

FRANCISCA GYSLANE DE SOUSA GARRETO

**CONSERVAÇÃO DO SOLO E DESEMPENHO DA MANDIOCA CULTIVADA EM
PLANTIO DIRETO APÓS MILHO SOLTEIRO OU CONSORCIADO COM
BRAQUIÁRIA**

Botucatu

2019

FRANCISCA GYSLANE DE SOUSA GARRETO

**CONSERVAÇÃO DO SOLO E DESEMPENHO DA MANDIOCA CULTIVADA EM
PLANTIO DIRETO APÓS MILHO SOLTEIRO OU CONSORCIADO COM
BRAQUIÁRIA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

Orientador: Dr. Adalton Mazetti Fernandes

Botucatu

2019

G239c Garreto, Francisca Gyslane de Sousa
Conservação do solo e desempenho da mandioca cultivada em plantio direto após milho solteiro ou consorciado com braquiária / Francisca Gyslane de Sousa Garreto. -- Botucatu, 2019

67 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Adalton Mazetti Fernandes

1. *Manihot esculenta*. 2. Sistema de cultivo. 3. Erosão. 4. Palhada. 5. Produtividade de raízes. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

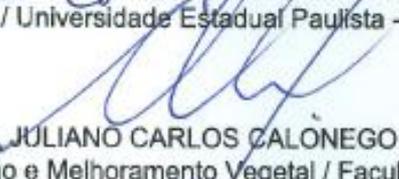
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CONSERVAÇÃO DO SOLO E DESEMPENHO DA MANDIOCA CULTIVADA EM PLANTIO DIRETO APÓS MILHO SOLTEIRO OU CONSORCIADO COM BRAQUIÁRIA

AUTORA: FRANCISCA GYSLANE DE SOUSA GARRETO

ORIENTADOR: ADALTON MAZETTI FERNANDES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ADALTON MAZETTI FERNANDES
CERAT / Universidade Estadual Paulista - UNESP


Prof. Dr. JULIANO CARLOS CALONEGO
Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP - Câmpus de Botucatu


Prof.ª Dr.ª MARILÉIA BARROS FURTADO DE MORAES RÉGO
Centro de Ciências Agrárias e Ambientais / Universidade Federal do Maranhão

Botucatu, 21 de fevereiro de 2019

Dedico

*A meus pais, Euclides e Laurineide,
e minha irmã, Polyana, que sempre me apoiaram e estiveram ao meu lado.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela graça da sua presença em minha vida, por estar sempre ao meu lado me dando forças para não desistir, saúde para persistir e fé para resistir à árdua caminhada da vida.

A minha amada família, minha mãe, Laurineide Valentim de Souza, meu pai, Euclides Lopes Garreto e minha irmã, Polyana de Sousa Garreto, que em meio às dificuldades, não mediram esforços para estar sempre ao meu lado, me dando coragem para não desistir dos meus objetivos, me apoiando nas minhas decisões e escolhas.

Aos meus familiares que sempre me apoiaram e acreditaram em mim, que sonharam junto comigo para que eu pudesse vencer mais essa etapa da minha vida.

A minha orientadora de graduação Maryzélia Furtado, que sempre será mais que uma orientadora, é uma mãe e uma amiga. Responsável por cinco anos da minha formação acadêmica e por eu ter entrado no mestrado, contribuiu e continua a contribuir na minha vida.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (Agricultura), pela oportunidade de realização do mestrado e dedicação de seus docentes.

À Fundação Agrisus (Projeto Agrisus no 2024/17) pelo financiamento desta pesquisa.

Ao CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudos concedida.

Ao professor Juliano Carlos Calonego por disponibilizar equipamento necessário para realização de uma das avaliações deste experimento.

Ao Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT) por disponibilizar a infraestrutura necessária. Aos funcionários do CERAT Luiz, Danilo, Débora e Juliana pelo apoio, convivência e amizade.

Ao meu orientador Prof. Dr. Adalton Mazetti Fernandes, pela orientação, ensinamentos, PACIÊNCIA, conselhos e exemplo de professor.

Aos amigos Jessica Silva, Luan Oliveira, Elder Mattos, Rudieli Machado, Ricardo Tajra, Nathalia Ribeiro, Ciro, Gustavo, Natália Assunção, Nathane, Karine, Katiane, Michely, Lydia, Hebert, Emerson, Jason e Jesion pela amizade, respeito e parceria criada por nós durante este período.

A minhas amigas de apartamento, de Estado, de lutas, sonhos e conquistas, Gabriela Nunes e Ivanayra Mendes. Obrigada por todos os momentos vividos e toda a amizade que se concretizou.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

Muito obrigada a todos.

"Peçam, e lhes será dado! Procurem, e encontrarão! Batam, e abrirão a porta para vocês! Pois todo o que pede, recebe; o que busca encontra; e àquele que bate, a porta será aberta".

Mateus 7:7-8.

RESUMO

As áreas com cultivo de mandioca são as que apresentam as maiores perdas de solo e água por erosão. O plantio direto dessa cultura é uma alternativa para minimizar esses problemas, porém ainda existem dúvidas se essa técnica de manejo afetaria negativamente a produtividade de raízes. Deste modo, objetiva-se com este estudo avaliar as perdas de solo e água por escoamento superficial e a produtividade de raízes e amido da mandioca cultivada com preparo convencional e direto do solo, em sucessão ao milho solteiro e milho consorciado com braquiária. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro sistemas de preparo do solo: preparo convencional após milho solteiro (PC-MS), preparo convencional após milho consorciado com braquiária (PC-MC), plantio direto após milho solteiro (PD-MS) e plantio direto após milho consorciado com braquiária (PD-MC). A mandioca foi plantada em sucessão ao milho e colhida com 16 meses de ciclo. Os resultados obtidos indicam que o plantio direto da mandioca de uso industrial não afeta negativamente a produtividade de raízes, de amido e de farinha, principalmente quando seu cultivo é realizado sobre palhada de milho consorciado com braquiária. Na mandioca implantada no período de outono-inverno as perdas de água e solo por erosão são elevadas somente a partir de novembro, quando a precipitação é maior. Em plantio convencional a perda de água e solo por ciclo da mandioca é de 32,7 mm e 28,4 t ha⁻¹ de solo, mas no plantio direto a perda de água e solo por erosão foram 30% e 33% menores do que no sistema com preparo convencional.

Palavras-chave: *Manihot esculenta*. Sistema de cultivo. Erosão. Palhada. Produtividade de raízes.

ABSTRACT

The areas with cassava cultivation are those that present the highest soil and water losses by erosion. No-tillage of this crop is an alternative to minimize these problems, but there is still doubt whether this management technique would negatively affect root yield. The objective of this study was to evaluate the losses of soil and water by runoff and the yield of roots and starch of cassava cultivated with soil conventional tillage and no-tillage, in succession to single corn and corn intercropped with brachiaria. The experimental design was a randomized block, with five replications. The treatments consisted of four soil tillage systems: conventional tillage after single corn (PC-MS), conventional tillage after corn intercropped with Brachiaria (PC-MC), no-tillage after single corn (PD-MS) and no-tillage after corn intercropped with Brachiaria (PD-MC). The cassava was planted in succession to corn and harvested with 16 months of cycle. The results indicate that the no-tillage of cassava of industrial use does not negatively affect the yield of roots, starch and flour, mainly when its cultivation is carried out on straw of corn intercropped with Brachiaria. In cassava planted in the autumn-winter period, the water and soil losses due to erosion are only higher in November, when precipitation is higher. In conventional tillage, water and soil losses during cassava cycle were 32.7 mm and 28.5 t ha⁻¹, but in no-tillage, water loss and erosion were 30% and 33% lower than in the conventional tillage.

Keywords: *Manihot esculenta*. Cultivation system. Erosion. Straw. Root yield.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Precipitação pluviométrica (■), temperatura mínima (—) e temperatura máxima diária (—) em São Manuel-SP, e indicação das épocas de plantio, repouso fisiológico e colheita da mandioca 33
- Figura 2 – Detalhe da unidade coletora instalada no sentido do declive para avaliar a perda de água e solo 37
- Figura 3 – Quantidade de cobertura do solo na fase inicial de desenvolvimento da mandioca de indústria implantada durante o período seco (maio 2017) em sistema de preparo convencional (PC) e direto do solo (PD) após milho solteiro (MS) ou consorciado com *Urochloa brizantha* (MC) na safra de verão de 2016/17 41
- Figura 4 – Perda mensal de água por escoamento superficial durante o cultivo da mandioca de indústria implantada durante o período seco (maio 2017) em sistema de preparo convencional e direto do solo após milho solteiro ou consorciado com *Urochloa brizantha* na safra de verão de 2016/17 44
- Figura 5 – Perda mensal de solo por escoamento superficial durante o cultivo da mandioca de indústria implantada durante o período seco (maio 2017) em sistema de preparo convencional e direto do solo após milho solteiro ou consorciado com *Urochloa brizantha* na safra de verão de 2016/17 45
- Figura 6 – Teor de água no solo ao 1 MAP (a) e 16 MAP (b) da mandioca de indústria implantada durante o período seco (maio 2017) em sistema de preparo convencional (PC) e direto (PD) do solo após milho solteiro (MS) ou consorciado com *Urochloa brizantha* (MC) na safra de verão de 2016/17 48
- Figura 7 – Resistência do solo à penetração ao 1 MAP (a) e 16 MAP da mandioca de indústria implantada durante o período seco (maio 2017), na linha (a e b) e entrelinha (c e d) de cultivo, em sistema de preparo convencional (PC) e direto (PD) do solo após milho solteiro (MS) ou consorciado com *Urochloa brizantha* (MC) na

safra de verão de 2016/17	49
---------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Características químicas e granulométricas do solo da área experimental nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, antes da semeadura do milho de verão	32
Tabela 2 –	Perda de água e solo por escoamento superficial acumulada durante o ciclo de 16 meses de cultivo da mandioca de indústria implantada durante o período seco (maio 2017) em sistema de preparo convencional (PC) e direto do solo (PD) após milho solteiro (MS) ou consorciado com <i>Urochloa brizantha</i> (MC) na safra de verão de 2016/17	46
Tabela 3 –	Número de hastes por planta, diâmetro das hastes, número de folhas por planta e altura das plantas de mandioca de indústria implantada durante o período seco (maio 2017) em sistema de preparo convencional (PC) e direto do solo (PD) após milho solteiro (MS) ou consorciado com <i>Urochloa brizantha</i> (MC) na safra de verão de 2016/17	52
Tabela 4 –	População final de plantas, acúmulo de matéria seca na parte aérea, cepas, raízes tuberosas e na planta inteira de plantas de mandioca de indústria implantada durante o período seco (maio 2017) em sistema de preparo convencional (PC) e direto do solo (PD) após milho solteiro (MS) ou consorciado com <i>Urochloa brizantha</i> (MC) na safra de verão de 2016/17	53
Tabela 5 –	Número, comprimento, diâmetro, peso médio e produtividade de raízes tuberosas frescas de plantas de mandioca de indústria implantada durante o período seco (maio 2017) em sistema de preparo convencional (PC) e direto do solo (PD) após milho solteiro (MS) ou consorciado com <i>Urochloa brizantha</i> (MC) na safra de verão de 2016/17	54
Tabela 6 –	Porcentagem de matéria seca nas raízes (MSR), teor de amido nas raízes e produtividade de amido, rendimento e produtividade de farinha das plantas de mandioca de indústria implantada durante o período seco (maio 2017) em sistema de preparo	

convencional (PC) e direto do solo (PD) após milho solteiro (MS)
ou consorciado com *Urochloa brizantha* (MC) na safra de verão
de 2016/17 56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1	Cultura da mandioca	23
2.2	Plantio Direto	25
2.3	Plantio Direto da mandioca	28
3	MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1	Localização e características da área experimental	32
3.2	Delineamento experimental e tratamentos	33
3.3	Instalação e condução do experimento	34
3.4	Avaliações	35
3.4.1	Cultura da mandioca	35
3.4.1.1	Cobertura vegetal e perdas de água e solo	35
a)	Produção de palhada inicial e cobertura vegetal durante o ciclo da mandioca	35
b)	Perdas de água e solo por escoamento superficial	36
c)	Teor de água do solo	37
d)	Resistência do solo à penetração	37
3.4.1.2	Componentes de produção da mandioca	38
a)	Número e diâmetro das hastes, número de folhas por planta e altura da planta	38
b)	População final de plantas	38
c)	Acúmulo de matéria seca (MS) na parte aérea, cepas, raízes tuberosas e na planta inteira	38
d)	Número, comprimento, diâmetro, peso médio e produtividade de raízes tuberosas	38
e)	Porcentagem de MS nas raízes tuberosas	39
f)	Teor e produtividade de amido nas raízes tuberosas	39
g)	Rendimento e produtividade de farinha	39
3.5	Análise estatística	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1	Cobertura vegetal e perdas de água e solo	41

a)	Cobertura vegetal durante o ciclo da mandioca	41
b)	Perdas de água e solo por escoamento superficial	42
c)	Teor de água do solo	47
d)	Resistência do solo à penetração	48
4.2	Componentes de produção da mandioca	51
a)	Número e diâmetro das hastes, número de folhas por planta e altura da planta	51
b)	População final de plantas, acúmulo de matéria seca (MS) na parte aérea, cepas, raízes tuberosas e na planta inteira	52
c)	Número, comprimento, diâmetro, peso médio e produtividade de raízes tuberosas	53
d)	Porcentagem de MS, teor e produtividade de amido nas raízes tuberosas, rendimento e produtividade de farinha	55
5	CONCLUSÕES	58
	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) destaca-se como importante fonte de carboidrato para mais de 700 milhões de pessoas no mundo, especialmente nos países em desenvolvimento. Por se tratar de uma cultura, cujo principal órgão de interesse comercial são as raízes de reserva, o cultivo da mandioca tem sido indicado para solos de textura média a arenosa, pois nestes solos há uma maior facilidade de crescimento das raízes, maior drenagem e maior facilidade de colheita (SOUZA; SOUZA, 2000; SOUZA et al., 2009; FIALHO; VIEIRA, 2011).

