade e assegurem boas produtividades dessas áreas ao longo do tempo.

O plantio direto é um sistema de manejo do solo, no qual a palha e restos culturais são deixados na superfície. Neste sistema, o solo não é revolvido com os equipamentos tradicionais de preparo como arado, grades e escarificadores. O solo é mobilizado apenas no sulco de plantio no qual é depositado o adubo (SALTON *et al.* 1998), e no caso da mandioca as manivas. O preparo anterior das áreas destinadas ao plantio direto é realizado somente com o controle das plantas infestantes, geralmente, com herbicidas ou com equipamentos tratorizados, como os rolo-faca, roçadeiras ou trituradores.

Os objetivos principais do plantio direto são: proteger e evitar a desestruturação do solo pelas gotas de chuva e consequente erosão hídrica, preservar e aumentar os teores de matéria orgânica na superfície do solo, e melhorar as características químicas e biológicas do solo. Tais objetivos estão aliados à busca de uma maior estabilidade de produção e sustentabilidade dos agroecossistemas (CRUZ *et al.* 2020).

O sistema de plantio direto pode ainda ser considerado como um conjunto de técnicas integradas, que visam melhorar as condições ambientais dos sistemas agrícolas para explorar, da melhor forma possível, os potenciais ambientais e genéticos das culturas (AGROANALYSIS, 2007). Para isso, respeitam três quesitos mínimos que reduzem os impactos ambientais provenientes das atividades agrícolas convencionais (HECKLER; SALTON, 2002):

1. Não revolvimento do solo.
2. Rotação de culturas com o uso de plantas de cobertura para formação de palhada ou pousio.
3. Manejo integrado de pragas, doenças e plantas infestantes.

O plantio direto não deve ser visto como uma receita universal, mas como um sistema que exige adaptações locais a depender das condições de clima, de solo e da cultura agrícola (SALTON *et al.* 1998). É considerado, portanto, um sistema conservacionista, quando comparado a outros sistemas de plantio como o convencional. Por plantio direto não se entende somente a omissão de movimentação do solo pelas arações ou gradagens, mas um conjunto de técnicas que conserva a “vida do solo” pela não exposição de seus organismos aos efeitos do clima, conservando sua bioestrutura na superfície (PRIMAVESI, 2020).

A mandioca é cultivada nas regiões de clima tropical por quase todo o Mundo, geralmente, em solos arenosos e de baixa fertilidade. No Brasil, a maioria das áreas cultivadas também não são diferentes (LORENZI, 2003). É comum encontrar nessas regiões a baixa disponibilidade de recursos, fertilizantes e defensivos. O cultivo da mandioca nesses ambientes é praticado em função de sua alta capacidade produtiva, quando comparada a outras culturas. Isso se deve, em parte, pela sua alta capacidade de absorção de nutrientes, mesmo em condições de baixa disponibilidade e eficiente associação com micorrizas. Todavia, pode extrair grandes quantidades de nutrientes, imobilizados em sua expressiva biomassa. Quando cultivada, sucessivamente, ao longo do tempo pode provocar a redução da fertilidade dos solos em função da exportação de nutrientes, principalmente, o K (HOWELER, 2014).

No Brasil, considerado por muitos autores como o centro de origem e domesticação (OLSEN; SCHAAL, 1999), a mandioca já era cultivada, tradicionalmente, pelos povos indígenas, em pequenos roçados, nos quais a cobertura verde era derrubada com machado de pedra e queimada. Nesses locais, as estacas (manivas) eram quebradas com as mãos e plantadas no solo com o auxílio de um bastão de cavar (MELATTI, 2007), sem qualquer outra prática de revolvimento do solo.

Entre as vantagens diretas da adoção do plantio direto para a cultura da mandioca se pode citar a redução da erosão nas fases iniciais de estabelecimento da cultura, melhoria das condições físicas e de fertilidade do solo ao longo do tempo, importante característica em solos marginais de baixa fertilidade natural, redução da oscilação térmica, aumento da atividade biológica, do teor de matéria orgânica, nutrientes e água armazenada no solo, e ainda a redução dos custos relacionados ao preparo do solo.

Todos estes fatores, aliados à importância da cultura no cenário nacional, justificam novos estudos voltados às adaptações e desenvolvimentos tecnológicos necessários ao plantio direto desta importante cultura brasileira. O presente estudo aponta que os maiores desafios para o plantio direto da cultura da mandioca estão relacionados à mecanização do plantio, ainda em fase de adaptação e uso pelos agricultores, e ao bom manejo das coberturas vegetais, uma vez que diferentemente das principais culturas anuais, a mandioca pode ser colhida o ano todo, e o plantio das espécies de cobertura e adubos verdes deverão ser ajustados ao calendário de colheita.

