UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

FCA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
UNESP | BOTUCATU

RUDIELI MACHADO DA SILVA

CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E ACÚMULO DE AMIDO EM GENÓTIPOS DE MANDIOCA DE INDÚSTRIA

Botucatu

2023

RUDIELI MACHADO DA SILVA

CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E ACÚMULO DE AMIDO EM GENÓTIPOS DE MANDIOCA DE INDÚSTRIA

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

Orientador: Adalton Mazetti Fernandes

Botucatu

2023

S586c

Silva, Rudieli Machado da
Crescimento, produtividade e acúmulo de amido em genótipos de mandioca de indústria / Rudieli Machado da Silva. -- Botucatu, 2023
124 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu
Orientador: Adalton Mazetti Fernandes

1. Produção vegetal. 2. Melhoramento vegetal. 3. genótipos. 4. amido. 5. renda. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E ACÚMULO DE AMIDO EM GENÓTIPOS DE MANDIOCA DE INDÚSTRIA

AUTOR: RUDIELI MACHADO DA SILVA
ORIENTADOR: ADALTON MAZETTI FERNANDES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Agronomia (Agricultura), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ADALTON MAZETTI FERNANDES (Participaçao Presencial)
Centro de Raizes e Amidos Tropicais / Universidade Estadual Paulista UNESP

Prof. Dr. MARCELO DE ALMEIDA SILVA (Participaçao Presencial)
Producao Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu

Dr.ª MAGALI LEONEL (Participaçao Presencial)
Centro de Raizes e Amidos Tropicais / Universidade Estadual Paulista UNESP

Prof. Dr. SAMUEL FERRARI (Participaçao Virtual)
Agronomia / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - UNESP/Dracena

Pesquisador Dr. MARCO ANTÔNIO SEDREZ RANGEL (Participaçao Presencial)
Pesquisa e Desenvolvimento / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Botucatu, 31 de janeiro de 2023

Aos meus pais e irmãs,

Osman, Ivaneide, Ranielly e Luziane

dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos pais, Osman e Ivaneide, pelo apoio incondicional e por sempre estarem presentes, e também às minhas irmãs, Ranielly e Luziane. Os quais sempre foram fonte de inspiração.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Agricultura da UNESP, campus de Botucatu – SP, por toda a estrutura e oportunidades oferecidas no período.

Ao Prof. Dr. Adalton Mazetti Fernandes, pela orientação, ensinamentos, e paciência, principalmente no ano de 2022, que para mim foi um ano de muitas mudanças e aprendizados, me enriquecendo não apenas de forma profissional, mas também no âmbito pessoal.

Aos amigos que se fizeram presentes durante meu período de doutorado, principalmente à Nathalia Ribeiro, Raíra Pelvine, Kátia Kaelly, Ricardo Tajra, Alana Pontes, Politon Guedes, Murilo Leite, Jéssica Silva, e Daniela, pela força e ajuda na condução e avaliação dos experimentos, e sem os quais seria impossível a condução e finalização dos experimentos, já que foram ensaios longos e de muito trabalho, o qual, sozinho, eu não conseguiria ter realizado. Meus sinceros agradecimentos

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Mandioca e Fruticultura por ter cedido todos os materiais vegetativos estudados nessa tese. Em especial aos pesquisadores Dr. Marco Antônio Sedrez Rangel e Dr. Rudiney Ringenberg, que participaram de todos os processos de experimentação, desde a instalação dos ensaios, coleta de dados, e manutenção das áreas, além de todo o conhecimento repassados pelos mesmos. À Fecularia Tereos, pela concessão da área experimental.

Ao Centro de Raízes e Amidos Tropicais – CERAT, em especial ao coordenador do centro, o Dr. Rogério Peres Soratto, por manter de forma organizada toda a estrutura do centro, o qual foi utilizado para as principais análises da tese.

A todos os professores e funcionários do CERAT, em especial à Dra. Magali Leonel, que cedeu em diversos momentos os equipamentos necessários para a realização das análises laboratoriais. E também aos técnicos Élder, Luiz, Juliana, Débora, e demais que de alguma forma deram apoio durante todo o processo de pesquisa, levantamento de dados de campo e de laboratório.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 88882.433157/2019-01.

"Pensaram que eu era surrealista, mas nunca fui. Nunca pintei sonhos, só pintei a minha própria realidade”

KAHLO, F. **O diário de Frida Kahlo:** um autorretrato íntimo. Tradução de Mario Pontes. 3. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 2012. p. 280.

RESUMO

No Brasil, a região Centro-Sul é a que mais apresenta cultivos de mandioca industrializados, principalmente em áreas com solos de baixa fertilidade. Comercialmente, a compra de suas raízes tuberosas pelas indústrias realizada pela determinação do teor de matéria seca das raízes que é convertida em amido, criando uma demanda por novos genótipos com altos teores de amido e matéria seca nas raízes. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho produtivo de genótipos atuais e modernos de mandioca de indústria em comparativo com genótipos mais cultivados no estado de São Paulo, e determinar a curva de amido através dos métodos da balança hidrostática e do analítico laboratorial, correlacionando a precisão de ambos em estimar o teor amido nas raízes dos genótipos avaliados. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com 9 tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por 9 genótipos de mandioca (IAC 14, IAC 90, BRS CS 01, BRS 419, BRS 420, 1097/13, 2011 02-43, 2010 55-04, e 2010 56-18). Com avaliações a cada 40/45 dias, determinou-se a área foliar e o índice de área foliar, o acúmulo de biomassa nas partes da planta e na planta inteira, os componentes da produção e a produtividade de raízes, o teor de matéria seca e amido nas raízes e a estimativa do teor de amido nas raízes por dois métodos analíticos. Os resultados foram submetidos à ANOVA, e as médias dos genótipos comparados pelo teste LSD a 5% em cada época avaliada. Em solos de baixa fertilidade as plantas atingiram padrão produtivo satisfatório, com 30 e 10 t ha^{-1} de raízes e amido no primeiro ciclo vegetativo, e 50 e 20 t ha^{1} de raízes e amido no segundo ciclo. A maioria dos genótipos atingiram picos de produtividade de raízes e amido antes dos 20 meses após o plantio, indicando possibilidade de ser colhida de forma antecipada. O peso específico apresenta correlação positiva e significativa com os teores de matéria seca e amido das raízes, porém, sendo mais forte com os teores de matéria seca. A mandioca de indústria cultivada por mais de um período vegetativo obtém mais produtividade de amido ao fim do segundo ciclo devido a maior produtividade de raízes, e não necessariamente a um teor maior de matéria seca ou amido nas raízes tuberosas.

Palavras-chave: *Manihot esculenta*; amido; indústria; matéria seca; melhoramento.

ABSTRACT

In Brazil, the Center-South region is the most industrialized area for bitter cassava cultivation, but mostly in soils with low fertility characteristics. Commercially, the purchase of its tuberous roots by industries is carried out by determining the roots' dry matter content that is converted into starch, creating a demand for new genotypes with high levels of starch and dry matter in the roots. The purpose of this work was to evaluate the productive performance of current and modern bitter cassava genotypes in comparison with the genotypes most cultivated in the state of São Paulo, and to determine the starch accumulation curve through the methods of hydrostatic balance and laboratory analysis, correlating the precision of both in estimating the starch content in the roots of the evaluated genotypes. The experimental design used was randomized blocks, with 9 treatments and four replications. The treatments consisted of 9 cassava genotypes (IAC 14, IAC 90, BRS CS 01, BRS 419, BRS 420, 1097/13, 2011 02-43, 2010 55-04, and 2010 56-18). With evaluations every 40/45 days, the leaf area and the leaf area index, the accumulation of biomass in the parts of the plant and in the whole plant, the components of the production and the yield of roots, the content of dry matter and starch in the roots and the estimation of the starch content in the roots by two analytical methods. The results were submitted to ANOVA, and the means of the genotypes compared by the LSD test ($p<0.05$) in each evaluated period. In low fertility soils, the plants reached a satisfactory yield pattern, with 30 and 10 t ha^{-1} of roots and starch in the first vegetative cycle, and 50 and 20 t ha^{-1} of roots and starch in the second cycle. Most genotypes reached peaks of root and starch productivity before 20 months after planting, indicating the possibility of being harvested before reaching the end of the second vegetative cycle. The specific weight presents a positive and significant correlation with the dry matter and starch contents of the roots, however, being higher with the dry matter contents. The bitter cassava cultivated for more than one vegetative cycle obtains higher starch yield at the end of the second cycle due to the higher root productivity, and not necessarily to a higher content of dry matter or starch in the tuberous roots.

Keywords: *Manihot esculenta*; starch; industry; dry matter; plant breeding.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 1 – Crescimento e produtividade de genótipos de mandioca em solo de baixa fertilidade

Figura 1 – Precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas registradas, durante o período de outubro de 2019 a junho de 2021 em Paraguaçu Paulista, SP.....37

Figura 2 – Altura média, número de hastes, número de folhas, área foliar e índice de área foliar (IAF) de genótipos de mandioca de indústria cultivadas em solo de baixa fertilidade durante o período de outubro de 2019 a junho de 2021.....44

Figura 3 – Comprimento, diâmetro, número, e peso médio de raízes tuberosas e produtividade total de raízes de genótipos de mandioca de indústria cultivadas em solo de baixa fertilidade durante o período de outubro de 2019 a junho de 2021.....53

Figura 4 – Acúmulo de matéria seca (MS) na parte aérea, cepas, raízes tuberosas, planta toda e índice de colheita (IC) de genótipos de mandioca de indústria cultivadas em solo de baixa fertilidade durante o período de outubro de 2019 a junho de 2021.....62

Figura 5 – Teores de matéria seca (MS) e amido na raiz tuberosa, e produtividade de amido de genótipos de mandioca de indústria cultivadas em solo de baixa fertilidade durante o período de outubro de 2019 a junho de 2021.....70

Capítulo 2 – Determinação dos teores de matéria seca e amido em raízes de genótipos de mandioca de indústria por métodos diretos e indiretos

Figura 1 – Precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas registradas, durante o período de outubro de 2018 a agosto de 2020 em São Pedro do Turvo – SP, e de outubro de 2019 a junho de 2021 em Paraguaçu Paulista.....81

Figura 2 – Produtividade de raízes frescas, renda e peso específico de raízes de mandioca em função das épocas de colheita e métodos de determinação em dois locais de cultivo.....94

Figura 3 – Equações de regressão relacionando o peso específico determinado com 3 e 5 kg de raízes com os teores de matéria seca e amido das raízes de mandioca de dois locais de cultivo.....101

Figura 4 – Teor de matéria seca (MS), amido e produtividade de amido de mandioca por diferentes métodos de determinação em função das épocas de colheita em dois locais de cultivo.....103

Figura 5 – Variação no teor de matéria seca (MS) e amido nas raízes de mandioca por diferentes métodos de determinação comparado ao método laboratorial em função das épocas de colheita em dois locais de cultivo.....105

Figura 6 – Variação na produtividade de amido de mandioca por diferentes métodos de determinação comparado ao método laboratorial em função das épocas de colheita em dois locais de cultivo.....107

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1 – Crescimento e produtividade de genótipos de mandioca em solo de baixa fertilidade

Tabela 1 – Atributos químicos do solo da área experimental na profundidade de 0-0,2 m, no ano agrícola 2019/20 em Paraguaçu Paulista, SP.....38

Tabela 2 – População (plantas ha^{-1}) de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de dois ciclos vegetativos, entre 2019 e 2021.....42

Tabela 3 – Altura média (m) de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP.....45

Tabela 4 – Número médio de hastes por planta de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP.....47

Tabela 5 – Número médio de folhas por planta por plantas de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP.....49

Tabela 6 – Área foliar média (cm^2) por planta de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP.....51

Tabela 7 – Índice de área foliar médio por planta de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP.....52

Tabela 8 – Comprimento médio (cm) de raízes tuberosas de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP.....54

Tabela 9 – Diâmetro médio (cm) de raízes tuberosas de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP.....56

Tabela 10 – Número médio de raízes tuberosas por planta de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP.....57

Tabela 11 – Peso médio (g) de raízes tuberosas de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP.....58
Tabela 12 – Produtividade média (t ha^{-1}) de raízes de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP.....60
Tabela 13 – Acúmulo de matéria seca (MS) (t ha^{-1}) da parte aérea (folhas e hastes) de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP.....63
Tabela 14 – Acúmulo de matéria seca (MS) (t ha^{-1}) das cepas de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP.....65
Tabela 15 – Acúmulo de matéria seca (MS) (t ha^{-1}) de raízes tuberosas de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP.....66
Tabela 16 – Acúmulo de matéria seca (MS) (t ha^{-1}) na planta toda (folhas, hastes, cepas e raízes tuberosas) de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP.....68
Tabela 17 – Índice de colheita (IC) de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP.....69
Tabela 18 – Teor de matéria seca (MS), em porcentagem (%), da raiz tuberosa de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP.....71
Tabela 19 – Teor de amido (%) na raiz tuberosa de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP.....72

Tabela 20 – Produtividade média (t ha^{-1}) de amido de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP.....73

Capítulo 2 – Determinação dos teores de matéria seca e amido em raízes de genótipos de mandioca de indústria por métodos diretos e indiretos

Tabela 1 – Atributos químicos do solo da área experimental na profundidade de 0-0,2 m, nas áreas de São Pedro do Turvo e Paraguaçu Paulista, SP, Brasil.....88

Tabela 2 – Coeficientes de correlação linear simples do peso específico (kg L^{-1}) com os teores de matéria seca (%) e amido (%), e do teor de matéria seca (%) com o teor de amido (%) das raízes de mandioca em função das épocas de colheita em dois locais de cultivo.....98

Tabela 3 – Coeficientes de correlação linear simples do peso específico (kg L-1) com os teores de matéria seca (%) e amido (%), e do teor de matéria seca (%) com o teor de amido (%) das raízes de mandioca em 9 genótipos de mandioca em dois locais de cultivo.....99

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO GERAL	**23**
	CAPÍTULO 1 – CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE MANDIOCA EM SOLO DE BAIXA FERTILIDADE	**33**
1.1	INTRODUÇÃO	35
1.2	MATERIAL E MÉTODOS	36
1.2.1	Localização e características da área experimental	36
1.2.2	Delineamento experimental e tratamentos	38
1.2.3	Instalação e condução do experimento	38
1.2.4	Avaliações	39
1.2.4.1	População média de plantas, altura de plantas, número de hastes, número de folhas, área foliar por planta e IAF	39
1.2.4.2	Comprimento, diâmetro, número de raízes por planta, peso médio e produtividade de raízes tuberosas	40
1.2.4.3	Acúmulo de matéria seca (MS) nas folhas, hastes, cepas, raízes tuberosas, planta inteira e índice de colheita (IC)	40
1.2.4.4	Teor de matéria seca (MS) e amido nas raízes tuberosas, e produtividade de amido	41
1.2.5	Análise estatística	41
1.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
1.3.1	População média de plantas, altura de plantas, número de hastes, número de folhas, área foliar por planta e IAF	42
1.3.2	Comprimento, diâmetro, número de raízes por planta, peso médio e produtividade de raízes tuberosas	52
1.3.3	Acúmulo de matéria seca (MS) nas folhas, hastes, cepas, raízes tuberosas, planta inteira e índice de colheita (IC)	61
1.3.4	Teor de matéria seca (MS) e amido nas raízes tuberosas, e produtividade de amido	69
1.4	CONCLUSÕES	75
	REFERÊNCIAS	77

CAPÍTULO 2 – DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE MATÉRIA SECA E AMIDO EM RAÍZES DE GENÓTIPOS DE MANDIOCA DE INDÚSTRIA POR MÉTODOS DIRETOS E INDIRETOS..... 81
2.1 INTRODUÇÃO..... 83
2.2 MATERIAL E MÉTODOS..... 85
2.2.1 Localização e características da área experimental..... 85
2.2.2 Delineamento experimental e tratamentos..... 86
2.2.3 Instalação e condução do experimento..... 87
2.2.4 Avaliações..... 88
2.2.4.1 Produtividade de raízes e renda de 3 e 5 kg de raízes..... 88
2.2.4.2 Peso específico das raízes..... 89
2.2.4.3 Teor de matéria seca (MS) e amido nas raízes tuberosas e produtividade de amido..... 89
2.2.4.4 Análises de correlação dos teores de matéria seca (MS) e amido com o peso específico (PE) das raízes..... 92
2.2.4.5 Comparação na precisão das estimativas da matéria seca (MS) e do amido das raízes em relação ao método padrão (laboratorial)..... 92
2.2.4.6 Análise estatística..... 92
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 93
2.4 CONCLUSÕES..... 108
REFERÊNCIAS..... 110
CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 113
REFERÊNCIAS..... 115
APÊNDICE A..... 119
APÊNDICE B..... 120
APÊNDICE C..... 121
APÊNDICE D..... 122
APÊNDICE E..... 123
APÊNDICE F..... 124

INTRODUÇÃO GERAL

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), também conhecida no Brasil como aipim e macaxeira, pertence à família Euphorbiaceae (SANTISOPASRI et al., 2001; MWINE; VAN DAMME, 2011; JAMES et al., 2022) e é atualmente uma das culturas mais importantes do mundo, devido principalmente ao seu alto valor energético e nutritivo, com raízes tuberosas contendo entre 73 e 84% de amido (carboidrato) em base de matéria seca (MS), e alimentando mais de 600 milhões de pessoas na América do Sul, África e Ásia (GOMATHINAYAGAM et al., 2007; OTUN et al., 2022). O Brasil é o sexto maior produtor mundial de mandioca, atrás da Nigéria, República Democrática do Congo, Tailândia, Gana e Indonésia (FAO, 2022). É considerada uma das culturas mais importantes do setor agrícola brasileiro, podendo ser cultivada em diferentes sistemas de produção, com o uso de variedades e genótipos adaptados às condições locais (SOUZA et al., 2006), além de apresentar características interessantes do ponto de vista produtivo e econômico, como o bom desenvolvimento em condições de baixa disponibilidade hídrica, baixa fertilidade e alta acidez.

De acordo com Mattos et al. (2006) os genótipos de mandioca podem ser classificados como de indústria ou de mesa. No Brasil, a maior parte da mandioca produzida é destinada à indústria para a produção de farinha e fécula (amido) (CARDOSO et al., 2006). A região Centro-Sul é responsável pela maior parte da produção de mandioca de indústria no país (OTSUBO; LORENZI, 2004), sendo que os genótipos IAC 14 e IAC 90, lançadas há mais de 20 anos, são as mais cultivadas no estado de São Paulo. Esse longo período de lançamento, e o uso frequente do mesmo genótipo em grandes áreas ocasionar a diminuição do rendimento ao decorrer dos anos e, consequentemente, o rendimento das empresas (IAC, 2019). Assim, genótipos melhorados e lançadas nos últimos sete anos, podem atuar como alternativa para os produtores, uma vez que elas podem apresentar características de precocidade, maiores teores de matéria seca (MS) e produtividade de raízes, as quais são desejadas pelos produtores e indústrias (EMBRAPA, 2016).

Além dos genótipos mais utilizados para cultivo estarem defasadas, outro problema observado é que as indústrias de processamento de farinha e amido no Brasil compram e efetuam o pagamento das raízes tuberosas de acordo com os teores de matéria seca (MS) nas raízes (IAC, 2014), sendo o cálculo da MS realizado de forma indireta com base no peso das raízes em balança hidrostática (CEREDA;

VILPOUX, 2003), esse método é largamente utilizado pelas indústrias de processamento, e é conhecido popularmente como renda de amido. Assim, com a estimativa do teor de MS nas raízes (renda de amido), a produtividade de raízes por hectare e o valor da grama da MS pago pela indústria se calcula o valor a ser pago ao produtor.

A metodologia proposta no uso da balança hidrostática utiliza amostras de 3 kg de raízes tuberosas frescas na determinação do teor de MS (renda) (GROSSMAN; FREITAS, 1950). No entanto, a partir de 2005, muitas fecularias e farinheiras brasileiras passaram a utilizar uma metodologia para cálculo do teor de MS, ou seja, da renda, utilizando amostras de 5 kg de raízes frescas. No entanto, não há estudos científicos recentes demonstrando a eficácia da estimação do teor de MS ou amido das raízes pelo método da balança hidrostática e existem reclamações constantes do setor produtivo de que o teor de amido estimado pelo método da balança hidrostática não condiz com as quantidades de amido extraídas das raízes pela indústria de processamento.

No entanto, é importante levar em consideração também que, o teor de amido é apenas um dos componentes da MS das raízes tuberosas da mandioca, e que essa percentagem pode variar de acordo com a variedade, época de colheita e idade da planta, prejudicando a avaliação do teor de amido através da MS (CEREDA et al., 2003). Apesar disso, a metodologia de determinação de MS pela balança hidrostática continua sendo utilizada por ser simples, de fácil determinação e rápida (CARVALHO et al., 2007). Assim, o estabelecimento de uma metodologia atual, que mantenha as características de rapidez e facilidade, e que proporcione a determinação real da MS e amido das raízes tuberosas de genótipos tradicionais, de genótipos lançados recentemente ou em processo de lançamento no estado de São Paulo é de grande importância para o setor produtivo.

A cultura da mandioca

Originária da América do Sul, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é conhecida como uma das culturas mais antigas do continente, sendo cultivada há mais de 9 mil anos pela população nativa, e posteriormente, assimilada pelos colonizadores que a disseminaram pelo mundo, principalmente pela África e Ásia (COÊLHO, 2018). É uma

cultura rústica, de fácil adaptação, e se desenvolve bem em países de climas tropicais e temperados, não tolerando alagamentos e sombreamento (ALVES, 2006).

É considerada, mundialmente, uma cultura de grande importância social em países de baixa renda, uma vez que a mandioca é fonte de carboidratos, carotenoides e proteínas, e algumas citações de minerais e vitaminas (C) a baixo custo, sendo cultivada em mais de cem países, e alimentando mais de 600 milhões de pessoas na América do Sul, África e Ásia. A cultura foi eleita pela Organização das Nações Unidas (FAO) como o alimento do século XXI, principalmente devido ao seu valor nutritivo e seus derivados, que acabam sendo consumidos de diferentes maneiras no mundo. Suas folhas, que apresentam teores de proteínas de até 25%, também podem ser utilizadas na alimentação humana ou animal (GOMATHINAYAGAM et al., 2007; COÊLHO, 2018; EMBRAPA, 2019; OTUN et al., 2022).

Sua raiz de reserva, conhecida morfologicamente como raiz tuberosa, pode ser classificada de duas maneiras. A primeira, conhecida como mandioca de “mesa”, corresponde aos genótipos cujas raízes são comercializadas *in natura* e que possuem teor de ácido cianídrico abaixo de 50 mg kg^{-1}, e a segunda, conhecida como mandioca de “indústria”, corresponde àqueles genótipos que apresentam teores de ácido cianídrico acima de 100 mg kg^{-1} , tornando-as impróprias para consumo *in natura*, e que são destinadas apenas à produção de farinha ou fécula, sendo este último utilizado como ingrediente em alimentos embutidos, embalagens, papelão e nas indústrias de mineração, farmacêutica e têxtil (MATTOS et al., 2006; CARDOSO et al., 2006).

A produção de mandioca no Brasil é realizada em grande parte por agricultores familiares e camponeses, que possuem sistemas de produção pouco tecnificados, sem irrigação, e frequentemente em consórcio com outras culturas de ciclo mais curto, como o feijão e milho. Nas regiões Norte e Nordeste, é amplamente utilizada na alimentação humana e animal, enquanto que na região Centro-sul, a cultura possui característica mais industrial, sendo comum três tipos de unidades produtivas, as quais são conhecidas como doméstica, familiar e empresarial (OTSUBO; LORENZI, 2004). A unidade doméstica é aquela que possui uma pequena área de produção, com baixo nível tecnológico, sendo o plantio e colheita realizados de forma manual. A unidade familiar, pode ser composta de uma pequena ou de uma grande área de produção, no entanto, apresenta maior nível de tecnologia, sendo utilizado o emprego de máquinas em algumas etapas de produção. Por fim, temos a unidade empresarial,

que é aquela que possui mão de obra contratada, com cultivo de grandes áreas, e altamente tecnificada (COÊLHO, 2018).

De acordo com Alves et al. (2019), as atividades relacionadas à mandiocultura e à produção de derivados da mandioca, como a farinha e o amido, geram nacionalmente quase um milhão de empregos, sendo 450 mil empregos diretos e 500 mil indiretos. Entre 2019 e 2021, no acumulado de janeiro a junho, a produção nacional de fécula foi de aproximadamente 350 mil toneladas, com consumo médio acima de 300 mil toneladas, demonstrando um crescimento médio aparente de 2,5% entre o primeiro e o segundo ano (SECEX, 2021). No quesito exportações, o ano de 2021 atingiu-se um patamar superior à 3,6 mil toneladas, com valor médio de venda de 1.440,00 USD por tonelada de amido vendido, não sendo afetado negativamente pela alta do dólar americano nos últimos anos. O valor de exportação do produto Brasileiro ainda é superior aos valores de exportações de países como Paraguai e Tailândia (ABAM, 2022), tornando a bastante popular do ponto de vista econômico e social.

No mercado interno, 80% da produção de fécula de mandioca provém da região Centro-sul, formada pelos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul, se caracterizando por ser o principal centro de dispersão da cultura, com alto potencial produtivo e forte industrialização, diferenciando-a das demais regiões produtoras (OTSUBO; LORENZI, 2004). Apesar disso, há atualmente nessa região uma grande demanda por novos genótipos de mandioca, pois a produção se baseia em grandes áreas cultivadas com pouca variabilidade genética, o que aumenta o problema com pragas e doenças, prejudicando o rendimento das indústrias e o lucro dos produtores, requerendo sistemas de produção mais modernizados (EMBRAPA, 2019).

As variedades conhecidas por IAC 12, IAC 13, IAC 14, IAC 15, IAC 90 e IAC Caapora, são os genótipos de mandioca para indústria mais cultivados atualmente no Brasil. Entre as características de cada genótipo podem ser citadas o alto teor de amido da IAC 12 e IAC 14, o potencial de produção de etanol a partir da IAC 14, e o alto teor de MS e rendimento dos genótipos IAC 90 e IAC Caapora, características consideradas essenciais para o uso em indústria. No entanto, alguns desses genótipos foram selecionadas há mais de 20 anos. Um exemplo é o IAC 15, lançada no ano de 2000, ou seja, há 23 anos atrás, sendo uma das mais recentes (IAC, 2019).

No estado de São Paulo, os genótipos IAC 14 e IAC 90 se destacam entre os mais cultivados, com a última ocupando mais de 80% das áreas cultivadas com mandioca no estado. Os estudos para a seleção do genótipo IAC 90 se iniciaram ainda nos anos

90, e apesar de já ser cultivada pelos agricultores há bastante tempo, foi apenas no ano de 2021 que foi oficialmente registrada e lançada pelo Instituto Agronômico (IAC). O mesmo ocorre com o genótipo IAC 118-95, considerado um dos genótipos de indústria mais produtivas atualmente, alcançando até 30 toneladas de raízes por hectare com apenas um ciclo de produção (ABAM, 2021). Apesar disso, o tempo de seleção e lançamento de novos genótipos demonstra uma fragilidade no sistema de produção de mandioca de indústria no estado, que pelo uso contínuo dos mesmos genótipos em grandes áreas e por longos anos de cultivo podem propiciar queda de produtividade, como por exemplo pelo surgimento de pragas e doenças (IAC, 2019).

A baixa produtividade é o principal entrave na produção de mandioca no Brasil. Apesar do alto potencial produtivo, que é acima de 80 toneladas por hectare (STRECK et al., 2014), estima-se que produtividade média brasileira é de apenas 15 t ha^{-1}, enquanto que outros países produtores, como a Indonésia, que cultivam a mandioca a menos tempo, produz cerca de 26 t ha^{-1} (FAO, 2022), demonstrando que o país ainda tem muito a evoluir no que diz respeito à produção dessa cultura. A baixa produtividade pode ocorrer, principalmente, pelo uso de variedades não selecionadas, por isso a escolha do material de plantio adequado às condições locais é essencial. Assim, pesquisas com a finalidade de identificar novos genótipos adaptados à determinadas regiões, e que apresentem características adequadas à indústria e com maior capacidade produtiva ainda se fazem necessárias (SOUZA; FIALHO, 2003; SAGRILO et al., 2010).

Variedades novas de mandioca, selecionadas através de melhoramento vegetal, são mais produtivas e mais precoces, podendo aumentar os níveis de produtividade da cultura. Um exemplo recente, é o genótipo BRS CS 01, lançada no ano de 2016 pela EMBRAPA como uma mandioca de indústria para cultivo nos estados do Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo. O novo genótipo apresentou boa cobertura de solo, diminuindo o número de capinas na área e os custos de produção, e foi 30% mais produtiva e apresentou teor de MS nas raízes 50% maior que os genótipos mais plantados atualmente, como a IAC 90, no primeiro ciclo de cultivo (10 meses), enquanto que no segundo ciclo (18 meses) ela atingiu a produtividade de 60 t ha^{-1} com aumento de mais de 100% no teor de MS em comparação os genótipos tradicionais. Essa superioridade indica que esse genótipo apresenta boa precocidade, podendo ser colhida com apenas um ciclo de cultivo e gerando aumento significativo de produtividade no segundo ciclo (EMBRAPA, 2016).

O melhoramento vegetal pode ser visto então como uma ferramenta que visa selecionar um material genético com características desejadas, como por exemplo a alta produtividade, resistência a pragas e maior teor de amido e proteína, no caso da mandioca de indústria (FUKUDA; SILVA, 2002). No entanto, apesar de possuir fácil adaptação à diferentes condições edafoclimáticas, os genótipos de mandioca apresentam interação com o ambiente, indicando que o mesmo genótipo pode apresentar comportamento diferente dependendo da região de cultivo, ou seja, é importante selecionar o genótipo correto para cada região produtora (BORÉM, 2005).

Dentre os métodos de melhoramento, a introdução é o mais utilizado na recomendação de novos genótipos de mandioca, principalmente por ser o método mais simples e mais barato (SAGRILO et al., 2010). Apesar disso, a introdução requer avaliações criteriosas do desempenho dos genótipos, devido à ampla diversidade genética disponível e adaptação da cultura (FUKUDA; SILVA, 2002). De acordo com Kawano (2003), a seleção de novos genótipos, utilizando como base os componentes de produção da cultura, como o índice de colheita (IC), teor de MS das raízes tuberosas e produção de biomassa, consiste em um procedimento altamente eficiente. Os exemplos mais comuns são os genótipos IAC 14 e Fécula Branca no estado do Paraná, que foram introduzidas e avaliadas de acordo com desempenho produtivo no estado (VIDIGAL FILHO et al., 2000).