No entanto, o cultivo da mandioca em solos arenosos também apresenta suas desvantagens. Esses solos são naturalmente mais suscetíveis ao processo de erosão hídrica e a mandioca é uma das culturas que mais provoca perdas de solo e água por erosão por apresentar crescimento inicial lento. Com isso, as perdas por erosão são elevadas principalmente nos primeiros meses após o plantio (MAP) da mandioca, em consequência da baixa cobertura do solo proporcionada pela cultura nessa fase inicial. Dessa forma, há a necessidade de se adotar práticas conservacionistas de manejo do solo nas áreas de cultivo de mandioca, com o objetivo de manter a fertilidade do solo e a produtividade da cultura.

Neste contexto, o plantio direto (PD) da mandioca é uma alternativa que pode reduzir as perdas de solo por erosão mantendo e/ou melhorando a qualidade dos solos. Porém como o órgão de interesse comercial da mandioca se desenvolve abaixo do solo, ainda existem dúvidas quanto à eficiência produtiva da cultura sem revolvimento prévio do solo (FASINMIRIN; REICHERT, 2011), uma vez que existem trabalhos indicando que há uma redução na produtividade de raízes em PD (OLIVEIRA et al., 2001; PEQUENO et al., 2007a; ODJUGO, 2008).

Os resíduos acumulados na superfície do solo em PD tem por características conservar a estrutura do solo, aumentar a retenção de umidade e reduzir a temperatura do solo, porém, essas características podem favorecer o crescimento da parte aérea da mandioca em detrimento da produção de raízes (FASINMIRIN; REICHERT, 2011). No entanto, algumas pesquisas indicam que o uso de diferentes coberturas vegetais no PD da mandioca pode proporcionar produtividade de raízes iguais (GABRIEL FILHO et al., 2000) ou até superiores (OTSUBO et al., 2008) àquelas obtidas com o preparo convencional do solo.

Deste modo, objetiva-se com este estudo avaliar as perdas de solo e água por escoamento superficial e a produtividade de raízes e amido da mandioca

cultivada com preparo convencional e direto do solo, em sucessão ao milho solteiro e milho consorciado com braquiária.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura da mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Cranz) é uma planta perene (VALLE; LORENZI, 2014), arbustiva, pertencente à família das Euforbiáceas (NEVES et al., 2014). A mandioca é considerada uma das principais explorações agrícolas do mundo e entre as tuberosas ela é superada apenas pela batata (SOUZA; OTSUBO, 2002).

No Brasil, a mandioca é uma cultura de grande importância socioeconômica (OTSUBO et al., 2008), considerada uma das culturas mais importantes do cenário agrícola do país (VALLE; LORENZI, 2014) e destaca-se como uma das culturas alimentares mais importantes nos trópicos úmidos (FIORDA et al., 2013). As raízes da mandioca estão entre as principais fontes de carboidratos (PINTO, 2010), além de ser um alimento com alto valor energético, que pode ser aproveitado tanto na alimentação humana, quanto na de animais (MODESTO et al., 2004; SCHONS et al., 2009), e devido a ampla utilização, a mandioca tem sido considerada como uma grande geradora de emprego e renda (SILVA et al., 2007).

Conhecida por sua rusticidade e pelo papel social que desempenha junto às populações de baixa renda, a cultura da mandioca apresenta grande adaptabilidade aos diferentes ecossistemas, o que possibilita seu cultivo em praticamente toda extensão territorial do país (MODESTO et al., 2004; NUNES et al., 2009; SCHONS et al., 2009). Tolerante a altas precipitações como da Região Amazônica, até as deficiências hídricas do Semiárido, porém, apresenta restrição quanto à temperatura, por ser uma planta essencialmente tropical, cultivada entre 30° N e 30° S e em altitude inferior a 1.200 m, condições estressantes o suficiente para que outras culturas sejam totalmente inviáveis (VALLE; LORENZI, 2014).

O Brasil é o maior produtor de mandioca do continente americano. Entretanto, a produção brasileira, apesar de ser bastante significativa, praticamente estagnou nos últimos anos (OTSUBO; LORENZI, 2002). Um dos fatores que interferem nessa oscilação da produção é o baixo nível tecnológico empregado no cultivo desta cultura.

A produção brasileira de mandioca em 2018 foi de aproximadamente 20 milhões de toneladas, sendo os principais estados produtores Pará, Paraná, Bahia, Maranhão e São Paulo (IBGE, 2018).

Devido a cultura da mandioca apresentar inúmeras vantagens em relação a outros cultivos e ser um alimento de extrema importância para a população, principalmente de países tropicais, onde sua produção é mais elevada, sua industrialização vem ganhando destaque na economia, sendo utilizada como matéria-prima para diversos produtos, como a fécula e seus subsequentes (FREITAS; LEONEL, 2008). Suas raízes são utilizadas tanto para o consumo *in natura* como para fins industriais, sendo que dependendo da finalidade de uso das raízes, as variedades e o sistema de condução da cultura são bastante diferentes.

As variedades de mandioca para consumo *in natura*, também chamadas de mandiocas “doces ou de mesa”, apresentam baixos teores de ácido cianídrico nas raízes e são colhidas mais precocemente com 8 a 14 meses de ciclo (OTSUBO; LORENZI, 2002). Nesses cultivos, busca-se produzir raízes longas, uniformes, com maior diâmetro e com bom cozimento. Já variedades de mandioca para indústria apresentam maior teor de ácido cianídrico nas raízes e são colhidas normalmente com dois ciclos vegetativos, ou seja, de 16 a 24 meses, em função da maior produtividade e qualidade da farinha e do amido (OTSUBO; LORENZI, 2002; TAKAHASHI, 2002), não tendo grandes restrições quanto ao formato das raízes produzidas.

No entanto, a mandioca é uma das culturas que provoca as maiores perdas de solo e água por erosão, devido ao seu crescimento inicial lento, permanecendo o solo descoberto e desprotegido por mais tempo do que ocorre com outras culturas, bem como devido ao maior espaçamento de plantio e a movimentação de solo por ocasião do plantio e da colheita (SOUZA et al., 2006; SOUZA; SOUZA, 2006). Todas essas características da cultura contribuem para que haja a degradação da estrutura dos solos favorecendo assim o processo erosivo. As perdas de solo nas áreas de cultivo de mandioca chegam a ser 31% maiores do que as observadas em culturas como amendoim, arroz e algodão, e aproximadamente 55% superiores as obtidas em áreas de cultivo de soja (MARQUES et al., 1961; SOUZA et al., 2006). Devido a essas características, e por absorver grandes quantidades de nutrientes e exportar praticamente tudo aquilo que é absorvido, a mandioca tem sido considerada como uma cultura esgotante e degradadora do solo (TERNES, 2002; SOUZA; SOUZA, 2006).

Por ser uma cultura cujo principal órgão de interesse comercial são as raízes de reserva, o cultivo da mandioca tem sido indicado para solos de textura média a

arenosa, pois nestes solos há uma maior facilidade de crescimento das raízes, maior drenagem e maior facilidade de colheita (SOUZA; SOUZA, 2000; SOUZA et al., 2009; FIALHO; VIEIRA, 2011). Em contrapartida, nos solos arenosos os problemas com erosão são maiores, tendo em vista que esses solos são naturalmente mais suscetíveis ao processo de erosão hídrica (FILIZOLA et al., 2011), além de apresentarem maior fragilidade estrutural (WATANABE et al., 2002), favorecendo a perda da capacidade produtiva em cultivos sucessivos.

No estado de São Paulo, o plantio da mandioca tem se concentrado em duas épocas, ou seja, entre maio e agosto, chamado de plantio antecipado ou do período seco e frio; e entre setembro e outubro, que representa o plantio do início das chuvas e em época quente (PERESSIN, 2013; LEONEL et al., 2015). No plantio das secas (maio-agosto), como o estabelecimento da cultura é mais lento (entre 45 e 60 dias) (LEONEL et al., 2015), o solo fica exposto por mais tempo, mas, provavelmente, as perdas de solo são menores por conta do menor volume de chuvas. Porém, no plantio do período chuvoso e quente, apesar da brotação e emergência da mandioca serem mais rápidas (15 a 30 dias) (LEONEL et al., 2015), o maior volume de chuvas no solo preparado, descoberto e com pouca cobertura inicial pela cultura, potencializa os efeitos negativos dos processos de erosão (SOUZA et al., 2006; OTSUBO et al., 2012).

2.2 Plantio Direto

O preparo do solo constitui uma operação importante no manejo das culturas, pois consiste em criar um ambiente favorável ao crescimento e desenvolvimento das plantas (THIMÓTEO et al., 2001). Para garantir a produtividade, estabilidade e a sustentabilidade dos ecossistemas naturais e dos agroecossistemas é de grande importância a manutenção e a melhoria da qualidade dos solos de cultivo (SILVA et al., 2008).

Com essa preocupação, com o intuito de conservar o solo e melhorar o ambiente produtivo (CHIEPPE JÚNIOR et al., 2007), nos últimos anos, métodos de preparo do solo, como o preparo reduzido e o PD, vêm sendo adotados em substituição aos métodos convencionais, a fim de mitigar problemas de degradação do solo (MAZURANA et al., 2011).

O PD constitui-se em um sistema de implantação de culturas em solo não revolvido e protegido por cobertura morta, proveniente de restos de culturas,

coberturas vegetais semeadas para esse fim e de plantas daninhas controladas por métodos químicos combinados (FIDELIS et al., 2003). Nesse sistema de plantio, o solo é submetido a um menor tráfego de máquinas (SECCO et al., 2005), o uso de insumos químicos, o consumo de combustível e o custo de produção são menores, além do que há uma maior proteção do solo e conservação da umidade, com redução significativa da erosão (MOTTER; ALMEIDA, 2015).

Os resíduos acumulados na superfície do solo conservam a estrutura, aumentam a retenção de umidade e reduzem a temperatura do solo (FASINMIRIN; REICHERT, 2011). Além disso, o tipo de cobertura vegetal tem grande influência sobre o escoamento superficial e a produção de sedimentos, uma vez que a cobertura vegetal atenua o impacto das precipitações, diminuindo a energia cinética das gotas de água e a velocidade da água no solo (TEIXEIRA; MISRA, 1997; TARTARI et al., 2012). Nesse sistema de manejo do solo, as culturas de cobertura para a formação de palhada também contribuem para sequestrar carbono atmosférico, aumentar a matéria orgânica do solo e reciclar nutrientes (PACHECO et al., 2017), sem contar que a presença de biomassa na superfície do solo contribui significativamente para aumentar a eficiência de uso da água pelas culturas (CARVALHO et al., 2011) e a infiltração de água no solo (LAL et al., 1980; TARTARI et al., 2012).

O PD é, sem dúvida, um dos principais responsáveis pelo significativo aumento da produtividade e continuidade da exploração agrícola dos solos brasileiros (CRUSCIOL et al., 2009), pois esse sistema de manejo, se bem conduzido, pode eliminar ou reduzir as causas da degradação física, química ou biológica dos solos resultantes das explorações agrícolas (KLUTHCOUSKI et al., 2000; CRUSCIOL et al., 2009), além de reduzir os custos de produção referentes as operações de preparo do solo.

No entanto, uma das dificuldades para o PD nas regiões com inverno seco é a manutenção permanente de uma quantidade mínima de palhada na superfície do solo, em função da baixa produção de palhada das culturas de cobertura (KLUTHCOUSKI et al., 2000; CRUSCIOL et al., 2009; SORATTO et al., 2013). Diversos fatores podem influenciar a quantidade de resíduos vegetais das plantas utilizadas em cobertura do solo, esta pode variar em função da região de cultivo, condições edafoclimáticas e do tipo de planta utilizada, com isso, pode haver maior

ou menor produção de fitomassa (ALVARENGA et al., 2001), interferindo diretamente na taxa de cobertura do solo.

Porém, o cultivo consorciado é uma alternativa viável que pode aumentar a massa vegetal por área e conseqüentemente aumentar a quantidade de palhada na superfície do solo (FREITAS et al., 2013). Crusciol et al. (2009) destacam o consórcio de milho e sorgo com plantas forrageiras, notadamente *Urochloa brizantha* e *Panicum maximum*, com ênfase para o consórcio de milho com braquiária, que tem proporcionado produções médias de palhada de 12 t ha⁻¹, as quais proporcionam plena cobertura do solo com boa espessura de palhada. Borghi et al. (2008) em avaliação realizada aos 7 meses após a colheita do milho verificaram que a quantidade de palhada na superfície do solo antes da semeadura da safra de verão seguinte variou de 7 a 13 t ha⁻¹ nas áreas onde ocorreu o consórcio de milho com *U. brizantha*, enquanto nas áreas com milho solteiro a quantidade de palhada foi de apenas 2,5 t ha⁻¹.

As plantas forrageiras quando utilizadas para cobertura do solo caracterizam-se por apresentarem ativo e contínuo crescimento radicular, alta capacidade de produção de fitomassa, reciclagem de nutrientes e preservação do solo no que se refere a matéria orgânica, nutrientes, agregação, estrutura e permeabilidade, além de impedir a formação de crostas, permitindo elevada taxa de infiltração de água no solo e melhor movimentação e conservação de água no perfil, em função dos canais abertos pelas raízes decompostas (CHIEPPE JÚNIOR et al., 2007).