2 Desenvolvimento

2.1 Metodologia

A pesquisa reuniu, de forma relevante, os principais aspectos relacionados ao plantio direto da mandioca e os resultados de pesquisas e inovações disponíveis em artigos

científicos, boletins técnicos, livros, anais de eventos e outros documentos. As publicações utilizadas neste estudo abrangem o período de 1981 a 2020, não sendo coerente trabalhar com período inferior em função da escassa literatura disponível sobre o tema. Para isso, foram utilizados como base de dados o Google Acadêmico, Scielo e outras publicações físicas disponíveis em bibliotecas. Para obtenção desses trabalhos foram utilizadas, de forma associada aos termos plantio direto e mandioca com as palavras-chave: conservação do solo; agricultura conservacionista; manejo do solo; micro-organismos do solo; fertilidade; palhada; plantas de cobertura; controle de plantas daninhas; mecanização e plantio.

2.2 Influência nas propriedades físicas dos solos

Os sistemas mecanizados de preparo do solo, conhecidos como convencionais, utilizam escarificadores, arados ou grades. Por atuarem fisicamente no solo, esses podem provocar modificações indesejáveis nas propriedades físicas como a desagregação excessiva, redução da porosidade e aumento na densidade. O monitoramento dessas propriedades se mostra importante, pois pode indicar restrições ao desenvolvimento radicular das plantas cultivadas (TORMENA *et al.*, 2002). Quando a macroporosidade é reduzida pelo uso inadequado desses equipamentos, ocorre o que se conhece como “compactação do solo” (DIAS JR.; PIERCE, 1996).

Oliveira *et al.* (2001) avaliaram cultivos sucessivos de mandioca em sistema de plantio direto, convencional e cultivo mínimo, não encontrando diferenças significativas na porosidade total do solo, porém observaram uma redução na macro e microporosidade no sistema convencional.

Os efeitos benéficos do plantio direto e outras práticas conservacionistas podem ser melhor avaliados ao longo do tempo, principalmente, no que se refere às alterações das propriedades físicas do solo. Avaliações logo no primeiro ano podem trazer resultados não significativos entre os sistemas de preparo, como demonstrados por Porto *et al.* (2020) e Tormena *et al.* (2002), que avaliaram diversos tipos de preparo, entre esses o convencional e o sistema de plantio direto. No entanto, Tormena *et al.* (2002) mencionam que o acúmulo de matéria orgânica e redução do tráfego de máquinas em sucessivos plantios realizados de forma direta contribui para a redução da densidade do solo e aumento da sua porosidade.

Não foram encontrados estudos que avaliassem as propriedades físicas do solo em diferentes sistemas de preparo e o crescimento das plantas de mandioca. A ausência de resultados desse tipo deve estar associada com a dificuldade em encontrar áreas que executem o plantio direto de mandioca por vários anos agrícolas ou ainda a dificuldade de simular tais condições em campos experimentais.

2.3 Redução dos processos erosivos

Em função de sua arquitetura foliar, amplos espaçamentos utilizados, e lento crescimento nas fases iniciais, a cultura da

mandioca proporciona pouca proteção do solo e o expõe aos efeitos nocivos do ambiente, resultando em processos erosivos (LORENZI, 2003). Diversos estudos demonstram maiores perdas por erosão sob cultivo de mandioca em comparação com diversas outras culturas, como: arroz, algodão, soja e milho (HOWELLER, 2014).

O controle da erosão ocorre, principalmente, evitando o impacto das gotas de chuva diretamente no solo, que provoca sua desagregação e o posterior selamento da superfície. Este fenômeno reduz a taxa de infiltração e facilita o escoamento superficial da água. Práticas conservacionistas, via de regra, aumentam a infiltração de água no solo por conservar a sua estrutura e reduzir os riscos de erosão superficial.

Margolis e Campos Filho (1980), em experimentos conduzidos em um solo de textura argilosa com declividade de 12%, observaram perdas anuais na ordem de 11 t.ha⁻¹ de solo para a cultura da mandioca, enquanto outras culturas, como o algodão, houve perda de 8 t ha⁻¹ e 3.0 t ha⁻¹ para o milho.

Banuwa *et al.* (2020), em solo arenoso, com 12,5% de inclinação, demonstraram que práticas simples, como o plantio de mandioca em nível podem reduzir, significativamente, o escoamento superficial em até 43%, e a erosão do solo em 62%, quando comparado ao plantio realizado no sentido da declividade.

Por estes fatores, o cultivo de plantas de cobertura na entressafra e o correto manejo da cobertura morta se mostram como práticas indispensáveis em qualquer sistema sustentável de uso dos solos (GABRIEL FILHO *et al.* 2000). Nishigaki *et al.* (2017) observaram uma redução de 49% na perda do solo em parcelas conduzidas com cobertura morta (*mulching*) em relação ao cultivo convencional da mandioca sem cobertura.

Howeller (2014) compilou dados de vários autores e aponta perdas de solo entre 49 e 75 t.ha⁻¹.ano⁻¹ no cultivo convencional de mandioca em solos com declividade de 5% e 7%, respectivamente. Grandes variações também foram observadas em função da densidade populacional utilizada no cultivo da mandioca, podendo chegar a perdas próximas 100 t.ha⁻¹.ano⁻¹ nas menores densidades de plantio. Outros resultados apontam reduções significativas nas perdas de solo com a utilização de plantas de cobertura e cultivos consorciados.