No Brasil, a Embrapa, o IAC (Instituto Agronômico) e o IAPAR (Instituto Agronômico do Paraná, atual Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná)) são as principais instituições que realizam atualmente pesquisas com o melhoramento vegetal da mandioca (LARA et al., 2008), com a avaliação de genótipos novos desde 2007, e sendo a BRS CS 01 um dos genótipos lançados mais recentemente (EMBRAPA, 2016). Países como os Estados Unidos, que é considerado um dos principais consumidores e importadores de produtos derivados da mandioca, também já demonstraram interesse na cultura, sendo a mandioca já cultivada em cinco estados americanos como o Mississippi, Alabama, Flórida, Havaí e Texas (PLANTS IN USA, 2019). Dessa forma, para aumentar a produtividade da mandioca brasileira é preciso avaliar e conhecer a capacidade produtiva dos materiais de mandioca lançados recentemente e os materiais promissores para lançamento, frente as variedades atuais cultivadas no Brasil.

Fécula de mandioca

O amido ou fécula, é um polímero natural constituído pela união de dois polissacarídeos, a amilose e a amilopectina (SILVA et al., 2006), utilizado em diversos setores industriais, movimentando bilhões de dólares mundialmente. Devido ao baixo custo de produção, o amido é amplamente utilizado como alimento calórico na indústria alimentícia, melhorando as propriedades físico-químicas dos alimentos, como textura, umidade, estabilidade, consistência e aparência, durante o período de armazenamento (CEREDA, 2002).

Os amidos comerciais mais conhecidos mundialmente são aqueles obtidos do milho, batata, arroz, trigo e mandioca. O amido de mandioca, por sua vez, pode substituir os amidos de outras fontes vegetais em diversos setores. Os principais exemplos de utilização da fécula de mandioca, além do ramo alimentício, são na indústria têxtil, onde ele aumenta o brilho dos tecidos, e na indústria farmacêutica, onde ele serve como agente de ligação e preenchimento em diferentes produtos. Além disso, a fécula pode ser utilizada na produção de papel, cosméticos, borracha e espuma (TONUKARI, 2004). Essas informações, aliadas ao fato de que a cultura da mandioca é pouco exigente em insumos, tolerante ao alumínio e à acidez, apresentando alto potencial produtivo com alto teor de amido em sua composição, a torna uma cultura de grande interesse econômico (SOUZA; FIALHO, 2003).

Nas indústrias de processamento de farinha e amido do Brasil, China e Tailândia, o pagamento pela matéria prima é baseado na estimativa do teor de MS das raízes com o uso de balanças hidrostáticas. O valor recebido pelo produtor leva em consideração, além do teor de MS, o valor (preço) da MS e a produtividade de raízes. O mesmo processo de compra e venda também é observado na produção de batata na Europa. O amido acumulado pelas raízes tuberosas de mandioca é considerado o principal componente de MS, então é esperado uma relação entre os teores de amido e a MS (CEREDA et al., 2003). A literatura relata que o amido corresponde a aproximadamente 80% da MS, sendo os outros 20% distribuídos em açúcares redutores, fibras, proteínas, matéria graxa e cinzas (TACO, 2006). Contudo, enquanto na mandioca o teor de MS das raízes tuberosas chega próximo a 40% (BORGES et al., 2002), na batata o teor de MS dos tubérculos varia entre 15 e 22% (EMBRAPA, 2015).

Dessa forma, raízes tuberosas com maiores teores de amido são economicamente mais interessantes para as indústrias, que fazem o pagamento em função do rendimento, e para os produtores, que recebem pela qualidade da sua matéria prima. Além disso, o pagamento pela MS pode ser visto como uma forma de incentivo aos agricultores em genótipos de mandioca de melhor qualidade, com maiores teores de amido e maior produção de MS, ao invés de buscar apenas por produtividade de raízes (CEREDA; VILPOUX, 2003). É importante destacar que as variedades mais cultivadas atualmente, como a IAC 14 e IAC 90, foram lançadas há mais de 20 anos, o que as torna um pouco defasadas, e que genótipos mais recentes tendem a apresentar precocidade, podendo ser colhidos com ciclo mais curto, maiores índices de produtividade de raízes e de MS (EMBRAPA, 2016), que são as características mais desejadas pelos produtores e indústrias processadoras de mandioca.

Como dito, o teor de amido em raízes de mandioca pode ser avaliado pelo método físico, que consiste na utilização de uma balança hidrostática, e pelo método químico, que por sua vez pode ser realizado a partir de diferentes metodologias (JUSTE JUNIOR et al., 1983). O método físico é bastante utilizado no campo pelas indústrias de farinha e fécula, devido à facilidade e rapidez das determinações, que são realizadas indiretamente com base na MS das raízes tuberosas. A avaliação da MS pelo método da balança hidrostática foi realizada pela primeira vez por Grossman e Freitas (1950) com amostras de 3 kg de raízes, porém ainda é muito questionada (MONTEIRO et al., 1981; PRAUDE et al., 2005; MAEDA; DIP, 2000; CARVALHO et al., 2007).

Oliveira et al. (2011) avaliando seis genótipos de mandioca de indústria, verificaram que a relação entre os teores de amido obtidos através dos métodos da balança hidrostática e do artesanal fresco (extração de amido) variavam de 74 a 96%, sendo que os valores fornecidos pela balança se apresentavam superiores variando de 28 a 33% em comparação ao método artesanal que apresentava teores de amido variando entre 21 e 27%. Juste Junior et al. (1983) utilizando a balança hidrostática e o método de Somogyi-Nelson na determinação do teor de amido nas raízes tuberosas de mandioca dos genótipos Mantiqueira, Riqueza e Branca de Santa Catarina, colhidas em diferentes períodos, não verificaram correlação entre os valores obtidos, afirmando que o método da balança não substitui o de Somogyi-Nelson. Apesar do método analítico de Somogyi-Nelson ser mais preciso para a determinação do amido

das raízes, ele despende de maior tempo para obtenção dos resultados e de equipamentos específicos para a análise. Carvalho et al. (2007) utilizando as variedades Cascuda, IAC-14, IAC-15 e IAC-90 também não verificaram exatidão e precisão no método da balança, porém afirmam que devido a simplicidade e robustez, o método é interessante para a realização na indústria.

Um fator limitante do uso da balança na verificação do teor de amido em culturas tuberosas está relacionado com a sazonalidade das mesmas. No caso da produção de batata da Europa, a colheita é concentrada em curtos períodos, diminuindo a interferência sazonal, o que também é verificado nas colheitas de mandioca da China e Tailândia. No Brasil, a colheita de mandioca é realizada em diferentes períodos durante o ano, com tempo de colheita mais estendido. O amido por ser apenas um dos componentes da MS e seu teor variar em função do mês de colheita, idade da planta, e da variedade utilizada, pode alterar os resultados da estimativa do teor de amido a partir a partir desse método (CEREDA et al., 2003).

Além disso, para culturas tuberosas que apresentam menores teores de amido e MS, como no caso da batata inglesa, a metodologia da balança hidrostática tende a apresentar resultados mais precisos que culturas onde o teor de amido é elevado, como nas raízes de mandioca (MAEDA; DIP, 2000). Woolfe (1992) afirma que o teor de amido nos tubérculos de batata inglesa varia de 15 a 18%, enquanto que na raiz tuberosa de mandioca o teor de amido chega a atingir mais de 35% (base fresca). O alto teor de amido em mandioca, que tende a variar em função do período de colheita, idade da planta e variedade, é um dos limitantes para o uso da metodologia de determinação indireta do teor de amido na cultura. A densidade específica das raízes pode ser alterada em função dos teores de amido, dificultando a obtenção dos resultados quando o material é pesado em água (CEREDA et al., 2003). Assim, a determinação do amido por métodos químicos pode atuar como uma ferramenta extra para as indústrias, em conjunto com a balança hidrostática, no estabelecimento de taxas de conversão em função do mês de colheita e variedade.

Outro fator limitante é que a metodologia proposta no uso da balança hidrostática utiliza amostras de 3 kg de raízes tuberosas frescas na determinação da MS (GROSSMAN; FREITAS, 1950; OLIVEIRA et al., 2011). No entanto, a partir de 2005 muitas fecularias e farinheiras brasileiras passaram a utilizar uma metodologia para cálculo do teor de MS, ou seja, da renda, utilizando amostras de 5 kg de raízes frescas (BORGES et al., 2002). Kawano et al. (1987), avaliando o teor de MS em genótipos

de mandioca obteve uma equação onde se é possível utilizar amostras frescas com diferentes pesos, não se limitando apenas à 3 kg. Porém, é pouco conhecida na indústria da fecularia, a qual se limita a utilização da equação de Grossman e Freitas (1950), gerando um erro adicional, já que essa última equação foi obtida especificamente para amostras de raízes de 3 kg. Há poucos estudos científicos recentes demonstrando a eficácia da estimação do teor de amido das raízes pelo método da balança hidrostática e existem reclamações constantes do setor produtivo de que o teor de amido estimado pelo método da balança hidrostática não condiz com as quantidades de amido extraída das raízes pela indústria de processamento.

Apesar disso, a metodologia de determinação de MS pela balança hidrostática continua sendo utilizada por ser simples, de fácil determinação e rápida (CARVALHO et al., 2007). Assim, o estabelecimento de uma metodologia atual, que mantenha as características de rapidez e facilidade, e que proporcione a determinação real da MS e amido das raízes tuberosas de genótipos tradicionais, de genótipos lançados recentemente ou em processo de lançamento no estado de São Paulo é de grande importância.

CAPÍTULO 1

CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DE GENÓTIPOS DE MANDIOCA EM SOLO DE BAIXA FERTILIDADE[1]

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) de indústria no mundo, ocupando atualmente a 5ª posição no ranking geral. Apesar disso, ela é uma cultura considerada negligenciada, sendo cultivada em maior parte em áreas de baixa fertilidade e com poucos investimentos no manejo do solo para seu cultivo. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento e desempenho produtivo de genótipos de mandioca cultivados em solo de baixa fertilidade no estado de São Paulo, em cultivo comercial no município de Paraguaçu Paulista entre os anos de 2019 e 2021, totalizando dois ciclos vegetativos. Utilizou-se 9 genótipos, entre eles materiais vegetativos já consolidados, como a IAC 90 e IAC 14, que foram lançados há mais de 20 anos, e outros lançados mais recentemente ou que estão sob avaliação da Embrapa Mandioca e Fruticultura, como a BRS CS01, BRS 419, BRS 420, 1097/13, 2011 02-43, 2010 55-04 e 2010 56-18. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições. A cada 45 dias foram avaliadas as características biométricas das plantas, como altura, número de folhas, área foliar, número, peso, comprimento e diâmetro médio das raízes tuberosas, bem como a determinação dos teores de matéria seca e de amido nas raízes. Os resultados foram submetidos à ANOVA, e as médias dos genótipos comparados pelo teste LSD a 5% em cada época avaliada. Os genótipos mais tradicionais, como a IAC 14 e IAC 90, continuam obtendo produtividades elevadas no estado de SP, ou seja, apesar de terem sido lançadas há muito tempo, continuam sendo genótipos produtivos no estado. Os genótipos IAC 90, 1097/13, 2011 55-04 e 2011 02-43 teores máximos de amido aos 17 meses após o plantio, um mês antes que os demais genótipos, que continuaram acumulando amido até os 19 MAP. Isso demonstra que há a possibilidade de serem utilizados para o manejo do escalonamento de colheita, podendo ser colhidos antecipadamente. De maneira geral, os genótipos produziram até 30 e 10 t ha^{-1} de raízes e amido no primeiro ciclo vegetativo, e 50 e 20 t ha^{1} de raízes e amido no segundo ciclo.

[1] Capítulo redigido de acordo com as normas do periódico **Pesquisa Agropecuária Brasileira**

Palavras-chave: *Manihot esculenta*; biometria; fécula; área foliar; manejo do solo.

ABSTRACT

Brazil is one of the largest cassava (*Manihot esculenta* Crantz) producers in the world, currently occupying the 5th position in the general ranking. Despite this, cassava is considered a neglected crop, being grown mostly in areas of low fertility and with little investment in soil management for its cultivation. Thus, the purpose of this work was to evaluate the growth and productive performance of cassava genotypes grown in low fertility soil in the state of São Paulo, in commercial cultivation in the municipality of Paraguaçu Paulista between the years 2019 and 2021, totaling two vegetative cycles. Nine genotypes were used, including well-established vegetative material, such as IAC 90 and IAC 14, which were selected more than 20 years ago, and others selected recently, or which are under evaluation by Embrapa, such as BRS CS01, BRS 419, BRS 420, 1097/13, 2011 02-43, 2010 55-04 and 2010 56-18. The experimental design was randomized blocks with four replications. Every 45 days, the biometric characteristics of the plants were evaluated, such as height, number of leaves, leaf area, number, weight, length and average diameter of the tuberous roots, as well as the determination of the dry matter and starch contents in the roots. The results were submitted to ANOVA, and the means of the genotypes compared by the LSD test (p<0.05) in each evaluated period. The traditional genotypes, such as IAC 14 and IAC 90, continue to obtain high yields in the state of SP, that is, despite having been selected a long time ago, they continue to be productive genotypes in the state. The IAC 90, 1097/13, 2011 55-04 and 2011 02-43 genotypes showed maximum starch contents at 17 months after planting (MAP), one month earlier than the other genotypes, which continued to accumulate starch until 19 MAP. This demonstrates that there is the possibility of being used for the management of the harvest schedule, being able to be harvested in advance. In general, the genotypes produced up to 30 and 10 t ha^{-1} of roots and starch in the first vegetative cycle, and 50 and 20 t ha^{-1} of roots and starch in the second cycle.

Keywords: *Manihot esculenta*; biometry; starch; leaf área; soil managment.

1.1 INTRODUÇÃO

Atualmente existe o pensamento, por parte da maioria dos mandiocultores, de que a mandioca não requer a aplicação de fertilizantes minerais, ou que nem é responsiva às suas aplicações, justamente pelo fato de a cultura produzir rendimentos razoáveis mesmo em condições de solo com baixos níveis de fertilidade (NUNES et al., 2020). Aliada ao fato de ser considerada de fácil adaptação e relativamente tolerante à períodos prolongados de seca, os cultivos de mandioca são geralmente realizados em solos fertilmente pobres e com o uso limitado de fertilizantes e corretivos, porém, esse é um fator dependente dos genótipos, ou seja, existem genótipos que podem ser mais responsivos ao uso de fertilizantes minerais, enquanto outros possuem a habilidade de se adaptarem mais facilmente às condições de baixa fertilidade e acidez do solo (NUNES, 2018).

No Brasil, o cultivo de mandioca geralmente é realizado com a mínima utilização de insumos, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, onde ocorre o esgotamento das reservas nutricionais do solo, uma vez que os nutrientes exportados não são repostos com o cultivo contínuo na mesma área (NUNES et al., 2020). Por isso, o conhecimento técnico de aspectos relacionados às características de crescimento e desenvolvimento de plantas de mandioca em solos de baixa fertilidade e sua influência nos componentes da produção e produtividade da cultura são importantes.

Na região Centro-Sul do Brasil, principalmente nos estados de São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul, os cultivos de mandioca possuem características mais industriais, sendo os genótipos de mandioca de indústria, aquela utilizada para a produção de farinha, fécula e outros derivados, mais utilizados. Em contrapartida, nos estados das regiões Norte e Nordeste predominam principalmente o plantio da chamada mandioca de mesa, utilizada em sua maior parte *in natura* para o consumo humano e animal (OTSUBO; LORENZI, 2004; MELO et al., 2022). É exatamente do seu uso variado que vem a importância socioeconômica da mandioca, com a geração de mais de 450 mil empregos diretos e 500 mil empregos indiretos, sem contar o valor bruto da produção (VBP) agropecuária de mandioca em 2017 que girou em torno de 13 bilhões, com projeções de até 10,6 bilhões nos últimos anos, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2022).

O maior cultivo de genótipos de mandioca de indústria no Centro-Sul, torna a região um dos principais centros de dispersão da cultura, com alto potencial produtivo

e forte industrialização, diferenciando-a das demais regiões produtoras brasileiras. Estima-se que cerca de 80% de toda a fécula produzida no Brasil é obtida nessa região (OTSUBO; LORENZI, 2004; EMBRAPA, 2020). Apesar disso, há nessa região uma grande demanda por novos genótipos de mandioca, pois sua produção se baseia em grandes áreas cultivadas com pouca variabilidade genética, o que aumenta o problema com pragas e doenças, prejudicando o rendimento das indústrias e o lucro dos produtores, requerendo sistemas de produção mais modernizados.

Atualmente, os genótipos de mandioca de indústria IAC 14 e IAC 90, se caracterizam por serem os mais produzidos no estado de São Paulo, ocupando juntos quase a totalidade da área de produção de mandioca de indústria no estado (IAC, 2019). É importante mencionar que, esses genótipos foram selecionados a mais de 20 anos atrás, o que as torna um pouco defasadas, demonstrando uma fragilidade no sistema de produção de mandioca, o que leva, principalmente à obtenção de baixas produtividades. Existem programas de melhoramento vegetal destinados a cultura, com lançamentos recentes de novos genótipos que se apresentam bastante produtivas e com alto potencial para diversas regiões brasileiras (EMBRAPA, 2016).

Sendo assim, o objetivo do trabalho foi verificar a aptidão produtiva dos novos genótipos selecionados e manter uma comparação com os materiais vegetativos mais antigos de mandioca cultivados no estado de São Paulo, considerando o cultivo em solo de baixa fertilidade, pois é geralmente nessas condições que o cultivo de mandioca é realizado na maior parte do país.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

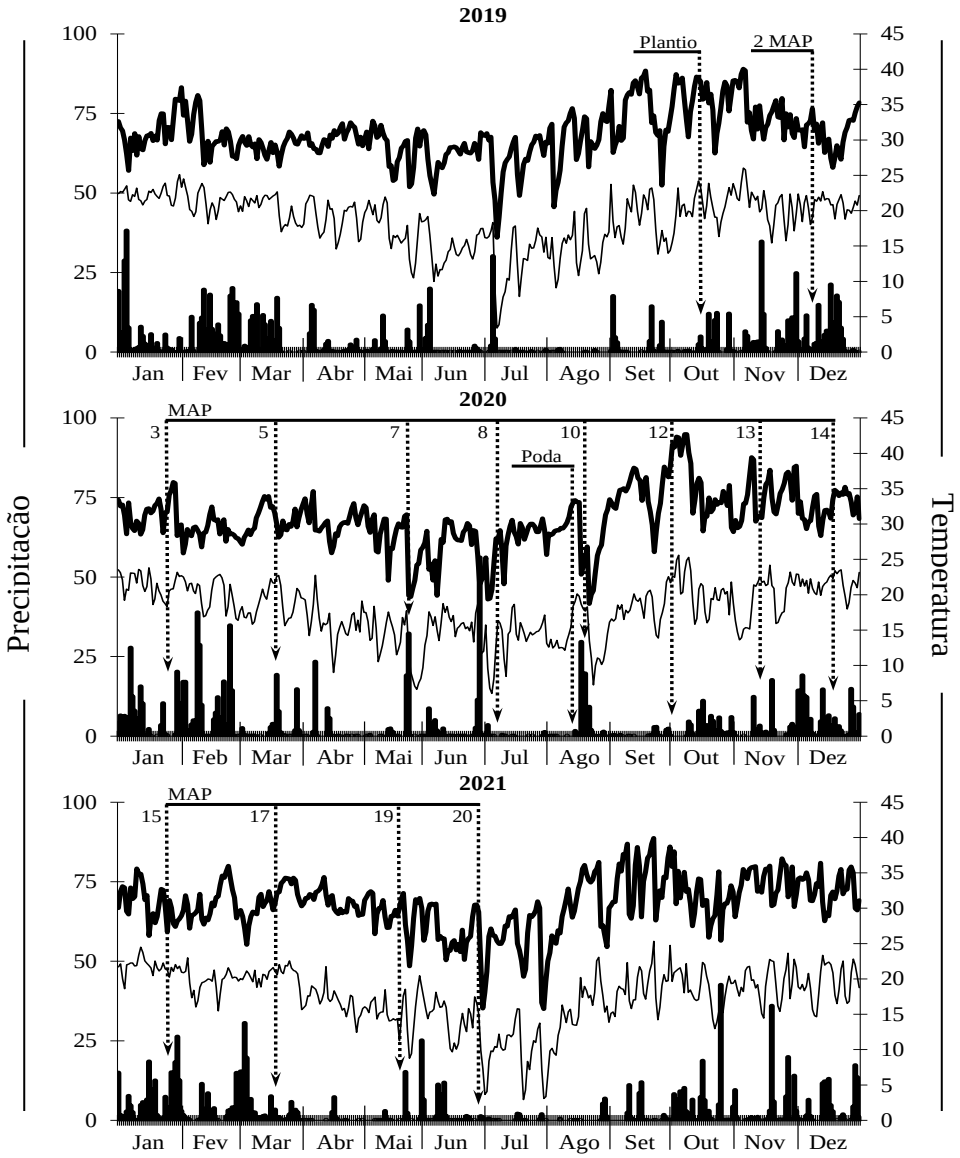
O experimento foi conduzido por dois ciclos vegetativos e as avaliações se iniciaram partir do estádio de formação das raízes de reserva (± 2 meses após o plantio - MAP) e foram até os 20 MAP. O plantio ocorreu em 14 e 15 de outubro de 2019, ou seja, na época das águas.

1.2.1 Localização e característica da área experimental

O experimento foi conduzido em áreas de produção de mandioca da Fecularia Tereos, localizada no município de Paraguaçu Paulista – SP (22º34’ S; 50º30’ W e 523 m de altitude). O clima da região, conforme classificação de Köppen, é do tipo

Cwa, subtropical de inverno seco (temperaturas inferiores a 18 ºC) e verão quente (temperaturas superiores a 22 ºC) (EMBRAPA, 2022).

Figura 1 – Precipitação pluvial (▮) e temperaturas máximas (▬) e mínimas (▁) registradas, durante o período de outubro de 2019 a junho 2021 em Paraguaçu Paulista, SP (NASA/POWER, 2022). MAP= meses após o plantio



1.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com nove tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por genótipos de mandioca (IAC 14, IAC 90, BRS CS 01, BRS 419, BRS 420, 1097/13, 2011 02-43, 2010 55-04, e 2010 56-18). Os materiais genéticos foram cedidos pelo programa de melhoramento da Embrapa – Mandioca e Fruticultura. Cada parcela experimental foi constituída por 4 linhas de 50 m de comprimento, espaçadas a 0,90 m entre si.

1.2.3 Instalação e condução do experimento

Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo da área experimental, na profundidade de 0-0,20 m (Tabela 1), para a determinação das características químicas (RAIJ et al., 2001). A mandioca cultivada na safra 2019 foi implantada mecanicamente no sistema de plantio direto (PD) sobre palha de milho e voluntárias, conforme as recomendações de Rangel et al. (2018). O material de propagação utilizado no plantio foi retirado do terço médio de plantas sadias com aproximadamente um ano de idade.

Tabela 1 – Atributos químicos do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm, no ano agrícola 2019/20 em Paraguaçu Paulista, SP

Atributos	**0-20 cm***
pH ($CaCl_2$)	4,1
M.O. (g dm^{-3})	10
P_{resina} (mg dm^{-3})	1
K ($mmol_c$ dm^{-3})	0,91
Ca ($mmol_c$ dm^{-3})	3
Mg ($mmol_c$ dm^{-3})	1
Al^{3+} ($mmol_c$ dm^{-3})	4
H+Al ($mmol_c$ dm^{-3})	32
CTC ($mmol_c$ dm^{-3})	36
V (%)	12
m (%)	50
S (mg dm^{-3})	4
B (mg dm^{-3})	0,35
Cu (mg dm^{-3})	0,2
Fe (mg dm^{-3})	19
Mn (mg dm^{-3})	1,4
Zn (mg dm^{-3})	0,1

*Amostra composta formada por 4 repetições.

O espaçamento utilizado no plantio foi de 0,9 m entre linhas e 0,6 m entre manivas-semente. Na adubação de plantio foram utilizados 130 kg ha^{-1} do formulado NPK 10-50-00, e a adubação de cobertura ocorreu aos 90 dias após o plantio (DAP) aplicando-se 200 kg ha^{-1} do formulado NPK 20-00-20. Na fase de repouso fisiológico, entre o primeiro e o segundo ciclo vegetativo, foi realizada a poda drástica, de forma manual, da parte aérea das plantas de todas as parcelas, deixando-as com aproximadamente 20 cm de altura.

Durante todo o período de condução do experimento, os tratos culturais, envolvendo controle de plantas daninhas, pragas e doenças, entre outros, foram realizados de acordo com a necessidade da cultura.

1.2.4 Avaliações

As coletas e avaliações foram realizadas de forma periódica a cada 40/45 dias a partir do estádio de formação das raízes de reserva (± 2 meses após o plantio) até o final do segundo ciclo vegetativo (20 MAP), totalizando 13 coletas. Cada avaliação foi representada por 6 plantas de mandioca, coletadas na área útil de cada parcela.

1.2.4.1 População média de plantas, altura de plantas, número de hastes, número de folhas, área foliar por planta e IAF

A população de plantas foi avaliada aos 5 MAP em cada parcela, contabilizando o número de plantas em 4 linhas de 10 m de comprimento, sendo os resultados convertidos em plantas ha^{-1}.

A altura média de plantas e o número médio de hastes por planta foram determinados em 2 plantas da área útil de cada parcela em cada época de coleta. O número de hastes foi determinado mediante contagem e a altura das plantas foi avaliada com régua graduada, considerando a distância entre o solo e o ponto mais alto da planta.

O número de folhas, a área foliar e o índice de área foliar (IAF) também foram determinados em 2 plantas da área útil de cada parcela. O número de folhas por planta foi obtido mediante contagem. Após a contagem, todas as folhas das duas plantas foram coletadas, pesadas e uma subamostra retirada, pesada e acondicionada em caixas de isopor com gelo e levadas ao laboratório. Em seguida, a área foliar das

subamostras foi determinada utilizando-se o equipamento Area Meter, modelo LI-3100 (LI-COR, Lincoln – Nebraska, EUA). Mediante a relação da massa foliar com a área foliar das subamostras e a massa foliar total das duas plantas, foi calculada a área foliar por planta. Posteriormente, o IAF foi calculado por meio da relação entre área foliar total por planta e a área de solo disponível para cada planta.

1.2.4.2 Comprimento, diâmetro, número de raízes por planta, peso médio e produtividade de raízes tuberosas

O comprimento das raízes tuberosas foi medido de uma extremidade a outra das raízes com o auxílio de uma régua graduada, e o diâmetro determinado na região do terço médio das raízes com o auxílio de um paquímetro digital, utilizando todas as raízes de 2 plantas da área útil de cada parcela.

Em cada época de avaliação foram coletadas o total de 6 plantas representativas de cada parcela de forma aleatória. Nessas plantas, foi contabilizado o número de raízes por planta e em seguida as raízes foram pesadas. Os valores obtidos junto com os dados de população de plantas foram utilizados para o cálculo da produtividade de raízes frescas por hectare. O peso médio das raízes foi calculado mediante a relação entre o peso total e o número total de raízes de cada parcela.

1.2.4.3 Acúmulo de matéria seca (MS) nas folhas, hastes, cepas, raízes tuberosas, planta inteira e índice de colheita (IC)

Foram determinados em 6 plantas da área útil de cada parcela. O peso fresco das raízes tuberosas de cada parcela já foi realizado conforme descrito no item anterior (item 1.2.4.2). Assim, nas plantas colhidas foi realizada a separação das folhas, hastes e cepas. Em seguida, realizada a pesagem desse material, para a obtenção do peso fresco total por parcela, e amostras das folhas, hastes, cepas e raízes tuberosas foram retiradas, pesadas (peso fresco) e submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 ºC até atingir peso constante.

Após a secagem, as amostras foram pesadas para a obtenção da porcentagem de matéria seca (MS). Com os dados de matéria fresca (MF), porcentagem de MS e população final de plantas foi calculado o acúmulo de MS por hectare, em cada parte da planta e na planta inteira. O índice de colheita (IC) foi calculado dividindo-se as

quantidades de MS acumuladas nas raízes tuberosas pelas quantidades de MS acumuladas na planta inteira.

1.2.4.4 Teor de matéria seca (MS) e amido nas raízes tuberosas e produtividade de amido

A determinação do teor de MS nas raízes foi por meio do método gravimétrico de determinação em laboratório. Assim, amostras utilizadas para a obtenção da renda foram trituradas, pesadas e submetidas a secagem em estufa com circulação forçada de ar à 65 ºC até peso constante.

O teor de amido nas raízes foi determinado por hidrólise enzimática segundo o método ISO-6647 (International Organization for Standardization – ISO, 1987), seguido da determinação de açúcares redutores pelo método de Somogyi, adaptado por Nelson (1994). O método de Somogyi-Nelson nos permite determinar frações muito pequenas de açúcares através do processo de hidrólise enzimática.

Nesse processo são utilizadas duas enzimas específicas conhecidas por alfa-amilase e amiloglucosidade (AMD ou glucoamilase), que são responsáveis pela hidrólise do amido em açúcares redutores. A concentração de açúcares obtidos através de leitura em espectrofotômetro a 535 nm após a hidrólise do amido, é então multiplicada pelo fator 0.9 para fim de conversão em concentração de amido. Após determinado na MS o teor de amido foi convertido para teor de amido na MF.

A produtividade de amido foi calculada multiplicando-se o teor de amido obtido nas raízes frescas pela produtividade de raízes tuberosas frescas.

1.2.5 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. As médias dos genótipos de mandioca foram comparados pelo teste LSD a 5% de probabilidade em cada época de coleta de forma individual. Os padrões de desenvolvimento geral da cultura foram submetidos à análise de regressão usando o software Sigmaplot. As equações foram obtidas para descrever a variação, no tempo, das variáveis avaliadas.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1 População média de plantas, altura de plantas, número de hastes, número de folhas, área foliar por planta e IAF

A população de plantas foi avaliada apenas uma vez no decorrer dos dois ciclos vegetativos, como observado na Tabela 2. O maior número de plantas por hectare foi observado no genótipo IAC 90, se diferenciando dos demais, com aproximadamente 1.100 plantas a mais que o genótipo BRS 420, que apresentou o total de 17.361 plantas ha^{-1}, sendo o segundo genótipo com o maior número de plantas por área. A menor população de plantas foi observada no genótipo BRS CS01, com apenas 15.278 plantas, o que representa cerca de 17% menos plantas por hectare que IAC 90.