No PD de grãos o não revolvimento do solo promove modificações na ciclagem dos nutrientes (SILVA et al., 2006) e a escolha da espécie de cobertura do solo tem grande impacto sobre a produtividade de grãos. Carvalho et al. (2004) observaram que no primeiro ano de cultivo do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de PD e convencional, houve menores valores dos componentes de produção no sistema de PD, o que segundo os autores pode ter ocorrido devido a maior mobilização de nitrogênio e a decomposição mais lenta dos resíduos culturais, que ocorre no início desse sistema, prejudicando a adequada nutrição da cultura do milho. No entanto, em estudo avaliando plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em PD, observou-se que o rendimento de grãos é mais afetado pela espécie produtora de palhada do que pela forma de cultivo (OLIVEIRA et al., 2002).

Portanto, é importante ter atenção com os sistemas de preparo e o manejo dos resíduos culturais adotados, a fim de proporcionar condições favoráveis ao

crescimento e desenvolvimento das plantas e a sustentabilidade dos sistemas de produção (WATANABE et al., 2002; CAVALIERI et al., 2006).

2.3 Plantio Direto da mandioca

O preparo do solo é um dos pontos fundamentais nos sistemas de produção de mandioca e pode interferir na produtividade final da cultura. Os impactos dos sistemas de preparo do solo nessa cultura podem representar efeitos negativos mais evidentes devido às características inerentes ao seu cultivo, como a baixa proteção do solo no seu estágio inicial de crescimento (SILVA et al., 2008).

No cultivo de mandioca o sistema de preparo do solo mais comum é o preparo convencional, que normalmente envolve a utilização de uma aração e duas gradagens, que pode trazer problemas de compactação, erosão, empobrecimento do solo e consequente queda na produtividade dos cultivos (GABRIEL FILHO et al., 2000; OTSUBO et al., 2008; OTSUBO et al., 2012; FIGUEIREDO et al., 2017). Esses problemas reforçam a necessidade da adoção de técnicas que melhorem ou mantenham as características positivas do solo, a fim de proporcionar o maior aproveitamento da sua capacidade produtiva.

Os preparos conservacionistas são práticas que tem por objetivo conservar, melhorar e tornar mais eficaz o uso de recursos naturais por meio do gerenciamento combinado do solo e da água disponíveis (FASINMIRIN; REICHERT, 2011). Sendo assim, a adoção de sistemas que mantêm na superfície do solo os resíduos de culturas de cobertura, como é o caso do PD, pode constituir em uma alternativa tecnicamente viável, sobre o ponto de vista da sustentabilidade produtiva para a cultura da mandioca (OTSUBO et al., 2012).

Uma hipótese que reforça a ideia de que a mandioca possa ser cultivada em PD é que, diferente do que se acreditava no passado, o preparo profundo do solo não aumenta a produtividade da mandioca, não havendo assim, a necessidade do preparo do solo ultrapassar a profundidade de 0,15 a 0,20 m (SOUZA; SOUZA, 2006), exceto quando há a presença de compactação abaixo dessa camada. Além disso, como no caso da mandioca para uso industrial o formato das raízes não tem tanta relevância, sendo mais importantes os teores de matéria seca e de amido das raízes, pode ser que o PD seja uma alternativa interessante para diminuir as perdas de solo por erosão mantendo e/ou melhorando a qualidade dos solos.

No cultivo da mandioca, o PD baseia-se na implantação da cultura sobre os restos vegetais da cultura anterior sem haver o preparo do solo, mas há a necessidade de revolvimento do solo no momento da colheita (LEONEL et al., 2015), o que não caracteriza o PD da mandioca como um sistema de plantio direto (SPD), como ocorre nas culturas de grãos, em que não há revolvimento do solo após implantação do sistema. Como na mandioca o órgão de interesse comercial se desenvolve abaixo do solo, ainda existem dúvidas se o plantio dessa cultura sem o revolvimento prévio do solo tem a mesma eficiência produtiva que os cultivos em que o solo é revolvido (FASINMIRIN; REICHERT, 2011), uma vez que existem trabalhos indicando que no PD há uma redução na produtividade de raízes em comparação ao preparo convencional do solo (OLIVEIRA et al., 2001; PEQUENO et al., 2007a; ODJUGO, 2008), porque acredita-se que o PD, por manter a temperatura do solo mais baixa e a umidade mais elevada, possa favorecer o crescimento da parte aérea da mandioca em detrimento da produção de raízes (FASINMIRIN; REICHERT, 2011).

Apesar de alguns trabalhos indicarem um menor desempenho produtivo da mandioca em condição de PD (OLIVEIRA et al., 2001; PEQUENO et al., 2007a; ODJUGO, 2008; FASINMIRIN; REICHERT, 2011; FIGUEIREDO et al., 2014; FIGUEIREDO et al., 2017), existem indícios de que o PD quando associado ao uso de plantas de cobertura do solo pode aumentar a sustentabilidade dos sistemas de produção de mandioca, além de oferecer condições mais favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas (OTSUBO et al., 2008).

Estudo realizado por Otsubo et al. (2008) demonstrou que o plantio da mandioca de uso industrial sobre palhada de milho, manejada apenas com herbicida e rolo faca, proporcionou maior produtividade de raízes e teor de amido nas raízes que o preparo convencional do solo, que recebeu uma aração e duas gradagens. Esses autores também verificaram que quando a planta de cobertura utilizada foi a mucuna cinza ou o sorgo granífero, a produtividade de raízes da mandioca não diferiu do tratamento com preparo convencional do solo, apesar dos teores de amido das raízes terem sido maiores.

O PD de mandioca sobre palhada de aveia preta (GABRIEL FILHO et al., 2000; OTSUBO et al., 2012) ou ervilhaca comum (GABRIEL FILHO et al., 2000) também tem proporcionado produtividades de raízes similares as obtidas na condição de preparo convencional do solo. Isso mostra que o PD da mandioca

associado ao uso de plantas de cobertura é uma técnica promissora de cultivo em áreas de produção dessa espécie tuberosa. Pequeno et al. (2007a) recomendam a utilização de resíduos vegetais nas áreas de cultivo da cultura da mandioca, com uso de plantas que apresentem elevada relação Carbono/Nitrogênio (C/N), proporcionando efetiva cobertura do solo, principalmente, na fase inicial de crescimento das plantas.

De acordo com Fasinmirin e Reichert (2011) a mandioca pode ser cultivada com sucesso em PD e apresentar ótimo crescimento e produtividade, além de ao mesmo tempo haver a conservação das propriedades físicas do solo. Esses autores argumentam que embora no PD da mandioca a resistência à penetração do solo seja maior, o que poderia ter um efeito negativo sobre a produtividade de raiz, esse sistema é mais rentável em termos de acúmulo de nutrientes no solo, o que pode tornar o PD como uma ótima opção para a produção de mandioca. O PD da mandioca tem sido adotado pelos produtores especialmente quando o solo é arenoso ou muito arenoso (LORENZI et al., 2002). De acordo com Costa et al. (2003), a qualidade física de solos agrícolas pode ser afetada por diversos fatores, como o sistema de manejo, textura de solo, tempo de uso do solo, condições edafoclimáticas, sistemas de cultura utilizados e a condição de umidade do solo em que são realizadas as operações de campo. Segundo os mesmos autores, as práticas de manejo têm maior impacto sobre as propriedades físicas de solos arenosos do que de solos argilosos.

Outro fator a ser considerado na escolha dos sistemas de manejo do solo é a qualidade física desses solos, sendo importante compreender e quantificar os impactos desses sistemas para garantir o melhor desenvolvimento de sistemas agrícolas de modo sustentável (SILVA et al., 2008). Segundo estes autores, os efeitos dos sistemas de manejo nas propriedades físicas do solo são verificados na fase inicial do estabelecimento da cultura da mandioca, com intensidade variável em função da espécie da cultura de cobertura. Esses sistemas podem influenciar fatores como a densidade do solo, resistência do solo à penetração (CAVALIERI et al., 2006) e porosidade do solo (SILVA et al., 2008).

Porém, segundo Ralisch et al. (2008) a consolidação do sistema de plantio direto minimiza os efeitos de compactação do solo, em função da proteção física da cobertura permanente, do aumento dos teores de matéria orgânica do solo e do efeito dos sistemas radiculares das plantas.

Deste modo, deve-se planejar e executar práticas de manejo e de conservação do solo e da água a fim de manter, ou mesmo melhorar, seus atributos de modo a aumentar a capacidade do solo em sustentar uma produtividade competitiva, sob aspectos físicos, químicos e biológicos, sem comprometer a qualidade do solo e da água (STEFANOSKI et al., 2013).

No entanto, como ainda existem poucas informações sobre o PD na cultura da mandioca, há a necessidade da realização de mais estudos envolvendo este tema (OTSUBO et al., 2012). Portanto, a execução desse trabalho será de grande importância para que haja maior conhecimento sobre os benefícios do PD em solos cultivados com mandioca e o desempenho produtivo dessa espécie tuberosa em condições de PD.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e características da área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental São Manuel da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, em São Manuel-SP (22° 77' S; 48° 57' W e 740 m de altitude). O solo do local é um Latossolo Vermelho distrófico, de textura arenosa com declividade de 11%. Antes da semeadura do milho, o solo da área apresentava as características químicas e granulométricas apresentadas na Tabela 1. A área experimental foi mantida em pousio até o ano de 2014. Entre 2014 e 2016 a área foi cultivada com mandioca de uso industrial, a qual foi instalada mediante sistema de preparo convencional do solo com aração e gradagem.

Tabela 1 - Características químicas e granulométricas do solo da área experimental nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, antes da semeadura do milho de verão. Média de quatro repetições.

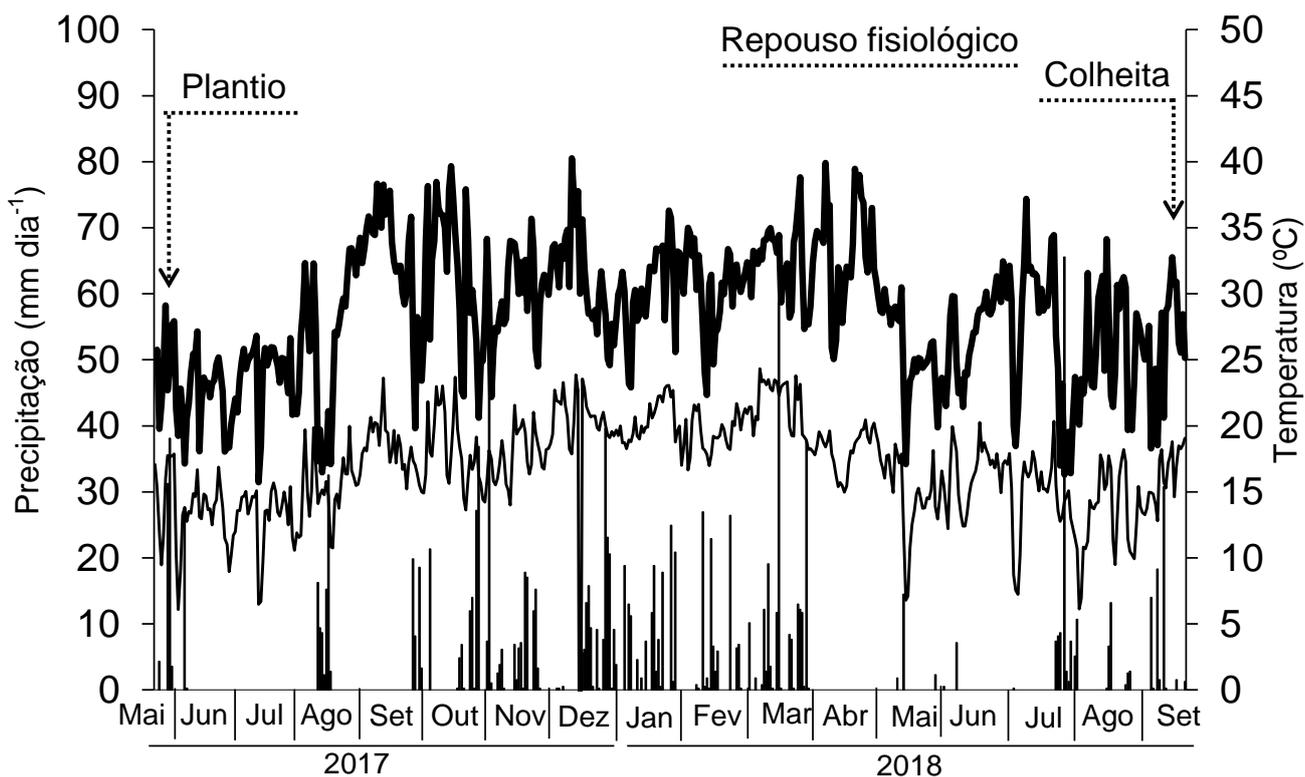
Características do solo	Profundidade (cm)	
	0-20	20-40
	Milho de verão/Mandioca	
pH (CaCl ₂)	5,1	4,8
M.O. (g dm ⁻³)	10	4
Presina (mg dm ⁻³)	12	4
K (mmol _c dm ⁻³)	0,74	0,42
Ca (mmol _c dm ⁻³)	11	9
Mg (mmol _c dm ⁻³)	6	4
Al ³⁺ (mmol _c dm ⁻³)	0	2
H+Al (mmol _c dm ⁻³)	17	19
CTC (mmol _c dm ⁻³)	34	32
V (%)	52	42
m (%)	0	13
S (mg dm ⁻³)	5	11
B (mg dm ⁻³)	0,24	0,20
Cu (mg dm ⁻³)	1,6	1,2
Fe (mg dm ⁻³)	19	13
Mn (mg dm ⁻³)	8,8	2,5
Zn (mg dm ⁻³)	1,6	0,3
Areia	872	- ⁽¹⁾
Silte	24	-
Argila	104	-

⁽¹⁾ Valores não determinados.