A mandioca, por ser uma planta com alta susceptibilidade aos processos erosivos, deve considerar, desde antes de sua implantação, o uso de técnicas de conservação do solo. Entre essas se destacam: o plantio em nível, o uso de terraços, a cobertura morta, cultivos consorciados, entre outras práticas conservacionistas (RANGEL *et al.*, 2018; HOWELLER, 2014). Nesse sentido, o plantio direto se mostra como uma prática com alto potencial de resposta que precisa ser mais pesquisado, pois sinaliza significativos benefícios para o uso sustentável do solo na cultura da mandioca.

Howeller (2014) demonstra que a perda de nutrientes decorrente dos processos erosivos está diretamente relacionada

com a perda de solo, variando entre 4 a 37 kg.ha⁻¹ de N, 0,13 a 5,1 kg.ha⁻¹ de K, 0,1 a 5,4 kg.ha⁻¹ de Mg, enquanto as perdas de P são menores, de 0,02 a 2,2 kg.ha⁻¹.

Além desses efeitos diretos se deve considerar que a rotação de culturas auxilia na ciclagem de nutrientes e no controle de pragas e de doenças. Pode melhorar as condições de fertilidade do solo, seja pela fixação biológica de N por espécies leguminosas e incorporação de matéria orgânica. Essa prática favorece o desenvolvimento de micro-organismos benéficos, em especial as micorrizas, que são extremamente relevantes para a absorção de P (HOWELLER, 2014; LORENZI, 2003).

O uso de adubação verde, a cobertura morta e a não mobilização do solo podem contribuir para reduzir os efeitos da erosão, promover o incremento dos teores de matéria orgânica, reduzir a densidade e a resistência do solo à penetração das raízes (GABRIEL FILHO *et al.*, 2000).

2.4 Desenvolvimento das plantas de mandioca

Em termos gerais, verifica-se que as raízes e tubérculos são sensíveis à compactação do solo, aeração inadequada e má drenagem, portanto, respondem favoravelmente ao revolvimento do solo por arações ou gradagens. No entanto, a mandioca e o taro requerem menor revolvimento do solo que outras tuberosas como batata, batata-doce e inhame. Em solos de textura leve, a mandioca pode ser cultivada com o preparo mínimo, enquanto em solos de textura argilosa ou compactados se observam respostas favoráveis ao preparo mecânico do solo (HOWELER *et al.*, 1993).

Respostas negativas ao desenvolvimento da parte aérea e das raízes de mandioca vêm sendo atribuídas às condições físicas do solo, pouco favoráveis ao desenvolvimento das raízes absorventes e tuberosas. Valores excessivos de resistência do solo à penetração podem influenciar o crescimento das raízes em comprimento e diâmetro. Resultados experimentais apontam indícios que podem influenciar também a partição de carboidratos entre as raízes tuberosas e a parte aérea (TORMENA *et al.* 2002). Do ponto de vista prático, a resistência do solo à penetração é uma importante ferramenta para avaliar os efeitos dos sistemas de preparo do solo em termos físicos e possui boa correlação com o crescimento das raízes.

Oliveira *et al.* (2001) comparando o sistema de plantio convencional, mínimo e direto para a produção de mandioca industrial, observaram para o plantio direto menor altura de plantas, porém não houve diferença significativa na produção de parte aérea. A menor produção de raízes foi obtida no plantio direto.

A macroporosidade é muito importante para o desenvolvimento das raízes por se correlacionar com a difusão de oxigênio no solo, principalmente, nas camadas superficiais, em que se encontram a grande maioria das raízes absorventes e raízes tuberosas. A capacidade de infiltração e armazenamento de água também se correlaciona com esses fatores e está

relacionada com a absorção de nutrientes, e consequente desenvolvimento das plantas (TORRES; SARAIVA, 1999).

Otsubo *et al.* (2013) avaliaram o sistema de plantio direto para produção de mandioca de indústria, sobre diferentes tipos de coberturas vegetais, comparando-o ao plantio convencional, e observaram maior desenvolvimento da parte aérea das plantas de mandioca nos sistemas sob plantio direto.

2.5 Influências nas propriedades químicas do solo

A atividade biológica e a disponibilidade de nutrientes pela decomposição dos restos culturais, promovida pelo plantio direto, contribui para a melhoria dos rendimentos e redução nas aplicações de fertilizantes, principalmente, os fosfatados (SÃO PAULO, 2005).

A CTC é influenciada, principalmente, pela natureza dos minerais de argila e pelo conteúdo de matéria orgânica dos solos. A maioria dos solos tropicais das regiões úmidas e sub-úmidas contém baixos teores de argila (< 30%), argilas não expansivas e de baixa atividade, além de altos teores de ferro e alumínio trocável (LAL, 1985). No sistema de plantio direto há um aumento gradual dos teores de matéria orgânica do solo, promovendo um aumento da CTC, com a matéria orgânica atuando como elemento desagregador, reduzindo os efeitos da compactação nas camadas superficiais (SÃO PAULO, 2005).