Tabela 2 - População (plantas ha^{-1}) de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de dois ciclos vegetativos, entre 2019 e 2021

Genótipo	População (plantas ha^{-1})
IAC 14	16111 cde
IAC 90	18472 a
BRS CS01	15278 e
BRS 419	16389 cd
BRS 420	17361 b
1097/13	15695 de
2011 02-43	16945 bc
2010 55-04	16389 cd
2010 56-18	16250 cd
Média	16543
CV (%)	3,7

Legenda: letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste LSD (α<0,05)

O espaçamento utilizado no plantio foi de 0,9x0,6 m, o que representaria o total de 18518 plantas. Excluindo-se o genótipo IAC 90, que atingiu uma população aproximada, os demais genótipos resultaram em uma população final média 11% menor que o esperado. Ou seja, nesses genótipos, o estabelecimento das plantas foi menor, o que pode estar relacionada às características de baixa fertilidade do solo utilizado no cultivo.

Apesar da cultura da mandioca ser considerada rústica e de fácil adaptabilidade à solos de baixa fertilidade, é importante atentar-se ao fato de que ela ainda é responsiva à aplicação de fertilizantes e corretivos do solo (BYJU; SUJA, 2020). De acordo com a Mattos et al. (2006), a faixa de pH favorável ao cultivo de mandioca é de 5,5 a 6,5. O pH da área experimental era de 4,1, muito abaixo do recomendado para crescimento e desenvolvimento adequado da cultura, mas muito semelhante as situações de cultivo de muitos produtores paulistas de mandioca de indústria.

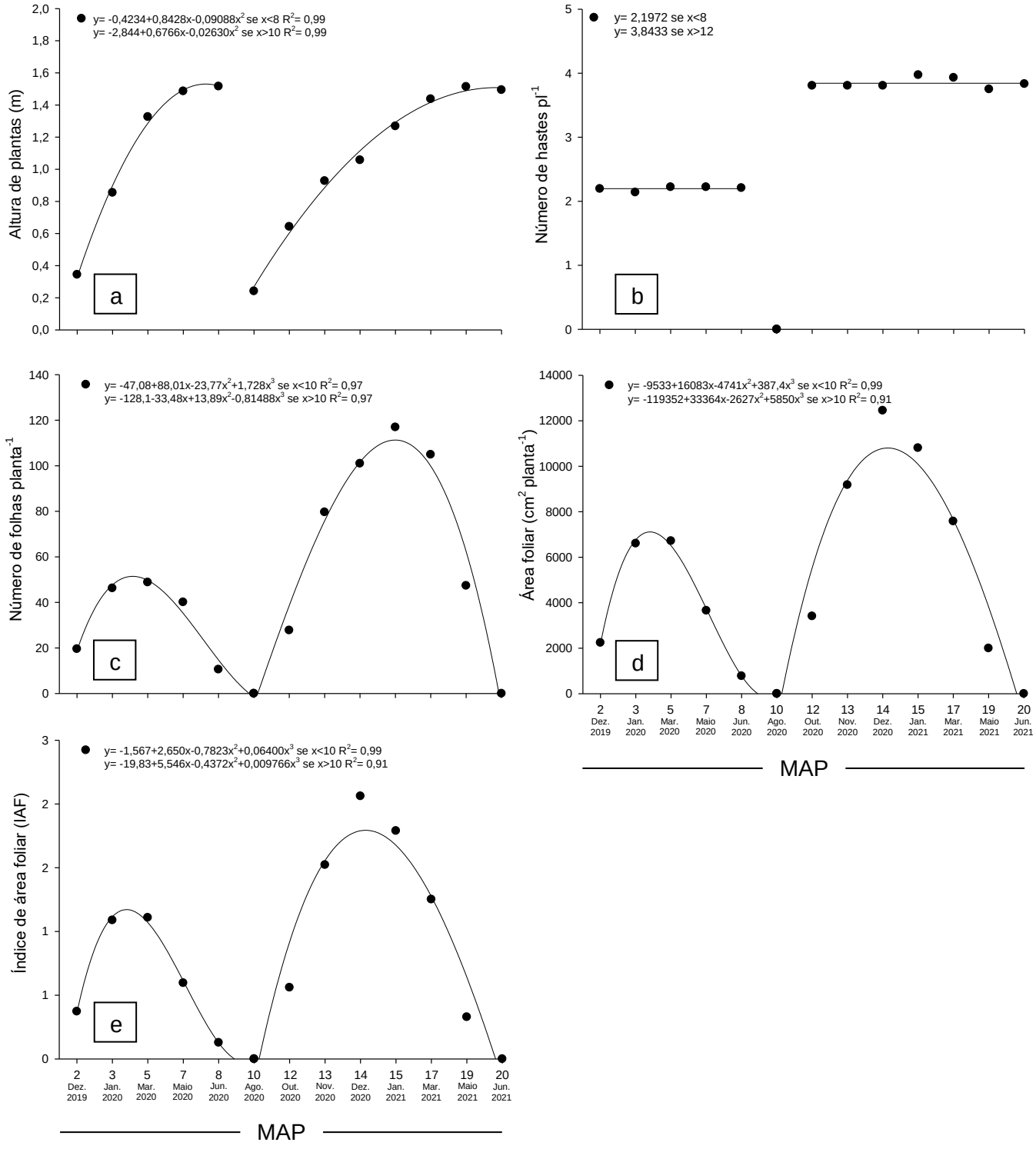
O pH controla basicamente a solubilidade dos nutrientes no solo, e quando se encontra abaixo de 5,0, tende a solubilizar o alumínio, o manganês e outros elementos que podem causar algum tipo de fitotoxicidade à planta de mandioca (BYJU; SUJA, 2020). Apesar disso, não foram verificados sintomas de toxidez na cultura durante o decorrer dos dois ciclos vegetativos da cultura.

A altura média dos genótipos de mandioca avaliados seguiu um padrão de desenvolvimento quadrático dos 2 MAP até os 8 MAP, momento que sinalizou o fim do primeiro ciclo vegetativo (Figura 2a). No primeiro ciclo vegetativo, a maior altura de plantas foi verificada entre os 7 e 8 MAP, quando a planta atingiu seu pico de desenvolvimento com altura média dos genótipos de aproximadamente 1,5 metros de altura. Aos 10 MAP ocorreu a poda das plantas de mandioca, deixando-as com aproximadamente 0,2 m de altura, o que chamamos de poda drástica, e caracterizando o início do segundo ciclo vegetativo.

Para que não ocorra prejuízos no rendimento da cultura, é importante que a poda seja realizada entre 10 e 12 meses, sendo indicada quando há a necessidade de obtenção de material propagativo para o estabelecimento novas áreas de cultivo. No caso da mandioca de indústria, essa é uma prática que tem como objetivo aumentar o teor de MS e amido nas raízes de mandioca no segundo ciclo vegetativo, porém, é importante que a colheita seja feita com no mínimo 4-6 meses após o início do novo ciclo vegetativo (MATTOS et al., 2006). O desenvolvimento das plantas no segundo ciclo vegetativo, entre os 10 e 20 MAP, também seguiu um padrão quadrático, atingindo altura média máxima semelhante ao primeiro ciclo vegetativo aos 19 MAP (Figura 2a).

Apesar de seguirem um padrão de desenvolvimento semelhante, cada genótipo apresentou variações referentes às alturas em cada mês avaliado (Tabela 3). Aos 2 MAP a altura dos genótipos IAC 14, IAC 90, BRS 420 e BRS 419 não diferiu e variou de 0,37 a 0,40 metros de altura, sendo os genótipos mais altos.

Figura 2 – Altura média (a), número de hastes (b), número de folhas (c), área foliar (d) e índice de área foliar (IAF) (e) de genótipos de mandioca de indústria cultivadas em solo de baixa fertilidade durante o período de outubro de 2019 a junho 2021. Média de 9 genótipos e 4 repetições. MAP= meses após o plantio



Os genótipos 2010 55-04, BRS CS01, 2011 02-43 e 2010 56-18 foram os mais baixos, variando de 0,29 a 0,33 m. Aos 5 MAP o genótipo mais baixo foi o 2010 56-18, com 1,12 m, enquanto os demais genótipos eram superiores à 1,21 m de altura, não se diferenciando entre si. Aos 8 MAP os genótipos IAC 14, 2011 02-43 e 1097/13 não se diferiram entre si, com altura superior a 1,79 m, enquanto que os demais genótipos ficaram abaixo de 1,60 m de altura (Tabela 3).

Tabela 3 – Altura média (m) de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP

Mês (MAP)*	Genótipos									CV
	IAC 14	IAC 90	BRS CS01	BRS 419	BRS 420	1097/13	2011 02-43	2010 55-04	2010 56-18	
Dez 19 (2)	0,37 ab	0,37 ab	0,30 cd	0,40 a	0,39 a	0,35 abc	0,32 bcd	0,29 d	0,33 bcd	10
Jan 20 (3)	1,10 a	0,76 d	1,02 ab	0,86 cd	0,81 cd	0,92 bc	0,76 d	0,74 d	0,74 d	10
Mar 20 (5)	1,31 ab	1,36 ab	1,41 ab	1,32 ab	1,21 ab	1,50 a	1,43 a	1,29 ab	1,12 b	16
Mai 20(7)	1,71 ab	1,38 cd	1,56 bc	1,42 cd	1,27 de	1,84 a	1,73 ab	1,31 de	1,17 e	10
Jul 20 (8)	1,79 ab	1,29 d	1,60 bc	1,45 cd	1,27 d	1,89 a	1,87 ab	1,34 cd	1,19 d	13
Ago 20 (10)	0,23	0,25	0,23	0,24	0,25	0,24	0,25	0,26	0,24	10
Out 20 (12)	0,66 ab	0,58 bc	0,68 ab	0,72 a	0,52 c	0,69 ab	0,68 ab	0,60 abc	0,70 ab	15
Nov 20 (13)	0,99 abc	0,86 cd	1,03 ab	1,10 a	0,81 d	1,02 ab	0,82 d	0,89 bcd	0,87 cd	11
Dez 20 (14)	1,15 abc	0,94 d	1,06 bcd	1,20 ab	0,93 d	1,28 a	1,04 cd	0,99 d	0,96 d	10
Jan 21 (15)	1,47 ab	1,13 f	1,33 bcd	1,54 a	1,09 f	1,35 bc	1,27 cde	1,18 def	1,06 f	9
Mar 21 (17)	1,54 ab	1,22 d	1,59 ab	1,66 a	1,33 cd	1,57 ab	1,40 bcd	1,44 bc	1,22 d	10
Mai 21 (19)	1,64 ab	1,35 d	1,55 abc	1,71 a	1,39 cd	1,56 abc	1,58 abc	1,44 bcd	1,43 cd	9
Jun 21 (20)	1,57 ab	1,39 cd	1,42 bcd	1,71 a	1,36 d	1,58 ab	1,53 bc	1,49 bcd	1,42 bcd	8

Legenda: letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD (α<0,05). *****Números entre parênteses representam os meses após o plantio – MAP.

No primeiro ciclo vegetativo, o genótipo IAC 90 apresentou pico de altura aos 7 MAP, diminuindo na sequência, enquanto os demais genótipos tiveram maior crescimento aos 8 MAP (Tabela 3). Isso demonstra que cada genótipo possui uma característica peculiar de desenvolvimento quando cultivados em condições semelhantes. Ou seja, existem genótipos de mandioca que apresentam maior capacidade de crescimento vegetativo, como por exemplo o genótipo IAC 14, que na literatura já chegou a alcançar até 3 metros de altura em ensaios na região Centro-Sul do Brasil (SAGRILO et al., 2007).

Após a poda aos 10 MAP, as plantas atingiram altura superior a 1 m apenas aos 15 MAP, ou seja, 5 meses após o início do segundo ciclo vegetativo (Tabela 3). A

mesma característica foi observada no primeiro ciclo, onde as plantas atingiram mesma altura após 5 meses. Ou seja, condições de temperatura elevada e umidade após a poda favoreceram o desenvolvimento da planta, assim como condições de temperatura do plantio favoreceram o desenvolvimento inicial da cultura. Mota (2019) afirma que a poda estimula o crescimento da parte aérea das plantas de mandioca, porém em nosso estudo, a altura das plantas no segundo ciclo não refletiu esse efeito, o que pode estar relacionado à característica de baixa fertilidade do solo. As maiores alturas no segundo ciclo vegetativo foram observadas aos 19 MAP (Tabela 3). Diferentemente do primeiro ciclo, onde alguns genótipos atingiram altura superior a 1,80 m, no segundo ciclo a maior altura observada foi de 1,71 m aos 19 e 20 MAP para o genótipo BRS 419.

Como dito, genótipos de mandioca de indústria como a IAC 14, podem atingir até 3 metros de altura. No presente trabalho verificamos que nenhum dos genótipos avaliados atingiram altura superior a 1,90 metros, o que indica que a baixa fertilidade do solo da área experimental pode ter sido um dos fatores, além do genético, a influenciar na altura média das plantas. Como exemplo pode-se citar a saturação por base do solo experimental, que se apresentou em 12%. O ideal para a cultura da mandioca é que saturação por base se encontre entre 50-55%. Solos que apresentam baixos níveis de cálcio, baixa saturação por bases e elevada saturação por alumínio, tendem a produzir plantas de mandioca com altura reduzida (ABAM, 2021).

O número de hastes por planta de mandioca não apresentou tendência de crescimento nos meses avaliados (Figura 2b). No primeiro ciclo vegetativo as plantas apresentavam aproximadamente 2 hastes por planta, enquanto no segundo ciclo vegetativo, após a poda da parte aérea aos 10 MAP, esse valor aumentou quase duas vezes, atingindo em média 3,8 hastes por planta, se mantendo estável até o fim do ciclo. Isso demonstra que a planta de mandioca, de maneira geral, define o número de hastes no início do ciclo, podendo ser uma característica genética. Além disso, é observado que o manejo da poda influencia no maior estabelecimento de hastes no segundo ciclo.

Apesar da média geral ser próximo à duas hastes por planta no primeiro ciclo vegetativo, o genótipo 2010 55-04 se destacou aos 2 MAP apresentando cerca de 3 hastes por planta, se estabilizando até o período da poda (Tabela 4). O genótipo BRS 420 também apresenta número de hastes superior à média geral, se aproximando à

3 hastes por planta a partir dos 5 MAP, enquanto que todas os demais genótipos se mantiveram próximo a 2 até o oitavo mês de cultivo.

Após o manejo da poda, mais especificamente entre os 12 e 15 MAP, o número de hastes não se diferiu estatisticamente entre nenhum dos genótipos avaliados, apresentando em média 3,8 hastes (Tabela 4). Foi apenas a partir dos 17 MAP que o genótipo BRS 419 se destacou das demais apresentando cerca de 5 hastes por planta, enquanto que as demais variaram entre 3,5 e 4,0 hastes. Ao fim do segundo ciclo, no entanto, o número de hastes não se diferiu entre nenhum genótipo.

O aumento do número de hastes por planta no segundo ciclo pode ser explicado pela relação fonte-dreno das plantas. Após a poda a relação fonte-dreno tende a mudar, com as raízes deixando de serem drenos e passando a serem fontes, encaminhando reservas para a quebra da dormência das gemas e brotação das novas hastes (SOUZA, 2009). Nesse período as hastes se tornam os drenos mais fortes, explicando a maior quantidade de hastes após a poda. O maior número de hastes no segundo ciclo foi um efeito esperado, já que a tendência, no caso da mandioca, é que a poda induza o maior desenvolvimento vegetativo das plantas.

Tabela 4 – Número médio de hastes por planta de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP

Mês (MAP)*	Genótipos									CV
	IAC 14	IAC 90	BRS CS01	BRS 419	BRS 420	1097/13	2011 02-43	2010 55-04	2010 56-18	
Dez 19 (2)	2,0 b	2,0 b	2,0 b	2,0 b	2,5 ab	2,0 b	2,0 b	3,0 a	2,3 b	20
Jan 20 (3)	2,0	2,0	1,8	2,0	2,5	2,0	2,0	2,8	2,3	33
Mar 20 (5)	2,3	2,0	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	3,0	2,3	32
Mai 20(7)	2,3 b	2,0 b	2,0 b	2,0 b	2,8 a	2,3 b	2,0 b	3,0 a	2,3 b	23
Jul 20 (8)	2,0 b	2,0 b	2,0 b	2,3 b	2,8 a	2,0 b	2,0 b	3,0 a	2,3 b	26
Ago 20 (10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Out 20 (12)	3,8	4,0	3,5	4,3	3,5	3,5	4,0	4,3	3,5	30
Nov 20 (13)	3,8	4,3	3,5	4,0	3,3	4,3	3,8	4,0	3,5	21
Dez 20 (14)	3,8	3,8	3,5	4,8	3,3	3,8	3,8	4,0	3,8	30
Jan 21 (15)	3,8	4,3	3,5	4,8	3,8	4,0	4,0	4,3	3,5	24
Mar 21 (17)	3,8 b	4,0 b	3,5 b	5,0 a	3,8 b	3,5 b	4,0 b	4,3 b	3,8 b	23
Mai 21 (19)	3,5 b	4,0 b	3,5 b	4,5 a	3,5 b	3,3 b	3,8 b	4,0 b	3,8 b	23
Jun 21 (20)	3,8	4,3	3,5	4,5	3,5	3,3	4,0	4,3	3,8	27

Legenda: letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD (α<0,05). *****Números entre parênteses representam os meses após o plantio – MAP.

O número de folhas por planta seguiu um padrão de desenvolvimento cúbico tanto no primeiro quanto no segundo ciclo vegetativo (Figura 2c). No primeiro ciclo vegetativo o maior número de folhas foi observado aos 5 MAP, com os genótipos tendo em média 49 folhas por planta. Já no segundo ciclo vegetativo o maior número de folhas foi observado aos 15 MAP com média de 117 folhas por planta, mais que o dobro do primeiro ciclo. É importante mencionar, no entanto, que referente ao número de folhas as plantas tiveram um desenvolvimento mais vigoroso no segundo ciclo, atingindo em média 80 folhas por planta já aos 13 MAP, o que representa cerca de 3 meses após a poda. No primeiro ciclo vegetativo o pico ocorreu apenas 5 meses após o plantio, com quase 40% menos folhas quando comparado apenas 3 meses após a poda no segundo ciclo.

O número de folhas no primeiro ciclo vegetativo aumentou até os 5 MAP na maioria dos genótipos avaliados, aumentando a taxa de senescência foliar a partir de então (Tabela 5). As exceções ficaram por conta dos genótipos BRS CS01, que continuou emitindo folhas até os 7 MAP, e dos genótipos BRS 419, BRS 420 e 2010 55-04, que emitiram folhas até os 3 MAP e iniciaram o processo de senescência precocemente já aos 5 MAP. De maneira geral o maior número de folhas observado no primeiro ciclo foi para os genótipos IAC 14 e 2010 56-18, com 68 e 73 folhas, respectivamente, aos 5 MAP. Além disso, o genótipo IAC 14 também reteve mais folhas durante o período de repouso fisiológico aos 8 MAP que os demais genótipos. No segundo ciclo vegetativo, o padrão de desenvolvimento foliar foi semelhante, com pico aos 5 meses após a poda, porém o desenvolvimento inicial das folhas, até os 90 dias após a poda, foi mais rápido que no primeiro ciclo.

Magolbo (2019) avaliando diferentes níveis de fornecimento de fósforo para a cultura da mandioca, verificou que os maiores números de folhas por planta eram observados entre o 5º e 6º mês no primeiro ciclo vegetativo, e entre o 15º e 17º MAP, no segundo ciclo vegetativo, evidenciando valores médios acima de 200 e 500 folhas por plantas no primeiro e segundo ciclo vegetativo, respectivamente. As épocas com maiores números de folhas são semelhantes com o observado nesse estudo, porém, com cerca de quatro vezes mais folhas. Isso pode, no entanto, ser explicado pela diferença na fertilidade do solo nas áreas cultivadas, enquanto o autor conduziu seu experimento em um solo onde a V% era de 71, o solo do presente estudo apresentou V% de apenas 12 (Tabela 1).

Tabela 5 – Número médio de folhas por planta por plantas de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP

Mês (MAP)*	Genótipos									CV
	IAC 14	IAC 90	BRS CS01	BRS 419	BRS 420	1097/13	2011 02-43	2010 55-04	2010 56-18	
Dez 19 (2)	19 b	17 bc	12 c	22 b	21 b	19 b	18 bc	31 a	18 bc	20
Jan 20 (3)	63 a	52 abc	49 bcd	36 de	43 cde	41 cde	32 e	45 bcde	57 ab	20
Mar 20 (5)	68 ab	59 bc	54 cd	29 g	40 ef	49 de	33 fg	37 fg	73 a	13
Mai 20(7)	56 a	26 cd	59 a	21 d	29 cd	44 b	32 cd	33 c	62 a	18
Jul 20 (8)	19 a	12 bc	10 c	4 d	11 c	15 b	4 d	9 c	11 c	22
Ago 20 (10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Out 20 (12)	38 a	22 cd	26 bcd	32 ab	19 d	26 bcd	29 bc	32 ab	29 bc	20
Nov 20 (13)	76 bcd	84 bc	68 d	69 cd	69 cd	75 bcd	100 a	89 ab	88 ab	14
Dez 20 (14)	97 b	91 b	89 b	100 ab	92 b	105 ab	123 a	103 ab	110 ab	16
Jan 21 (15)	117 bc	96 c	104 c	153 a	96 c	114 bc	135 ab	114 bc	126 abc	18
Mar 21 (17)	124 ab	91 cd	103 bc	111 abc	73 d	111 abc	128 a	116 ab	90 cd	15
Mai 21 (19)	47 c	34 de	67 a	24 e	45 cd	59 ab	49 bc	62 a	39 cd	16
Jun 21 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD (α<0,05). *****Números entre parênteses representam os meses após o plantio – MAP.

Geralmente, o número de folhas está relacionado com as características varietais, porém, seu potencial de emissão de folhas pode ser influenciado por características externas como temperatura e umidade, além de fertilidade do solo. De maneira geral, as plantas de mandioca tendem a alcançar seu potencial vegetativo no primeiro ciclo entre 120 e 150 dias após o plantio - DAP (ALVES, 2006), o que representa o quarto e quinto mês após o plantio, se encaixando com o observado no presente estudo. É nesse período que ocorre a maior interceptação da radiação solar pelas folhas, e maior potencial fotossintético. A partir disso, a senescência foliar está relacionado às folhas mais velhas, do baixeiro, que permanecem na planta de 120 a 150 dias, tendendo a cair devido a folha da mandioca ser caducifólia, porém, que pode ser agravada pela baixa incidência solar, que também provoca senescência foliar (ALVES, 2006).

A rapidez no desenvolvimento de hastes e folhas no segundo ciclo, é explicado pelo fato de que o sistema radicular das plantas já está formado. Após o plantio das manivas-semente no primeiro ciclo, as reservas presentes serão destinadas ao desenvolvimento simultâneo das raízes e da parte aérea, com ambas apresentando

demanda de carboidratos, enquanto que no segundo ciclo, onde as raízes de reserva já estão formadas, a demanda de carboidratos é inicialmente destinada apenas à emissão das folhas e hastes (SOUZA, 2009).

Assim como o número de folhas, a área foliar por planta seguiu padrão de desenvolvimento cúbico tanto no primeiro quanto no segundo ciclo vegetativo (Figura 2d). O pico de desenvolvimento da área foliar foi entre o 3 e 5 MAP, no primeiro ciclo, decaindo conforme a senescência foliar aos 10 MAP. No segundo ciclo, o pico ocorreu aos 14 MAP. A maior quantidade de folhas foi observada aos 15 MAP, no segundo ciclo, apesar disso, a maior área foliar foi observada aos 14 MAP. Isso indica que, apesar de manter a taxa de emissão de folhas elevada até os 15 MAP, a tendência foi de emitir folhas menores a partir dos 14 MAP. Aos 20 MAP a senescência foliar já havia atingido 100% das folhas, devido principalmente às baixas temperaturas e umidade nessa época do ano na região (Figura 1).

Aos 2 MAP a maior área foliar foi observada para o genótipo BRS 419 (Tabela 6), enquanto que o maior número de folhas pertencia ao genótipo 2010 55-04 (Tabela 5). Isso índica que apesar do maior número de folhas, o genótipo 2010 55-04 apresentou folhas menores aos 2 MAP. Dos 3 aos 8 MAP o genótipo 2010 56-18 se destacou apresentando a maior área foliar por planta, além disso, havia se destacado também anteriormente no quesito número de folhas durante o mesmo período. O genótipo IAC 14 também havia se destacado em número de folhas, apesar disso, com baixa área foliar comparada aos outros genótipos, o que indica folhas menores. No primeiro ciclo a média da área foliar foi de 6719 cm^2 por planta aos 5 MAP, esse valor praticamente dobrou, atingindo 12452 cm^2 aos 14 MAP, indicando que no segundo ciclo as plantas apresentaram maior vigor após a poda.

Esses resultados estão de acordo com o de outros autores, que afirmam que plantas podadas durante o período de repouso fisiológico tendem a apresentar desenvolvimento vegetativo mais rápido e vigoroso durante o segundo ciclo produtivo (NORMANHA; PEREIRA, 1962; CONCEIÇÃO, 1981; MOTA, 2019). Além disso, LORENZI (2003) indica que após a poda há o maior desenvolvimento da área foliar de plantas de mandioca, quando comparado com plantas que não sofreram o manejo da poda. Apesar disso, a poda parece ter influenciado de forma mais significativa o número de hastes, folhas e AF, enquanto que a altura média dos genótipos não foi tão influenciado por esse manejo.

Tabela 6 – Área foliar média (cm^2) por planta de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP

Mês (MAP)*	Genótipos									CV
	IAC 14	IAC 90	BRS CS01	BRS 419	BRS 420	1097/13	2011 02-43	2010 55-04	2010 56-18	
Dez 19 (2)	2237 c	1978 c	1119 d	3508 a	2813 b	2147 c	2267 c	2142 c	1970 c	15
Jan 20 (3)	8596 ab	5253 e	7352 bc	4716 e	5649 de	6128 cde	4890 e	6968 bcd	9894 a	18
Mar 20 (5)	7751 b	6679 bc	6853 bc	4888 d	4391 d	9869 a	4679 d	5613 cd	9747 a	17
Mai 20(7)	2567 cd	1365 d	5002 b	1559 d	2510 cd	7313 a	2866 c	2856 c	6869 a	24
Jul 20 (8)	875 ab	576 c	876 ab	320 d	1079 a	934 ab	401 cd	838 b	1084 a	20
Ago 20 (10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Out 20 (12)	4425 a	1980 c	3606 ab	3871 ab	1832 c	3338 b	4029 ab	3179 b	4402 a	17
Nov 20 (13)	7985 cd	8018 cd	7649 d	8814 bcd	8947 bcd	9687 bc	12178 a	8989 bcd	10332 ab	14
Dez 20 (14)	10590 c	10667 c	10703 c	12225 abc	11600 bc	13446 abc	15854 a	11814 bc	15170 ab	20
Jan 21 (15)	9174 cde	7347 e	8291 de	15384 a	11141 bcd	10564 cd	13726 ab	10298 cd	11315 bc	19
Mar 21 (17)	8186 bcd	4761 e	6502 de	10200 a	4774 e	7872 cd	10064 ab	9477 abc	6390 de	18
Mai 21 (19)	1583 cd	1647 cd	2855 a	1257 d	1682 cd	2334 ab	1700 cd	2762 a	2161 bc	20
Jun 21 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD (α<0,05). *****Números entre parênteses representam os meses após o plantio – MAP.

O índice de área foliar (IAF) seguiu o mesmo padrão de desenvolvimento da AF (Figura 2e). O primeiro ciclo vegetativo seguiu um padrão cúbico de desenvolvimento com pico de 1,1 de IAF entre os 3 e 5 MAP, enquanto que no segundo ciclo o maior IAF foi de 2,06 aos 14 MAP, representado mais que o dobro do primeiro ciclo. Após atingirem o pico em ambos ciclos vegetativos, a tendência do IAF foi diminuir até a perda total das folhas das plantas.

O genótipo BRS 419 se destacou novamente aos 2 MAP com IAF de 0,57 (Tabela 7). Nos meses seguintes, assim como na AF, o maior IAF foi observado para o genótipo 2010 56-18 dos 3 aos 8 MAP. O genótipo BRS CS01 não apresentou valores significativos para o IAF em nenhum dos meses avaliados, indicando que a população final de plantas não foi um fator decisivo para o parâmetro, já que a maior população (Tabela 2) pertencia a este genótipo. E sabe-se que quanto maior a população, menor a área disponível por planta, e o esperado é de que quanto menor a área disponível maior o IAF, no caso da cultura da mandioca.