O clima na área experimental, segundo a classificação de Köppen (1948), é do tipo Cfa, clima temperado quente (mesotérmico) úmido com uma estação seca, que vai de abril a agosto. O período chuvoso compreende os meses de primavera-verão, com índices hídricos relativamente elevados (CUNHA; MARTINS, 2009).

A precipitação pluvial foi monitorada por estação meteorológica instalada no local do experimento, na Fazenda Experimental São Manuel da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, em São Manuel-SP (Figura 1).

Figura 1 – Precipitação pluviométrica (■), temperatura mínima (—) e temperatura máxima diária (—) em São Manuel-SP, e indicação das épocas de plantio, repouso fisiológico e colheita da mandioca.



3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos por 4 sistemas de preparo do solo: preparo convencional após milho solteiro (PC-MS), preparo convencional após milho consorciado com braquiária (PC-MC), plantio direto após milho solteiro (PD-MS) e plantio direto após milho consorciado com braquiária (PD-MC). Cada parcela possuía a dimensão de 7 x 6,5 m. Dessa forma, entre cada parcela foi mantida uma bordadura de 4,5 m e nas suas laterais houve uma bordadura de 2,0 m, as quais foram adicionadas para não haver a sobreposição das palhadas do cultivo anterior durante a operação de preparo do solo no tratamento com preparo convencional. Cada parcela foi composta por 6 fileiras de plantas de mandioca, espaçadas de 0,90 m entre si.

3.3 Instalação e condução do experimento

Para a semeadura do milho foi realizado o preparo convencional do solo com uma aração na profundidade aproximada de 20 cm, seguida de duas gradagens. A área para implantação do milho da safra de verão recebeu calagem (PRNT = 90 %) na segunda quinzena de outubro de 2016, com incorporação de 0,7 t ha⁻¹. A dose de calcário aplicada visou elevar a saturação por bases a 70%, conforme indicado para a cultura (CANTARELLA et al., 1997).

A adubação de semeadura para o milho foi realizada de acordo com a análise de solo e as recomendações de Cantarella et al. (1997), visando uma expectativa de 6-8 t ha⁻¹ de grãos. O adubo foi aplicado na linha de plantio e as quantidades utilizadas foram de 26, 90 e 51 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, utilizando-se o fertilizante formulado NPK 08-28-16. O milho da safra de verão foi semeado mecanicamente em 28/11/2016, utilizando o Híbrido 2B710 PW (RR), no espaçamento de 0,90 m entre linhas e com uma população de plantas de 60.000 pl ha⁻¹.

A emergência do milho ocorreu 5 dias após a semeadura (DAS), e aos 23 DAS, quando as plantas de milho possuíam 5 folhas totalmente desdobradas (estádio V₅), realizou-se a semeadura manual da espécie *Urochloa brizantha* nas entrelinhas das parcelas referentes ao cultivo consorciado, utilizando-se a densidade de 24 kg de semente por hectare. Neste mesmo período realizou-se a adubação de cobertura para a cultura do milho, aplicando-se 90 kg ha⁻¹ de N (ureia) e 60 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio). Um dia após a adubação de cobertura, foi realizado o controle de plantas daninhas com aplicação de glifosato, utilizando-se a dose de 2,1 kg ha⁻¹ do i.a.

A colheita do milho foi realizada aos 120 dias após o plantio (DAP), com produtividade de 10,9 t ha⁻¹ para área de cultivo solteiro e de 10,5 t ha⁻¹ para o cultivo em consórcio com braquiária. Logo após, a área experimental permaneceu por 61 dias em repouso até a época de cultivo da mandioca, período em que a braquiária das parcelas do consórcio pode se desenvolver sem competição com as plantas de milho.

Para o plantio da mandioca, realizado em 30/05/2017, a área foi manejada com triturador de palha e, cerca de 15 dias após o manejo, foi realizada a dessecação das plantas espontâneas presentes na área com o herbicida glifosato na dose de 2,1 kg ha⁻¹ do i.a. Para o plantio da mandioca no sistema de preparo

convencional foram realizadas as seguintes operações: uma gradagem aradora, uma aração com arado de disco (± 20 cm de profundidade) e uma gradagem leve, sempre no sentido contrário ao da declividade das áreas, com incorporação da palhada das plantas de cobertura. No PD foram abertos apenas os sulcos para o plantio da mandioca.

Foi utilizada a cultivar de mandioca IAC 14, que é caracterizada por apresentar alta produtividade, alto teor de amido e matéria seca, e resistência à bacteriose (VALLE; LORENZI, 2014). Foram utilizadas manivas-semente com 20 cm de comprimento, retiradas do terço médio de plantas sadias com 12 meses de idade. O plantio das manivas-semente foi realizado em sulcos abertos a 10 cm de profundidade, no espaçamento de 0,90 m entre sulcos e 0,80 m entre manivas-semente. O manejo da adubação da mandioca (adubação de plantio e cobertura) foi realizado com base na análise de solo e nas recomendações de Lorenzi et al. (1997). Na adubação de plantio da mandioca foram utilizados 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 (superfosfato simples) e de K_2O (cloreto de potássio). No dia seguinte ao plantio da mandioca foram aplicados os herbicidas glifosato (1.920 g ha^{-1} do i.a.) e trifluralina (1.080 g ha^{-1} do i.a.) para o controle de plantas daninhas. Devido à baixa intensidade de chuvas no período de inverno a emergência completa da mandioca ocorreu em 28/08/2017, aos 90 DAP. A adubação de cobertura foi realizada aos 60 dias após a emergência (DAE) (27/10/2017), aplicando-se 40 kg ha^{-1} de N (ureia).

O controle fitossanitário e o controle de plantas daninhas na cultura da mandioca foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura na região. A colheita da mandioca foi realizada no mês de outubro de 2018, após 16 meses de ciclo.

3.4 Avaliações

3.4.1 Cultura da mandioca

3.4.1.1 Cobertura vegetal e perdas de água e solo

a) Produção de palhada inicial e cobertura vegetal durante o ciclo da mandioca

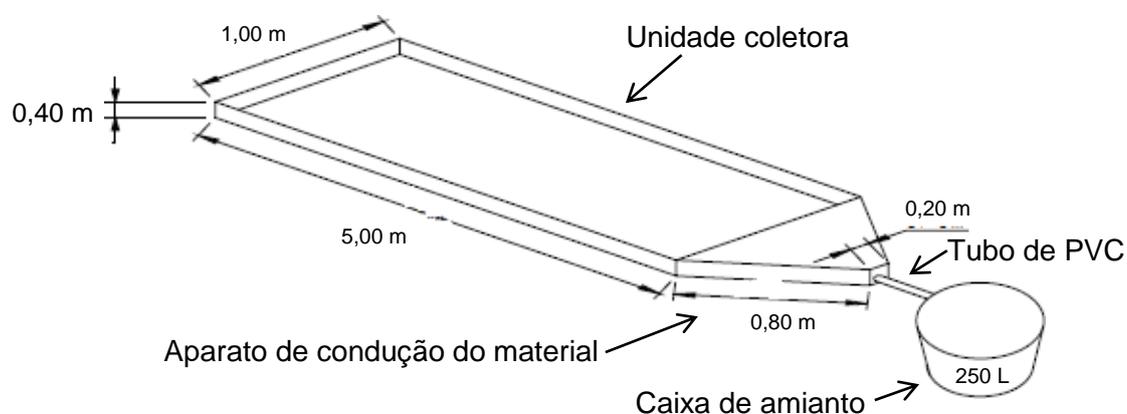
Após a colheita do milho foi avaliada a quantidade de palhada presente em cada parcela referente aos cultivos de milho solteiro e milho consorciado com braquiária. A produção inicial de palhada na área com cultivo de milho solteiro foi de $5,3 \text{ t ha}^{-1}$, enquanto na área com cultivo de milho consorciado com braquiária a produção de palhada atingiu valores da ordem de $7,1 \text{ t ha}^{-1}$.

Durante o ciclo da mandioca foram realizadas avaliações periódicas da quantidade de cobertura vegetal presente nas áreas das parcelas aos 1, 2 e 4 MAP. Para as avaliações foram utilizadas a seguinte metodologia: coleta de três amostras aleatórias da vegetação (palhada) presente sobre a superfície do solo de cada parcela, numa área de 0,13 m². Nesta área foi coletada toda a palhada e resíduos de plantas acima da superfície do solo e, em seguida, cada amostra foi lavada, para retirar o excesso de solo. Posteriormente, as amostras foram submetidas a secagem em estufa com circulação forçada de ar à 65 °C por 96 h. Após seco, o material foi pesado para obtenção da quantidade de matéria seca (MS), cujos resultados foram convertidos em tonelada de MS por hectare.

b) Perdas de água e solo por escoamento superficial

Para avaliar o escoamento superficial e as perdas de solo ao longo do ciclo de cultivo da mandioca foram instaladas nas parcelas experimentais unidades coletoras, confeccionadas com chapas de aço galvanizado (Figura 2). As unidades coletoras possuíam a dimensão de 1,0 x 5,0 m, perfazendo uma área de 5 m², as quais foram instaladas no sentido da declividade, enterrando-se 15 cm das chapas de aço no solo e permanecendo 25 cm acima da superfície. As unidades coletoras apresentavam formato retangular, e na parte inferior possuíam um aparato que conduzia a água e o solo provenientes do escoamento superficial para tubos de PVC, e o material erodido era depositado em caixas de amianto de 250 L. Para avaliar a perda de água e solo, o volume de água e a massa de solo transportados pelo escoamento superficial para as caixas de coleta foram quantificados mensalmente após as chuvas.

Figura 2 - Detalhe da unidade coletora instalada no sentido do declive para avaliar a perda de água e solo.



c) Teor de água do solo

Foram coletadas amostras de solo (amostras deformadas) da área experimental nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm no primeiro mês após o plantio e na colheita (1 e 16 MAP) da mandioca. Posteriormente foi determinado o teor de água do solo pelo método gravimétrico, o qual consiste na pesagem do material antes e depois da secagem em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 105 °C por 24 horas (EMBRAPA, 1997).

d) Resistência do solo à penetração

A resistência do solo à penetração foi determinada em diferentes épocas junto com o teor de água do solo, 1 e 16 MAP da mandioca, a partir da superfície do solo até a profundidade de 30 cm. Esta variável foi determinada com auxílio de um penetrômetro convencional modelo Stolf, constituído por um peso para provocar o impacto, uma haste e um cone para a penetração no solo (STOLF et al., 1983). A penetração da haste é obtida pelo impacto de uma massa (4 kg) em queda livre de uma altura h (metros). A cada impacto foram registrados os valores do deslocamento x (metros), os quais foram convertidos em pressão de penetração ou resistência à penetração (em unidades de MPa), através da fórmula, modificada por Stolf (1990). A massa do êmbolo era de 3,33 kg; altura da queda do êmbolo = 40 cm e a área de projeção da ponteira = 1,22 cm².

Mensurou-se a resistência do solo à penetração na linha e na entrelinha de cultivo da mandioca, em cada parcela obteve-se quatro medidas de resistência na

linha e na entrelinha, utilizando um valor médio de cada profundidade para representar cada parcela individualmente.

3.4.1.2 Componentes de produção da mandioca

a) Número e diâmetro das hastes, número de folhas por planta e altura da planta

Ao final do experimento foram avaliados em duas plantas de cada parcela o número e diâmetro das hastes, número de folhas e a altura da planta. O número de hastes e de folhas foi determinado mediante a contagem direta de cada estrutura da planta. O diâmetro das hastes foi mensurado a uma altura de 10 cm acima da superfície do solo com o auxílio de um paquímetro digital e a altura das plantas foi determinada considerando-se a distância entre a base e o ponto mais alto da planta, com auxílio de uma régua graduada.

b) População final de plantas

Foi realizada na véspera da colheita, a contagem das plantas em 2 linhas de 6 m de comprimento na área útil de cada parcela, sendo os resultados convertidos em plantas ha⁻¹.

c) Acúmulo de matéria seca (MS) na parte aérea, cepas, raízes tuberosas e na planta inteira

Na colheita, foram coletadas 12 plantas na área útil de cada parcela. As plantas foram separadas em parte aérea (folha+haste), cepas e raízes tuberosas. As amostras foram pesadas (peso fresco) e trituradas. Subamostras desse material foram retiradas e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até atingir peso constante. Após a secagem, as subamostras foram pesadas para a obtenção da porcentagem de MS. Com os dados de matéria fresca, porcentagem de MS e população final de plantas foi calculado o acúmulo de MS por área, em cada parte da planta e na planta inteira.

d) Número, comprimento, diâmetro, peso médio e produtividade de raízes tuberosas

Por ocasião da colheita, foram colhidas manualmente 12 plantas da área útil de cada parcela. Após esta operação, as raízes tuberosas foram destacadas das

plantas, escovadas e pesadas. Os valores obtidos junto com os dados de população de plantas foram utilizados para o cálculo da produtividade de raízes por área. Em seguida, foram contados o número de raízes por planta, medido o comprimento e o diâmetro das raízes tuberosas. O comprimento das raízes tuberosas foi medido com auxílio de uma fita métrica considerando-se de uma extremidade a outra das raízes. O diâmetro das raízes tuberosas foi determinado na região do terço médio das raízes e o peso médio das raízes foi calculado mediante a relação entre o peso total e o número total de raízes de cada parcela.

e) Porcentagem de MS nas raízes tuberosas

A porcentagem de MS nas raízes tuberosas foi determinada a partir de uma amostra de raízes tuberosas de cada parcela experimental. As raízes foram coletadas aleatoriamente, pesadas (peso fresco), fatiadas e secas em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante. Em seguida, as amostras secas foram pesadas e calculou-se a porcentagem de MS nas raízes.

f) Teor e produtividade de amido nas raízes tuberosas

Nas amostras de raízes utilizadas para determinação da porcentagem de MS foi determinado o teor de amido, segundo a metodologia de Somogyi, adaptada por Nelson (1944), e as leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 535 nm.