Ao contrário do senso comum, a cultura da mandioca extrai dos solos grandes quantidades de nutrientes para o seu desenvolvimento, especialmente o K, seguido do N e P. No entanto, a colheita das raízes tuberosas exporta das áreas cultivadas quantidades de N e P muito inferiores quando comparadas às culturas do milho, do sorgo, do amendoim e do feijão, e montantes de K similares, fazendo deste o principal nutriente exportado na colheita e com maior necessidade de reposição (HOWELER, 2014).

Para uma produção aproximada de 25 toneladas de raízes de mandioca por hectare são extraídos 146 kg de potássio, 123 kg de nitrogênio, 46 kg de cálcio, 27 kg de fósforo, e 20 kg de magnésio (MATTOS; BEZERRA, 2003). Dessa forma, pode-se inferir que os benefícios do sistema de plantio direto, por reduzir as perdas de nutrientes por erosão e lixiviação, estão relacionados ao aumento e preservação dos teores de matéria orgânica e, conseqüentemente, a retenção de nutrientes pode não só otimizar as adubações como também melhorar a sustentabilidade nutricional dos solos cultivados com mandioca, que em sua maioria são arenosos e de baixa fertilidade.

No sistema de plantio direto, a aplicação superficial de calcário pode não ser efetiva para neutralizar a acidez em camadas mais profundas. No entanto, a escolha de culturas tolerantes a acidez do solo e altos teores de Al, como a mandioca, pode ser uma alternativa (HOWELLER, 2014; LAL, 1985). Por outro lado, nos sistemas que envolvem gradagem ou aração, o revolvimento dos solos proporciona uma boa incorporação do calcário, melhorando a disponibilidade de nutrientes no perfil do solo (SALTON *et al.*, 1998).

No sistema de plantio direto se pode considerar ainda o uso de culturas leguminosas em rotação com a mandioca, que promovam a fixação de N atmosférico, elemento também pouco disponível na maioria dos solos nos quais a mandioca é cultivada. Outra característica que deve ser considerada no sistema de plantio direto é a ciclagem de nutrientes entre camadas de diferentes profundidades, que pode ser implementada pelo cultivo de diferentes espécies (RANGEL *et al.*, 2018).

2.6 Influências nas propriedades biológicas do solo

A macro e microfauna do solo também são favorecidas com o sistema de plantio direto. O aporte de matéria orgânica e o não revolvimento do solo promovem uma menor degradação da matéria orgânica e não expõem os organismos vivos do solo a ação nociva da atmosfera (SALTON *et al.*, 1998).

A atividade biológica do solo é considerada importante por proporcionar a liberação de nutrientes pela mineralização da matéria orgânica. O desenvolvimento de plantas de cobertura, como as gramíneas, proporciona a melhoria da porosidade do solo e a estabilidade dos agregados em função do desenvolvimento das raízes. A decomposição das raízes pelos micro-organismos do solo melhora a infiltração de água e reduz os processos erosivos, e auxilia na difusão de oxigênio que é benéfico para a atividade biológica e ao desenvolvimento das plantas (SILVA *et al.*, 2007).

O bom desenvolvimento das plantas de mandioca é altamente dependente de micorrizas. As micorrizas são fungos do solo que se associam por simbiose com as raízes absorventes das plantas mandioca (LORENZI, 2003). Balota *et al.* (1999), coletando solos cultivados com mandioca em diversos locais, demonstram a ocorrência de diferentes espécies de fungos micorrízicos associados às raízes de mandioca com predominância de *Entrophospora colombiana*, *Acaulospora scrobiculata*, *A. appendicula*, *Scutellospora pellucida* e *S. heterogama*. Observaram também associações entre as bactérias diazotróficas: *Klebsiella* sp., *Azospirillum lipoferum* e Bactéria E (*Burkholderia*) e as raízes de mandioca.

Estes fungos estabelecem uma relação simbiótica com as plantas de mandioca. Penetram nas raízes e passam a funcionar como um sistema radicular adicional, explorando espaços não alcançados pelo sistema radicular da planta. Isso é importante por absorver nutrientes com baixa mobilidade no solo, como o P. A simbiose com esses organismos é muito importante em plantas que possuem sistema radicular pouco ramificado, como é o caso da mandioca. No Cerrado brasileiro, a comunidade de fungos micorrízicos aumenta, gradativamente, com a diversidade do cultivo de plantas. Esse potencial pode ser influenciado pela composição da comunidade vegetal, o que é relevante para os agroecossistemas, sobretudo, aqueles que envolvem rotação de culturas e culturas intercalares (MIRANDA *et al.*, 2005).

A inclusão de culturas intercalares dependentes de

micorrizas arbusculares no sistema de rotação, como: feijão, milho, adubos verdes (mucuna, crotalária, feijão-deporco, guandu, girassol, milheto e mamona) e forrageiras (brachiária, estilosantes e andropogon) que aumentam o potencial de inóculo do solo em número de espécies presentes, proporcionam uma maior e mais eficiente absorção de nutrientes para a cultura da mandioca, maximizando o efeito da aplicação de corretivos e fertilizantes (MIRANDA *et al.*, 2005).