Tabela 7 – Índice de área foliar médio por planta de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP

Mês (MAP)*	Genótipos									CV
	IAC 14	IAC 90	BRS CS01	BRS 419	BRS 420	1097/13	2011 02-43	2010 55-04	2010 56-18	
Dez 19 (2)	0,36 c	0,36 c	0,17 d	0,57 a	0,49 b	0,34 c	0,39 c	0,35 c	0,32 c	14
Jan 20 (3)	1,39 ab	0,97 cd	1,12 c	0,77 d	0,98 cd	0,99 cd	0,83 d	1,14 bc	1,61 a	16
Mar 20 (5)	1,25 b	1,24 b	1,05 bc	0,80 cd	0,76 d	1,59 a	0,79 cd	0,93 cd	1,58 a	17
Mai 20(7)	0,41 cd	0,25 d	0,76 b	0,25 d	0,43 cd	1,18 a	0,49 c	0,47 cd	1,12 a	25
Jul 20 (8)	0,14 bc	0,11 d	0,14 cd	0,05 e	0,19 a	0,15 bc	0,07 e	0,14 cd	0,18 ab	19
Ago 20 (10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Out 20 (12)	0,71 a	0,37 d	0,55 bc	0,63 abc	0,32 d	0,54 bc	0,69 ab	0,52 c	0,72 a	18
Nov 20 (13)	1,29 cd	1,48 bc	1,17 d	1,45 bcd	1,56 bc	1,55 bc	2,07 a	1,47 bcd	1,68 b	14
Dez 20 (14)	1,70 c	1,98 bc	1,64 c	2,00 bc	2,00 bc	2,16 abc	2,69 a	1,93 bc	2,46 ab	19
Jan 21 (15)	1,48 cde	1,36 de	1,27 e	2,52 a	1,95 bc	1,71 cde	2,32 ab	1,69 cde	1,83 e	19
Mar 21 (17)	1,32 bc	0,88 d	1,00 cd	1,67 a	0,84 d	1,28 bc	1,70 a	1,56 ab	1,04 cd	19
Mai 21 (19)	0,26 de	0,31 cde	0,44 ab	0,21 e	0,29 cde	0,38 abc	0,29 cde	0,46 a	0,35 bcd	20
Jun 21 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

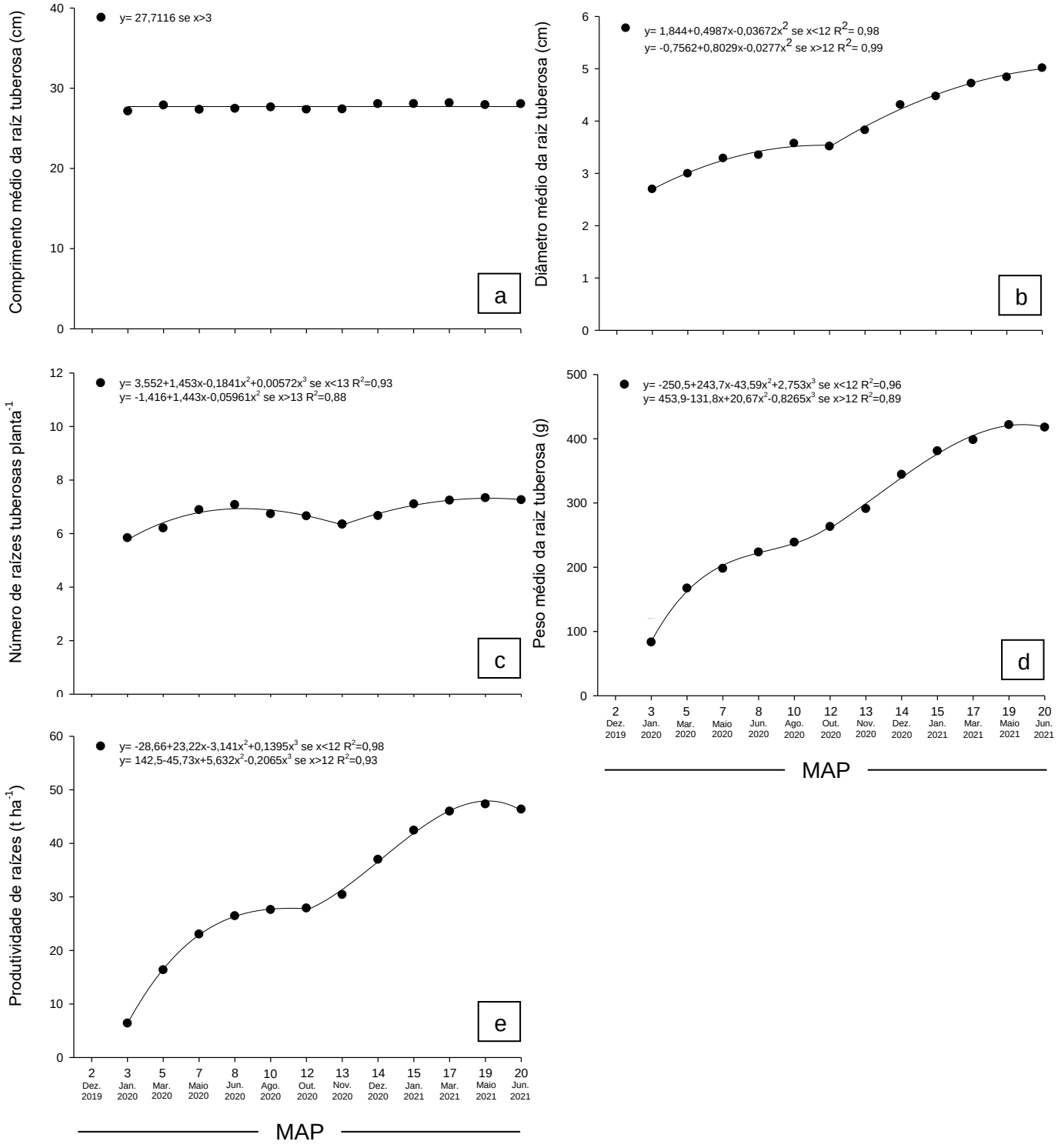
Legenda: letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD (α<0,05). *****Números entre parênteses representam os meses após o plantio – MAP.

No segundo ciclo vegetativo, após a poda drástica, o maior IAF foi de 2,69 aos 14 MAP para o genótipo 2011 02-43 (Tabela 7). A literatura relata que a cultura da mandioca pode oscilar seu IAF máximo entre 3 e 8, mas tendo um maior rendimento por volta de 4 a 5, quando corresponde ao maior pico de interceptação da radiação solar (BRACHTVOGEL, 2010). Apesar disso, nenhum dos genótipos avaliados apresentou IAF nas faixas descritas na literatura. O que pode ser um indício da baixa disponibilidade de nutrientes no solo cultivado. O baixo IAF geralmente está associado a regiões com condições climáticas desfavoráveis, com baixa disponibilidade de água e nutrientes, onde a planta tende a produzir folhas menores e em menor quantidade.

1.3.2 Comprimento, diâmetro, número de raízes por planta, peso médio e produtividade de raízes das raízes tuberosas

O comprimento médio das raízes praticamente se manteve estável durante os meses avaliados (Figura 3a). As raízes apresentaram aproximadamente 28 centímetros de comprimento em ambos os ciclos vegetativos, indicando que seu comprimento é uma característica pré-definida já no início do primeiro ciclo vegetativo.

Figura 3 – Comprimento (a), diâmetro (b), número (c), e peso médio de raízes tuberosas (d) e produtividade total de raízes (e) de genótipos de mandioca de indústria cultivadas em solo de baixa fertilidade durante o período de outubro de 2019 a junho 2021. Média de 9 genótipos e 4 repetições. MAP= meses após o plantio



Aos 2 MAP (início das avaliações), as plantas de mandioca apresentavam raízes tuberosas ainda em processo de diferenciação (diâmetro maior que 1 cm). Foi apenas aos 3 MAP que elas se apresentavam diferenciadas e com comprimento médio próximo ao observado durante ambos ciclos produtivos (Figura 3).

De maneira geral, o comprimento médio das raízes tuberosas não se diferiu entre os genótipos na maioria dos meses avaliados (Tabela 8). Dos 3 aos 13 MAP não houve variação expressiva, com a média sendo 27,5 cm de comprimento. Aos 14, 17 e 19 MAP o genótipo BRS 419 se destacou, atingindo comprimentos próximos a 30 cm. Apesar disso, ela se diferiu estatisticamente apenas dos genótipos IAC 14, BRS 420, 2010 55-04 e 2010 02-43, aos 14 MAP, e da BRS 420 aos 17 e 19 MAP. Resumidamente, o crescimento entre os 3 MAP, início do primeiro ciclo, e 20 MAP, final do segundo ciclo vegetativo, foi de apenas 1 cm, não sendo tão expressivo. Trabalhos realizados com dois ciclos vegetativos em mandioca de indústria, manejadas com poda drástica no período de repouso fisiológico, também não apresentaram variação no comprimento das raízes tuberosas, e tiveram comprimento variando de 26 a 30 cm (MOTA, 2019).

Tabela 8 – Comprimento médio (cm) de raízes tuberosas de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP

Mês (MAP)*	Genótipos									CV
	IAC 14	IAC 90	BRS CS01	BRS 419	BRS 420	1097/13	2011 02-43	2010 55-04	2010 56-18	
Dez 19 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jan 20 (3)	27,0	29,0	28,5	29,8	25,5	25,8	26,0	27,0	25,8	14
Mar 20 (5)	26,5	29,0	30,3	30,0	26,8	28,8	27,0	26,3	26,8	12
Mai 20(7)	26,0	28,0	29,3	31,0	25,8	29,0	26,3	25,5	26,0	13
Jul 20 (8)	25,8	28,3	29,3	30,5	25,8	29,0	26,3	26,0	26,8	16
Ago 20 (10)	26,0	28,5	28,3	29,5	27,0	28,8	26,0	26,5	28,8	15
Out 20 (12)	26,3	28,0	27,5	29,3	26,5	28,3	26,0	26,3	28,3	17
Nov 20 (13)	26,8	28,8	28,8	29,5	26,0	27,5	25,8	25,5	28,3	13
Dez 20 (14)	26,0 b	28,3 ab	29,0 ab	31,5 a	27,3 b	28,3 ab	26,3 b	26,8 b	29,5 ab	10
Jan 21 (15)	27,0	28,8	27,8	31,0	26,5	28,8	26,8	25,8	30,5	12
Mar 21 (17)	26,5 ab	30,5 a	28,5 ab	30,8 a	26,3 b	28,3 ab	27,0 ab	27,0 ab	29,0 ab	10
Mai 21 (19)	27,0 ab	30,0 a	28,3 ab	29,5 a	26,0 b	28,5 ab	27,5 ab	26,8 ab	28,0 ab	8
Jun 21 (20)	26,5	30,0	29,3	29,5	26,0	27,5	28,5	27,0	28,8	14

Legenda: letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD (α<0,05). *****Números entre parênteses representam os meses após o plantio – MAP.

Albuquerque (2003) avaliando o desenvolvimento morfológico e agronômico de genótipos de mandioca no estado de Roraima, também não verificaram diferenças no comprimento médio das raízes tuberosas entre os genótipos, com elas atingindo até 31 cm de comprimento. O autor menciona que esse parâmetro pouco varia a partir dos 7 MAP, o que está de acordo com os resultados apresentados nesse estudo. Além disso, o presente estudo complementa que anteriormente aos 7 meses, o comprimento das raízes tende a variar pouco. O autor ainda menciona que, além do fator genético, também é dependente de suas condições de cultivo, como clima e fertilidade do solo, já que na literatura consta raízes de 1,0 m de comprimento ou até mais.

O diâmetro médio das raízes tuberosas seguiu padrão quadrático no primeiro e segundo ciclo vegetativo (Figura 3b). Houve aumento do diâmetro médio das raízes tuberosas dos 3 MAP até os 10 MAP, momento que houve a poda drástica das plantas. A poda foi responsável por um pequeno decréscimo no diâmetro das raízes tuberosas até o segundo mês após a poda, ou seja, aos 12 MAP. A partir de então houve novo aumento no diâmetro médio seguindo um padrão quadrático, se estabilizando dos 17 aos 20 MAP.

Aos 3 MAP o diâmetro foi em média 2,7 cm para todos os genótipos, que não diferiram entre si (Tabela 9). Aos 5 MAP houve variação no desenvolvimento das raízes, com destaque para os genótipos 2011 02-43, IAC 90, com diâmetros médios superiores a 3,2 cm, as quais não diferiram entre si. Aos 10 MAP, a média foi 3,6 cm de diâmetro, com os genótipos não se diferindo. Aos 12 MAP o diâmetro das raízes da maioria dos genótipos apresentou queda ou se mantiveram estáveis, com o genótipo 1097/13 sendo a única exceção, aumentando cerca de 0,2 cm. Ao final dos dois ciclos vegetativos (20 MAP) a maior parte dos genótipos apresentaram aproximadamente 5,0 cm de diâmetro médio em suas raízes, sendo que apenas o genótipo BRS 420 ficou abaixo disso, apresentando raízes tuberosas com apenas 4,4 cm de diâmetro.

De maneira geral, o diâmetro das raízes tuberosas tende a ter um crescimento cúbico, atingindo seu potencial próximo ao período de repouso fisiológico, onde tende a se manter estável ou decair até o estabelecimento de uma nova copa, no caso de cultivos onde se utilizam mais de um ciclo vegetativo. O período de repouso fisiológico se caracteriza principalmente pelo aumento da senescência foliar, e é o período em

que ocorre a maior translocação de fotoassimilados para as raízes (ALVES, 2006), o que pode explicar seu pico de diâmetro nessa fase.

Tabela 9 – Diâmetro médio (cm) de raízes tuberosas de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP

Mês (MAP)*	Genótipos									CV
	IAC 14	IAC 90	BRS CS01	BRS 419	BRS 420	1097/13	2011 02-43	2010 55-04	2010 56-18	
Dez 19 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jan 20 (3)	2,6	3,0	2,7	2,9	2,6	2,7	2,6	2,6	2,7	14
Mar 20 (5)	3,1 bc	3,2 ab	3,0 bc	2,8 cd	3,1 bc	3,1 bc	3,5 a	2,7 cd	2,6 d	10
Mai 20(7)	3,6	3,1	3,5	3,6	3,0	3,2	3,5	3,2	3,0	15
Jul 20 (8)	3,6 a	3,3 a	3,1 a	3,3 a	3,5 a	3,1 b	3,3 a	3,6 a	3,5 a	10
Ago 20 (10)	3,9	3,4	3,4	3,5	3,4	3,4	3,8	3,6	3,9	10
Out 20 (12)	3,7 a	3,4 a	3,4 a	3,5 a	3,3 b	3,6 a	3,7 a	3,6 a	3,5 a	9
Nov 20 (13)	4,2 a	3,7 ab	3,7 ab	3,5 b	3,8 ab	4,2 a	3,9 ab	3,9 ab	3,7 ab	10
Dez 20 (14)	4,7 a	3,8 c	4,8 a	4,1 bc	4,2 abc	4,3 abc	4,2 abc	4,5 ab	4,1 bc	9
Jan 21 (15)	4,9 a	4,0 c	4,8 a	4,3 bc	3,8 c	4,6 ab	4,5 ab	4,8 a	4,7 a	7
Mar 21 (17)	5,1 ab	4,7 abcd	4,4 cd	4,6 bcd	4,3 d	4,9 abc	5,2 a	4,8 abcd	4,5 bcd	9
Mai 21 (19)	5,1 a	4,7 abc	4,9 abc	4,9 abc	4,5 c	5,3 a	4,5 bc	5,3 a	4,6 bc	9
Jun 21 (20)	4,9 ab	4,9 ab	5,5 a	4,9 ab	4,4 b	5,1 a	5,2 a	5,4 a	4,9 ab	8

Legenda: letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD (α<0,05). *****Números entre parênteses representam os meses após o plantio – MAP.

No caso da pequena diminuição do diâmetro após a poda, o uso das reservas das raízes para a emissão de novas folhas e hastes até os 12 MAP pode ser explicado, já que as raízes constituiriam a principal fonte de energia nesse período, e sendo apenas a partir dos 12 MAP que a planta atingiria capacidade fotossintética suficiente para suprir toda a sua demanda, aumentando a partir de então. Além disso, outro fato interessante é que o diâmetro médio das raízes tuberosas se manteve estável cerca de 2 a 3 meses antes do fim de cada ciclo vegetativo, uma informação que pode ser utilizada para melhor definir os períodos de colheita de cada material genético.

O número de raízes tuberosas seguiu padrão de desenvolvimento cúbico até os 13 MAP (Figura 3c). As plantas apresentaram média de 6 raízes até o 5º MAP, atingindo 7 raízes até próximo aos 8 MAP. A partir de então, o padrão de desenvolvimento seguiu ajuste cúbico, atingindo pico novamente aos 15 MAP, e se mantendo estável até o fim do segundo ciclo vegetativo.

Aos 3 e 5 MAP o menor número de raízes por planta foi observado para o genótipo BRS 419, apresentando menos que 5 raízes por planta, enquanto que os demais genótipos apresentaram valores próximos a 6 ou mais (Tabela 10). Antecedendo a poda, o destaque ficou para o genótipo BRS 420 que atingiu cerca de 8,8 raízes por planta aos 8 MAP, se mantendo estável até o momento da poda. Dos 10 aos 13 MAP a tendência foi diminuição na quantidade de raízes, com as plantas atingindo em média 6,4 raízes por planta. Até os 15 meses o genótipo BRS 420 voltou a apresentar 8,8 raízes por planta novamente, e a média dos genótipos foi 7,2. Essa média teve pouco acréscimo a partir de então, atingindo o pico de 7,4 e mantendo-se estável até o fim do segundo ciclo vegetativo. Aos 20 MAP os genótipos não se diferiram entre si no que diz respeito a quantidade de raízes tuberosas por planta.

Tabela 10 – Número médio de raízes tuberosas por planta de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP

Mês (MAP)*	Genótipos									CV
	IAC 14	IAC 90	BRS CS01	BRS 419	BRS 420	1097/13	2011 02-43	2010 55-04	2010 56-18	
Dez 19 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jan 20 (3)	6,3 ab	6,0 ab	5,8 bc	4,5 c	7,3 a	6,3 ab	5,8 bc	6,3 ab	5,8 bc	16
Mar 20 (5)	6,3 ab	3,5 b	6,3 ab	4,8 b	7,0 a	6,3 ab	6,3 ab	6,5 a	6,0 ab	19
Mai 20(7)	6,8 ab	7,5 ab	6,3 b	6,8 ab	7,3 ab	7,3 ab	8,0 a	7,0 ab	6,0 b	15
Jul 20 (8)	6,8 bc	7,0 bc	7,3 bc	6,3 c	8,8 a	7,3 bc	7,8 ab	6,8 bc	6,3 c	14
Ago 20 (10)	6,3 b	6,8 b	6,3 b	6,3 b	8,8 a	6,8 b	6,8 b	7,3 ab	6,5 b	16
Out 20 (12)	6,8	6,5	6,8	5,8	7,3	7,0	7,3	6,5	6,5	18
Nov 20 (13)	6,8	5,8	6,3	5,8	7,2	6,3	7,0	7,0	5,8	15
Dez 20 (14)	7,0 ab	5,8 b	7,5 a	6,5 ab	7,8 a	6,3 ab	7,0 ab	6,8 ab	6,5 ab	16
Jan 21 (15)	7,3 bc	6,5 cd	7,0 bcd	6,0 d	8,8 a	7,3 bc	8,0 ab	7,8 ab	6,3 cd	10
Mar 21 (17)	7,3 ab	7,0 ab	6,8 b	6,8 b	8,5 a	7,3 ab	8,5 a	7,3 ab	6,3 b	16
Mai 21 (19)	7,8 abc	7,0 bc	7,0 bc	6,8 bc	8,0 ab	7,3 abc	8,5 a	7,5 abc	6,5 c	12
Jun 21 (20)	8,0	7,3	6,8	7,0	8,3	7,0	7,8	7,3	7,0	15

Legenda: letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD (α<0,05). *****Números entre parênteses representam os meses após o plantio – MAP.

O estabelecimento das raízes de reserva na cultura da mandioca ocorre entre os 2 e 6 MAP, durante o primeiro ciclo vegetativo da cultura, ou seja, durante sua fase de tuberização onde algumas de suas raízes fibrosas se diferenciam em raízes de

reserva (TERNES, 2002; LORENZI, 2003; ALVES, 2006). O presente estudo mostrou que houve variação no número de raízes por planta entre o período da poda e o estabelecimento da nova copa no segundo ciclo vegetativo. Apesar disso, essa pequena variação não foi significativa ao ponto de interferir no desenvolvimento final das plantas, mostrando que depois de diferenciadas, a quantidade de raízes tuberosas não tende a mudar no segundo ciclo vegetativo.

O peso médio das raízes tuberosas seguiu padrão cúbico de desenvolvimento até os 12 MAP (Figura 3d). O peso médio das raízes aumentou em 100% dos 3 aos 5 MAP, com crescimento quase que linear até o 12º mês após o plantio. A partir dos 12 MAP, a curva de desenvolvimento também seguiu padrão cúbico até o fim do segundo ciclo vegetativo, atingido pico por volta entre 17 e 19 MAP e mantendo-se estável até a última coleta. Os maiores pesos médios iniciais por raiz tuberosa foram observados para os genótipos 2010 56-18, IAC 90, e BRS 419, apresentando em média raízes com mais de 100 gramas no primeiro mês avaliado (Tabela 11).

Tabela 11 – Peso médio (g) de raízes tuberosas de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP

Mês (MAP)*	Genótipos									CV
	IAC 14	IAC 90	BRS CS01	BRS 419	BRS 420	1097/13	2011 02-43	2010 55-04	2010 56-18	
Dez 19 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jan 20 (3)	78 cd	101 ab	86 bc	102 ab	76 cd	77 cd	60 d	61 d	110 a	18
Mar 20 (5)	152 b	168 ab	178 ab	167 ab	159 ab	194 a	156 b	167 ab	167 ab	16
Mai 20(7)	180 ab	203 ab	223 a	220 a	166 b	207 ab	180 ab	190 ab	206 ab	15
Jul 20 (8)	220 bc	241 ab	235 abc	267 a	165 d	223 bc	197 cd	237 abc	227 abc	13
Ago 20 (10)	260 a	232 a	238 a	278 a	182 b	240 a	231 a	256 a	231 a	14
Out 20 (12)	273	258	258	290	245	250	250	281	264	18
Nov 20 (13)	282 abc	302 ab	306 ab	302 ab	250 c	319 a	267 bc	284 abc	310 ab	11
Dez 20 (14)	386 a	352 a	326 ab	363 a	268 b	373 a	318 ab	330 ab	383 a	15
Jan 21 (15)	422 a	387 ab	387 ab	436 a	295 c	384 ab	353 bc	342 bc	424 a	12
Mar 21 (17)	414 ab	401 ab	423 ab	449 a	292 c	438 a	450 bc	376 ab	442 a	13
Mai 21 (19)	427 ab	424 ab	434 ab	485 a	302 c	492 a	369 bc	406 ab	458 ab	15
Jun 21 (20)	397 abc	417 ab	453 ab	460 a	326 c	477 a	370 bc	394 abc	469 a	14

Legenda: letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD (α<0,05). *****Números entre parênteses representam os meses após o plantio – MAP.

O genótipo BRS 420 foi a que menos se destacou no primeiro ciclo vegetativo, atingindo raízes com menos de 200 gramas até os 10 MAP. Com exceção da BRS

420, os demais genótipos não diferiram estatisticamente entre si ao fim do primeiro ciclo. Após a poda, até os 13 MAP, o incremento no peso individual das raízes não foi tão expressivo, aumentando em média apenas 60 gramas em 3 meses. Após os 14 MAP houve aumento expressivo no peso das raízes, atingindo valores superiores a 400 gramas na maioria dos genótipos aos 17 MAP, e se mantendo praticamente estáveis até os 19 MAP. Aos 20 MAP houve pequena queda, de aproximadamente 1%, no peso médio das raízes.

O incremento expressivo entre o 3º e 5º MAP pode ser explicado pelas boas precipitações que ocorreram na região (Figura 1). De acordo com Alves (2006) e Mota (2019), as manivas-semente plantadas no período chuvoso, como ocorreu nesse experimento, tendem a iniciar seu processo de diferenciação das raízes já entre o 2 e 3 meses após o plantio. Esse é um período que a cultura está bastante dependente da umidade do solo, principalmente para o enchimento inicial das raízes, e a boa precipitação no período propiciou um bom desenvolvimento dessas raízes. A literatura relata que o período crítico para cultura da mandioca é de 1 a 5 meses após o plantio. Nesse período a falta de água pode acarretar perdas de até 60% na produtividade, com redução expressiva no peso médio das raízes tuberosas (OLIVEIRA et al., 1982).

A produtividade de raízes demonstrou desenvolvimento cúbico até o 12º MAP (Figura 3e). Aos 7 MAP a produtividade atingiu cerca de 27 t ha^{-1}, se mantendo estável até o 12º MAP, momento que começou a apresentar novo incremento na produtividade. Entre o 12º e o 17º MAP houve um aumento praticamente linear na produtividade, com incremento próximo a 70%, chegando a cerca de 46 t ha^{-1}, se estabilizando até o 19º MAP, e com pequeno decréscimo no 20º MAP.

Aos 3 MAP os genótipos que mais produziram foram BRS 420 e BRS CS01, com produtividades acima de 8,1 t ha^{-1}, porém não se diferenciando dos genótipos IAC 90, BRS 419 e IAC 14, que produziram entre 6,6 e 7,6 t ha^{-1}. Enquanto isso o genótipo 2010 56-18 produziu 50% menos que a BRS 420 e BRS CS01, se destacando como a menos produtiva nesse período inicial (Tabela 12).

A partir dos 5 MAP houve um aumento expressivo na produtividade de raízes e aos 7 MAP os genótipos não diferiram entre si, com média de 23 toneladas ha^{-1}. Dos 10 aos 12 MAP (agosto-outubro 2020) a produtividade ficou estagnada, o que foi um reflexo da poda aos 10 MAP. Do 14º ao 17º MAP a produtividade não diferiu entre os genótipos (Tabela 12). Aos 19 MAP as menores produções foram para os genótipos BRS 420 e 2010 55-04, com aproximadamente 43 t ha^{-1}. Esses dois genótipos

também apresentaram as menores produtividades aos 20 MAP, tendo atingido em média produtividades 3 t ha^{-1} mais baixas quando comparadas ao mês anterior. Os demais genótipos não diferiram entre si no último mês avaliado, porém, grande parte dos genótipos apresentaram produtividades mais baixas do que aos 19 MAP.

Tabela 12 – Produtividade média (t ha^{-1}) de raízes de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP

Mês (MAP)*	Genótipos									CV
	IAC 14	IAC 90	BRS CS01	BRS 419	BRS 420	1097/13	2011 02-43	2010 55-04	2010 56-18	
Dez 19 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jan 20 (3)	6,6 abc	7,6 ab	8,1 a	6,9 abc	8,4 a	6,0 bcd	5,6 cde	4,6 de	3,9 e	20
Mar 20 (5)	15,4 abc	17,2 ab	18,0 ab	14,1 bc	20,0 a	15,6 abc	19,4 a	16,3 ab	11,4 c	20
Mai 20(7)	21,7	26,3	21,1	25,3	24,0	21,5	26,3	20,3	20,8	22
Jul 20 (8)	24,4 ab	29,1 ab	22,8 b	27,1 ab	29,3 a	25,1 ab	29,7 a	24,2 ab	26,6 ab	16
Ago 20 (10)	27,4 ab	29,4 ab	24,2 b	26,5 ab	30,7 a	26,2 ab	28,3 ab	28,4 ab	27,4 ab	14
Out 20 (12)	29,3 a	31,0 a	25,0 b	26,8 a	29,4 a	26,3 b	28,9 a	27,1 b	27,4 b	11
Nov 20 (13)	34,1 a	31,9 ab	27,2 c	28,3 bc	31,5 ab	31,1 ab	31,0 ab	29,8 bc	29,2 bc	8
Dez 20 (14)	42,5	36,3	37,1	37,2	33,1	37,0	38,9	35,4	35,5	17
Jan 21 (15)	44,7	39,6	41,3	44,8	39,5	45,6	41,2	39,7	45,5	13
Mar 21 (17)	49,1	45,4	44,6	45,6	42,5	48,7	46,3	43,1	48,7	12
Mai 21 (19)	50,7 ab	46,3 ab	46,2 ab	52,8 a	42,8 b	49,3 ab	46,5 ab	43,3 b	48,2 ab	13
Jun 21 (20)	50,0 a	46,7 a	46,1 a	47,1 a	39,6 b	50,2 a	46,4 a	42,4 b	48,9 a	14

Legenda: letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD (α<0,05). *****Números entre parênteses representam os meses após o plantio – MAP.

O perfil de obtenção das produtividades nos meses avaliados foi reflexo do número de raízes por planta, principalmente nos períodos de pós poda, no primeiro ciclo vegetativo, e antecedente ao final do segundo ciclo. Apesar das raízes terem apresentado crescimento em seu peso médio, a diminuição na quantidade de raízes por planta foi um fator determinante na produtividade final de raízes tuberosas. Mota (2019) afirma que a produtividade da mandioca cultivada em época chuvosa é um reflexo do número de raízes por planta, já que é um fator determinado no início do primeiro ciclo vegetativo. Wongnoi et al. (2020) avaliando o desempenho agronômico de 8 genótipos de mandioca submetida à estresse hídrico na Tailândia encontrou produtividade aos 6, 9 e 12 MAP de apenas 10,1, 11,7 e 16,5 t ha^{-1} de raízes, valores que representam apenas metade do que foi encontrado no presente estudo, demonstrando a importância da presença de água durante o ciclo da cultura.

A observação de que os genótipos atingiram produção elevada aos 17 MAP e se estagnaram próximos a esses valores até o fim do segundo ciclo, aos 20 MAP, é importante para tomadas de decisões sobre o melhor período de colheita. Ou seja, a cultura da mandioca, quando cultivada em solos de baixa fertilidade e em época chuvosa pode ser colhida já aos 17 MAP, sem ter a necessidade de esperar até o fim do ciclo vegetativo, onde há a chance de se obter queda na produção.