Os resultados foram convertidos para teor de amido na matéria fresca. A partir dos dados de produtividade de raízes frescas e com os dados de teor de amido na matéria fresca foi calculada a produtividade de amido por hectare.

g) Rendimento e produtividade de farinha

Para se determinar o rendimento de farinha, inicialmente foram pesados 3 kg de raízes tuberosas de cada parcela com auxílio da balança hidrostática, e em seguida foi realizado o cálculo do rendimento de farinha utilizando-se a equação proposta por Fukuda e Caldas (1987):

$$Y = 2,56576 + 0,0752613564x$$

Onde Y representa o rendimento de farinha (%), x é o peso de 3 kg de raízes na água obtido pelo método da balança hidrostática (em gramas).

A produtividade de farinha foi calculada utilizando-se os dados de rendimento de farinha (%) e de produtividade de raízes frescas ($t\ ha^{-1}$), sendo os valores expressos em $t\ ha^{-1}$ de farinha.

$$Produtividade\ de\ farinha = \frac{\text{rendimento de farinha} \times \text{produtividade de raízes frescas}}{100}$$

3.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste LSD ($p \leq 0,05$), utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2008).

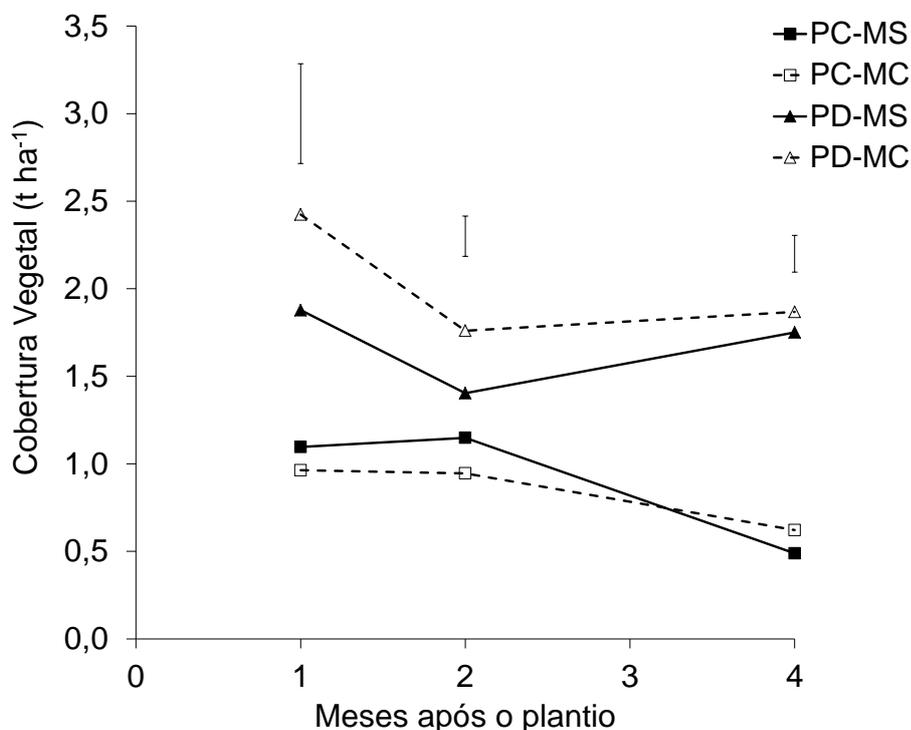
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Cobertura vegetal e perdas de água e solo

a) Cobertura vegetal durante o ciclo da mandioca

A quantidade de cobertura na superfície do solo após o plantio da mandioca apresentou diferença significativa nas diferentes épocas de avaliação (Figura 3). Em todas as avaliações, a quantidade de biomassa na superfície do solo no tratamento em que a mandioca foi implantada em PD sob palhada de milho consorciado com braquiária apresentou-se superior aos tratamentos em que a mandioca foi estabelecida convencionalmente (preparo convencional), independentemente da cultura usada como cobertura. Este resultado demonstra que o revolvimento do solo durante o preparo convencional reduz a quantidade de palhada, diminuindo a capacidade de proteção do solo, o que deixa o solo exposto e aumenta os problemas com erosão superficial.

Figura 3 - Quantidade de cobertura do solo na fase inicial de desenvolvimento da mandioca de indústria implantada durante o período seco (maio 2017) em sistema de preparo convencional (PC) e direto do solo (PD) após milho solteiro (MS) ou consorciado com *Urochloa brizantha* (MC) na safra de verão de 2016/17. Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste LSD ($p \leq 0,05$).



Aos 2 MAP da mandioca, a cobertura vegetal no tratamento com plantio direto de mandioca após milho consorciado tinha reduzido cerca de 25% em comparação ao mês anterior (1 MAP), o que mostra que apesar da alta relação C/N das gramíneas, que pode aumentar a persistência da cobertura do solo (SILVA et al., 2009), houve uma decomposição acentuada da biomassa, que pode estar relacionado as condições de baixa precipitação e altas temperaturas durante este período (PACHECO et al., 2008; GARCIA et al., 2014).

A persistência de palhada na superfície do solo cultivado com mandioca é extremamente importante para garantir maior cobertura do solo durante a fase inicial de desenvolvimento da cultura, visto que ela apresenta desenvolvimento lento e por isso, proporciona menor proteção inicial ao solo, podendo favorecer os processos erosivos. Portanto, é necessária a utilização de plantas de cobertura com alta produção de MS, lenta decomposição e cultivadas por período suficiente para acumular elevada quantidade de fitomassa.

b) Perdas de água e solo por escoamento superficial

A perda de água mensal por escoamento superficial (erosão) nos meses de junho e agosto de 2017 no tratamento com plantio direto de mandioca após milho consorciado com braquiária foi menor que nos demais tratamentos (Figura 4). Nos meses de julho e setembro de 2017 não houve perda de água mensurável, devido à baixa ou nenhuma precipitação ocorrida neste período. No mês de outubro as menores perdas de água por escoamento superficial foram obtidas nos tratamentos com plantio direto da mandioca em relação ao preparo convencional, independente do consórcio do cultivo anterior.

A maior perda de água por erosão no mês de novembro de 2017 foi observada em condições de preparo convencional da mandioca cultivada após milho solteiro, no qual a perda de água foi maior do que nos tratamentos com plantio direto da mandioca. Isso mostra que a utilização de plantas de cobertura com incorporação dos resíduos vegetais ao solo no momento do preparo para a implantação da cultura não é vantajoso para a proteção do solo nas áreas de cultivo de mandioca. Os meses de dezembro de 2017 e janeiro de 2018 apresentaram menores perdas de água por erosão no tratamento com plantio direto de mandioca após milho consorciado, diferindo de todos os demais tratamentos, com maiores perdas obtidas

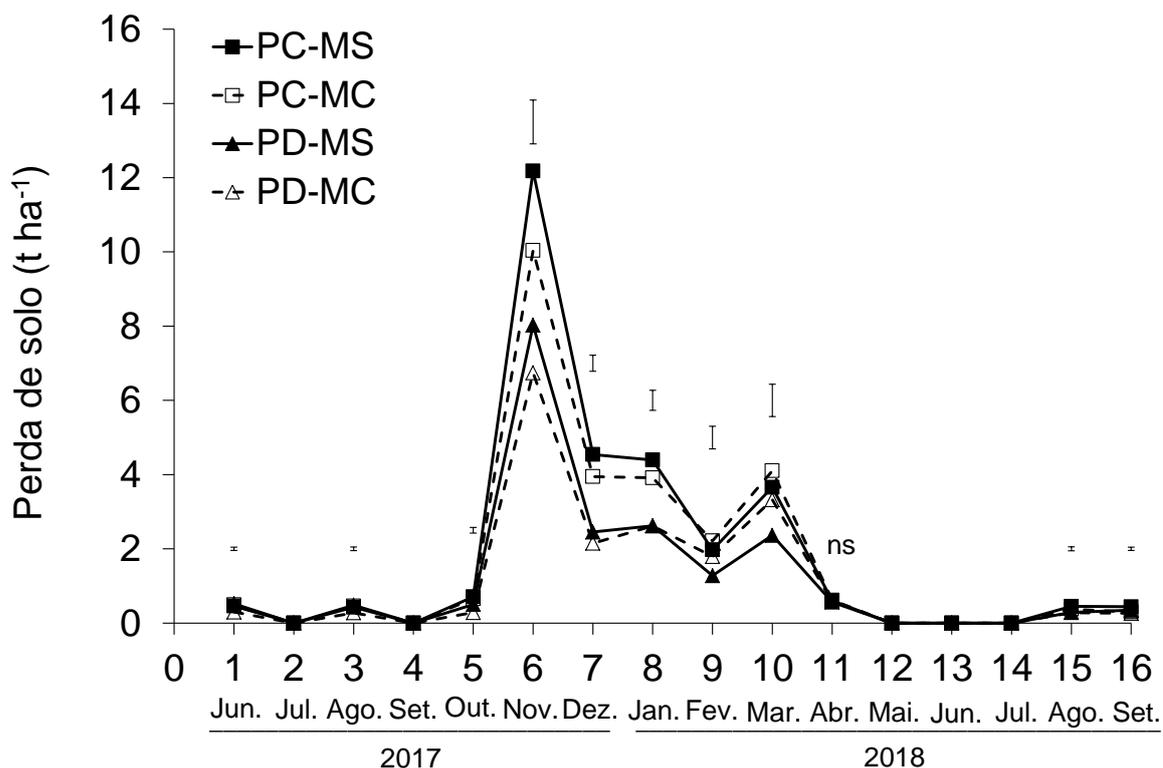
em condições de preparo convencional do solo, independente do sistema de cultivo anterior.

As maiores perdas de água nos meses de fevereiro e março de 2018 ocorreram no tratamento com preparo convencional do solo após o cultivo de milho solteiro (Figura 4). A utilização do plantio direto sobre palhada de milho consorciado em ambos os meses apresentou redução de 35% nas perdas de água por escoamento superficial quando comparado ao preparo convencional do solo nas áreas em que a mandioca foi plantada após milho solteiro. No mês de abril de 2018 não houve diferença significativa entre os tratamentos em relação às perdas de água, mesmo com a presença de 50 mm de precipitação mensal (Figuras 1 e 4). Nos meses de maio, junho e julho de 2018 não houve perda de água por escoamento superficial, pois não houve precipitação capaz de gerar escoamento superficial nesse período (Figura 4). No mês de agosto e setembro de 2018 houve maior perda de água por erosão no tratamento com preparo convencional do solo nas parcelas cultivadas após milho solteiro e as menores perdas de água ocorreram nos tratamentos com plantio direto de mandioca.

De modo geral, estes resultados demonstram que o manejo conservacionista, com redução do revolvimento do solo e manutenção dos resíduos culturais sobre a superfície do solo é uma técnica viável para protegê-lo contra a desagregação das partículas e com isso, evitar grandes perdas de água, permitindo melhor aproveitamento desta água pelas plantas, como citado por Chieppe Júnior et al. (2007) e Garcia e Rosolem (2010).

em que a mandioca foi estabelecida com plantio direto, independentemente do cultivo anterior.

Figura 5 - Perda mensal de solo por escoamento superficial durante o cultivo da mandioca de indústria implantada durante o período seco (maio 2017) em sistema de preparo convencional e direto do solo após milho solteiro ou consorciado com *Urochloa brizantha* na safra de verão de 2016/17.



Em janeiro de 2018 houve diferença significativa entre os sistemas de preparo do solo, independente das plantas cultivadas anteriormente para produção de palhada (Figura 5). Nesses meses, o plantio direto de mandioca reduziu as perdas de solo em até 40% quando em comparação ao preparo convencional do solo no tratamento com cultivo anterior de milho solteiro.

Nos meses de fevereiro e março de 2018 as maiores perdas de solo foram observadas nos tratamentos com preparo convencional do solo, mas em abril de 2018 a perda de solo não diferiu significativamente entre os tratamentos (Figura 5). Os meses de agosto e setembro de 2018 apresentaram maiores perdas de solo por erosão em condição de preparo convencional do solo nas parcelas em que se cultivou anteriormente milho solteiro.

As perdas de solo, a partir do mês de dezembro de 2017, apesar das altas precipitações ocorridas, apresentaram redução nas quantidades de material perdido

por escoamento superficial. Isso pode ter ocorrido devido à condição do solo após 7 MAP da mandioca, pois apesar de muito arenosos, foi possível perceber a formação de uma camada superficial mais adensada, o que resultou em uma menor desagregação do solo em superfície. Segundo Voorhees e Lindstrom (1984), solos que apresentam maior estabilidade e adensamento das partículas podem ter suas perdas por erosão reduzidas.

A perda de água e solo por escoamento superficial acumulada durante o ciclo de cultivo da mandioca apresentou efeito significativo entre os tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2 - Perda de água e solo por escoamento superficial acumulada durante o ciclo de 16 meses de cultivo da mandioca de indústria implantada durante o período seco (maio 2017) em sistema de preparo convencional (PC) e direto do solo (PD) após milho solteiro (MS) ou consorciado com *Urochloa brizantha* (MC) na safra de verão de 2016/17.