Quando presentes no solo, os fungos micorrízicos arbusculares alteram a resposta da mandioca à calagem e à adubação fosfatada, aumentando a resposta da aplicação desses insumos no crescimento das plantas (MIRANDA *et al.*, 2005).

Por outro lado, Oliveira *et al.* (2001) comparando o plantio convencional, mínimo e direto, não observaram variações nos teores de matéria orgânica, em dois anos consecutivos de cultivo de mandioca.

A formação de palhada recobrindo o solo por culturas intercalares à mandioca promove um aporte de matéria orgânica e formação de uma camada de proteção superficial. Essa cobertura reduz a temperatura do solo durante o dia e a oscilação térmica, proporcionando uma menor evaporação de água e aumento na capacidade de absorção e retenção de água. Essas características beneficiam o desenvolvimento dos micro-organismos do solo, o desenvolvimento das plantas, e proporciona uma maior estabilidade aos veranicos (SÃO PAULO, 2005).

2.7 Conservação do meio ambiente

A principal vantagem ambiental do sistema de plantio direto sem dúvida é a maior conservação dos solos. Todavia, deve-se considerar ainda a possível redução do uso de fertilizantes, aumento da vida útil das máquinas e equipamentos, melhor uso dos recursos naturais, redução do assoreamento de rios e cursos de água pela redução dos processos erosivos, redução no consumo de petróleo e sequestro de carbono ao elevar os teores de matéria orgânica do solo (SÃO PAULO, 2005).

No entanto, o plantio direto pode promover o maior uso de herbicidas em função da necessidade de controle das culturas intercalares via dissecação (SALTON *et al.*, 1998). Para a cultura da mandioca, pode aumentar ainda os efeitos nocivo do tráfego de máquinas na compactação do solo, por utilizar equipamentos que consomem maior potência e que, consequentemente, exigem tratores mais pesados (OLIVEIRA, 2001).

Deve-se considerar ainda que a má adoção da prática de plantio direto, negligenciando as condições climáticas e ambientais de cada agroecossistema pode causar sérios problemas de compactação do solo em função de seu não revolvimento, o que acaba por promover restrições ao desenvolvimento das plantas e favorece os processos erosivos (HECKLER; SALTON, 2002).

2.8 Equipamentos para o plantio direto

Entre os fatores relacionados ao solo, o sistema de manejo, especificamente, o preparo, interfere diretamente nos níveis de produtividade da cultura da mandioca (TORMENA *et al.*, 2002).

O trabalho realizado por Araujo *et al.* (2013) registra no Brasil nove fabricantes de plantadoras de mandioca, com 26 modelos disponíveis. No entanto, apenas uma dessas se destaca ofertando modelos adaptados ao sistema de plantio direto.

O preparo do solo é uma operação que visa modificar as propriedades físicas e químicas para o bom desenvolvimento das plantas. Tem também o importante objetivo de controlar as plantas infestantes e nivelar o terreno, objetivando o bom trabalho dos equipamentos de plantio e favorecendo o desenvolvimento inicial das plantas cultivadas frente a flora infestante (GABRIEL FILHO *et al.*, 2000).

Atualmente, existem disponíveis plantadoras de mandioca de vários tamanhos e modelos, desde pequenas plantadoras de duas linhas até plantadoras maiores de seis linhas (PLANTI CENTER, 2020; TREVISAN, 2020). Esses equipamentos foram desenvolvidos para realizar o plantio em sistema convencional após o preparo e nivelamento do solo. No entanto, recentemente, principalmente, no Estado do Paraná, vêm sendo realizados plantios diretos de mandioca. Os resultados de pesquisa de avaliação desse sistema ainda não são conclusivos, e não fornecem o embasamento necessário aos profissionais e produtores do setor para a adoção desta tecnologia (RANGEL *et al.*, 2018).

Mesmo assim, algumas fábricas brasileiras já vêm se preocupando em oferecer equipamentos que executem o plantio direto. Essas plantadoras recebem pequenas modificações, basicamente, com a implementação de um disco de corte para palha e uma haste subsoladora em cada linha de plantio (PLANTI CENTER, 2020; TREVISAN, 2020).

Quanto ao consumo de combustível total, Pequeno *et al.* (2007) observaram maior exigência de força e consumo de combustível no plantio convencional, mínimo e direto, respectivamente, que se deve ao maior número de operações no preparo do solo. No entanto, ao analisarem a receita líquida dos sistemas encontraram maior receita para o plantio convencional, mínimo e direto, respectivamente, em decorrência de maior produtividade obtida no sistema convencional, que embora tenha um maior custo com as operações de preparo de solo, proporciona rendimento superior de raízes de mandioca.

Até o presente momento, o funcionamento desses equipamentos não foi profundamente avaliado por pesquisas de longo prazo, embora já estejam sendo utilizados e têm realizado a operação de plantio, satisfatoriamente, para aos produtores (RANGEL *et al.*, 2018).