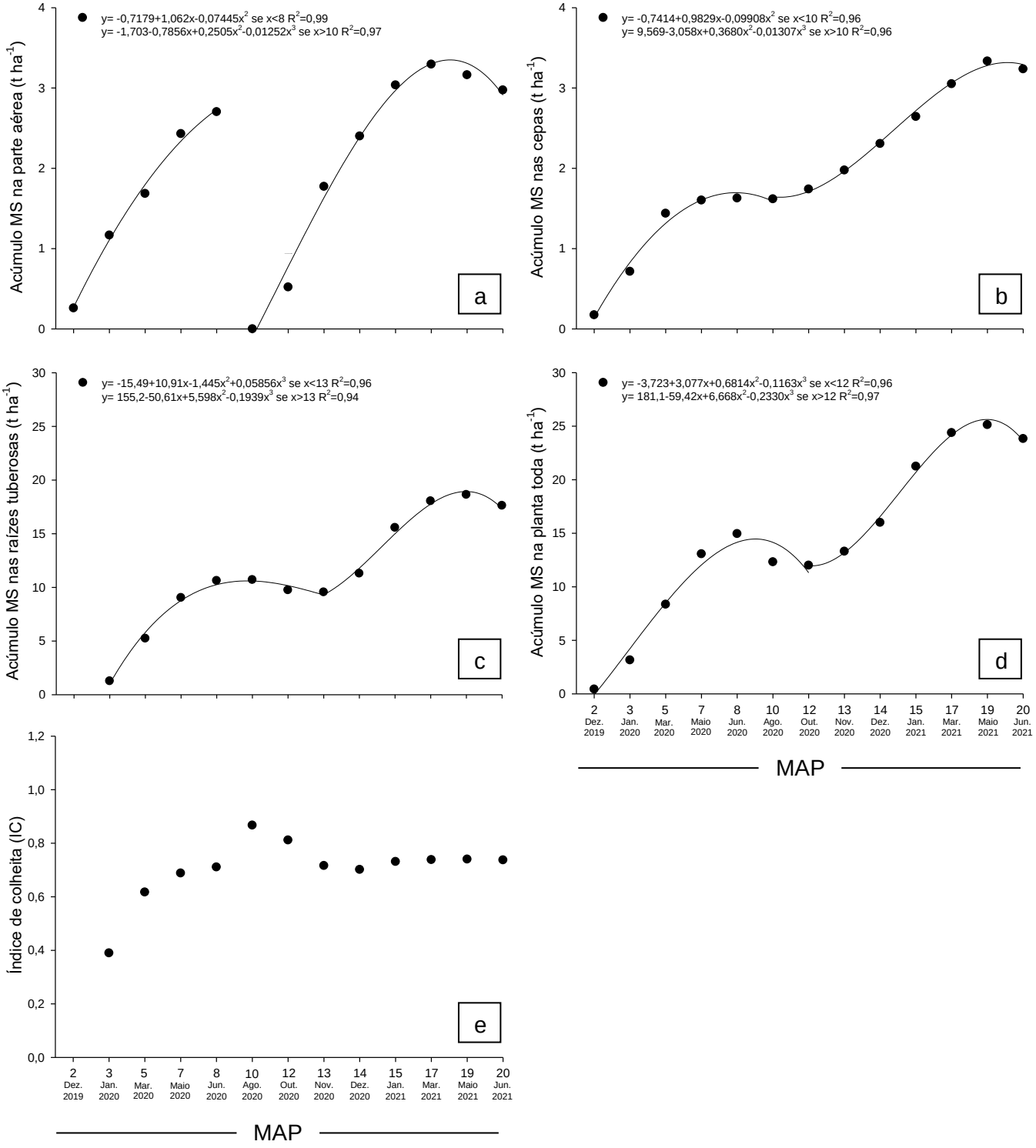
1.3.3 Acúmulo de matéria seca na parte aérea, cepas, raízes tuberosas, planta inteira e índice de colheita (IC)

O acúmulo de MS na parte aérea seguiu um padrão quadrático no primeiro ciclo vegetativo e um padrão cúbico no segundo ciclo (Figura 4a). No o primeiro ciclo houve um crescimento mensal significativo, com máximo acúmulo de MS aos 8 MAP, momento que se iniciou o processo de repouso fisiológico, acumulando cerca de 2,7 toneladas de MS em hastes e folhas. A partir da poda, aos 10 MAP, o acúmulo de MS na parte aérea seguiu padrão quadrático, com incremento até o 15º MAP, atingindo pico entre o 17º e o 19º MAP, com mais de 3 t ha^{-1}, decaindo no 20º MAP.

Aos 2 MAP o menor acúmulo de MS na parte aérea foi observado para o genótipo BRS CS01, com apenas 0,1 t ha^{-1}, não se diferindo, porém, do genótipo 1097/13 (Tabela 13). Aos 3 MAP, no entanto, o genótipo BRS CS01 demonstrou alto acúmulo de MS, juntamente com o genótipo IAC 14. O genótipo IAC 14 continuou apresentando acúmulo de MS até os 8 MAP, momento que antecedeu a poda das plantas. A partir do 5º MAP, juntamente com o genótipo IAC 14, os genótipos IAC 90 e 2010 02-43 se destacaram com os maiores acúmulos de MS até o fim do primeiro ciclo vegetativo. O menor valor observado foi para o genótipo 2010 56-18. Sagrilo et al. (2008) afirmam que o maior acúmulo de MS na parte aérea das plantas ocorre em meses onde a temperatura é mais elevada, principalmente entre novembro e fevereiro.

O manejo da poda aos 10 MAP parece ter influenciado o maior acúmulo de MS na parte aérea das plantas de mandioca (Tabela 13). Genótipos como 2010 56-18 e BRS 419 que não demonstraram acúmulos elevados no primeiro ciclo vegetativo, quando comparado com os demais, tiveram acúmulo significativo no segundo ciclo vegetativo, não se diferenciando dos genótipos IAC 14 e 2011 02-43, que se desenvolveram bem tanto antes como após a poda.

Figura 4 – Acúmulo de matéria seca (MS) na parte aérea (a), cepas (b), raízes tuberosas (c), planta toda (d) e IC (e) de genótipos de mandioca de indústria cultivadas em solo de baixa fertilidade durante o período de outubro de 2019 a junho 2021. Média de 9 genótipos e 4 repetições. MS= matéria seca. IC= índice de colheita. MAP= meses



O menor acúmulo de MS na parte aérea foi observado para os genótipos BRS 420 e BRS CS01, que atingiram os picos de 2,2 e 3,0 t ha^{-1}, respectivamente, de acúmulo de biomassa na parte aérea no segundo ciclo vegetativo (Tabela 13). Sagrilo et al. (2008) avaliando a produção de MS de diferentes genótipos de mandioca, obtiveram valores de MS da parte aérea (folha e hastes) superiores a 8 t ha^{-1} ao fim do segundo ciclo vegetativo. Os valores observados no atual trabalho são até 50% mais baixos que os observados pelos autores, o que pode indicar que a fertilidade do solo pode ter sido um fator determinante no acúmulo de MS pelas plantas avaliadas.

Tabela 13 – Acúmulo de matéria seca (MS) (t ha^{-1}) da parte aérea (folhas e hastes) de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP

Mês (MAP)*	Genótipos									CV
	IAC 14	IAC 90	BRS CS01	BRS 419	BRS 420	1097/13	2011 02-43	2010 55-04	2010 56-18	
Dez 19 (2)	0,3 ab	0,3 ab	0,1 c	0,4 a	0,3 ab	0,2 bc	0,3 ab	0,3 ab	0,2 bc	17
Jan 20 (3)	1,5 a	1,1 b	1,4 a	1,0 b	1,1 b	1,2 b	1,1 b	1,1 b	1,1 b	11
Mar 20 (5)	2,0 a	1,9 ab	1,7 bc	1,6 cd	1,6 cd	1,7 bc	1,7 bc	1,8 ab	1,4 d	9
Mai 20(7)	2,6 ab	2,7 ab	2,4 bc	2,4 bc	2,5 bc	2,2 bc	3,3 a	2,1 bc	1,9 c	17
Jul 20 (8)	3,3 ab	3,1 abc	2,3 cde	2,7 bcd	2,8 bc	2,7 bcd	3,8 a	2,0 de	1,7 e	20
Ago 20 (10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Out 20 (12)	0,7 a	0,4 bc	0,6 ab	0,6 ab	0,2 c	0,6 ab	0,8 a	0,4 bc	0,6 ab	21
Nov 20 (13)	1,8 abc	1,7 bc	1,5 c	2,1 a	1,6 bc	1,9 ab	2,1 a	1,5 c	1,9 ab	12
Dez 20 (14)	2,5 b	2,2 b	2,2 b	3,2 a	2,2 b	2,4 b	2,4 b	2,2 b	2,3 b	16
Jan 21 (15)	3,3 bc	2,5 ef	2,7 de	4,3 a	2,1 f	3,1 cd	2,7 de	3,7 b	3,1 cd	11
Mar 21 (17)	4,1 ab	2,8 cd	3,0 cd	4,3 a	2,2 d	3,1 cd	3,2 bc	4,0 ab	3,1 c	18
Mai 21 (19)	4,1 a	2,7 cd	2,6 d	3,8 a	2,2 d	2,8 bcd	3,6 a	3,4 abc	3,5 ab	16
Jun 21 (20)	3,8 a	2,6 d	2,6 cd	3,6 ab	2,0 e	2,6 d	3,2 bc	3,2 ab	3,3 ab	13

Legenda: letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD (α<0,05). *****Números entre parênteses representam os meses após o plantio – MAP.

A diferença varietal no acúmulo de MS da parte aérea é esperado quando comparado genótipos diferentes, já que podem haver padrões precoces, semi-precoces e tardios de desenvolvimento na cultura da mandioca (ANDRADE, 2013). Os genótipos BRS 420 e BRS CS01 foram lançadas recentemente e recomendadas para os estados do Paraná e Mato Grosso do Sul, apresentando características de precocidade (ABAM, 2020). Isso indica que genótipos precoces apresentam a

característica de acumular mais MS em um menor período de tempo, do que genótipos tardios.

Considerando as médias gerais de todos os genótipos avaliados, houve crescimento de aproximadamente 22% no acúmulo médio de biomassa na parte aérea no segundo ciclo vegetativo, quando comparado com os valores anteriores ao manejo da poda. Isso está relacionado principalmente com a maior rapidez na brotação e emissão de folhas após a poda. O maior número de hastes no segundo ciclo contribuiu para o aumento da biomassa média nesse período. Além disso, é importante considerar que no segundo ciclo as plantas tenderam a possuir um período vegetativo maior, com a manutenção das folhas se estendendo por maior tempo quando comparado ao primeiro ciclo vegetativo, o que é uma característica importante visando o maior período de fotossíntese e acúmulo de MS nas partes vegetativas da planta.

A curva de acúmulo de MS nas cepas seguiu um padrão quadrático dos 2 aos 10 MAP, e um padrão cúbico do 10º ao 20º MAP (Figura 4b). No primeiro ciclo vegetativo houve um acúmulo de biomassa crescente nas cepas até o 5º MAP, se estabilizando até o momento da poda aos 10 MAP. De maneira geral, o acúmulo de biomassa das cepas aumentou em 8 vezes entre o início e o fim do primeiro ciclo vegetativo. O segundo ciclo vegetativo representou um novo período de acúmulo de biomassa nas cepas, com crescimento até o 19º MAP, que representou o pico de acúmulo de MS nas cepas, com uma pequena queda aos 20 MAP.

Os genótipos BRS CS01, 2010 55-04 e 2010 56-18 obtiveram cepas com aproximadamente 0,1 kg no primeiro mês avaliado (Tabela 14). O genótipo 1097/13 se destacou inicialmente apresentando o triplo desse valor, enquanto os demais genótipos apresentaram acúmulo intermediário. Até o 5º MAP houve um crescimento significativo no acúmulo de biomassa nas cepas, com o genótipo IAC 90 se destacando com o maior acúmulo aos 3 MAP, o genótipo 2010 02-43 se destacando dos 3 aos 8 MAP. De maneira geral, os genótipos BRS CS01, 2010 55-04 e 2010 56-18 que apresentaram menor acúmulo inicial também apresentaram menor acúmulo de MS nas cepas do decorrer do primeiro ciclo vegetativo. Apesar disso, aos 10 MAP não houve diferença de acúmulo de MS nas cepas entre os genótipos, com pouca variação comparado ao mês anterior.

A partir de 2 meses após a poda os genótipos apresentaram novo aumento no acúmulo de biomassa das cepas (Tabela 14). O genótipo 2011 02-43 continuou apresentando acúmulo de biomassa inicial nas cepas superior que a maioria dos

genótipos, não se diferenciando apenas dos genótipos 1097/13, IAC 14 e 2010 55-04, na maior parte do segundo ciclo vegetativo. Isso demonstra que a poda afeta os genótipos de forma diferente. Um exemplo é o genótipo 2010 55-04, que no primeiro ciclo obteve um dos menores acúmulos de biomassa nas cepas, mas que após a poda não se diferiu entre os genótipos com os maiores acúmulos ao fim dos 20 MAP.

Tabela 14 – Acúmulo de matéria seca (MS) (t ha^{-1}) das cepas de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP

Mês (MAP)*	Genótipos									CV
	IAC 14	IAC 90	BRS CS01	BRS 419	BRS 420	1097/13	2011 02-43	2010 55-04	2010 56-18	
Dez 19 (2)	0,2 ab	0,2 ab	0,1 b	0,2 ab	0,2 ab	0,3 a	0,2 ab	0,1 b	0,1 b	31
Jan 20 (3)	0,6 c	0,9 a	0,7 abc	0,6 c	0,8 ab	0,7 bc	0,7 abc	0,6 c	0,7 abc	17
Mar 20 (5)	1,3 de	1,5 bc	1,3 de	1,6 bc	1,4 cd	1,7 ab	1,9 a	1,1 e	1,2 de	12
Mai 20(7)	1,4 cd	1,8 ab	1,3 d	1,7 bc	1,5 cd	1,9 ab	2,1 a	1,5 cd	1,2 d	15
Jul 20 (8)	1,5 a	1,8 a	1,3 b	1,7 a	1,4 ab	1,9 a	1,9 a	1,8 a	1,4 ab	16
Ago 20 (10)	1,5	1,6	1,5	1,5	1,4	1,9	1,9	1,7	1,5	20
Out 20 (12)	1,9 abc	1,6 bc	1,4 d	1,5 cd	1,5 cd	2,0 ab	2,2 a	1,8 abcd	1,7 bcd	17
Nov 20 (13)	2,0 abcd	1,7 cd	1,8 bcd	2,1 abc	1,7 cd	2,2 a	2,4 a	2,2 ab	1,7 d	15
Dez 20 (14)	2,4 a	2,1 ab	2,2 ab	2,6 a	2,3 ab	2,3 ab	2,6 a	2,5 a	1,8 b	15
Jan 21 (15)	2,8 ab	2,4 b	2,5 ab	2,9 ab	2,5 b	2,8 ab	3,2 a	2,6 ab	2,3 b	16
Mar 21 (17)	3,4 ab	2,8 bcd	3,0 abcd	3,1 abc	2,6 cd	3,2 abc	3,6 a	3,3 ab	2,5 d	13
Mai 21 (19)	3,4 ab	3,2 ab	3,2 ab	3,3 ab	3,3 ab	3,4 ab	3,9 a	3,8 a	3,0 b	16
Jun 21 (20)	3,3 abcd	3,2 bcd	2,9 cd	2,9 cd	2,7 d	3,4 abc	3,8 ab	3,9 a	3,1 cd	12

Legenda: letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD (α<0,05). *****Números entre parênteses representam os meses após o plantio – MAP.

A estagnação no acúmulo de biomassa nas cepas a partir dos 7 MAP coincide com o período de maior senescência foliar, precedendo o período de repouso fisiológico da mandioca. Nesse período há o início de translocação mais expressiva para as raízes tuberosas, que representam os drenos mais fortes, apesar das cepas também acumularem carboidratos (ALVES, 2006; AGUIAR et al., 2011). Já o novo período de acúmulo de biomassa nas cepas a partir dos 12-13 MAP também coincide com o período de estabelecimento da nova copa, onde a planta já realiza fotossíntese suficiente para o novo crescimento vegetativo no segundo ciclo.

A curva de acúmulo de MS nas raízes tuberosas seguiu padrão cúbico de 3 a 13 MAP e de 13 a 20 MAP (Figura 4c). As raízes tuberosas acumularam MS de forma

linear até aproximadamente os 8 MAP, se estabilizando até os 10 MAP, momento que houve a poda. Seu pico de acúmulo de MS coincidiu justamente com o período da poda, decaindo até o 13º MAP. Nesse período o maior acúmulo aos 2 MAP foi observado para o genótipo BRS 420, com 2,2 toneladas por hectare, seguido de perto pelo genótipo BRS CS01 com 1,8 t ha^{-1} (Tabela 15). Aos 5 MAP os genótipos considerados precoces (BRS CS01 e BRS 420) continuaram se destacando sobre os demais, porém, aos 7 e 8 MAP o acúmulo de MS nas raízes tuberosas não diferiu entre os genótipos, com médias de 9,0 e 10,6 t ha^{-1} respectivamente. Do 10º ao 13º MAP houve queda média de aproximadamente 10% no acúmulo de MS nas raízes.

Tabela 15 – Acúmulo de matéria seca (MS) (t ha^{-1}) de raízes tuberosas de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP

Mês (MAP)*	Genótipos									CV
	IAC 14	IAC 90	BRS CS01	BRS 419	BRS 420	1097/13	2011 02-43	2010 55-04	2010 56-18	
Dez 19 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jan 20 (3)	1,3 cd	1,5 bc	1,8 ab	1,2 cd	2,2 a	1,0 de	0,9 de	0,9 de	0,8 e	23
Mar 20 (5)	4,7 bc	5,6 b	5,8 ab	4,3 bc	7,4 a	5,2 b	5,5 b	5,2 b	3,5 c	21
Mai 20(7)	8,6	10,5	8,6	9,8	9,2	8,4	9,9	8,2	8,2	19
Jul 20 (8)	10,2	11,3	9,5	10,5	11,9	10,5	11,3	10,0	10,5	16
Ago 20 (10)	11,1 ab	11,2 ab	9,3 b	10,0 ab	11,9 a	11,2 ab	10,2 ab	11,2 ab	10,3 ab	15
Out 20 (12)	10,8 a	11,0 a	9,0 b	9,3 b	9,5 ab	9,7 ab	9,2 b	9,7 ab	9,5 ab	10
Nov 20 (13)	11,6 a	10,4 abc	8,4 de	8,2 e	8,9 cde	10,5 ab	9,0 bcde	9,8 bcd	9,3 bcde	11
Dez 20 (14)	12,6	10,8	10,5	11,7	10,1	11,9	11,7	11,8	10,7	24
Jan 21 (15)	16,3 abc	14,4 bc	14,1 c	17,4 ab	14,8 abc	17,8 a	14,0 c	14,1 c	17,2 ab	14
Mar 21 (17)	19,2	17,5	17,3	18,5	16,7	20,4	16,8	17,0	19,3	14
Mai 21 (19)	20,4 ab	17,9 abc	18,2 abc	19,6 abc	16,6 c	21,3 a	17,3 bc	17,2 bc	19,4 abc	13
Jun 21 (20)	19,4 ab	17,3 abc	17,6 abc	18,9 ab	14,0 c	20,9 a	16,1 bc	15,9 bc	18,5 ab	14

Legenda: letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD (α<0,05). *****Números entre parênteses representam os meses após o plantio – MAP.

O novo período de acúmulo de MS nas raízes tuberosas ocorreu apenas a partir do 14º MAP (Figura 4c). Nesse período não houve diferença entre os genótipos que apresentaram em média 11,3 t ha^{-1} de MS em suas raízes (Tabela 15). No 15º MAP, porém, os genótipos BRS CS01, 2010 02-43 e 2010 55-04 resultaram nos valores menos expressivos, com acumulo 10% menor que a média geral dos genótipos. Aos 17 MAP, no entanto, os acúmulos de biomassa das raízes foram semelhantes para todos os genótipos, com média de 18,1 t ha^{-1}. Aos 19 MAP houve um crescimento

médio de apenas 2,7%, em relação ao período anterior, com os genótipos atingindo em média 18,6 t ha^{-1} de MS nas raízes tuberosas. Já aos 20 MAP, o acúmulo médio foi aproximadamente 5,7% menor que o mês anterior. Aos 19 e 20 MAP, no entanto, o genótipo 1097/13 se destacou com maiores acúmulos de biomassa seca na raiz tuberosa.

A diminuição no acúmulo de MS da raiz tuberosa a partir do momento da poda é explicado pela mudança na relação fonte-dreno da planta de mandioca (SOUZA, 2009). Nesse período as raízes se tornam as principais fontes, fornecendo energia para e emissão da nova parte aérea que tende a se estabelecer de 2 a 3 meses após a poda. O que coincide com o período de novo acúmulo de MS, demonstrando que nesse período a nova copa estabelecida já é capaz de produzir fotoassimilados suficiente para reiniciar o acúmulo de MS nas raízes tuberosas, dando início a um novo ciclo produtivo. É importante atentar ao fato de que há um pico aos 19 MAP no acúmulo de MS nas raízes, mas que esse valor já havia sido atingido aos 17 MAP, indicando que não há a necessidade de esperar mais três meses até o fim do segundo ciclo para iniciar o período de colheita das plantas.

A curva de acúmulo de MS na planta toda seguiu padrões quadráticos dos 2 aos 12 MAP e dos 12 aos 20 MAP (Figura 4d). Aos 2 MAP foi em média 0,4 t ha^{-1}, o que é um reflexo da falta de raízes tuberosas já diferenciadas nesse período, com menor valor sendo observado para o genótipo BRS CS01, com apenas 0,3 t ha^{-1} (Tabela 16). De maneira geral houve aumento no acúmulo de biomassa total até os 8 MAP, quando os genótipos atingiram em média 14,9 t ha^{-1} de biomassa seca. Nesse período o maior acúmulo observado foi pertencente ao genótipo 2011 02-43, que diferiu apenas dos genótipos BRS CS01 e 2010 56-18.

Aos 10 MAP houve queda de 2,6 t ha^{-1} no acúmulo de biomassa na planta toda, o que representa em torno de 17% da biomassa total acumulada aos 8 MAP (Tabela 16). Esse já era um resultado esperado, justamente pelo fato que houve a poda da parte aérea das plantas aos 10 MAP, demonstrando a significância das hastes no peso total das plantas por hectare. A distribuição da MS na parte aérea, no entanto, pode atingir valores muito superiores a 17%, o que dependerá do período analisado (SOUZA, 2009). Um fato interessante a ser observado é que, genótipos considerados precoces, como BRS CS01 e BRS 420, tendem a apresentar menor acúmulo de MS total quando comparadas à genótipos de ciclos mais tardios. Outro ponto específico é a diminuição na MS ao fim de ambos os ciclos vegetativos, o que é um reflexo do

período de repouso fisiológico, onde, há a maior taxa de senescência foliar e acúmulo de MS nas raízes devido a maior translocação de fotoassimilados dos órgãos aéreos da planta de mandioca.

Tabela 16 – Acúmulo de matéria seca (MS) (t ha^{-1}) na planta toda (folhas, hastes, cepas e raízes tuberosas) de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP

Mês (MAP)*	Genótipos									CV
	IAC 14	IAC 90	BRS CS01	BRS 419	BRS 420	1097/13	2011 02-43	2010 55-04	2010 56-18	
Dez 19 (2)	0,5 ab	0,5 ab	0,3 c	0,6 a	0,4 bc	0,5 ab	0,5 ab	0,4 bc	0,4 bc	17
Jan 20 (3)	3,3 bcd	3,5 abc	3,9 ab	3,0 cde	4,1 a	2,8 de	2,6 e	2,5 e	2,6 e	13
Mar 20 (5)	7,9 b	9,0 ab	8,7 b	7,5 bc	10,4 a	8,5 b	9,1 ab	8,2 b	6,1 c	14
Mai 20(7)	12,7 abc	15,0 ab	12,2 c	13,9 abc	13,2 abc	12,4 bc	15,2 a	11,9 c	11,3 c	14
Jul 20 (8)	15,0 ab	16,2 ab	13,1 b	14,9 ab	16,2 ab	15,1 ab	16,9 a	13,8 ab	13,5 b	15
Ago 20 (10)	12,6 ab	12,8 ab	10,8 b	11,5 ab	13,3 a	13,1 ab	12,1 ab	12,8 ab	11,9 ab	13
Out 20 (12)	13,3 a	13,0 ab	10,9 c	11,3 bc	11,2 c	12,4 abc	12,2 abc	11,9 abc	11,8 abc	10
Nov 20 (13)	15,3 a	13,7 ab	11,6 d	12,4 cd	12,2 cd	14,7 ab	13,5 abc	13,6 abc	12,9 bcd	10
Dez 20 (14)	17,5	15,2	14,8	17,5	14,5	16,6	16,7	16,4	14,9	18
Jan 21 (15)	22,4 abcd	19,2 d	19,2 d	24,7 a	19,3 d	23,6 ab	19,9 cd	20,4 bcd	22,6 abc	10
Mar 21 (17)	26,6 a	23,1 ab	23,2 ab	25,9 a	21,5 b	26,6 a	23,6 ab	24,2 ab	24,8 ab	11
Mai 21 (19)	27,9 a	23,8 bc	24,0 bc	26,6 ab	21,8 c	27,5 ab	24,7 abc	24,3 abc	25,8 ab	11
Jun 21 (20)	26,5 a	23,0 b	23,1 ab	25,4 ab	18,7 c	26,8 a	23,0 b	23,0 b	24,9 ab	11

Legenda: letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD (α<0,05). *****Números entre parênteses representam os meses após o plantio – MAP.

O índice de colheita (IC) não apresentou um padrão de curva característico tanto no primeiro quanto no segundo ciclo vegetativo (Figura 4e). Em fato, há uma tendência de aumento no IC do 3º ao 10º MAP, com queda até o terceiro mês após a poda, se estabilizando até o fim do 20º MAP. Aos 3 e 5 MAP o maior IC observado foi para o genótipo BRS 420, atingindo índices de 0,53 e 0,71 respectivamente (Tabela 17). Por ser um genótipo de ciclo precoce, ela apresentou IC superiores logo no início do primeiro ciclo, indicando que o enchimento das raízes tuberosas e aumento de peso tendem a ser maiores em genótipos precoces (MATTOS et al., 2006), o que também é verificado no genótipo BRS CS01 aos 5 MAP.

Tabela 17 – Índice de colheita (IC) de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP

Mês (MAP)*	Genótipos									CV
	IAC 14	IAC 90	BRS CS01	BRS 419	BRS 420	1097/13	2011 02-43	2010 55-04	2010 56-18	
Dez 19 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jan 20 (3)	0,37 cde	0,42 bc	0,45 b	0,41 bcd	0,53 a	0,36 cde	0,33 de	0,35 cde	0,29 e	14
Mar 20 (5)	0,60 bc	0,62 bc	0,66 ab	0,57 c	0,71 a	0,61 bc	0,59 bc	0,64 abc	0,58 c	9
Mai 20(7)	0,67	0,70	0,70	0,71	0,70	0,67	0,65	0,67	0,72	9
Jul 20 (8)	0,68 c	0,70 bc	0,73 b	0,70 bc	0,74 ab	0,69 bc	0,67 c	0,72 bc	0,78 a	5
Ago 20 (10)	0,88	0,87	0,86	0,87	0,89	0,85	0,84	0,87	0,87	3
Out 20 (12)	0,81 bc	0,85 a	0,82 ab	0,81 bc	0,85 a	0,78 cd	0,76 d	0,82 ab	0,80 bc	3
Nov 20 (13)	0,75 a	0,75 a	0,73 ab	0,66 c	0,73 ab	0,72 b	0,67 c	0,73 ab	0,72 b	3
Dez 20 (14)	0,72	0,71	0,71	0,66	0,69	0,71	0,68	0,71	0,72	7
Jan 21 (15)	0,73 ab	0,75 a	0,73 ab	0,70 b	0,77 a	0,76 a	0,70 b	0,69 b	0,76 a	4
Mar 21 (17)	0,72 bcd	0,76 ab	0,74 abc	0,71 cd	0,77 a	0,77 a	0,71 cd	0,70 d	0,77 a	4
Mai 21 (19)	0,73 bcd	0,75 ab	0,75 ab	0,74 abcd	0,76 ab	0,78 a	0,70 d	0,71 cd	0,75 abc	4
Jun 21 (20)	0,73 abc	0,75 a	0,76 a	0,74 ab	0,75 a	0,78 a	0,70 bc	0,69 c	0,74 a	4

Legenda: letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD (α<0,05). *****Números entre parênteses representam os meses após o plantio – MAP.

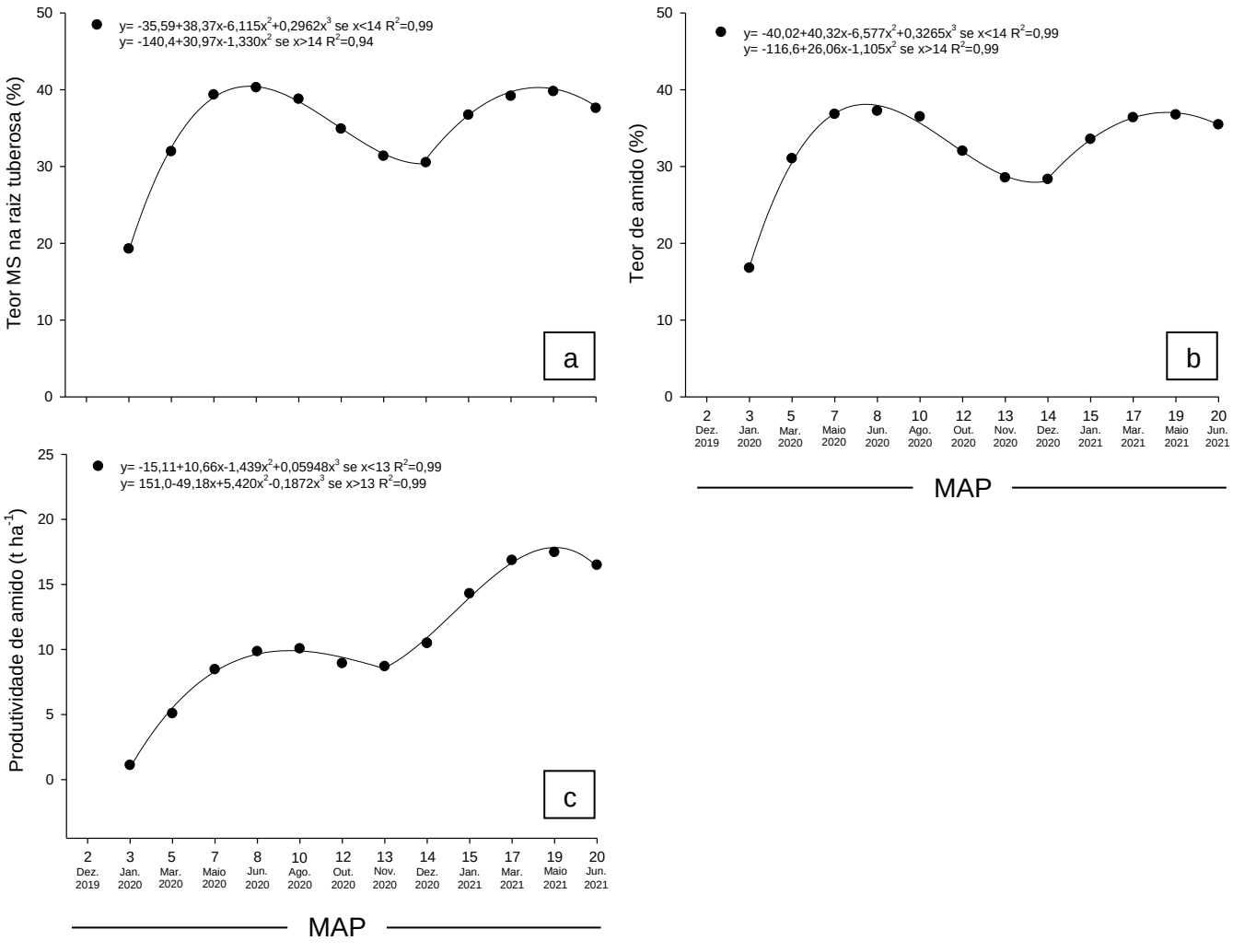
Apesar dos genótipos precoces apresentarem maiores IC durante os primeiros meses do primeiro ciclo vegetativo, a poda parece ter um efeito significativo no IC (Tabela 17). O período da poda drástica é justamente aquele onde há a retirada da parte aérea das plantas, deixando-as com aproximadamente 20 cm de altura. A retirada da parte área aumentou o IC para em média 0,87, já que nesse período a planta é composta apenas pelo sistema radicular e pelas cepas, sendo um resultado esperado. A partir desse período houve queda no IC, para aproximadamente 0,72, se mantendo estável até praticamente o fim do segundo ciclo vegetativo. Sagrilo et al. (2008) avaliando diferentes genótipos, encontrou índice de colheita máximo em torno de 0,66 aos 13 e 21 MAP, estando abaixo do observado no presente trabalho.