Tratamento ⁽¹⁾	Perda de água acumulada	Perda de solo acumulada
	(mm)	(t ha ⁻¹)
PC-MS	35,4 a	29,8 a
PC-MC	30,1 b	27,1 b
PD-MS	26,0 c	19,4 c
PD-MC	20,1 d	18,6 c
CV (%)	8,2	6,8

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

A maior perda de água foi obtida no tratamento de preparo convencional do solo sobre palhada de milho solteiro e a menor no tratamento de plantio direto sobre palhada de milho consorciado com braquiária (Tabela 2). A redução da perda de água proporcionada pelo plantio direto sobre cultivo de milho consorciado foi de aproximadamente 43% em relação à mandioca cultivada em preparo convencional após milho solteiro. A utilização de plantas consorciadas proporciona melhor proteção da superfície do solo, devido a maior capacidade de produção de palhada. Panachuki et al. (2011) destacam a importância da manutenção da cobertura do solo com quantidades elevadas de resíduo vegetal para preservar as propriedades físicas do solo. Esse maior aporte de resíduos culturais proporcionados pelo consórcio das plantas de cobertura apresentam ação direta e efetiva na redução da erosão hídrica, em virtude da dissipação de energia cinética das gotas da chuva (COGO et al.,

2003), reduzindo a velocidade do escoamento superficial devido o aumento da rugosidade hidráulica do percurso da água ao longo do qual ocorre o escoamento (SILVA et al., 2005), diminuindo o volume da enxurrada, a desagregação das partículas de solo e o selamento superficial e aumentando a infiltração de água (CAMARA; KLEIN, 2005; LIMA et al., 2015).

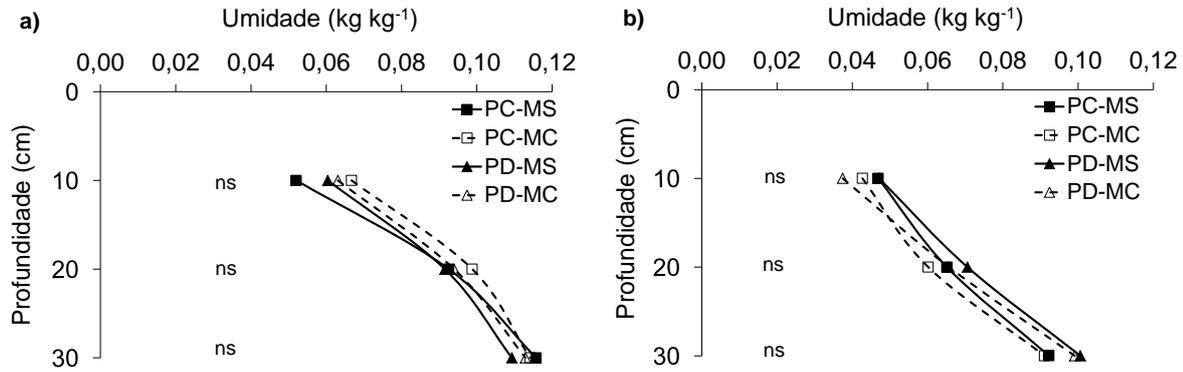
A menor perda de solo foi obtida na mandioca cultivada em condição de plantio direto após milho consorciado com braquiária, no qual a perda de solo reduziu em aproximadamente 38% em relação ao tratamento de preparo convencional após milho solteiro. Esse resultado pode ser atribuído à ação da barreira formada pelos resíduos vegetais ao escoamento de sedimentos.

Os resultados obtidos para perda de água e solo por escoamento superficial estão de acordo com os resultados encontrados por Silva et al. (2005) e Panachuki et al. (2011), que observaram perdas mais acentuadas no sistema de cultivo convencional, e podem ser atribuídas, segundo Cogo et al. (2003) ao aumento da capacidade erosiva da enxurrada devido a declividade do terreno, associada as condições de solo intensamente mobilizado e com baixa cobertura superficial, favorecendo a formação de sulcos, selos e/ou, crostas no solo, os quais dificultam a infiltração de água e favorecem o processo erosivo.

c) Teor de água do solo

O teor de água no solo não apresentou diferença significativa entre os tratamentos nas diferentes épocas de avaliação em nenhuma das profundidades avaliadas (Figura 6a e b).

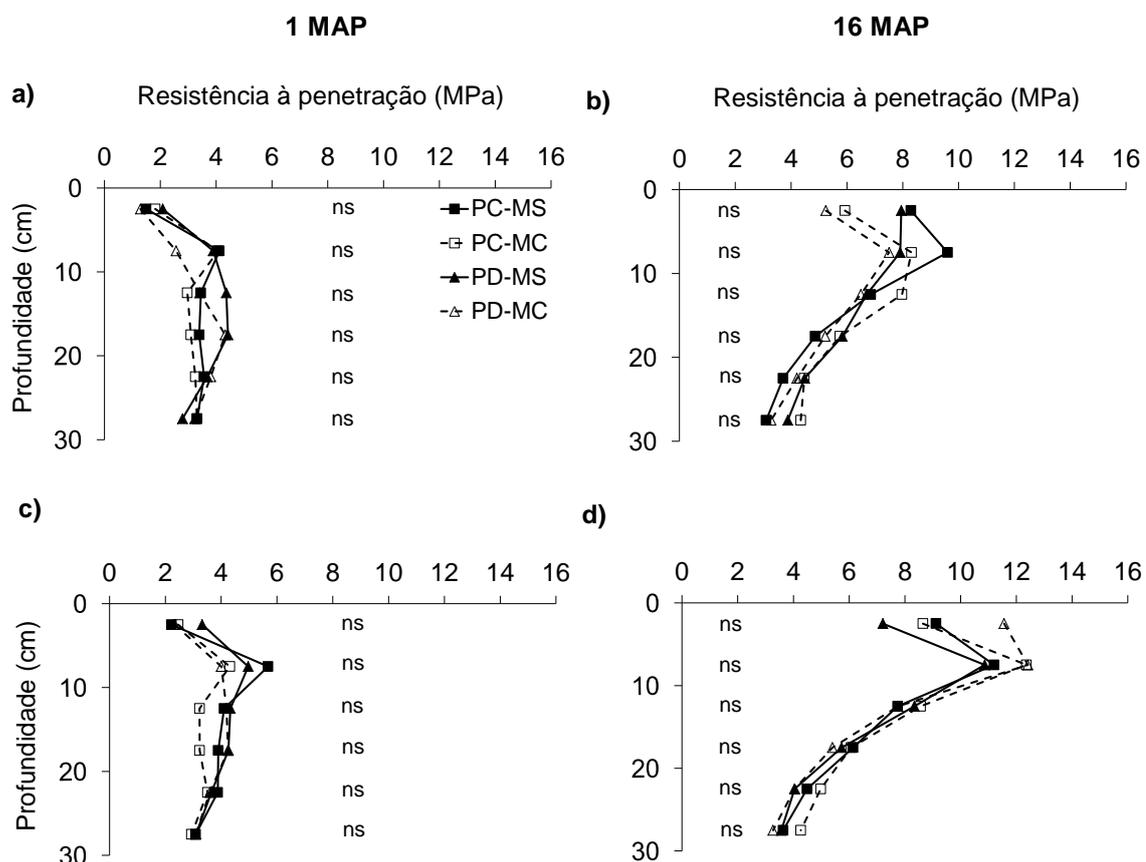
Figura 6 - Teor de água no solo ao 1 MAP (a) e 16 MAP (b) da mandioca de indústria implantada durante o período seco (maio 2017) em sistema de preparo convencional (PC) e direto (PD) do solo após milho solteiro (MS) ou consorciado com *Urochloa brizantha* (MC) na safra de verão de 2016/17. Barras horizontais comparam tratamentos pelo teste LSD a 5% em cada profundidade, ns= não significativo.



d) Resistência do solo à penetração

A resistência do solo à penetração não apresentou diferença significativa entre os tratamentos em nenhuma das profundidades do solo, tanto nas determinações realizadas na linha quanto na entrelinha de cultivo da mandioca nos diferentes períodos avaliados (Figura 7).

Figura 7 – Resistência do solo à penetração ao 1 MAP (a) e 16 MAP da mandioca de indústria implantada durante o período seco (maio 2017), na linha (a e b) e entrelinha (c e d) de cultivo, em sistema de preparo convencional (PC) e direto (PD) do solo após milho solteiro (MS) ou consorciado com *Urochloa brizantha* (MC) na safra de verão de 2016/17. Barras horizontais comparam tratamentos pelo teste LSD a 5% em cada profundidade, ns= não significativo.



Nas avaliações realizadas no primeiro MAP, na camada de 0 – 5 cm do solo nos tratamentos com PD, foram observadas valores de resistência a penetração (RP) de 1,3 a 2,0 MPa na linha de cultivo da mandioca (Figura 7a), situação essa em que os teores de água do solo estava em torno de 0,06 kg kg⁻¹ (Figura 6a) e na entrelinha os valores de RP variaram de 2,3 a 3,3 MPa (Figura 7c), com teor de água do solo em torno de 0,04 kg kg⁻¹ (Figura 6b).

De acordo com Blainski et al. (2008) e Otto et al. (2011) o valor de resistência do solo à penetração superior a 2,0 MPa são considerados restritivos para o desenvolvimento do sistema radicular da maioria das culturas. No entanto, a RP considerada crítica ao desenvolvimento das raízes diminui com o aumento do teor

de argila do solo (GERARD et al., 1982). Deste modo, em solos arenosos o aumento da resistência do solo à penetração pode ser menos restritivo às raízes do que em solos argilosos (ALBUQUERQUE et al., 2001). Assim, uma determinada condição pode tornar-se limitante ao crescimento das plantas, dependendo do conteúdo de água no solo e do período fenológico em que a planta se encontra (KAISER et al., 2009). Para a cultura da mandioca o valor considerado restritivo ao desenvolvimento das raízes tuberosas é de 2,5 MPa em solos de textura Franco Argilo-Arenosa (WATANABE et al., 2002; CAVALIERI et al., 2006; PEQUENO et al., 2007b).

Os altos valores de resistência do solo à penetração na fase inicial de cultivo da mandioca podem estar relacionados ao fato desta avaliação ter sido realizada em condição de baixo teor de água do solo (Figura 6), devido o longo período de baixas precipitações, com intervalos longos e irregulares entre as precipitações, que ocorreram antes e após o plantio da mandioca (Figura 1). De acordo com Collares et al. (2008), Assis et al. (2009), Silveira et al. (2010) e Figueiredo et al. (2017), há um aumento da RP a medida que se reduz o teor de água no solo e em períodos de déficit hídrico poderão ocorrer impedimentos à penetração de raízes.

Nas avaliações realizadas aos 16 MAP da mandioca foram observadas altos valores de RP, com variação de 5,2 a 8,3 MPa na linha de cultivo e de 7,2 a 11,6 MPa na entrelinha, na camada de 0-5 cm do solo (Figura 7b e d), com tendência de redução em profundidade. Apesar de não ter sido observada diferença estatística, os tratamentos com cultivo de mandioca sobre palhada de milho solteiro, na linha de cultivo, apresentaram maiores valores de RP comparado às áreas de milho consorciado com braquiária, enquanto que na entrelinha, o tratamento de PD-MS apresentou menores valores de RP em relação aos demais tratamentos. Os altos valores de RP obtidos nesta pesquisa podem estar relacionada ao baixo teor de água no solo no momento da amostragem (Figura 6b), ao efeito do impacto das gotas de chuva sobre o solo, causando o selamento superficial do solo (SCHAEFER et al., 2002), possivelmente, devido à expressiva redução da cobertura vegetal sobre o solo em razão da decomposição da palhada das plantas de cobertura ter ocorrido nos primeiros meses de cultivo da mandioca e ao longo período de baixas precipitações que antecederam o período de amostragem (Figura 1) (FIGUEIREDO et al., 2017).

A área deste experimento foi mantida em condição de pousio por longo período e somente após 4 anos começou a ser cultivada com culturas de ciclo longo,

como é o caso da mandioca. Estudos mostram que solos mantidos por muito tempo em pousio apresentam aumento significativo na resistência à penetração do solo, prejudicando sua estruturação e reduzindo a estabilidade dos agregados nas camadas superficiais (PRADO et al., 2002; CASTRO et al., 2011).

Os resultados obtidos para a RP são reflexos de um ano de implantação de plantio direto. De acordo com Ralisch et al. (2008), os dois primeiros anos de adoção do sistema de plantio direto são críticos quanto à RP nas camadas superficiais do solo, e Cavalieri et al. (2006) consideram que o período de dois anos é relativamente curto para caracterizar o PD. Portanto, melhores resultados podem ser obtidos após maior período de implantação do PD, como redução da resistência do solo à penetração, o que segundo os autores, pode ser um dos fatores responsáveis pelo aumento da produtividade com a consolidação do sistema.

De acordo com Watanabe et al. (2002), altos valores de RP no PD podem influenciar diretamente a altura das plantas de mandioca, o stand final de plantas e a produtividade de raízes, uma vez que afeta diretamente o crescimento das raízes e por sua vez a absorção de água e nutrientes. No entanto, os resultados obtidos neste experimento mostram-se divergentes ao relatado pelos autores, uma vez que os altos valores de RP obtidos em PD não afetaram estas variáveis (Tabela 3, 4 e 5).

4.2 Componentes de produção da mandioca

a) Número e diâmetro das hastes, número de folhas por planta e altura da planta

Não houve efeito significativo dos tratamentos estudados sobre o número de hastes por planta, diâmetro das hastes e a altura de plantas de mandioca, as quais foram em média de 1,4 hastes, 2,1 cm e 1,7 m, respectivamente (Tabela 3).