2.9 Plantio direto x outros sistemas

Embora amplamente utilizado, o plantio convencional desagrega o solo pela ação dos implementos, favorecendo a erosão das partículas finas (argila), incorporando os restos culturais e deixando a superfície do solo descoberta. Se mal utilizado, causa a compactação das camadas subsuperficiais, conhecidas como pé-de-arado e pé-de-grade, em função de mau uso destes equipamentos. Este sistema também causa maior perda de água por evaporação e maior oscilação térmica (GABRIEL FILHO *et al.*, 2000).

Gabriel Filho *et al.* (2000) avaliaram aos 90 e 240 dias após o plantio os efeitos dos sistemas de cultivo mínimo e plantio convencional, e não observaram diferenças nos teores de água do solo. Registraram, no entanto, maior densidade do solo e resistência à penetração no sistema convencional. Atribuem esses resultados ao efeito do desenvolvimento do sistema radicular e do recobrimento do solo pelas plantas de cobertura, que perduraram até a colheita da mandioca. Não observaram, todavia, diferenças significativas na produção de raízes e no esforço necessário para a colheita das raízes (arranquio) entre os sistemas avaliados.

Pequeno *et al.* (2007) observaram reduções na produtividade de raízes nos sistemas de plantio direto e cultivo mínimo com escarificação, frente ao sistema convencional (arado de aiveca + grade) de preparo do solo. Afirmam que esses resultados estão associados às condições físicas, tais como: densidade e porosidade que interferem diretamente nos teores de água e ar do solo e, conseqüentemente, na disponibilidade de nutrientes para as plantas. Observaram que essas condições foram limitantes no plantio direto, de modo que os outros sistemas de manejo proporcionaram menor densidade do solo, maior porosidade e menor resistência à penetração de raízes. Todavia, afirmam que em virtude dos resultados contraditórios entre as pesquisas revisadas, e a partir dos resultados diferentes entre os anos avaliados em sua pesquisa, os sistemas de preparo apresentam respostas diferenciadas a depender das condições ambientais de clima e solo.

Por outro lado, diversos autores não observaram variações na produtividade de raízes de mandioca ao comparar o sistema de plantio direto com outros sistemas de cultivo, como o convencional e o cultivo mínimo (MAHL *et al.*, 2019; FEY *et al.*, 2013; LOPES *et al.*, 2013).

Uma das principais vantagens do sistema de plantio direto está na redução de custos em função da não realização das operações de preparo do solo. Todavia, no que se refere à produtividade, os resultados de pesquisa são controversos. Estes benefícios quando somados com a redução na perda de água no solo pela sua cobertura, conseqüentemente, sua maior resistência à seca nos períodos de veranico, trazem maior estabilidade aos sistemas produtivos, refletindo certamente no tempo em maiores rendimentos ao agricultor (RANGEL *et al.*, 2018).

Otsubo *et al.* (2008) avaliando o uso de coberturas mortas em cultivo mínimo contrastando com o plantio convencional, observaram maior produção, número de raízes e teor de MS% para os tratamentos com cobertura morta em cultivo mínimo. A melhor cobertura vegetal avaliada foi o milheto, em comparação com a mucuna e sorgo, pois além de mostrar a maior produtividade, apresentou maior quantidade de matéria seca no solo e maior persistência da palha. Foi observado também maior índice de colheita para o tratamento com sistema convencional.

Silva *et al.* (2008), no primeiro ano de avaliação, observaram em um solo argiloso, que o sistema convencional de cultivo da mandioca reduziu a densidade e aumento na porosidade total do solo, especialmente na macroporosidade, quando comparado aos sistemas sob plantio direto com plantas de cobertura. Não observaram variações nos teores de MO entre os sistemas avaliados.

Carvalho *et al.* (1988) avaliando a cultivar BGM-001 (aipim-bravo) em fileiras duplas em três sistemas de preparo de solo: cultivo mínimo, plantio convencional e plantio convencional com consórcio com leguminosas não observaram diferenças na produção de raízes de mandioca, porém consideraram a redução de 65 a 75% dos custos referentes ao preparo do solo.

Otsubo *et al.* (2013) avaliaram o desempenho da cultivar industrial Fécula Branca, em diferentes sistemas de preparo do solo: plantio convencional, plantio direto sobre mucunacinha, plantio direto sobre sorgo-forrageiro e plantio direto sobre milheto. Observaram os maiores rendimentos de raízes no sistema de plantio direto sobre milheto diferindo estatisticamente do sistema convencional. Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente. Os autores observaram ainda maior rendimento de amido nos tratamentos conduzidos sob o sistema de plantio direto independente das coberturas avaliadas. Atribuem os melhores resultados tanto quanto à produtividade quanto ao teor de amido a uma maior manutenção da umidade nas camadas superficiais do solo. Concluem, portanto, a favor da viabilidade técnica do sistema de plantio para a cultura da mandioca considerando não só a produtividade, mas a qualidade da produção avaliada pelo teor de amido e os demais efeitos benéficos do sistema.