1.3.4 Teor de matéria seca (MS) e amido nas raízes tuberosas, e produtividade de amido

A curva do teor de MS na raiz tuberosa seguiu padrão cúbico dos 3 aos 14 MAP, e padrão quadrático dos 14 aos 20 MAP (Figura 5a). Aos 3 MAP o teor de MS nas raízes recém diferenciadas foi de aproximadamente 20%, seguindo um crescimento

linear até os 7 MAP, com raízes apresentando cerca de 39% de MS, chegando a seu pico aos 8 MAP e se mantendo estável até aproximadamente 10 MAP. Isso demonstra que raízes recém-formadas podem apresentar até a metade do teor de MS de raízes já completamente diferenciadas. Nesse período os genótipos precoces BRS 420 e BRS CS01 apresentaram os maiores teores de MS na raiz tuberosa nos primeiros meses avaliados do primeiro ciclo vegetativo (Tabela 18). Até os 10 MAP os genótipos 2011 02-43 e BRS 419 foram os que menos se destacaram.

Figura 5 – Teores de matéria seca (MS) (a) e amido na raiz tuberosa (b), e produtividade de amido (c) de genótipos de mandioca de indústria cultivadas em solo de baixa fertilidade durante o período de outubro de 2019 a junho 2021. Média de 9 genótipos e 4 repetições. MS= matéria seca. MAP= meses após o plantio



A partir da poda, o teor de MS nas raízes diminuiu, de maneira geral, até o 14º MAP (Figura 5a). Aos 14 MAP as raízes atingiram em média 31,0% de MS, ou seja, houve queda de aproximadamente 23% em relação à MS aos 8 MAP. Isso mostra que, a emissão de novas hastes e folhas no segundo ciclo pode consumir até ¼ do teor de MS das raízes tuberosas, já que sua MS é constituída em sua maior parte por carboidratos. Vilpoux e Cereda (2003) afirmam que os carboidratos compõem até 98% do total do teor de MS da raiz tuberosa.

A partir dos 14 MAP, o maior teor de MS na raiz foi observado entre 17 e 19 MAP (Figura 5a). Aos 19 MAP, a média foi de 39,8% de MS nas raízes, indicando que tanto no primeiro quanto no segundo ciclo os genótipos atingiram o potencial máximo nas condições em que se encontravam, já que os picos foram semelhantes nos dois ciclos. Nesse período, o genótipo 1097/13 se destacou, com 43% de MS na raiz aos 19 MAP (Tabela 18). Aos 20 MAP o teor de MS nas raízes tuberosas cai em aproximadamente 5,5% em comparação ao mês anterior. Essa queda no teor de MS nas raízes indica, possivelmente, o início de um terceiro ciclo vegetativo, onde as reservas da planta começam a serem utilizadas nas emissões de novos brotos e folhas.

Tabela 18 – Teor de matéria seca (MS), em porcentagem (%), da raiz tuberosa de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP

Mês (MAP)*	Genótipos									CV
	IAC 14	IAC 90	BRS CS01	BRS 419	BRS 420	1097/13	2011 02-43	2010 55-04	2010 56-18	
Dez 19 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jan 20 (3)	18,2 cd	19,6 bc	22,2 ab	17,4 cd	24,2 a	17,2 cd	15,9 d	19,8 bc	19,1 bcd	13
Mar 20 (5)	30,9 bc	32,7 b	32,1 b	30,3 bc	36,8 a	33,3 b	28,3 c	32,5 b	30,7 bc	7
Mai 20(7)	39,6	39,8	40,6	38,8	38,6	39,3	37,6	40,6	39,3	6
Jul 20 (8)	41,8 a	39,0 abc	41,7 a	38,8 bc	40,5 abc	41,9 a	38,1 c	41,5 ab	39,3 abc	5
Ago 20 (10)	40,6 ab	38,1 cd	38,4 bcd	37,5 cd	38,7 bc	42,6 a	36,2 d	39,5 bc	37,7 cd	4
Out 20 (12)	36,6 a	35,6 ab	35,5 ab	34,4 abc	32,5 bc	37,0 a	32,0 c	36,0 a	34,7 abc	7
Nov 20 (13)	33,8 a	32,4 ab	30,7 abc	29,0 bc	28,4 c	33,9 a	29,1 bc	33,2 ab	31,7 abc	8
Dez 20 (14)	29,7 ab	29,8 ab	28,4 b	31,1 ab	30,4 ab	31,9 ab	30,2 ab	32,8 a	30,3 ab	9
Jan 21 (15)	36,7 ab	36,5 ab	34,2 b	38,6 ab	38,1 ab	39,0 a	34,1 b	35,5 ab	37,9 ab	8
Mar 21 (17)	39,0 ab	38,5 ab	38,9 ab	40,8 a	38,5 ab	41,8 a	36,3 b	39,4 ab	39,4 ab	7
Mai 21 (19)	40,1 abc	38,7 bc	39,5 abc	41,1 ab	39,0 bc	43,2 a	37,0 c	39,6 abc	39,9 abc	6
Jun 21 (20)	39,0 ab	37,2 bcd	38,1 bc	37,1 bcd	35,5 cd	41,6 a	34,6 d	37,6 bcd	37,8 bcd	6

Legenda: letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD (α<0,05). *****Números entre parênteses representam os meses após o plantio – MAP.

O teor de amido nas raízes seguiu padrão cúbico dos 3 aos 14 MAP e dos 14 aos 20 MAP (Figura 5b). Do 3º ao 7º MAP, o aumento no teor de amido foi superior à 50%, com médias gerais de 16,8 e 36,9%, respectivamente. Isso demonstra que, após a formação completa das raízes tuberosas, aos 3 MAP, ela tende a atingir até mais que o dobro do seu teor inicial de amido em até 4 meses. Apesar disso, do 7º ao 10º o teor de amido se manteve praticamente estável, com pouca variação, com raízes apresentando em média 37% de amido. Nesse período o genótipo BRS CS01 se destacou atingindo 40%, teor que já havia sido alcançado aos 8 MAP, diferenciando-as das demais, que não chegaram a atingir esse valor (Tabela 19). Ou seja, sua característica de precocidade, pode ter influenciado no maior teor observado.

Tabela 19 – Teor de amido (%) na raiz tuberosa de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP

Mês (MAP)*	Genótipos									CV
	IAC 14	IAC 90	BRS CS01	BRS 419	BRS 420	1097/13	2011 02-43	2010 55-04	2010 56-18	
Dez 19 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jan 20 (3)	16,4 bc	17,7 bc	19,0 ab	14,9 bc	22,6 a	16,9 bc	13,9 c	15,2 bc	14,5 c	18
Mar 20 (5)	29,9 cd	31,7 bc	31,1 bc	29,9 bcd	34,9 a	33,0 ab	27,4 d	31,5 bc	30,1 bcd	7
Mai 20(7)	38,6 ab	37,3 abc	39,7 a	35,9 bc	35,6 c	36,7 bc	36,2 bc	35,0 c	36,4 bc	5
Jul 20 (8)	39,3 ab	36,9 abc	40,0 a	35,2 bc	37,2 abc	37,0 abc	34,5 c	36,5 abc	38,6 abc	8
Ago 20 (10)	38,1 a	36,6 ab	38,0 a	31,3 c	37,5 a	39,1 a	34,0 bc	37,2 a	36,6 ab	6
Out 20 (12)	31,9 abc	34,1 ab	35,0 a	30,9 bc	28,8 c	35,0 a	29,4 c	32,1 abc	31,0 bc	8
Nov 20 (13)	31,0 a	31,4 a	29,9 ab	24,7 c	24,3 c	30,3 a	26,4 bc	30,1 a	28,9 ab	9
Dez 20 (14)	27,9	28,4	27,1	26,8	28,1	30,7	27,3	30,1	28,6	13
Jan 21 (15)	34,6 abc	33,4 abcd	31,0 cd	34,3 abcd	29,9 d	37,5 a	32,0 cd	32,7 bcd	36,6 ab	9
Mar 21 (17)	38,4 ab	35,0 ab	33,7 bc	37,6 ab	30,9 c	40,2 a	34,1 bc	38,6 ab	39, ab	10
Mai 21 (19)	38,5 ab	34,1 bc	38,1 ab	38,0 ab	32,1 c	39,8 a	33,0 c	38,1 ab	38,9 a	9
Jun 21 (20)	38,0 ab	33,5 bcd	37,3 ab	36,5 abc	29,6 d	39,3 a	31,8 cd	36,2 abc	37,0 ab	10

Legenda: letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD (α<0,05). *****Números entre parênteses representam os meses após o plantio – MAP.

A partir dos 10 MAP, a queda no teor de amido é explicada pela sua utilização na emissão de novas folhas e hastes. Sabe-se que, para a emissão de uma nova copa, o amido presente, através de hidrólise, é convertido em carboidratos de cadeia menos complexas, e utilizados para a formação de folhas e hastes, em um segundo ciclo de produção (SAGRILO et al., 2007; SOUZA, 2009). Essa queda no teor, foi observado

até os 14 MAP, momento que os genótipos avaliados apresentaram uma nova copa já estruturada e fotossinteticamente capaz de suprir suas necessidades.

Aos 14 MAP iniciou-se novo período de acúmulo de amido nas raízes, atingindo em média 36% de amido aos 17 MAP (Tabela 19). Esse teor se manteve estável até os 19 MAP. Apesar disso, os genótipos se comportaram de maneiras diferentes, como exemplo os genótipos IAC 90, 1097/13, 2011 55-04 e 2011 02-43, que atingiram teores máximos aos 17 MAP, um mês antes que os demais genótipos, que continuaram acumulando amido até os 19 MAP. Essa diferenciação entre genótipos é importante na tomada de decisão do produtor em questão de escalonamento de colheita, optando por plantar genótipos que acumulam amido mais precocemente ou mais tardiamente.

A produtividade de amido apresentou padrões cúbicos de desenvolvimento dos 3 aos 13 MAP e dos 13 aos 20 MAP (Figura 5c). Aos 3 MAP, momento em que as raízes tuberosas foram consideradas completamente diferenciadas, a produtividade de amido variou de 0,6 a 1,9 t ha^{-1}, com destaque para o genótipo BRS 420 (Tabela 20). A maior produtividade média durante a primeira curva de desenvolvimento foi aos 10 MAP, onde os genótipos atingiram em média 10,1 t ha^{-1}. Apesar disso, genótipos como BRS 420, IAC 90 e 2010 56-18 já haviam atingido essa faixa aos 8 MAP.

Tabela 20 – Produtividade média (t ha^{-1}) de amido de genótipos de mandioca de indústria avaliados no decorrer de 20 meses após o plantio (MAP), de dezembro de 2019 a junho de 2021, em Paraguaçu Paulista, SP

Mês (MAP)*	Genótipos									CV
	IAC 14	IAC 90	BRS CS01	BRS 419	BRS 420	1097/13	2011 02-43	2010 55-04	2010 56-18	
Dez 19 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jan 20 (3)	1,1 bcd	1,4 bc	1,5 ab	1,0 cde	1,9 a	1,0 cde	0,8 de	0,7 de	0,6 e	21
Mar 20 (5)	4,6 bc	5,4 b	5,6 ab	4,2 bc	7,0 a	5,1 b	5,3 b	5,1 b	3,4 c	20
Mai 20(7)	8,4 abc	9,8 a	8,4 abc	9,1 ab	8,5 abc	7,8 bc	9,5 ab	7,0 c	7,6 bc	16
Jul 20 (8)	9,6	10,8	9,0	9,5	11,0	9,3	10,2	8,9	10,3	18
Ago 20 (10)	10,4 ab	10,7 ab	9,2 bc	8,3 c	11,5 a	10,2 abc	9,6 abc	10,5 ab	10,0 abc	14
Out 20 (12)	9,4 ab	10,5 a	8,7 b	8,3 b	8,5 b	9,2 ab	8,5 b	8,7 b	8,5 b	12
Nov 20 (13)	10,6 a	10,0 ab	8,2 cde	7,0 e	7,6 de	9,4 abc	8,2 cde	9,0 bcd	8,5 cd	11
Dez 20 (14)	11,9	10,3	10,0	10,0	9,3	11,4	10,5	10,9	10,2	20
Jan 21 (15)	15,4 abc	13,3 bcd	12,8 cd	15,5 abc	11,6 d	17,1 a	13,1 bcd	13,1 cd	16,6 ab	17
Mar 21 (17)	18,8 ab	16,0 bcd	15,1 cd	17,2 abc	13,7 d	19,6 a	15,8 bcd	16,6 abcd	19,0 ab	14
Mai 21 (19)	19,6 ab	15,7 abc	17,6 abc	20,3 a	13,7 c	19,6 ab	15,4 bc	16,5 abc	18,8 ab	18
Jun 21 (20)	19,0 ab	15,5 bcd	17,2 abc	17,2 abc	11,7 d	19,7 a	14,7 cd	15,2 bcd	18,2 abc	16

Legenda: letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste LSD (α<0,05). *****Números entre parênteses representam os meses após o plantio – MAP.

A maior produtividade média de amido aos 10 MAP coincide com o final do primeiro ciclo vegetativo, onde os genótipos tenderam a enviar maior quantidade de carboidratos para as raízes por conta do período de repouso fisiológico, período de alta translocação de açúcares para os órgãos de reserva (ALVES, 2006). A maior produtividade de amido aos 10 MAP, no entanto, é um reflexo da maior produtividade nesse período (Tabela 12), já que o maior teor médio de amido nas raízes foi observado aos 8 MAP.

Em algumas condições não ideais de plantio, conforme observado por Wongnoi et al. (2020) em condições de baixa disponibilidade hídrica, as produtividades de amido tendem a ficar em torno de 4,4, 8,2 e 10,6 t ha^{-1} aos 6, 9 e 12 MAP, valores semelhantes aos observados no primeiro ciclo vegetativo do presente trabalho, indicando que tanto a baixa disponibilidade hídrica quanto a baixa fertilidade do solo podem afetar o desempenho da cultura da mandioca. Pola et al. (2021) atingiram produtividade de amido superior a 24 t ha^{-1} com diferentes genótipos de mandioca no segundo ciclo vegetativo quando cultivada em condições ótimas de plantio, o que representa 4 toneladas a mais de amido quando comparado com os resultados do presente trabalho.

O novo aumento de produtividade de amido foi observado a partir dos 13 MAP até os 17 MAP, onde os genótipos apresentaram em média 17,8 t ha^{-1} (Figura 5c). O pico de produtividade, no entanto, foi observado aos 19 MAP, porém, com um aumento de apenas 3% quando comparado ao mês anterior, indicando que o aumento da produtividade quando o genótipo atinge seu máximo potencial não é tão significativo com o passar dos meses. Apesar disso, o pico de produtividade de amido no segundo ciclo representou um aumento de 82% quando comparado ao pico de produtividade do primeiro ciclo vegetativo (Tabela 20). Um aumento que é reflexo basicamente da produtividade de raízes produzidas pelos genótipos, uma vez que o teor de amido nas raízes tendeu a ter picos semelhantes no primeiro e segundo ciclo.

É importante adicionar também que, na indústria, a produtividade de amido pode ter outra variação, que no caso seria referente ao método de tecnologia de extração do amido da matéria prima (POLA, 2021). Ou seja, os equipamentos e processos utilizados podem influenciar na maior ou menor produtividade de amido, além é claro da qualidade do material que será processado. Sabe-se que no processamento, cerca de um terço do amido produzido fica retido nos tecidos vegetais, ou resíduos, com uma produção média de 255 kg de fécula a cada tonelada de raiz processada

(LEBOURG, 1996; LEONEL; CEREDA, 2000). Ou seja, é importante, além do material processado, se atentar para as melhores técnicas de obtenção da fécula.

1.4 CONCLUSÕES

Na condição de baixa fertilidade do solo, o potencial genético dos genótipos não foi atingido completamente, o que resultou em plantas com menor desenvolvimento da parte aérea, com aproximadamente 1,5 metros de altura tanto no primeiro quanto no segundo ciclo de desenvolvimento. Cultivares como a IAC 14 e IAC 90 que podem atingir mais de 2 metros de altura não tiveram um desenvolvimento significativo nas condições do estudo. Apesar disso, os genótipos de mandioca atingiram produtividades consideradas satisfatórias para o padrão de cultivo brasileiro, que ocorre em sua grande maioria em solos pouco férteis e sem correção. Nessas características, os genótipos atingiram potencial de até 30 e 10 t ha^{-1} de raízes e amido, respectivamente, durante o primeiro ciclo vegetativo, e de aproximadamente 50 e 20 t ha^{-1} de raízes e amido no segundo ciclo.

Os genótipos apresentaram respostas variadas em relação ao crescimento e produtividade de raízes, demonstrando haver genótipos mais precoces que outros, como a BRS 420, BRS 419, BRS CS01, 2011 02-43, e 2010 56-18, que atingiram picos de produtividade de raízes tuberosas e de amido aos 17 meses após o plantio, ou seja, três meses antes do segundo período de repouso fisiológico, e com tendência à diminuição da produtividade após o 17º mês de cultivo. Essa característica pode ser usada para o escalonamento da colheita em áreas de produção de mandioca, intercalando os genótipos precoces com os tardios (IAC 14 e IAC 90) em relação ao acúmulo e produção de amido.

A maioria dos genótipos atingiu pico de produtividade de raízes e de amido antes dos 20 MAP, indicando que a cultura pode ser colhida antes do final do segundo ciclo vegetativo sem prejuízo econômico. Além disso, nas condições de cultivos, os genótipos mais antigos, como IAC 90 e IAC 14, ainda apresentam níveis elevados de produtividade no estado de São Paulo, ou seja, são genótipos que mesmo tendo sido selecionados a mais de 20 anos, ainda continuam com aptidão produtiva elevada, podendo ser utilizados em cultivos industriais de mandioca sem preocupação.

Os genótipos mais novos, como IAC 419, IAC 420, BRS CS01, 2011 02-43, e 2010 56-18 demonstraram altas produtividades de raízes e de amido, se comparando aos

níveis dos genótipos mais tradicionais, ou seja, podem ser utilizados em áreas de cultivo no estado, principalmente de modo a aumentar a variabilidade genética da cultura da mandioca que é cultivada na região.

REFERÊNCIAS

ABAM – Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca. **Nova variedade de mandioca, BRS 420 tem 45% a mais de raízes e 51% a mais de amido**. 2020. Disponível em: < https://abam.com.br/nova-variedade-de-mandioca-brs-420-tem-45-a-mais-de-raizes-e-51-a-mais-de-amido/>. Acesso em: abril 2022.

ABAM – Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca. **Nutrição da planta.** 2021. Disponível em: <https://abam.com.br/nutricao-da-planta/>. Acesso em: janeiro 2022.

AGUIAR, E.B. **Produção e qualidade de mandioca de mesa (Manihot esculenta Crantz) em diferentes densidades populacionais e épocas de colheita**. Dissertação, 90 p. Instituto Agronômico de Campinas, Campinas – SP, 2003.

AGUIAR, E. B.; BICUDO, S. J.; CURCELLII, F.; FIGUEIREDOI, P. G.; CRUZ. C. S. Épocas de poda e produtividade da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 46, n. 11, 2011.

ALBUQUERQUE, J.A.A. **Caracterização morfológica e agronômica de clones de mandioca cultivados no estado de Roraima.** 2003. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – UFV, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

ALVES, A.A.C. **Fisiologia da mandioca**. In: Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. Cap.7, p.138-169.

ANDRADE, D.P. **Cultivares de mandioca de mesa e idades de colheita: avaliação agronômica e adequação ao processamento mínimo.** 2013. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – UFRP, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Valor Bruto da Produção Agrícola (VBP)**. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/ politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuariavbp. Acesso em: junho 2022.

BRACHTVOGEL, E.L. **População de plantas e uso de piraclostrobina na cultura do milho: alterações agronômicas e fisiológicas.** 2010. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – UNESP, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

BYJU, G.; SUJA, G. Mineral nutrition of cassava. **Environmental Science***,* v. 159, p. 169-235, 2020.

CONCEIÇÃO, A. J. **A mandioca.** São Paulo: Nobel, 1981.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Nova cultivar de mandioca para os estados do Paraná e Mato Grosso do Sul**. 2016. Disponível

em: < https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/145715/1/folder-mandioca-BRSCS01-atual-22-07-2016.pdf>. Acesso em: agosto 2022.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cientistas desenvolvem mandioca para a indústria com 51% a mais de amido**. 2020. Disponível em: < https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/49747256/cienti stas-desenvolvem-mandioca-para-a-industria-com-51-a-mais-de-amido>. Acesso em: março 2022.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Clima**. 2022. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em: março 2022.

IAC – Instituto Agronômico de Campinas. **Instituto Agronômico comemora 127 anos com resultados inovadores**. Disponível em: < http://www.iac.sp.gov.br/noticia sdetalhes.php?id=940>. Acesso em: agosto 2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **Determination of amylose content (ISO-6647)**. Disponível em: < https://www.iso.org/standard/57293.html#:~:text=ISO%206647%2D1%3A2015%20s pecifies,from%200%20%25%20to%2030%20%25.>. Acesso em: 20 abril 2022.

LEBOURG, C. **Brasamide et la fécule**: **une historie d'amour**. Botucatu: Centro de Raízes Tropicais, UNESP, 1996. 59p.

LEONEL, M.; CEREDA, M.P. Extração da fécula retida no resíduo fibroso do processo de produção de fécula de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.20, n.1, p.122-127, 2000.

LORENZI, J. O. **Mandioca.** Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 2003. (Boletim técnico, 245).

MAGOLBO, L.A.S. **Efeito da adubação fosfatada no crescimento, produtividade e acúmulo de fósforo e amido em mandioca para indústria.** 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – UNESP, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019.

MATTOS, P.L.P.; FARIAS, A.R.N.; FILHO, J.R.F. **Mandioca: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 176 p. (Embrapa: Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

MELO, C.J.M.; RIBEIRO, G.K.A.; ANDRADE, C.F.F.; SILVA, J.L.G.; RODRIGUES, M.S. A cadeia produtiva familiar da mandioca em Rondônia: contextualização, desafios e perspectivas com a adoção do cooperativismo. **Diálogos Interdisciplinares em Educação, Linguagem e Diversidades,** v. 9, n. 13, p. 313-328, 2022.

MOTA, L.H.S.O. **Aplicação de nitrogênio e potássio no segundo ciclo da mandioca manejada com e sem poda da parte aérea.** 2019. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – UNESP, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019.

NASA/POWER. **Portal NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources**. Disponível em: <https://power.larc.nasa.gov/>. Acesso em: 26 set. 2022.

NELSON, N.A.A photometric adaptation of Somogy method for determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 153, n. 2, p. 375-390, 1944.

NORMANHA, E. S.; PEREIRA, A. S. **Instruções para a cultura da mandioca.** Campinas: Instituto Agronômico, 1962. (Boletim, 124).

NUNES, E.C. Crescimento e desenvolvimento da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). In: NUNES, E.C.; PERUCH, L.A.M. (Orgs.) **Recomendações técnicas para a produção de mandioca de indústria e mesa em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2018. pp. 23-27. (Epagri. Sistema de produção, 51).

NUNES, E.C.; MARCHESI, D.R.; BACK, A.J. **Manejo da fertilidade da mandioca: bases técnicas e manual do programa AdubaMANÍ-SC**. Florianópolis: Epagri, 2020. 40 p. (Epagri. Boletim Técnico, 189).

OLIVEIRA, S.L.; MACEDO, M.M.C.; PORTO, M.C.M. Efeito do déficit de água na produção de raízes de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 17, p. 121-124, 1982.

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. **Cultivo de mandioca na Região Centro-Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004, 116p.

POLA, A.C.; NUNES, E.C.; MORETO, A.L. Estimativas do rendimento de farinha e de amido em mandioca. **Agropecuária Catarinense,** v. 34, n. 2, p. 30-33, 2021.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 284p.

RANGEL, M.A.S.; FEY, E.; NEUBERT, E.O.; FIDALSKI, J. **Plantio direto de mandioca: aspectos do manejo**. Bahia: Embrapa Cruz das Almas, 2018. 28p.

SAGRILO, E.; OTSUBO, A.A.; SILVA, A.S.; ROHDEN, V.S.; GOMEZ, S.A. **Comportamento de cultivares de mandioca no Vale do Ivinhema, Mato Grosso do Sul.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007, 31 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 43).

SAGRILO, E.; VIDIGAL-FILHO, P.S.; PEQUENO, M.G.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.S.; KVITSCHAL, M.V. Dry matter production and distribution in three cassaca (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars during the second vegetative plant cycle. **Brazilian Archives of Biology and Technology,** v. 51, n. 6, p. 1079-1087, 2008.

SOUZA, C. **Acumulação de fitomassa em variedades de mandioca submetidas a diferentes épocas de corte**. 2009. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) – UFP, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.

TERNES, M. Fisiologia da Planta. *In:* CEREDA, M. P. (ed.). **Agricultura:** tuberosas amiláceas latino americanas. v. 2. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p. 66-82.

VILPOUX, O.; CEREDA, M. P. Processamento de raízes e tubérculos para uso culinário minimamente processadas, pré-cozidas, congeladas e fritas (french-fries). In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. (Coord). **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. p. 81-131. (Série culturas de tuberosas amiláceas latino-americanas, 3).

WONGNOI, S.; BANTERNG, P.; VORASOOT, N.; JOGLOY, S.; THEERAKULPISUT, P. Physiology, growth and yield of different cassava genotypes planted in upland with dry environment during high storage root accumulation stage. **Agronomy,** v. 10, n. 576, p. 1-17, 2020.

CAPÍTULO 2

DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE MATÉRIA SECA E AMIDO EM RAÍZES DE GENÓTIPOS DE MANDIOCA DE INDÚSTRIA POR MÉTODOS DIRETOS E INDIRETOS[2]

RESUMO

A raiz tuberosa da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é a principal matéria prima obtida pelo cultivo da planta. No Brasil, essa matéria prima é vendida para as indústrias de fécula e farinha tomando por base o teor de matéria seca (MS) e amido, os quais são estimados por uma metodologia indireta, onde a raiz tuberosa é pesada na água para a obtenção da renda (peso), conhecida por balança hidrostática. As duas equações mais utilizadas na estimativa da MS foram geradas por Grossman e Freitas (1950) e por Kawano et al. (1987), em adição ao fator de subtração gerado por Conceição (1981) para a estimativa do teor de amido. Por serem equações antigas, e por existirem genótipos mais novos de mandioca atualmente, há o questionamento da eficiência dessas metodologias. O objetivo do trabalho foi definir a melhor metodologia para a estimação dos teores de MS e amido das raízes de mandioca pelo período de dois ciclos vegetativos em duas áreas de cultivo, comparando as equações da literatura com equações geradas nesse estudo para genótipos de mandioca selecionados atualmente e daqueles mais antigos cultivados no estado de são Paulo. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições, e os tratamentos foram 9 genótipos de mandioca (IAC 14, IAC 90, BRS CS01, BRS 419, BRS 420, 1097/13, 2011 02-43, 2010 55-04 e 2010 56-18). Houve coleta das raízes a cada 45 dias e determinação da renda, peso específico (PE), e teores de MS e amido. O PE se correlaciona positiva e significativa com os teores de MS e amido das raízes de mandioca, porém, sendo mais forte com os teores de MS. A sazonalidade da colheita teve maior influência do que os genótipos sobre correlação existente entre o PE e os teores de MS e amido. Não foi possível definir uma equação de ajuste completo para determinar de forma indireta os teores de MS e amido das raízes de mandioca, porém, foi observado valores subestimados de MS quando se utiliza as equações de Grossman e Freitas (1950) e Kawano et al. (1987), e de amido, quando utilizado o fator de subtração gerado por Conceição (1981).

[2] Capítulo redigido de acordo com as normas do periódico **Pesquisa Agropecuária Brasileira**

Palavras-chave: *Manihot esculenta*; balança hidrostática; renda; peso específico; correlação.

ABSTRACT

The tuberous root of cassava (Manihot esculenta Crantz) is the main raw material obtained by the cultivation of the plant. In Brazil, this raw material is sold to the starch and flour industries based on the dry matter (DM) and starch content, which are estimated using an indirect methodology, where the tuberous root is weighed in water to obtain the *renda* (weight), known as a hydrostatic scale. The two equations most used to estimate DM content were calculated by Grossman and Freitas (1950) and by Kawano et al. (1987), in addition to the subtraction factor generated by Conceição (1981) for estimating the starch content. Since they are considered “old equations”, and because there are newer cassava genotypes today, there is a questioning about the efficiency of these methodologies. The purpose of this work was to define the best methodology for estimating DM and starch contents in bitter cassava roots over a period of two vegetative cycles in two cultivation areas, comparing the literature equations with equations generated in this study for currently selected cassava genotypes and those traditional genotypes cultivated in the state of São Paulo. The experimental design was randomized blocks with four replications, and the treatments were 9 bitter cassava genotypes (IAC 14, IAC 90, BRS CS01, BRS 419, BRS 420, 1097/13, 2011 02-43, 2010 55-04 and 2010 56-18). Roots were collected every 45 days and yield, specific weight (SW), and DM and starch content were determined. SW is positively and significantly correlated with DM and starch contents of cassava roots, however, being stronger with DM contents. Harvest seasonality had a greater influence than genotypes on the existing correlation between SW and DM and starch contents. It was not possible to find a perfect adjustment equation to indirectly determine the DM and starch contents of cassava roots, however, underestimated DM values were observed when using the equations calculated by Grossman and Freitas (1950) and Kawano et al. (1987), and starch, when using the subtraction factor generated by Conceição (1981).

Keywords: *Manihot esculenta*; hydrostatic scale; weight; specific weight; correlation.