O número de hastes neste experimento foi inferior ao obtido por Aguiar (2011) para a mesma cultivar utilizada nesta pesquisa. A influência do PD sobre a altura das plantas de mandioca ainda é assunto contraditório. Alguns estudos mostram que a mandioca cultivada em PD apresenta menor altura de planta em comparação ao preparo convencional (OLIVEIRA et al., 2001; PEQUENO et al., 2007b), mas outras pesquisas indicam que é na condição de PD que as plantas de mandioca desenvolve-se mais em altura (OTSUBO et al., 2012). Contudo, neste experimento a altura das plantas foi similar em ambos os sistemas de manejo do solo. A altura das

plantas de mandioca da cultivar IAC 14 neste experimento mostrou-se inferior aos valores obtidos por Otsubo et al. (2009) na condição de preparo convencional (2,96 m) e de Sagrilo et al. (2010) que obtiveram plantas com altura média de 2,58 m. Entretanto, as plantas do presente estudo apresentaram altura próxima a das plantas do estudo realizado por Rós et al. (2011) com essa mesma cultivar (2,00 m).

Tabela 3 - Número de hastes por planta, diâmetro das hastes, número de folhas por planta e altura das plantas de mandioca de indústria implantada durante o período seco (maio 2017) em sistema de preparo convencional (PC) e direto do solo (PD) após milho solteiro (MS) ou consorciado com *Urochloa brizantha* (MC) na safra de verão de 2016/17.

Tratamento ⁽¹⁾	nº de hastes	Diâmetro das hastes	nº de folhas	Altura das plantas
	hastes pl ⁻¹	(cm)	folhas pl ⁻¹	(m)
PC-MS	1,4 a	2,3 a	103,0 ab	1,8 a
PC-MC	1,3 a	2,3 a	91,0 b	1,7 a
PD-MS	1,2 a	2,2 a	68,6 c	1,7 a
PD-MC	1,9 a	1,8 a	113,9 a	1,8 a
CV (%)	34,8	12,2	9,3	9,6

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

No PD da mandioca após milho solteiro as plantas apresentaram menor número de folhas em relação aos demais tratamentos (Tabela 3). Porém, em PD após milho consorciado com braquiária as plantas de mandioca apresentaram maior número de folhas por planta, o que indica que houve um favorecimento do crescimento da parte aérea da mandioca, podendo ser resultado do aumento da umidade e redução da temperatura do solo provocados pelos resíduos acumulados em sua superfície (FASINMIRIN; REICHERT, 2011).

b) População final de plantas, acúmulo de matéria seca (MS) na parte aérea, cepas, raízes tuberosas e na planta inteira

A população final de plantas de mandioca não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 4). No entanto, no tratamento PD após milho consorciado com braquiária, o número de plantas de mandioca por área foi 11,7% maior que no tratamento de preparo convencional após milho consorciado com braquiária, o que pode ser resultado das condições favoráveis que esse

sistema proporciona as culturas, como umidade e temperatura, que podem ter influenciado o estabelecimento de maior número de plantas, concordando com Alvarenga et al. (2001).

O acúmulo de MS na parte aérea, nas raízes e na planta inteira de mandioca não foi influenciado pelos tratamentos e foram em média de 3,4, 8,7 e 13,4 t ha⁻¹, respectivamente, enquanto que nas cepas houve efeito dos tratamentos (Tabela 4). Os valores obtidos para o acúmulo de MS nas raízes de mandioca são semelhantes aos encontrados por Vidigal Filho et al. (2000) para a cultivar IAC 14, no 1º ano agrícola, com colheita aos 10 meses após a emergência. O acúmulo de MS nas cepas da mandioca cultivada em PD após milho consorciado com braquiária foi maior (1,5 t ha⁻¹) que os demais tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4 - População final de plantas, acúmulo de matéria seca na parte aérea, cepas, raízes tuberosas e na planta inteira de plantas de mandioca de indústria implantada durante o período seco (maio 2017) em sistema de preparo convencional (PC) e direto do solo (PD) após milho solteiro (MS) ou consorciado com *Urochloa brizantha* (MC) na safra de verão de 2016/17.

Tratamento ⁽¹⁾	População final de plantas (pl ha ⁻¹)	Acúmulo de MS (t ha ⁻¹)			
		Parte aérea	Cepas	Raízes	Planta inteira
PC-MS	13.657 a	3,3 a	1,3 ab	9,4 a	14,1 a
PC-MC	12.268 a	3,4 a	1,2 b	7,9 a	12,6 a
PD-MS	13.703 a	3,0 a	1,1 b	8,3 a	12,5 a
PD-MC	13.889 a	3,7 a	1,5 a	9,3 a	14,6 a
CV (%)	11,9	21,5	10,3	10,9	11,0

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

c) Número, comprimento, diâmetro, peso médio e produtividade de raízes tuberosas

O número, comprimento e diâmetro das raízes tuberosas não foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 5). Em média, as plantas de mandioca da cultivar IAC 14 produziram 6,7 raízes por planta, com comprimento médio de 19,1 cm e diâmetro médio de 4,1 cm (Tabela 5).

Tabela 5 - Número, comprimento, diâmetro, peso médio e produtividade de raízes tuberosas frescas de plantas de mandioca de indústria implantada durante o período seco (maio 2017) em sistema de preparo convencional (PC) e direto do solo (PD) após milho solteiro (MS) ou consorciado com *Urochloa brizantha* (MC) na safra de verão de 2016/17.

Tratamento ⁽¹⁾	n° de raízes	Comprimento das raízes	Diâmetro das raízes	Peso médio das raízes	Produtividade de raízes
	raiz pl ⁻¹	----- cm -----		(g)	(t ha ⁻¹)
PC-MS	6,4 a	19,4 a	4,2 a	277,9 a	24,3 a
PC-MC	6,4 a	19,4 a	4,1 a	255,5 ab	19,5 c
PD-MS	6,4 a	18,8 a	4,4 a	241,8 b	21,4 bc
PD-MC	7,4 a	18,8 a	3,9 a	232,5 b	23,6 ab
CV (%)	13,0	12,8	12,0	8,5	7,6

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

O número de raízes obtidos neste experimento foi inferior ao observado em outras pesquisas com essa mesma cultivar de mandioca, tanto para condição de preparo convencional como de PD (OTSUBO et al., 2009; OTSUBO et al., 2012). O número de raízes de reserva é definido entre 60 a 90 DAP (ALVES, 2006) e qualquer estresse nesse período pode prejudicar esta variável. Neste experimento, o déficit hídrico na fase inicial de desenvolvimento da cultura pode ter influenciado esses menores números de raízes obtidos nesta pesquisa, e conseqüentemente, os demais componentes de produção. Segundo Gonzales et al. (2014), esses componentes são definidos na seguinte ordem: número de raízes, comprimento, diâmetro, teor de massa seca, massas fresca e seca, havendo uma relação de dependência entre eles.

O comprimento e o diâmetro médio das raízes de mandioca obtidos neste experimento foram menores que os valores obtidos por Aguiar (2011) para a mesma cultivar.

O peso médio e a produtividade de raízes tuberosas de mandioca foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 5). O maior peso médio das raízes tuberosas foi obtido no tratamento PC após milho solteiro, não diferindo estatisticamente do tratamento PC após milho consorciado com braquiária, valores superiores aos obtidos por Aguiar (2011). Os altos valores desta variável encontrados neste experimento podem estar relacionados ao menor comprimento

das raízes, pois, segundo Williams (1974), o início da tuberização provoca redução ou até paralização do crescimento no comprimento da raiz.

A produtividade de raízes de mandioca cultivada em PC após milho solteiro foi maior, não diferindo estatisticamente do tratamento PD após milho consorciado com braquiária (Tabela 5). Discordando dos resultados obtidos por Otsubo et al. (2008), que observaram maior produtividade de raízes em plantio direto de mandioca com cobertura de milho, manejado somente com dessecação e rolo-faca, em comparação ao convencional. Já outros autores verificaram maiores produções de raízes tuberosas no sistema de preparo convencional do solo, o que segundo eles, pode estar relacionado com as condições físicas do solo mais favoráveis ao crescimento das raízes das plantas nesse sistema de preparo do solo (OLIVEIRA et al., 2001; PEQUENO et al., 2007b).

Porém, o resultado obtido neste experimento demonstra que o plantio direto de mandioca sobre palhada de milho consorciado com braquiária pode ser utilizado no cultivo da mandioca de modo satisfatório, por não afetar negativamente a produtividade das raízes tuberosas. Além de que o uso de plantas de cobertura contribui para a conservação dos solos, possibilitando a redução dos efeitos da erosão em áreas com cultivos dessa cultura e diminuição das perdas de água, solo e nutrientes. Mercante et al. (2008) avaliando a influência de cultivos de mandioca, em diferentes sistemas de manejo sobre a biomassa microbiana de solo, concluíram que a presença de resíduos (palha), na superfície do solo, afeta diretamente a microbiota do solo, o que indica que uso de plantas de coberturas, no cultivo de mandioca, influencia positivamente a qualidade do solo, representando uma alternativa promissora para o melhor manejo desta cultura.

d) Porcentagem de MS, teor e produtividade de amido nas raízes tuberosas, rendimento e produtividade de farinha

A porcentagem de MS das raízes tuberosas de mandioca não foi influenciada pelos tratamentos e foi em média de 39% (Tabela 6). Os valores obtidos para esta variável, apesar de não apresentar diferença significativa entre os tratamentos, mostram que não houve restrição para a cultura desenvolver esta característica de modo satisfatório, uma vez que, segundo Fukuda et al. (2006), a cultura da mandioca apresenta, em média, 30% de MS nas raízes, e os resultados obtidos neste experimento mostram-se superiores a esta média. No entanto, ainda segundo

estes autores, os teores de MS nas raízes são altamente correlacionados com os teores de amido ou fécula e depende da variedade, do local de cultivo, da idade e época de colheita da planta.

Pequeno et al. (2007b) avaliando 4 anos agrícolas de cultivo sucessivos de mandioca em três sistemas de preparo de solo, não encontraram diferença significativa entre os sistemas de preparo do solo a partir do 2º ano de cultivo, entretanto, no primeiro ano agrícola esses autores verificaram que a mandioca implantada em sistema de preparo convencional do solo apresentou maior teor de MS nas raízes, discordando dos resultados encontrados por Otsubo et al. (2008).

Tabela 6 - Porcentagem de matéria seca nas raízes (MSR), teor de amido nas raízes e produtividade de amido, rendimento e produtividade de farinha das plantas de mandioca de indústria implantada durante o período seco (maio 2017) em sistema de preparo convencional (PC) e direto do solo (PD) após milho solteiro (MS) ou consorciado com *Urochloa brizantha* (MC) na safra de verão de 2016/17.

Tratamento ⁽¹⁾	Porcentagem de MS nas raízes	Teor de amido nas raízes ⁽²⁾	Produtividade de amido	Rendimento de farinha	Produtividade de farinha
	(%)	(%)	(t ha ⁻¹)	(%)	(t ha ⁻¹)
PC-MS	38,7 a	24,8 a	6,0 a	33,8 a	8,2 a
PC-MC	39,6 a	26,5 a	5,2 a	32,2 a	6,4 a
PD-MS	38,6 a	25,0 a	5,5 a	28,5 a	6,3 a
PD-MC	39,3 a	26,9 a	6,4 a	32,2 a	7,6 a
CV (%)	6,4	10,8	16,8	10,7	17,4

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾ Teor de amido na matéria fresca.

O teor de amido nas raízes e a produtividade de amido da mandioca não foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 6). Em média, as plantas de mandioca da cultivar IAC 14 apresentaram 25,8% de amido e produtividade de amido de 5,8 t ha⁻¹ nas raízes tuberosas (Tabela 6).

Otsubo et al. (2012) encontraram diferença significativa para o teor de amido em diferentes sistemas de cultivo de mandioca, no qual o PD com controle químico de plantas invasoras apresentou melhor resultado. Apesar de não apresentar diferença estatística para os tratamentos neste experimento, o teor de amido encontrado mostra-se semelhante ao obtido por Otsubo et al. (2009) para a cultivar

IAC 14, utilizada neste estudo, em preparo convencional do solo. Estes autores destacam a importância desta característica para a mandioca industrial, por ser utilizada com critério de avaliação da qualidade da cultura.

O teor de amido das raízes tuberosas de mandioca podem variar de 5% a 43% (FUKUDA et al., 2006), apresentando maior concentração no período de repouso vegetativo da planta, nos meses frios e secos (CEREDA; VILPOUX, 2003). Os valores obtidos neste experimento mostram-se dentro dessa variação, visto que esta característica pode ser influenciada por diversos fatores, como a diversidade genética das espécies e os fatores ambientais do local de cultivo.

Sagrilo et al. (2010) observaram valores de produtividade de amido inferiores aos obtidos neste experimento com a mesma cultivar de mandioca, com média de 4,6 t ha⁻¹ em estudos realizados no Mato Grosso do Sul.

O rendimento e a produtividade de farinha não foram influenciados pelos tratamentos, com rendimento médio de 31,7% e produtividade de farinha média de 7,1 t ha⁻¹ (Tabela 6). Os valores encontrados para o rendimento de farinha, apesar de não significativos estatisticamente, são semelhantes aos relatados por Cereda e Vipoux (2003) que, de modo geral, varia entre 25% e 35%, podendo ser alterado pela variedade e a idade da cultura.