Rangel *et al.* (2018) ressalta que valores entre 5 a 10 t.ha⁻¹ de palha sobre o solo, dissecadas 30 a 60 dias antes do plantio, são quantidades ideais para o cultivo da mandioca. Resultados experimentais divulgados pelos mesmos autores ressaltam que quantidades superiores podem retardar a brotação das manivas o desenvolvimento inicial das plântulas de mandioca, em função de menor aquecimento do solo que pode ocorrer em regiões de latitude mais elevada.

Trabalhos mais recentes realizados pela Embrapa, avaliando o desempenho de cultivares de mandioca, apontam para a ocorrência de cultivares mais adaptadas ao sistema de plantio direto. Experimentações, ao longo do tempo, conduzidas em plantio direto sobre pastagens e restos

culturais de outras culturas culminaram no lançamento da cultivar BRS 420, com destacado desempenho nestes sistemas (EMBRAPA, 2019).

3 Conclusão

Os resultados de pesquisa sobre os efeitos do plantio direto sobre a produtividade de raízes de mandioca são variáveis e pouco conclusivos em função de pequeno número de experimentos realizados e a ausência de resultados de experimentos de longa duração, adequados à avaliação de sistemas de produção.

A elevada susceptibilidade da cultura da mandioca aos processos erosivos, aliada a exportação de nutrientes, principalmente o K, e por ser amplamente cultivada em solos arenosos e de baixa fertilidade natural, o cultivo da mandioca exige a adoção de práticas conservacionistas como o plantio em curvas em nível, a rotação de culturas, o uso de cobertura do solo, culturas intercalares entre outras técnicas.

O sistema de plantio direto, por contemplar diversos atributos conservacionistas, mostra-se como uma excelente ferramenta para aumentar a sustentabilidade dos sistemas produtivos, principalmente, por reduzir as perdas de solo por erosão, aumentar os teores de matéria orgânica, implementar a ciclagem de nutrientes pelas plantas de cobertura e reduzir as perdas de nutrientes por lixiviação.

A manutenção da palhada decorrente da adoção do sistema de plantio direto aumenta a retenção de água no solo, proporciona uma maior estabilidade de produção, principalmente, nas áreas susceptíveis a veranicos. A ausência de preparo do solo com arações e gradagens, também reduz os custos de produção e melhora a competitividade da cultura.

Os resultados positivos observados na experimentação agrônoma, as diversas experiências práticas relatadas, a existência de máquinas de plantio direto de mandioca no mercado, aliados aos efeitos benéficos do sistema aos ambientes produtivos, permitem a recomendação do plantio direto para o cultivo da mandioca.

No entanto, o presente estudo sinaliza a necessidade de pesquisas que possam auxiliar no desenvolvimento de práticas e tecnologias, necessárias à ampliação das áreas cultivadas com plantio direto desta importante cultura brasileira.

Referências

- AGROANALYSIS. As vantagens do plantio direto. *Agroanalysis*, v.27, n.12, p.38, 2007.
- ARAUJO, J.C.; SILVA, M.R.; DIONIZIO A. dos S. Plantio mecanizado de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz): informações sobre a disponibilidade e tecnologia em plantadora. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 15., 2013, Salvador. Anais... Cruz das Almas, BA: SBM/EMBRAPA, 2013.
- BALOTA, E.L. *et al.* Ocorrência de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.34, n.7, p.1265-1276, 1999.
- BANUWA, I.S. *et al.* Soil loss and cassava yield under ridge tillage in humid tropical climate of Sumatera, Indonesia. *Int. J.*