2.1 INTRODUÇÃO

A produção de mandioca pode ser realizada em todas as regiões do Brasil, já que é uma cultura que tem seu centro de origem na América do Sul. No entanto, a sua produtividade depende bastante de fatores ambientais propícios ao seu desenvolvimento, como clima e solo, mas apesar disso, a cultura da mandioca, dependendo do genótipo, pode se adaptar bem à essas condições desenvolvendo um sistema radicular satisfatório onde outras culturas não se desenvolveriam de forma adequada. O seu longo ciclo de crescimento, que pode levar até 24 meses dependendo do genótipo, é um dos fatores que levam a cultura a ser influenciada diretamente pelos fatores edafoclimáticos da região, interferindo diretamente no desenvolvimento da cultura, e consequentemente na sua produtividade, levando os produtores e indústria à perdas significativas (SILVA; MURRIETA, 2014).

De maneira geral, os diferentes genótipos de mandioca apresentam um ciclo de desenvolvimento que pode ser dividido em cinco fases fenológicas, sendo elas: a emergência, que ocorre de 5 a 15 dias após o plantio (DAP) das manivas-semente; o início do desenvolvimento foliar e formação do sistema radicular, que ocorre a partir do 15º dia e se estende até os 90 DAP; o desenvolvimento dos ramos e folhas, que vai de 90 a 180 DAP; a translocação expressiva de carboidratos para as raízes, que é o período de maior atividade fotossintética da planta, e que se compreende dos 180 aos 300 DAP; e por fim o período de repouso fisiológico, onde há a paralização do crescimento vegetativo e se caracteriza muitas vezes pela senescência foliar, dependendo do clima da região, e podendo se estender dos 300 aos 360 DAP. Esses períodos, no entanto, podem variar conforme a região de cultivo, clima, genótipos e práticas culturais à que foram submetidas (ALVES, 2006).

Dessa forma, entender como diferentes genótipos se comportam é importante para tomadas de decisões, principalmente em relação à qual material vegetativo cultivar. Hoje no Brasil, a maioria dos genótipos de mandioca cultivados foram lançados a mais de 20 anos atrás, como exemplo os genótipos IAC 90 e IAC 14, condição essa que pode ocasionar em perdas de produtividade devido ao cultivo prolongado do mesmo genótipo durante muitos anos na mesma região, e que nos mostra que existe fragilidade no sistema de mandiocultura no país. Essa fragilidade nos permite observar que existe também uma demanda por novos materiais genéticos, principalmente por àqueles que apresentem precocidade no seu

desenvolvimento, maiores teores de matéria seca (MS) e de amido, que são as características mais procuradas por produtores que cultivam genótipos destinados às indústrias de farinha e fécula (IAC, 2019).

Outra limitação da mandiocultura brasileira diz respeito ao principal produto obtido da cultura, a fécula. Nas indústrias de processamento de farinha e fécula (amido) brasileiras, o pagamento ao produtor pela matéria prima é baseado na estimativa do teor de matéria seca (MS) das raízes tuberosas com o uso de balanças hidrostáticas, pelo qual determina-se a renda da cultura, ou seja, o peso da matéria prima na água. Assim, o valor recebido pelo mandiocultor leva em consideração, além do teor de MS, o valor da MS e a produtividade de raízes. Um dos primeiros estudos feitos no Brasil que procuraram estimar os teores de MS nas raízes de mandioca pelo método indireto da balança hidrostática foi o de Grossman e Freitas (1950). Esses autores relacionaram o peso das raízes de mandioca na balança hidrostática com seus teores de MS utilizando amostras de 3 kg de raízes e encontraram uma equação ($y = 15,75+0,0564x$) que permite obter uma estimava dos teores de MS das raízes.

Estudos dessa natureza também foram realizados na Colômbia por Kawano et al. (1987), onde obtiveram uma equação que permite estimar os teores de MS das raízes de mandioca a partir do peso específico delas ($y = -142+158,3x$). Como a fécula é considerada o principal componente da matéria seca das raízes tuberosas, é esperado que haja uma relação entre os teores MS e amido das raízes (CEREDA; VILPOUX, 2003). Sabe-se que aproximadamente 80% da MS é representada pelo amido, enquanto que os 20% restantes são compostos por açúcares redutores, fibras, proteínas, matéria graxa e cinzas (TACO, 2006). Nesse sentido, alguns autores passaram a utilizar as equações propostas por Grossman e Freitas (1950) ou Kawano et al. (1987) para estimar os teores de MS das raízes e sendo posteriormente subtraído dos valores a constante de 4,65 para se obter a estimativa do teor de amido (CONCEIÇÃO, 1981).

A determinação do teor de MS por meio da balança hidrostática é comumente utilizada no campo pelas farinheiras e fecularias, devido à facilidade e rapidez das determinações, que são realizadas indiretamente através desse método (JUSTE JUNIOR et al., 1983). Porém, existe uma sazonalidade na colheita da mandioca, que pode ser realizada durante todo o ano (CEREDA; VILPOUX, 2003). Junto com a sazonalidade da produção, temos uma variação mensal do teor de MS das raízes conforme a cultura vai atingindo seus diferentes estádios de desenvolvimento.

Diversos autores questionam a exatidão do método, descrevendo valores superestimados quando mensurados através da balança hidrostática (MONTEIRO et al., 1981; PRAUDE et al., 2003; MAEDA; DIP, 2000; CARVALHO et al., 2007).

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi definir a melhor metodologia para a estimação dos teores de MS e amido das raízes de mandioca pelo período de dois ciclos vegetativos, comparando as equações geradas por Grossman e Freitas (1950) e por Kawano et al. (1987) com equações geradas nesse estudo para genótipos de mandioca selecionados atualmente e daqueles mais antigos cultivados no estado de são Paulo, já que o método da balança é essencial tanto para os mandiocultores como para as indústrias brasileiras que vendem e compram seus produtos, consecutivamente, baseados nos teores de MS e amido nas raízes tuberosas produzidas pela planta.

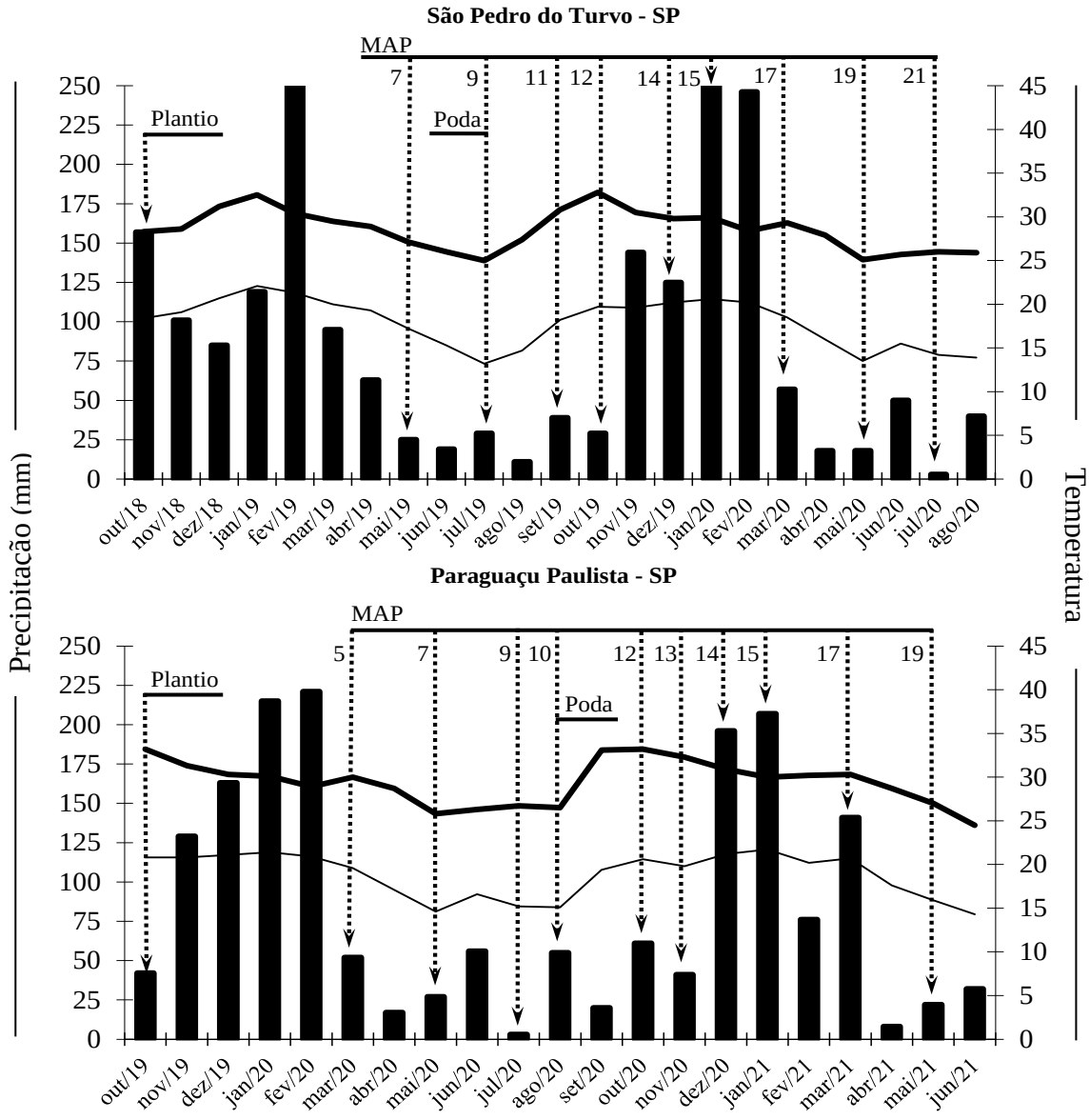
2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido por duas safras, sendo a primeira safra em área de cultivo no município de São Pedro do Turvo, e a segunda em Paraguaçu Paulista, ambos no estado de São Paulo. As avaliações se iniciaram partir do estádio de engrossamento das raízes de reserva (entre 5 e 7 meses após o plantio - MAP) e foram até os 20-21 MAP. O plantio da primeira safra ocorreu 04 de outubro de 2018, enquanto a segunda safra foi plantada em 15 de outubro de 2019, ou seja, ambos na época das águas.

2.2.1 Localização e característica das áreas experimentais

O experimento foi conduzido em duas áreas distintas de produção de mandioca da Fecularia Tereos. O cultivo da primeira safra ocorreu em área localizada em São Pedro do Turvo – SP (22°33'11"S 49°46'57"W e 525 m de altitude), com clima do tipo Cwa, subtropical de inverno seco (temperaturas inferiores a 18 ºC) e verão quente (temperaturas superiores a 22 ºC) segundo a classificação de Köppen (EMBRAPA, 2022). A segunda safra foi cultivada em Paraguaçu Paulista – SP (22º34’ S; 50º30’ W e 523 m de altitude), que possui mesma classificação climática da área anterior.

Figura 1 – Precipitação pluvial (▮) e temperaturas máximas (▬) e mínimas (▁) registradas, de outubro (2018) a agosto (2020) em São Pedro do Turvo – SP, e de outubro (2019) a junho (2021) em Paraguaçu Paulista (NASA/POWER, 2022). MAP= meses após o plantio



2.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com nove tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por genótipos de mandioca (IAC 14, IAC 90, BRS CS 01, BRS 419, BRS 420, 1097/13, 2011 02-43, 2010 55-04, e 2010 56-18). Os materiais genéticos foram cedidos pelo programa de

melhoramento da Embrapa – Mandioca e Fruticultura. As coletas e avaliações foram realizadas de forma periódica a cada 40/45 dias a partir do estádio de engrossamento das raízes de reserva (entre 5-7 MAP) até o final do segundo ciclo vegetativo (entre 20-21 MAP), totalizando dois períodos de crescimento vegetativo. Na área de São Pedro do Turvo as colheitas ocorreram aos 7 (Mai. 2019), 9 (Jul. 2019), 11 (Set. 2019), 12 (Out. 2019), 14 (Dez. 2019), 15 (Jan. 2020), 17 (Mar. 2020), 19 (Mai. 2020) e 21 (Jul. 2020) MAP, enquanto na área de Paraguaçu Paulista as colheitas ocorreram aos 5 (Mar. 2020), 7 (Mai. 2020), 9 (Jul. 2020), 10 (Ago. 2020), 12 (Out. 2020), 13 (Nov. 2020), 14 (Dez. 2020), 15 (Jan. 2021), 17 (Mar. 2021) e 19 (Mai. 2021) MAP. Cada parcela experimental foi constituída por 4 linhas de 50 m de comprimento, espaçadas a 0,90 m entre si. Cada avaliação foi representada por 6 plantas de mandioca, coletadas na área útil de cada parcela.

2.2.3 Instalação e condução do experimento

Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo das áreas experimentais, na profundidade de 0-0,20 m, para a determinação das características químicas (RAIJ et al., 2001), as quais estão dispostas na Tabela 1. Ambos cultivos, de 2018 e 2019, foram implantados mecanicamente no sistema de plantio direto (PD), o primeiro sobre palhada de *U. brizantha*, e o segundo sobre palha de milho e voluntárias, conforme as recomendações de Rangel et al. (2018). O material de propagação utilizado nos plantios foi retirado do terço médio de plantas sadias com aproximadamente um ano de idade. O espaçamento utilizado no plantio foi de 0,9 m entre linhas e 0,6 m entre manivas-semente.

Na adubação de plantio foram utilizados 130 kg ha^{-1} do fertilizante formulado NPK 10-50-00, e a adubação de cobertura foi realizada aos 120 dias após o plantio (DAP) aplicando-se 100 kg ha^{-1} de ureia (45 kg ha^{-1} de N) e 100 kg ha^{-1} de KCl (60 kg ha^{-1} de K_2O), no cultivo de São Pedro do Turvo. No cultivo em Paraguaçu Paulista, utilizou-se 130 kg ha^{-1} do fertilizante formulado NPK 10-50-00, e a adubação de cobertura ocorreu aos 90 dias após o plantio (DAP) aplicando-se 200 kg ha^{-1} do fertilizante formulado NPK 20-00-20. Na fase de repouso fisiológico foi realizada a poda da parte aérea das plantas, as quais ocorreram aos 9 e 10 MAP (julho-agosto) nas áreas de cultivo em São Pedro do Turvo e Paraguaçu Paulista, respectivamente. Durante todo

o período de condução dos experimentos, os tratos culturais, envolvendo controle de plantas daninhas, pragas e doenças, entre outros, foram realizados de acordo com a necessidade da cultura.

Tabela 1 – Atributos químicos do solo da área experimental na profundidade de 0-0,2 m, nas áreas de São Pedro do Turvo e Paraguaçu Paulista, SP, Brasil

Atributos (0-20 cm)*	São Pedro do Turvo	Paraguaçu Paulista
pH ($CaCl_2$)	3,8	4,1
M.O. (g dm^{-3})	10	10
P_{resina} (mg dm^{-3})	5	1
K ($mmol_c$ dm^{-3})	0,82	0,91
Ca ($mmol_c$ dm^{-3})	2	3
Mg ($mmol_c$ dm^{-3})	1	1
Al^{3+} ($mmol_c$ dm^{-3})	11	4
H+Al ($mmol_c$ dm^{-3})	39	32
CTC ($mmol_c$ dm^{-3})	43	36
V (%)	10	12
m (%)	72	50
S (mg dm^{-3})	11	4
B (mg dm^{-3})	0,14	0,35
Cu (mg dm^{-3})	0,3	0,2
Fe (mg dm^{-3})	103	19
Mn (mg dm^{-3})	3,5	1,4
Zn (mg dm^{-3})	0,1	0,1

Legenda: *Amostra composta formada por 4 repetições.

2.2.4 Avaliações

Como o objetivo do trabalho não era obter/desenvolver um método indireto de determinação dos teores de MS ou amido nas raízes de mandioca para um genótipo específica ou para uma época específica de colheita, todas as avaliações foram realizadas por parcela considerando os genótipos e as épocas de colheita. Contudo, para realizar as estimativas dos parâmetros estudados optou-se por não separar os dados por genótipos.

2.2.4.1 Produtividade de raízes e renda de 3 e 5 kg de raízes

Em cada época de avaliação foram coletadas 6 plantas de cada parcela. Posteriormente, o peso total das raízes tuberosas foi mensurado para se obter a

produção de raízes frescas por planta. Em adição, determinou-se a população de plantas em 2 linhas de 20 m de comprimento de cada parcela. Os dados de peso de raízes por planta foram, então, multiplicados pela população de plantas para se obter os valores estimados de produtividade de raízes frescas por hectare.

Para a obtenção renda, as raízes de cada parcela colhidas no campo foram separadas em 2 subamostras representativas em relação ao tamanho das raízes, sendo uma composta por 3 kg e outra por 5 kg de raízes. Essas duas subamostras foram primeiramente lavadas para a retirada do excesso de terra, e então pesadas em água utilizando o método da balança hidrostática, visando obter os valores de renda utilizando 3 e 5 kg de raízes frescas de mandioca, metodologias amplamente utilizadas nas fecularias do país. Com isso, obteve-se os valores de renda em g para as duas subamostras.

2.2.4.2 Peso específico das raízes

Com os dados de renda das raízes determinada pelas duas metodologias de pesagem (3 e 5 kg de raízes frescas) calculou-se o PE das raízes seguindo a equação (1) (MAEDA; DIP, 2000):

$$PE = PI / (PI – PF) \quad (1)$$

Onde, PI é o peso inicial da amostra no ar e PF é o peso obtido na balança hidrostática após submersão das raízes.

2.2.4.3 Teor de matéria seca (MS) e amido nas raízes tuberosas e produtividade de amido

A determinação do teor de matéria seca nas raízes foi obtida pelo método gravimétrico (laboratorial) e pelos métodos indiretos utilizando as equações de Grossman e Freitas (1950), Kawano et al. (1987) e as equações geradas neste estudo para amostras de 3 e 5 kg de raízes.

As mesmas amostras de 3 e 5 kg de raízes utilizadas para a obtenção da renda foram trituradas (de forma integral com a película, córtex e polpa), pesadas (peso fresco) e submetidas a secagem em estufa com circulação forçada de ar à 65 ºC até

peso constante. Em seguida, as amostras secas foram pesadas novamente e calculou-se o teor de MS pelo método gravimétrico.

Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey e submetidas a análise do teor de amido em laboratório. Para a análise, o amido das amostras foi hidrolisado em açúcares, utilizando a enzima alfa-amilase, e posteriormente os açúcares foram determinados pelo método de Somogyi, adaptado por Nelson (1944). Os teores de açúcares foram convertidos para teores de amido pela multiplicação dos resultados pelo fator de 0,9 (CEREDA; VILPOUX, 2003). Em seguida, os teores de amido foram convertidos para teores de amido na matéria fresca.

Com os dados de PE, teores de MS e amido nas raízes plotou-se os dados em gráficos, tendo como variável dependente os valores de PE e variável independente os teores de MS ou amido e gerou-se equações de regressão para as condições de 3 e 5 kg de raízes separadamente por local ou de forma agrupada para os dois locais de cultivo (ver Resultados, Figura 3).

A estimativa do teor de MS pelas equações Grossman e Freitas (1950) (2), Kawano et al. (1987) (3) e as equações deste estudo (4 e 5) foram calculadas como segue:

% MS usando 3 kg de raízes = 15,75 + (0,0564 × R1)
% MS usando 5 kg de raízes = 15,75 + 0,0564 × ((R2 × 3)/5) (2)

Em que R1 e R2 é a renda ou peso de 3 e 5 kg de raízes em água, respectivamente.

% MS usando 3 e 5 kg de raízes = -142 + (158,3 × PE) (3)

Onde, PE é o peso específico obtido na balança hidrostática após submersão das amostras de 3 ou 5 kg de raízes

<u>% MS usando 3 kg de raízes:</u> (4)
Área 1 (São Pedro do Turvo), % MS = -143,9064 + (161,0911 × PE)
Área 2 (Paraguaçu Paulista), % MS = -156,6797 + (171,7712 × PE)
Agrupamento das 2 áreas, % MS = -177,6657 + (190,3827 × PE)

Onde, PE é o peso específico obtido na balança hidrostática após submersão das amostras de 3 kg de raízes

% MS usando 5 kg de raízes: (5)

Área 1 (São Pedro do Turvo), % MS = -142,2109 + (159,5494 × PE)

Área 2 (Paraguaçu Paulista), % MS = -178,2460 + (190,9621 × PE)

Agrupamento das 2 áreas, % MS = -191,2806 + (202,4617 × PE)

Onde, PE é o peso específico obtido na balança hidrostática após submersão das amostras de 5 kg de raízes

Para as equações de Grossman e Freitas (1950) (2), Kawano et al. (1987) (3) e as equações geradas neste estudo (4 e 5) o teor de amido das raízes foi obtido subtraindo-se o valor da constante de 4,65 (CONCEIÇÃO, 1981) dos valores de teor de MS calculados conforme descrito anteriormente. Uma outra estimativa do teor de amido das raízes foi realizada utilizando as equações de regressão geradas neste estudo (6 e 7) para a relação do teor de amido das raízes com os valores de PE (ver Resultados, Figura 3), como segue:

% Amido usando 3 kg de raízes: (6)

Área 1 (São Pedro do Turvo), % Amido = -157,5464 + (167,4689 × PE)

Área 2 (Paraguaçu Paulista), % Amido = -142,3259 + (157,3669 × PE)

Agrupamento das 2 áreas, % Amido = -130,7878 + (145,4378 × PE)

Onde, PE é o peso específico obtido na balança hidrostática após submersão das amostras de 3 kg de raízes

% Amido usando 5 kg de raízes: (7)

Área 1 (São Pedro do Turvo), % Amido = -165,5406 + (174,2866 × PE)

Área 2 (Paraguaçu Paulista), % Amido = -157,4510 + (170,7922 × PE)

Agrupamento das 2 áreas, % Amido = -140,9525 + (154,4288 × PE)

Onde, PE é o peso específico obtido na balança hidrostática após submersão das amostras de 5 kg de raízes

A produtividade de amido foi calculada para todos os métodos de determinação (direto e indireto), multiplicando-se os teores de amido obtidos nas raízes frescas pela produtividade de raízes tuberosas frescas.

2.2.4.4 Análises de correlação dos teores de matéria seca (MS) e amido com o peso específico (PE) das raízes

Com o intuito de avaliar se o PE obtido pelo método indireto da balança hidrostática é um bom parâmetro para estimar os teores de MS e amido nas raízes de mandioca em comparação ao método analítico foram realizadas análises de correlação entre o PE e os teores de MS e de amido das raízes em cada época de colheita bem como para cada genótipo estudado.

2.2.4.5 Comparação na precisão das estimativas da matéria seca (MS) e do amido das raízes em relação ao método padrão (laboratorial)

Para avaliar a precisão de cada método indireto em estimar os teores de MS e amido nas raízes de mandioca frente ao método padrão, calculou-se a variação percentual nos teores de MS, amido e na produtividade de amido obtidas pelos diferentes métodos indiretos em relação ao método padrão, como segue:

Δ MS = teor de MS por cada método indireto – teor de MS pelo método gravimétrico

Δ amido = teor de amido por cada método indireto – teor de amido pelo método analítico

Δ produtividade de amido = $\left(\frac{Produtividade\ de\ amido\ por\ cada\ método\ indireto \times 100}{Produtividade\ de\ amido\ pelo\ método\ laboratorial}\right) - 100$

2.2.4.6 Análise estatística

Como o objetivo do estudo era avaliar qual o melhor método indireto para estimar os teores de MS e amido nas raízes da mandioca não se realizou análise de regressão para descrever a variação, no tempo, das variáveis avaliadas. Assim, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias referentes aos métodos de

determinação das características analisadas foram comparadas pelo teste LSD a 5% de probabilidade.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade de raízes em São Pedro do Turvo – SP aumentou durante todo o período de desenvolvimento da planta (Figura 2a). O aumento foi pouco significativo do 7º ao 9º MAP, período em que ocorreu a poda das plantas, com incremento de apenas 7% na produtividade, ou seja, de 21,8 t ha^{-1} para 23,4 t ha^{-1} de raízes. A partir dos 11 MAP, especificamente dois meses após a poda das plantas, o aumento foi praticamente linear até os 19 MAP, quando atingiu cerca de 46,8 t ha^{-1}, o que representa aumento de 100% entre o primeiro e segundo período de crescimento das plantas de mandioca. Aos 21 MAP o aumento foi de apenas 0,9 t ha^{-1} em relação àquela produtividade obtida dois meses antes, aos 19 MAP.

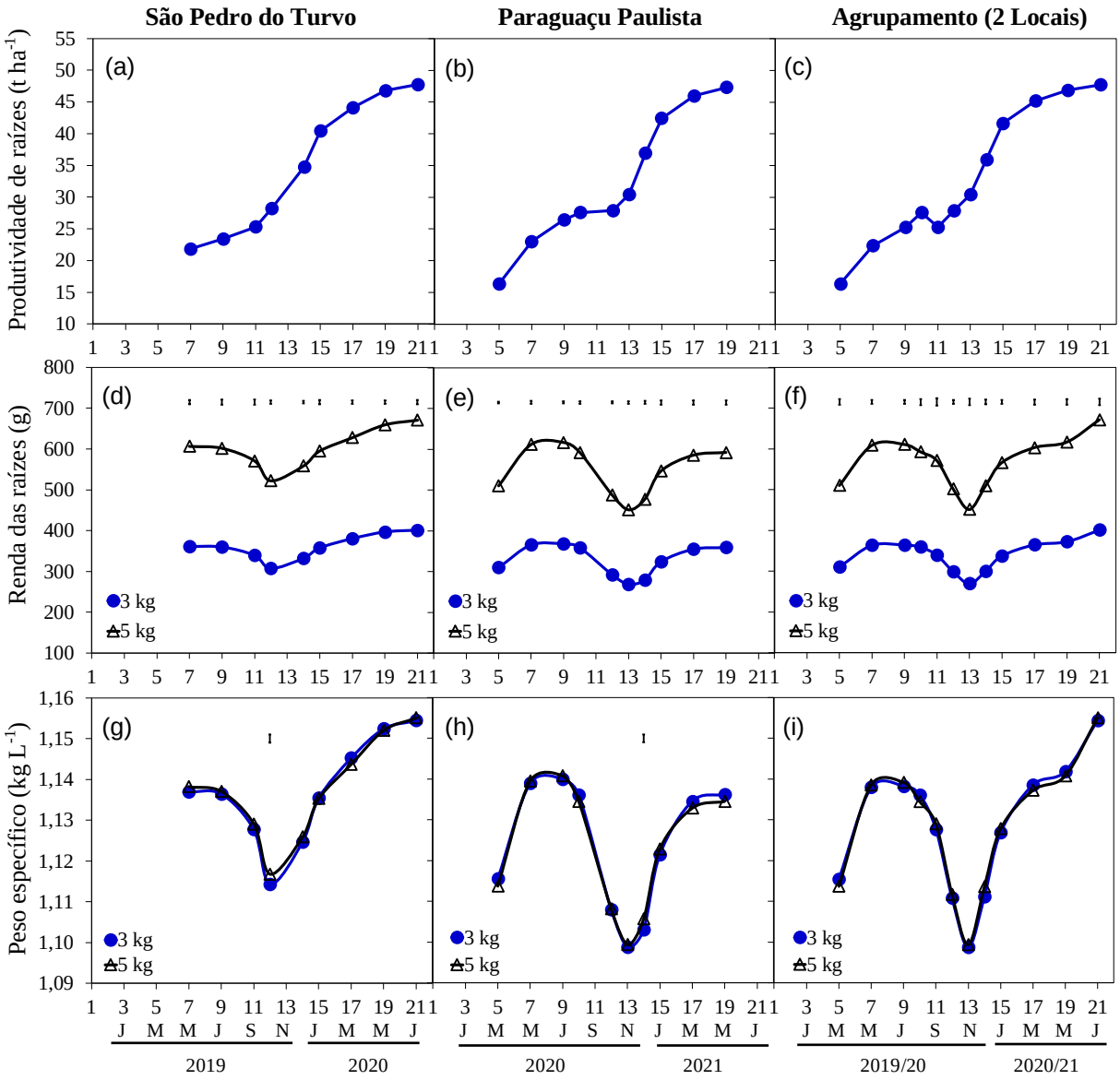
Em Paraguaçu Paulista – SP, a poda ocorreu aos 10 MAP, momento em que ocorreu uma estabilização da produtividade de raízes em aproximadamente 27 t ha^{-1}, vindo anteriormente de um aumento crescente desde os 5 MAP (Figura 2b). Aos 12 MAP, dois meses após a poda, a produtividade de raízes em Paraguaçu Paulista se manteve praticamente estável com incremento de 1 t ha^{-1} em relação ao período da poda. A literatura relata reduções no teor de MS em raízes de mandioca após uma poda, o que pode explicar a estabilidade na produtividade durantes esses meses (AGUIAR et al., 2011). No segundo período de crescimento, no entanto, a produtividade de raízes atingiu o pico máximo aos 19 MAP, com 47,3 t ha^{-1} de raízes, o que representa aumento de 20 t ha^{-1} entre o primeiro e segundo período de crescimento das plantas.

Quando se agrupa os dados das duas áreas observou-se que o aumento da produtividade no primeiro ciclo vegetativo vai dos 5 aos 10 MAP, ou seja, de março a agosto (Figura 2c). Porém, há uma ligeira redução na produtividade de raízes no mês seguinte e ela volta a aumentar posteriormente até os 21 MAP (julho) quando se encerra o 2° ciclo vegetativo.

A estabilização ou redução da produtividade de raízes tuberosas após a poda é explicada pela mudança na relação fonte-dreno. Com a retirada da parte aérea, as raízes de mandioca deixam de ser os principais drenos e tornam-se a fonte de carboidratos para a emissão de novas hastes e folhas, que serão responsáveis pela

fotossíntese no segundo período de crescimento (AGUIAR et al., 2011). O período de dois meses, entre agosto e outubro, em que a produtividade não aumentou (Figura 2c) coincide com o período de reestabelecimento da nova copa após a poda, onde as plantas já estão aptas a realizarem fotossíntese para a manutenção de seus órgãos vegetais, e momento em que as raízes voltam a ter papel de dreno (ALVES, 2006).

Figura 2 – Produtividade de raízes frescas (a-c), renda (d-f) e peso específico (g-i) de raízes de mandioca em função das épocas de colheita e métodos de determinação em dois locais de cultivo



Legenda: Cada ponto representa a média de 9 genótipos e 4 repetições. Barras verticais representam o valor de DMS indicando diferença significativa ($p<0,05$). 3 kg: 3 kg de raízes; 5 kg: 5 kg de raízes. Agrupamento: média dos dados dos 2 locais de cultivo.