5 CONCLUSÕES

O plantio direto da mandioca de uso industrial não prejudica a produtividade de raízes, de amido e de farinha, principalmente quando seu cultivo é realizado sobre palhada de milho consorciado com braquiária e reduz as perdas de solo e água por erosão em 37% e 43%, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, E. B. **Estudo da poda da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 2011. 144 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2011.
- ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 717-723, 2001.
- ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.
- ALVES, Alfredo Augusto Cunha. Fisiologia da mandioca. In: SOUZA, L.S.; FARIAS, A.R.N.; MATTOS, P.L.P.; FUKUDA, W.M.G. (Eds.). **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006. p. 138-169.
- ASSIS, R. L. et al. Avaliação da resistência do solo à penetração em diferentes solos com a variação do teor de água. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 558-568, 2009.
- BLAINSKI, E. et al. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 975-983, 2008.
- BORGHI, E. et al. Influência da distribuição espacial do milho e da *Brachiaria brizantha* consorciados sobre a população de plantas daninhas em sistema plantio direto na palha. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 559-568, 2008.
- CAMARA, R. K.; KLEIN, V. A. R. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 789-796, 2005.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. Van; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. p. 45-71. (Boletim Técnico, 100).
- CARVALHO, A. M. et al. Cover plants with potential use for crop- livestock integrated systems in the Cerrado region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 46, n. 10, p.1200-1205, 2011.
- CARVALHO, M. A. C. et al. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 39, n. 1, p. 47-53, 2004.

CASTRO, G. S. A.; CALONEGO, J. C.; CRUSCIOL, C. A. C. Propriedades físicas do solo em sistemas de rotação de culturas conforme o uso de corretivos da acidez. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 12, p. 1690-1698, 2011.

CAVALIERI, K. M. V. et al. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 1, p. 137-147, 2006.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. Farinhas e Derivados. In: In: CEREDA M. P.; VILPOUX, O. (Coords.). **Tecnologias, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas: São Paulo: Fundação Cargill. v. 3, p. 576-620. 2003.

CHIEPPE JÚNIOR, J. B. et al. Efeitos de níveis de cobertura do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro irrigado, em sistema de plantio direto. **Irriga**, v. 12, n. 2, p.177-184, 2007.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 743-753, 2003.

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

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

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Integração lavoura-pecuária: benefícios das gramíneas perenes nos sistemas de produção. **Informações Agronômicas**, n. 125, p. 2-15, 2009.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FASINMIRIN, J. T.; REICHERT, J. M. Conservation tillage for cassava (*Manihot esculenta* crantz) production in the tropics. **Soil And Tillage Research**, [s.l.], v. 113, n. 1, p. 1-10, 2011.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A. **Mandioca no Cerrado: orientações técnicas**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2011. 208 p.

- FIDELIS, R. R. et al. Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 1, p. 23-31, 2003.
- FIGUEIREDO, P. G. et al. Componentes de produção e morfologia de raízes de mandioca sob diferentes preparos do solo. **Bragantia**, [s.l.], v. 73, n. 4, p. 357-364, 2014.
- FIGUEIREDO, P. G. et al. Effects of tillage options on soil physical properties and cassava-dry-matter partitioning. **Field Crops Research**, [s.l.], v. 204, p. 191-198, 2017.
- FILIZOLA, H. F. et al. **Controle dos processos erosivos lineares (ravinas e voçorocas) em áreas de solos arenosos**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2011. 7 p. (Circular Técnica 22).
- FIORDA, F. A. et al. Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 408-416, 2013.
- FREITAS, R. J.; NASCENTE, A. S.; SANTOS, F. L. S. População de plantas de milho consorciado com *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 79-87, 2013.
- FREITAS, T. S.; LEONEL, M. Amido resistente em fécula de mandioca extrusada sob diferentes condições operacionais. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 2, p. 183-190, 2008.
- FUKUDA, W. M. G. et al. Variedades de mandioca recomendadas para o Estado da Bahia. **Bahia Agrícola**, v. 7, p. 27-30, 2006.
- FUKUDA, W. M. G.; CALDAS, R. C. Relação entre os conteúdos de amido e farinha de mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, BA, v. 6, p. 57-63, 1987.
- GABRIEL FILHO, A. et al. Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia preta. **Ciência Rural**, [s.l.], v. 30, n. 6, p. 953-957, 2000.
- GARCIA, C. M. de P. et al. Decomposição da palhada de forrageiras em função da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 2, p.143-152, 2014.
- GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Agregados em um Latossolo sob sistema plantio direto e rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 12, p. 1489-1498, 2010.
- GERARD, C. I.; SEXTON, P.; SHAW, G. Physical factors influencing on soil strength and root growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, p. 875-879, 1982.
- GONZALES, P. F. et al. Componentes de produção e morfologia de raízes de mandioca sob diferentes preparos do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 4, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Levantamento sistemático da produção Agrícola.** Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

KAISER, D. R. et al. Intervalo hídrico ótimo no perfil explorado pelas raízes de feijoeiro em um Latossolo sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 845-855, 2009.

KÖPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. México D.F., Fondo de Cultura Econômica; 1948.

KLUTHCOUSKI, J. et al. **Sistema Santa Fé - Tecnologia Embrapa:** integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28 p. (Circular Técnica, 38).

LAL, R.; VLEESCHAUWER, D. de; NGANJE, R. M. Changes in properties of a Newly Cleared Tropical Alfisol as Affected by Mulching. **Soil Science Society Of America Journal**, [s.l.], v. 44, n. 4, p. 827-833, 1980.

LEONEL, Magali et al. Mandioca (Manihot esculenta Crantz). In: LEONEL, M; FERNANDES, A. M.; FRANCO, C. M. L. (Eds.). **Culturas Amiláceas: batata-doce, inhame, mandioca e mandioquinha-salsa.** Botucatu: CERAT/UNESP, 2015. p. 183-326.

LIMA, C. A. et al. Práticas agrícolas no cultivo da mandioca e suas relações com o escoamento superficial, perdas de solo e água. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 46, n. 4, p. 697-706, 2015.

LORENZI, J. O et al. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. Van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1997. p. 221-229. (Boletim Técnico, 100).

LORENZI, J. O. et al. Aspectos fitotécnicos da mandioca em Mato Grosso do Sul. In: OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M.; MARTINS, C. de S. (Eds.). **Aspectos do cultivo da mandioca em Mato Grosso do Sul.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Campo Grande: UNIDERP, 2002. 219 p.

MAZURANA, M. et al. Sistemas de preparo de solo: alterações na estrutura do solo e rendimento das culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1197-1206, 2011.

MARQUES, J. Q. A.; BERTONI, J.; BARRETO, G. B. Perdas por erosão no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 20, p. 1143-1182, 1961.

MERCANTE, F. M. et al. Biomassa microbiana, em um Argissolo Vermelho, em diferentes coberturas vegetais, em área cultivada com mandioca. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 4, p. 479-485, 2008.

MODESTO, E. C. et al. Caracterização químico-bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, [s.l.], v. 26, n. 1, p. 137-146, 2004.

MOTTER, P.; ALMEIDA, H. G. **Plantio direto: a tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira**. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015. 144 p.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 153, p. 375-390, 1944.

NEVES, O. S. C. et al. Persistência do cianeto e estabilização do pH em manipueira. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 8, n. 1, p. 1274-1284, 2014.

NUNES, L. B.; SANTOS, W. J.; CRUZ, R. S. Rendimento de extração e caracterização química e funcional de féculas de mandioca da Região do semi-árido baiano. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 1, p. 129-134, 2009.

ODJUGO, P. A. O. The impact of tillage systems on soil micro-climate, growth and yield of cassava (*Manihot utilisima*) in midwestern Nigeria. **African Journal of Agricultural Research**, v. 3, p. 225-233, 2008.

OLIVEIRA, J. O. A. P. et al. Influência de sistemas de preparo do solo na produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 25, n. 2, p. 443-450, 2001.

OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J.; MORAES, R. N. S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, 2002.

OTSUBO, A. A. et al. Desempenho de cultivares elites de mandioca industrial em área de cerrado do Mato Grosso do Sul. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, suplemento 1, p. 1155-1162, 2009.

OTSUBO, A. A. et al. Formas de preparo de solo e controle de plantas daninhas nos fatores agronômicos e de produção da mandioca. **Semina: Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 33, n. 6, p. 2241-2246, 2012.

OTSUBO, A. A. et al. Sistemas de preparo do solo, plantas de cobertura e produtividade da cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 43, n. 3, p. 327-332, 2008.

OTSUBO, A. A.; LORENZI, J. O. **Cultivo da Mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Campinas: IAC; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. 116 p.

OTTO, R. et al. High soil penetration resistance reduces sugarcane root system development. **Soil and Tillage Research**, v. 117, p. 201-210, 2011.

PACHECO, L. P. et al. Biomass and nutrient cycling by cover crops in Brazilian cerrado in the state of Piauí. **Revista Caatinga**, [s.l.], v. 30, n. 1, p. 13-23, 2017.

PACHECO, L. P. et al. Desempenho de plantas de cobertura em sobresemeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.815-823, 2008.

PANACHUKI, E. et al. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1777-1785, 2011.

PEQUENO, M. G. et al. Efeito de três sistemas de preparo do solo sobre a rentabilidade econômica da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Acta Scientiarum. Agronomy**, [s.l.], v. 29, n. 3, p. 379-386, 2007a.

PEQUENO, M. G. et al. Efeito do sistema de preparo do solo sobre características agrônomicas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 476–481, 2007b.

PERESSIN, V. A. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da mandioca**. Campinas: Instituto Agrônomo (IAC), SAA, 2013. 54 p. (3a Tiragem).

PINTO, F. C. Aspectos da cadeia produtiva da mandioca em Feira de Santana no Distrito de Maria Quitéria (povoados de Lagoa Grande e Olhos d'água das moças). **Revista de Administração e Contabilidade**, Feira de Santana, BA, v. 2, n. 1, p. 65-73, 2010.

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

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

RÓS, A. B. et al. Crescimento, fenologia e produtividade de cultivares de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 4, p. 552-558, 2011.

SAGRILO, E. et al. Performance de cultivares de mandioca e incidência de mosca branca no Vale do Ivinhema, Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 1, p. 087-094, 2010.

SCHAEFER, C. E. R. et al. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 669-678, 2002.

SCHONS, A. et al. Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e consorciado: crescimento, desenvolvimento e produtividade. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 155-167, 2009.

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

SILVA, C. G. et al. Atributos físicos, químicos e erosão entressulcos sob chuva simulada, em sistemas de plantio direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 144-153, 2005.

SILVA, E. C. et al. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 41, n. 3, p. 477-486, 2006.

SILVA, P. C. G. et al. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 11, p. 1504-1512, 2009.

SILVA, R. F. et al. Atributos físicos e teor de matéria orgânica na camada superficial de um argissolo vermelho cultivado com mandioca sob diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2435-2441, 2008.

SILVA, R. F. et al. Macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob sistemas de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 42, n. 6, p. 865-871, 2007.

SILVEIRA, D. C. et al. Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo distrocoeso no Recôncavo da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 659-667, 2010.

SORATTO, R. P. et al. Épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro cultivado após milho solteiro ou consorciado com braquiária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 48, n. 10, p. 1351-1359, 2013.

SOUZA, J. S.; OTSUBO, A. A. Perspectivas e potencialidades de mercados para os derivados de mandioca. In: OTSUBO, A. A.; MERCANTE, F. M.; MARTINS, C. S. (Eds.). **Aspectos do Cultivo da Mandioca em Mato Grosso do Sul**. Dourados/Campo Grande: Embrapa Agropecuária Oeste/UNIDERP, 2002. p.13-30.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S. Clima e solo. In: MATTOS, P. L. P.; GOMES, J. C. (Coord.). **O cultivo da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. p.11-13. (Circular Técnica nº 37).

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S.; GOMES, J. C. Exigências edáficas da cultura da mandioca. In: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. (Eds.). **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006. p. 170-214.

SOUZA, L. S.; SILVA, J.; SOUZA, L. D. **Recomendação de calagem e adubação para o cultivo da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2009. 6 p. (Comunicado Técnico, 133).

SOUZA, L. S.; SOUZA, L. D. Manejo e conservação do solo. In: SOUZA, L. S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P.; FUKUDA, W. M. G. (Eds.). **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006. p. 248-290.

STEFANOSKI, D. C. et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. Penetrômetro de impacto – modelo IAA/Planalsucar – STOF (recomendações para seu uso). **Revista STAB**, 1983.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, p.229- 235, 1990.

TAKAHASHI, M. Cultivo comercial na região centro-sul do Brasil. In: CEREDA, M. P. (Coord.). **Agricultura: tuberosas amiláceas Latino Americanas**. v. 2. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p. 258-273.

TARTARI, D. T. et al. Perda de solo e água por erosão hídrica em Argissolo sob diferentes densidades de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, p. 85-93, 2012.

TEIXEIRA, P. C.; MISRA, R. K. Erosion and sediment characteristics of cultivated forest soils as affected by the mechanical stability of aggregates. **Catena**, [s.l.], v. 30, n. 2-3, p. 119-134, ago. 1997.

TERNES, M. Fisiologia da planta. In: CEREDA, M. P. (Coord.). **Agricultura: tuberosas amiláceas Latino Americanas**. v. 2. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p. 448-504.

THIMÓTEO, C. M. S. et al. Alterações da porosidade e da densidade de um Latossolo Vermelho distrófico em dois sistemas de manejo de solo. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1299- 1303, 2001.

VALLE, T. L.; LORENZI, J. O. Variedades melhoradas de mandioca como instrumento de inovação, segurança alimentar, competitividade e sustentabilidade: contribuições do Instituto Agronômico de Campinas (IAC). **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 15-34, 2014.

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.

VOORHEES, W. B.; LINDSTROM, M. J. Soil compaction on conservation tillage in the northern corn belt. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 38, n. 5, p. 307-311, 1984.

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

WILLIAMS, C. N.; GHAZALI, S. M. Growth and productivity of tapioca (*Manihot utilissima*) IV: development and yield of tubers. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 10, p. 9-16, 1974.