- Geomate, v.18, n.67, p.1-7, 2020. doi: 10.21660/2020.67.78211
- CARVALHO, F.L.C. *et al.* Efeito da redução do preparo do solo sobre o comportamento produtivo da mandioca. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.23, p.609-614, 1988.
- CRUZ, J. C. *et al.* *Sistema de Plantio Direto de milho*. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.html#>. Acesso em: 11. set. 2020.
- DIAS JR., M.S.; PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.20, p.175-182, 1996.
- EMBRAPA. *BRS 420: cultivar de mandioca precoce para indústria, adaptada ao plantio direto e à mecanização*. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2019.
- FEY, E. *et al.* efeito do sistema plantio direto sobre a produtividade da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em Sangão-SC. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA*, 15., 2013, Salvador. Anais... Cruz das Almas, BA: SBM/EMBRAPA, 2013.
- 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. *Ciênc. Rural*, v.30, n.6, p.953-957, 2000. doi: 10.1590/S0103-84782000000600005
- HECKLER, J. C.; SALTON J. C. *Palha: fundamentos do sistema plantio direto*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 26p.
- HOWELER, R. *Does cassava production degrade or improve the soil?* In: HOWELER, R. Sustainable soil and crop management of cassava in Asia. Cali: CIAT, 2014.
- HOWELER, R.; EZUMAH, H.C.; MIDMORE, D.J. Tillage systems for root and tuber crops in the tropics. *Soil Till. Res.*, v.27, p.211-240, 1993.
- IBGE. *Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA: levantamento sistemático da produção agrícola*. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>>. Acesso em: 10. set. 2020.
- LAL, R. Soil erosion and its relation to productivity in tropical soils. In: EL SWAIFY, S.A.; MOLDENHAUER, W.C.; LO, A. *Soil erosion and conservation*. Ankeny: Soil Conservation Society of America, 1985. p.237-247.
- LOPES, R. A. *et al.* Avaliação do teor de amido em raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), densidade e compactação do solo sob diferentes sistemas de preparo e espaçamento de plantio. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA*, 15., 2013, Salvador. Anais... Cruz das Almas, BA: SBM/EMBRAPA, 2013.
- LORENZI, J. O. *Mandioca*. Campinas: CATI, 2003. 110 p. (Boletim técnico, n. 245)
- MAHL, D., SZYMANSKI, A. M.; TINOS, A. C. Cultivo de mandioca na região noroeste do paraná sob varia o de preparo de solo e calagem. *Journal of agronomic sciences*, v.8, n.2, p.155-170, 2019.
- MARGOLIS E; CAMPOS FILHO, O. R. *Determina o dos fatores da equa o universal de perdas de solo num podzólico vermelho amarelo de Glória do Goitá*. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVA O DO SOLO. Recife-PE, Brazil, 28 July – 1 Aug 1980. p 239–250.
- MATTOS, P. L. P.; BEZERRA, V. S. *Cultivo da mandioca para o estado do Amapá*. EMBRAPA Mandioca e Fruticultura: Sistemas de Produ o, 2003.
- MELATTI, J.C. * ndios do Brasil*. São Paulo: EDUSP. 2007.
- MIRANDA, J. C. C. de; VILELA, L.; MIRANDA, L. N. de. Dinâmica e contribui o da micorriza arbuscular em sistemas de produ o com rota o de culturas. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.40, n.10, p.1005-1014, 2005. doi:10.1590/S0100-204X2005001000009
- NISHIGAKI, T. *et al.* Effect of mulching with vegetative residues on soil water erosion and water balance in an oxisol cropped by cassava in east Cameroon. *Land Degradation Develop.* v.28, n.2, p.682-690, 2017. doi:10.1002/ldr.2568
- OLIVEIRA O. A. P. *et al.* Influência de sistemas de preparo do solo na produtividade da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.25, p.443-450, 2001. doi: 10.1590/S0100-06832001000200020.
- OLSEN, K.M.; SCHAAL, B.A. Evidence on the origin of cassava: Phylogeography of *Manihot esculenta*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, v.96, p.5586-5591, 1999. doi: 10.1073/pnas.96.10.5586
- 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, p.327-332, 2008. doi: 10.1590/S0100-204X2008000300006
- OTSUBO, A.A.; SILVA, R.F.; MERCANTE, F.M. *Produtividade de mandioca cultivada em plantio direto sobre diferentes plantas de cobertura*. Dourados-MS: Embrapa, 2013.
- PEQUENO, M. G. *et al.* Efeito do sistema de preparo do solo sobre características agronômicas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.*, v.11, n.5, p.476-481, 2007. doi: 0.1590/S1415-43662007000500005
- PLANT CENTER. *Plantadeiras de mandioca*. Disponível em: <<http://www.plantcenter.com.br/produtos/plantadeiras-de-mandioca>>. Acesso em 23. Out. 2020
- PORTO D. W. B. *et al.* Atributos físicos de um latossolo vermelho-amarelo distrófico sob diferentes sistemas. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 7, p.46222-46234, 2020.
- PRIMAVESI, A.M. *Textos: plantio direto*. Disponível em: <<https://anamariaprimavesi.com.br/2019/06/20/plantio-direto/>>. Acesso em: 10 set. 2020.
- RANGEL, M. A. S.; FEY, E.; NEUBERT, E.O.; FIDALSKI, J. *Plantio direto da mandioca: aspectos do manejo*. Cruz das Almas: Embrapa, 2018. 28p.
- SALTON, J.C.; HERNANI L. C.; FONTES, C.Z. *Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília: Embrapa-SPI, 1998.
- SÃO PAULO. *Plantio direto caminho para a agricultura sustentável*. Disponível em: <<http://www.apta.sp.gov.br/noticias/plantio-diretocaminho-para-a-agricultura-sustentvel>>, 2005. Acesso em 23 out. 2020.
- SILVA, M. B. *et al.* Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.42, n.12, p.1755-1761, 2007.
- SILVA, R.F.D.A. *et al.* Atributos físicos e teor de matéria orgânica na camada superficial de um argissolo vermelho cultivado com mandioca sob diferentes manejos. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.32, n.6, p.2435-2441, 2008. doi: 10.1590/S0100-06832008000600021
- TORMENA, C.A. *et al.* Densidade, porosidade e resistência   penetra o em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. *Scie. Agríc.*, v.59, n.4, p.795-801, 2002. doi: 10.1590/S0103-90162002000400026.
- TORRES, E.; SARAIVA, O.F. *Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja*. Londrina: Embrapa Soja, 1999.
- TREVISAN. *Plantadeira de mandioca Trevisan*. Disponível em: <<https://www.trevisan.ind.br/plantadeira-mandioca-trevisan>>. Acesso em: 20 out. 2020.