A estabilização da produtividade aos 19 MAP indica que esse é o período suficiente para as plantas atingirem seu máximo potencial produtivo de raízes de acordo com as características de fertilidade da área em que está sendo cultivada. Ou seja, a colheita da matéria prima, que seriam as raízes, pode ser realizada nesse período sem a necessidade de esperar pela finalização de seu segundo ciclo vegetativo, uma vez que não há incremento expressivo na produtividade de raízes.

Em relação a renda obtida através do uso da balança hidrostática em São Pedro do Turvo, observa-se um início estático nos dois primeiros meses avaliados, com a renda ligeiramente acima de 600 g, no caso das amostras de 5 kg de raízes (Figura 2d). Até o terceiro mês após a poda (outubro) há uma queda drástica na renda, chegando a 522 g aos 12 MAP, com consequente aumento até o fim do segundo período de crescimento, aos 21 MAP, com a renda atingindo seu pico de 671 g. O mesmo padrão de comportamento foi verificado para a renda obtida com amostras de 3 kg de raízes, porém com valores de renda abaixo de 400 g.

Em Paraguaçu Paulista, quando utilizado amostras de 5 kg de raízes, houve um aumento da renda dos 5 ao 7 MAP (maio) em aproximadamente 100 g, se mantendo estável acima de 610 g até os 10 MAP (agosto) (Figura 2e), quando ocorreu a poda. A partir desse período iniciou-se um declínio até o 13º MAP (novembro), onde atingiu seu menor valor de 452 g. Um segundo período de aumento da renda durante o segundo período de crescimento das plantas foi observado a partir de então, atingindo seu segundo pico aos 19 MAP (maio), com 592 g. Assim como em São Pedro do Turvo, as amostras de 3 kg de raízes, obtiveram padrão de comportamento igual ao das amostras de 5 kg, porém, com valores sempre abaixo de 400 g.

Quando se agrupa os dados dos dois locais observa-se que o padrão de comportamento da renda no decorrer dos meses avaliados coincide com alguns períodos importantes do desenvolvimento fisiológico da cultura da mandioca. Entre o 7 e 9º MAP (maio-julho), onde se observou a maior renda no primeiro período de crescimento, é justamente o período de maior rendimento fotossintético das plantas de mandioca, havendo grande translocação de carboidratos para as raízes, o que explica a maior renda nesse período (ALVES, 2006). Após esse período, a renda das raízes diminuiu por aproximadamente 4 meses, ou seja, de julho a novembro. Nota-se que esse período é necessário para que a planta reestabeleça a área foliar perdida durante a poda e comece a acumular carboidratos novamente nas raízes. Em seguida, a partir de novembro (13 MAP) há um novo período de alta produção fotossintética e

novo período de acúmulo de fotoassimilados nas raízes de reserva, o que pode explicar o padrão de comportamento da renda em ambas as áreas produtivas.

A diferença observada entre os dois locais de cultivo é que a máxima renda obtida em São Pedro do Turvo foi obtida no segundo período de crescimento, enquanto que em Paraguaçu Paulista ocorreu o contrário, com maior renda no primeiro ciclo vegetativo. E isso nos indica que, apesar de serem utilizados os mesmos genótipos em ambas áreas, elas podem apresentar diferenciação quanto ao seu desenvolvimento em função da área de cultivo, com diferentes respostas as características de fertilidade do solo, manejo da cultura, e clima, por exemplo.

Em relação ao PE das amostras de 5 e 3 kg em São Pedro do Turvo, elas diferiram significativamente entre si apenas aos 12 MAP (outubro) (Figura 2e). Durante o primeiro período de desenvolvimento foi observado um pico no PE das raízes tuberosas próximo a 1,14 kg L^{-1}, e posterior queda a partir dos 9 (julho) até os 12 MAP (outubro), onde atingiu seu menor valor de 1,11 kg L^{-1}, e é exatamente nesse período em que as amostras de 5 kg de raízes apresentaram maior PE do que as amostras de 3 kg de raízes. Posteriormente, houve um novo período de aumento no PE das raízes em São Pedro do Turvo, o qual chegou ao pico aos 21 MAP (julho), com cerca de 1,16 kg L^{-1}.

O PE das raízes de Paraguaçu Paulista apresentou um crescimento inicial, dos 5 aos 7 MAP, onde se estabilizou até o 9º MAP (julho) (Figura 2f). O máximo PE observado no primeiro período de crescimento foi de 1,14 kg L^{-1} entre 7 e 9 MAP (maio-julho), onde iniciou-se um pequeno período de queda que durou até o 13º MAP (novembro), com as raízes tuberosas atingindo valores menores que 1,10 kg L^{-1}. Já no seu segundo período de crescimento, seu pico máximo foi observado aos 19 MAP (julho), quando atingiu 1,13 kg L^{-1}. Novamente, o segundo período de crescimento apresentou valores mais baixos que o primeiro período de crescimento em Paraguaçu Paulista. Sendo que o inverso aconteceu em São Pedro do Turvo. Além disso, observa-se que as raízes cultivadas em São Pedro do Turvo apresentaram valores mais elevados de PE que as que foram cultivadas em Paraguaçu Paulista. Portanto, quando se analisa conjuntamente as duas áreas verifica-se que os períodos de maio a julho são aqueles que apresentam maiores valores de PE (Figura 2i). Em geral, de julho-agosto a novembro é um período de redução do PE e de novembro a maio do ano seguinte o PE das raízes apresenta um padrão de aumento expressivo.

Nas Tabelas 2 e 3 estão os coeficientes de correlação do PE com os teores de MS e amido obtidos em laboratório, bem como entre os teores de MS e amido, analisados por época de colheita e genótipo. Quando se analisada os dados totais (todas as colheitas), há uma correlação positiva e significativa do PE com os teores de MS e amido e dos teores de MS com os teores de amido, independentemente do local de cultivo. Porém, a sazonalidade de cultivo da mandioca interfere na correlação, havendo maior interferência da época de colheita do que dos genótipos.

Em geral, o PE, obtido com 3 ou 5 kg, teve maior correlação com os teores de MS do que com os teores de amido nas diferentes épocas de colheita e genótipos. Por exemplo, em São Pedro do Turvo, o PE obtido com 3 kg de raízes não se correlacionou com os teores de MS das raízes na colheita com 7 MAP (maio), e o PE obtido com 5 kg de raízes não se correlacionou com a MS aos 14 MAP (dez.), mas essas ausências de correlação não foram observadas para as correlações feitas por genótipos. Mesmo os teores analíticos de MS e amido não se correlacionaram entre si na colheita realizada aos 14 e 19 MAP e essa correlação também não foi observada para os genótipos IAC 14 e BRS 419.

Em Paraguaçu Paulista, o PE correlacionou-se positiva e significativamente com os teores de MS e os teores de MS tiveram correlação com os teores de amido em todos os genótipos. Porém, entre os 14 e o 17 MAP (dez.-mar.) não houve correlação do PE com os teores de MS, e a MS e o amido determinados analiticamente não se correlacionaram entre si nas colheitas com 9 e 14 MAP (jul. e dez.).

Em geral, quando se utilizou amostras de 3 kg de raízes não foi observada correlação significativa do PE com os teores de amido nas colheitas realizadas dos 7-9 MAP e dos 14-17 MAP na área de São Pedro do Turvo, bem como aos 9 MAP e dos 14-19 MAP na área de Paraguaçu Paulista (Tabela 2). O PE das amostras com 5 kg de raízes não se correlacionou com os teores de amido no período de 11-14 MAP (set.-dez.) da área de São Pedro do Turvo, bem como aos 9 MAP (jul.) e dos 14-17 MAP (dez.-mar.) na área de Paraguaçu Paulista. Contudo, para todas os genótipos o PE com 3 ou 5 kg se correlacionou positivamente com os teores de amido das raízes, exceto para o genótipo IAC 14 na área de São Pedro do Turvo (Tabela 3).

Tabela 2 – Coeficientes de correlação linear simples do peso específico (kg L^{-1}) com os teores de matéria seca (%) e amido (%), e do teor de matéria seca (%) com o teor de amido (%) das raízes de mandioca em função das épocas de colheita em dois locais de cultivo

Variável	MAP (mês)	Peso específico		Amido[(1)]	MAP (mês)	Peso específico		Amido[(1)]
		3 kg de raízes	5 kg de raízes			3 kg de raízes	5 kg de raízes	
		São Pedro do Turvo				**Paraguaçu Paulista**		
Matéria seca determinada em laboratório (%)	7 (Mai.19)	r = 0,37 NS	r = 0,55 *p*=0,003	r = 0,91 *p*<0,001	5 (Mar.20)	r = 0,56 *p*<0,001	r = 0,63 *p*<0,001	r = 0,93 *p*<0,001
	9 (Jul.19)	r = 0,52 *p*=0,006	r = 0,73 *p*<0,001	r = 0,73 *p*<0,001	7 (Mai.20)	r = 0,55 *p*=0,001	r = 0,44 *p*=0,007	r = 0,60 *p*<0,001
	11 (Set.19)	r = 0,54 *p*=0,003	r = 0,59 *p*=0,001	r = 0,66 *p*<0,001	9 (Jul.20)	r = 0,63 *p*<0,001	r = 0,57 *p*<0,001	r = 0,21 NS
	12 (Out.19)	r = 0,65 *p*<0,001	r = 0,42 *p*=0,030	r = 0,41 *p*=0,038	10 (Ag.20)	r = 0,73 *p*<0,001	r = 0,63 *p*<0,001	r = 0,46 *p*=0,005
	14 (Dez.19)	r = 0,43 *p*=0,025	r = 0,34 NS	r = 0,36 NS	12 (Out.20)	r = 0,50 *p*=0,002	r = 0,53 *p*=0,001	r = 0,84 *p*<0,001
	15 (Jan.20)	r = 0,64 *p*<0,001	r = 0,60 *p*=0,001	r = 0,42 *p*=0,033	13 (Nov.20)	r = 0,61 *p*<0,001	r = 0,67 *p*<0,001	r = 0,87 *p*<0,001
	17 (Mar.20)	r = 0,46 *p*=0,015	r = 0,59 *p*=0,001	r = 0,61 *p*=0,001	14 (Dez.20)	r = 0,32 NS	r = 0,32 NS	r = 0,08 NS
	19 (Mai.20)	r = 0,39 *p*=0,045	r = 0,65 *p*<0,001	r = -0,05 NS	15 (Jan.21)	r = 0,09 NS	r = 0,15 NS	r = 0,36 *p*=0,031
	21 (Jul.20)	r = 0,54 *p*=0,004	r = 0,72 *p*<0,001	r = 0,43 *p*=0,030	17 (Mar.21)	r = 0,25 NS	r = 0,27 NS	r = 0,52 *p*=0,001
	-	-	-	-	19 (Mai.21)	r = 0,45 *p*=0,005	r = 0,60 *p*<0,001	r = 0,51 *p*=0,002
	Total	**r = 0,67 *p*<0,001**	**r = 0,73 *p*<0,001**	**r = 0,66 *p*<0,001**	**Total**	**r = 0,76 *p*<0,001**	**r = 0,77 *p*<0,001**	**r = 0,72 *p*<0,001**
Amido determinado em laboratório (%)	7 (Mai.19)	r = 0,34 NS	r = 0,44 *p*=0,025		5 (Mar.20)	r = 0,49 *p*=0,003	r = 0,58 *p*<0,001	
	9 (Jul.19)	r = 0,07 NS	r = 0,39 p=0,050		7 (Mai.20)	r = 0,47 *p*=0,004	r = 0,48 *p*=0,003	
	11 (Set.19)	r = 0,39 *p*=0,050	r = 0,23 NS		9 (Jul.20)	r = 0,13 NS	r = 0,23 NS	
	12 (Out.19)	r = 0,50 *p*=0,009	r = 0,28 NS		10 (Ag.20)	r = 0,53 *p*=0,001	r = 0,53 *p*=0,001	
	14 (Dez.19)	r = 0,30 NS	r = 0,37 NS		12 (Out.20)	r = 0,33 *p*=0,047	r = 0,34 *p*=0,041	
	15 (Jan.20)	r = 0,23 NS	r = 0,42 *p*=0,031		13 (Nov.20)	r = 0,56 *p*<0,001	r = 0,60 *p*<0,001	
	17 (Mar.20)	r = 0,33 NS	r = 0,52 *p*=0,006		14 (Dez.20)	r = 0,12 NS	r = 0,14 NS	
	19 (Mai.20)	r = 0,58 *p*=0,002	r = 0,39 *p*=0,050		15 (Jan.21)	r = 0,20 NS	r = 0,20 NS	
	21 (Jul.20)	r = 0,64 *p*<0,001	r = 0,63 *p*=0,001		17 (Mar.21)	r = 0,12 NS	r = 0,11 NS	
	-	-	-	-	19 (Mai.21)	r = 0,17 NS	r = 0,34 *p*=0,040	
	Total	**r = 0,68 *p*<0,001**	**r = 0,68 *p*<0,001**		**Total**	**r = 0,62 *p*<0,001**	**r = 0,64 *p*<0,001**	

Legenda: [(1)] Teor de amido determinado em laboratório.

Tabela 3 – Coeficientes de correlação linear simples do peso específico (kg L^{-1}) com os teores de matéria seca (%) e amido (%), e do teor de matéria seca (%) com o teor de amido (%) das raízes de mandioca em nove genótipos de mandioca em dois locais de cultivo

Variável	Genótipo	Peso específico		Amido[(1)]	Peso específico		Amido[(1)]
		3 kg de raízes	5 kg de raízes		3 kg de raízes	5 kg de raízes	
		São Pedro do Turvo			**Paraguaçu Paulista**		
Matéria seca determinada em laboratório (%)	IAC 14	r = 0,46 *p*=0,011	r = 0,69 *p*<0,001	r = 0,18 NS	r = 0,74 *p*<0,001	r = 0,80 *p*<0,001	r = 0,68 *p*<0,001
	IAC 90	r = 0,79 *p*<0,001	r = 0,87 *p*<0,001	r = 0,90 *p*<0,001	r = 0,64 *p*<0,001	r = 0,65 *p*<0,001	r = 0,61 *p*<0,001
	BRS CS01	r = 0,78 *p*<0,001	r = 0,81 *p*<0,001	r = 0,45 p=0,014	r = 0,75 *p*<0,001	r = 0,77 *p*<0,001	r = 0,76 *p*<0,001
	BRS 419	r = 0,40 *p*=0,027	r = 0,54 *p*=0,002	r = 0,26 NS	r = 0,75 *p*<0,001	r = 0,72 *p*<0,001	r = 0,72 *p*<0,001
	BRS 420	r = 0,77 *p*<0,001	r = 0,77 *p*<0,001	r = 0,72 *p*<0,001	r = 0,69 *p*<0,001	r = 0,76 *p*<0,001	r = 0,83 *p*<0,001
	1097/13	r = 0,63 *p*<0,001	r = 0,65 *p*<0,001	r = 0,91 *p*<0,001	r = 0,85 *p*<0,001	r = 0,84 *p*<0,001	r = 0,79 *p*<0,001
	2011 02-43	r = 0,56 *p*=0,001	r = 0,58 *p*=0,001	r = 0,54 p=0,002	r = 0,81 *p*<0,001	r = 0,82 *p*<0,001	r = 0,86 *p*<0,001
	2010 55-04	r = 0,67 *p*<0,001	r = 0,67 *p*<0,001	r = 0,71 *p*<0,001	r = 0,83 *p*<0,001	r = 0,83 *p*<0,001	r = 0,72 *p*<0,001
	2010 56-18	r = 0,76 *p*<0,001	r = 0,73 *p*<0,001	r = 0,60 p=0,001	r = 0,79 *p*<0,001	r = 0,80 *p*<0,001	r = 0,82 *p*<0,001
	Total	**r = 0,67** ***p*<0,001**	**r = 0,73** ***p*<0,001**	**r = 0,66** ***p*<0,001**	**r = 0,76** ***p*<0,001**	**r = 0,77** ***p*<0,001**	**r = 0,72** ***p*<0,001**
Amido determinado em laboratório (%)	IAC 14	r = 0,22 NS	r = 0,19 NS		r = 0,61 *p*<0,001	r = 0,74 *p*<0,001	
	IAC 90	r = 0,87 *p*<0,001	r = 0,92 *p*<0,001		r = 0,27 p=,078	r = 0,25 p=,108	
	BRS CS01	r = 0,47 *p*=0,011	r = 0,47 *p*=0,010		r = 0,54 *p*<0,001	r = 0,56 *p*<0,001	
	BRS 419	r = 0,72 *p*<0,001	r = 0,58 *p*=0,001		r = 0,67 *p*<0,001	r = 0,67 *p*<0,001	
	BRS 420	r = 0,79 *p*<0,001	r = 0,78 *p*<0,001		r = 0,74 *p*<0,001	r = 0,76 *p*<0,001	
	1097/13	r = 0,69 *p*<0,001	r = 0,67 *p*<0,001		r = 0,76 *p*<0,001	r = 0,76 *p*<0,001	
	2011 02-43	r = 0,65 *p*<0,001	r = 0,74 *p*<0,001		r = 0,76 *p*<0,001	r = 0,75 *p*<0,001	
	2010 55-04	r = 0,64 *p*<0,001	r = 0,61 *p*<0,001		r = 0,66 *p*<0,001	r = 0,67 *p*<0,001	
	2010 56-18	r = 0,65 *p*<0,001	r = 0,72 *p*<0,001		r = 0,64 *p*<0,001	r = 0,78 *p*<0,001	
	Total	**r = 0,68** ***p*<0,001**	**r = 0,68** ***p*<0,001**		**r = 0,62** ***p*<0,001**	**r = 0,64** ***p*<0,001**	

Legenda: [(1)] Teor de amido determinado em laboratório.

A maior correspondência na correlação dos teores de MS em laboratório com o teor de amido também em laboratório está relacionada a maior exatidão das

metodologias utilizadas. Enquanto que o PE nesse caso tende a ser uma medida indireta a partir do uso da balança hidrostática espera-se uma menor correlação. Apesar disso, é interessante observar que essas características se correlacionam positivamente em períodos específicos, ou seja, o método indireto utilizando 5 kg de raízes pode ser utilizado praticamente durante todo o primeiro período de crescimento (até os 9 MAP, julho) sem prejuízos numéricos, enquanto que no segundo ciclo é necessária uma maior cautela.

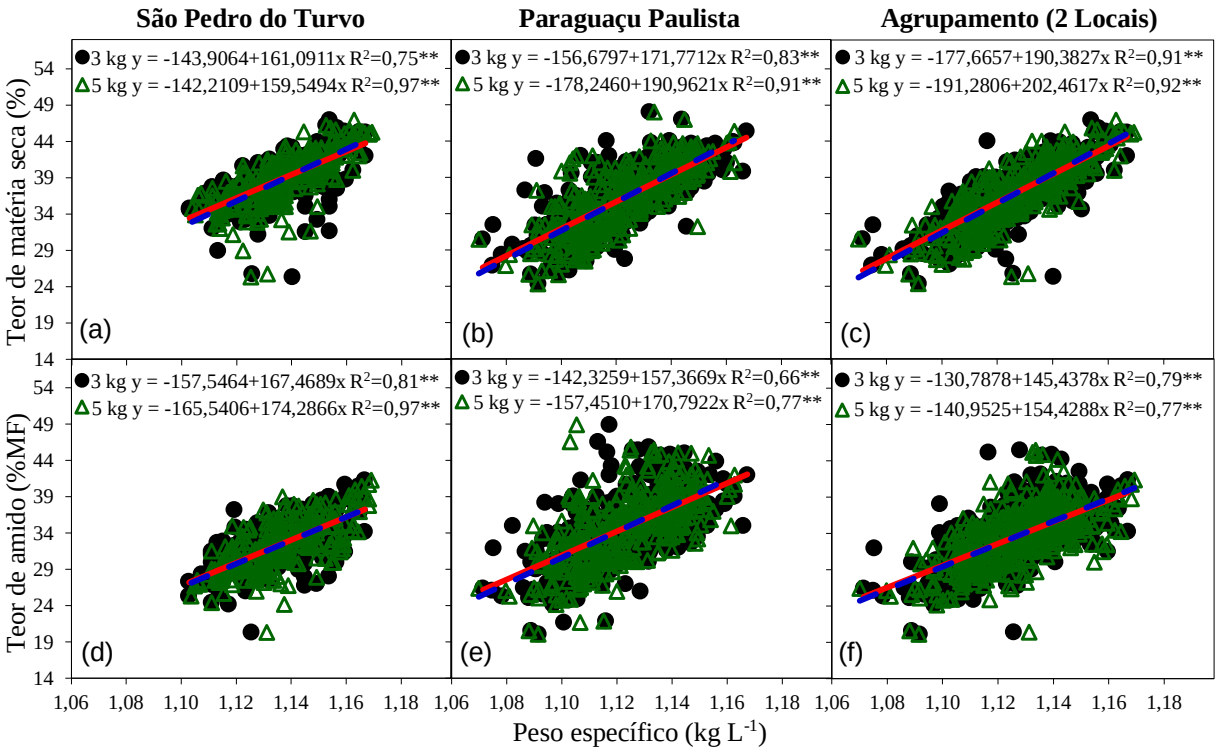
Além disso, é importante notar que há maior correlação dos pesos específicos com os teores de matéria seca do que com os teores de amido em si. Isso mostra que apesar do amido compor aproximadamente 80% da MS das raízes (TACO, 2006) e o PE ser um bom indicativo do teor de MS, nem sempre há uma correlação direta do PE com os teores de amido das raízes de mandioca como observado na Tabela 2. Carvalho et al. (2007), avaliando a robustez da metodologia da balança hidrostática, não encontraram correlação do PE com o teor de MS, afirmando que a metodologia pode não ser exata ou precisa. Apesar disso, trata-se de uma metodologia rápida, simples e prática.

Isso demonstra mais uma vez que, cada genótipo pode apresentar variação conforme as características de cultivo, e a região onde cada genótipo se encontra pode ser um fator essencial nessa verificação. Essa interferência de períodos de crescimento, áreas de cultivo, ou mesmo características de fertilidade do solo, ou umidade, por exemplo, é importante ser entendida pois o objetivo é encontrar o melhor ponto de colheita da cultura da mandioca, onde ela apresenta sua maior expressão comercial, podendo a partir disso ocorrer tomadas de decisões importantes, como o melhor mês de colheita, ou optar pelo escalonamento da colheita, beneficiando tanto as indústria quanto os produtores (MENEGUCCI, 2020).

Nas Figuras 3a-c verifica-se que a relação do PE com o teor de MS separadamente por local e de forma agrupada nos dois locais. Com as amostras de 3 kg de raízes as equações lineares de regressão do PE com o teor de MS apresentaram valores de coeficiente de determinação (R^2) de 75%, 83% e 91% para as áreas de São Pedro do Turvo, Paraguaçu Paulista e os dois locais agrupados, respectivamente. Quando se adotou a amostra de 5 kg de raízes nas áreas de São Pedro do Turvo, Paraguaçu Paulista e dos dois locais agrupados a equação de regressão para a relação do PE com a MS apresentou R^2 de 0,97, 0,91 e 0,92, respectivamente. Isso demonstra a influência da localidade nos parâmetros avaliados.

Contudo, vale destacar que independentemente da localidade, houve menor ajuste das equações geradas para as amostras de 3 kg de raízes e melhor ajuste para as amostras de 5 kg de raízes, especialmente nas amostras da área de São Pedro do Turvo em que o PE das raízes foi maior (Figuras 2g-i, 3a-c).

Figura 3 – Equações de regressão relacionando o peso específico determinado com 3 e 5 kg de raízes os teores de matéria seca (a-c) e amido (d-f) das raízes de mandioca de dois locais de cultivo



Legenda: 3 kg: 3 kg de raízes; 5 kg: 5 kg de raízes. Agrupamento: média dos dados dos 2 locais de cultivo.

A relação do PE com o teor de amido utilizando amostras de 3 kg de raízes geraram equações com ajustes de 81%, 66% e 79% em São Pedro do Turvo, Paraguaçu Paulista e paras as duas áreas agrupadas, respectivamente (Figura 3d-f). Enquanto isso, para a amostra de 5 kg de raízes a área de São Pedro do Turvo, Paraguaçu Paulista e o agrupamento das duas áreas gerou valores de ajustes das equações de 97%, 77% e 77%, consecutivamente. Assim como ocorreu com o teor de MS, em Paraguaçu Paulista o PE apresentou menores ajustes com o teor de amido do que em São Pedro do Turvo, gerando equações menos precisas.

As metodologias de determinação de MS e amido apresentaram variações entre si, conforme visto na Figura 4. Com a utilização do método gravimétrico em São Pedro do Turvo, chegou-se a um pico de MS no 1° ciclo vegetativo de 38,7% aos 9 MAP (jul.), enquanto no 2º ciclo vegetativo o pico foi de 42,8% aos 21 MAP (Figura 4a). As equações geradas por esse estudo para a área de São Pedro do Turvo superestimaram os teores de MS em menos de 0,9 pontos percentuais nos períodos de 9-11 MAP e de 14-19 MAP e subestimaram os teores de MS em menos de 0,8 pontos percentuais nas colheitas com 12 e 21 MAP (Figuras 4a e 5a).

As equações de Grossman e Freitas (1950) e Kawano et al. (1987), usando 3 ou 5 kg de raízes, subestimaram os teores de MS das raízes durante todo o ciclo da mandioca, sendo que a equação de Kawano et al. (1987) foi a que mais se aproximou dos valores obtidos através da metodologia laboratorial. No segundo ciclo vegetativo a subestimativa do teor de MS foi maior, chegando a diferenças de 2,1 a 4,5 pontos percentuais em relação ao método gravimétrico, especialmente quando se adotou a equação de Grossman e Freitas (1950) (Figuras 4a e 5a).

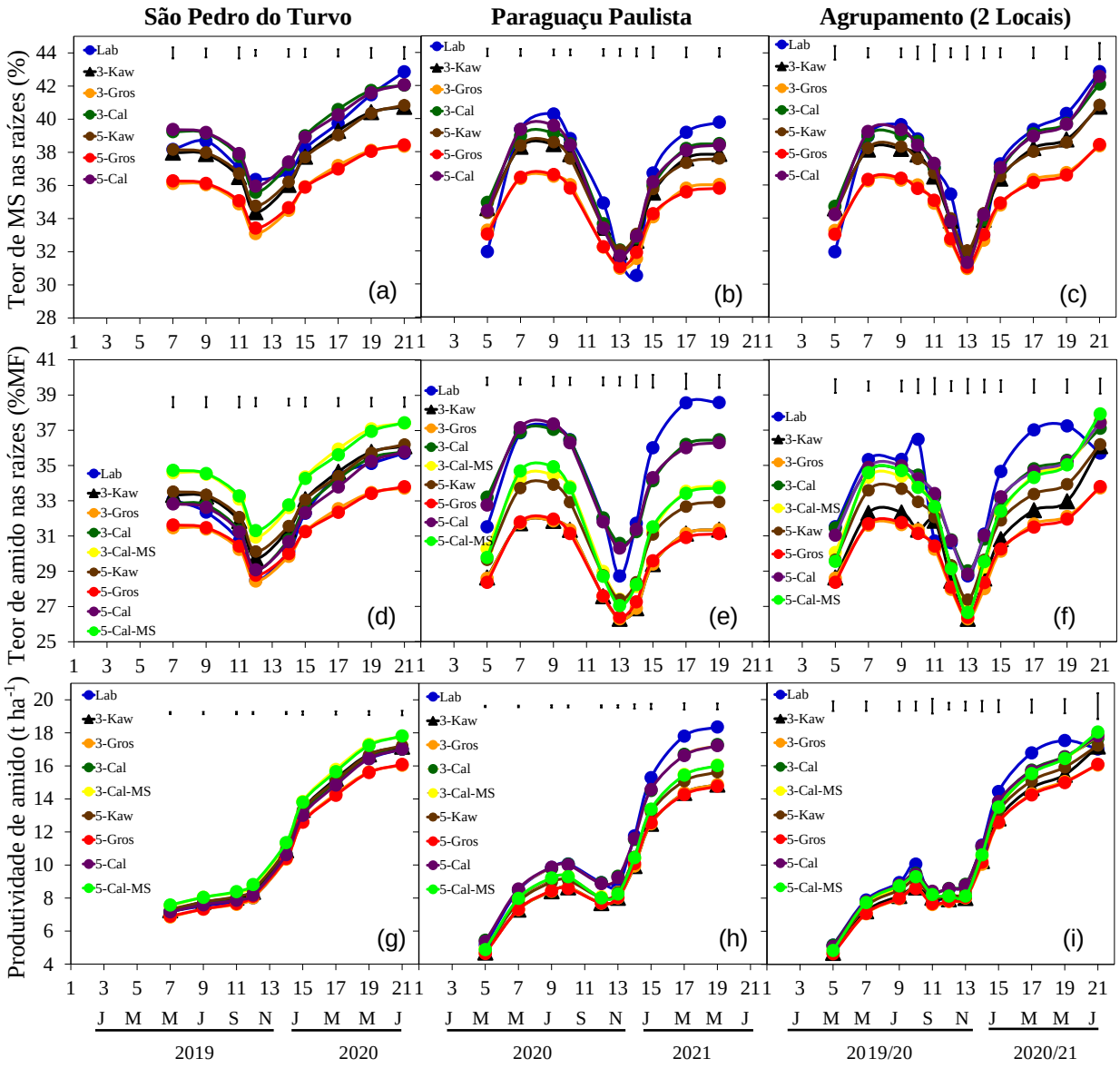
Em Paraguaçu Paulista, os picos de teor de MS nas raízes foram observados aos 9 e 19 MAP (jul. 2020 e mai. 2021) através da metodologia gravimétrica, com valores de 40,3% e 39,8%, respectivamente (Figura 4b). O método gravimétrico apresentou os maiores valores de teor de MS nas raízes ao longo do ciclo da mandioca, exceto nas colheitas realizadas aos 5, 13 e 14 MAP. Em geral, no período de 7 a 12 MAP e entre 15 e 19 MAP todos os métodos indiretos subestimaram os teores de MS das raízes, enquanto que aos 5, 13 e 14 MAP houve uma superestimava dos teores de MS por parte dos métodos indiretos.

As equações geradas por esse estudo, especialmente para as amostras de 5 kg de raízes, foram as que proporcionaram teores de MS mais próximos aos obtido em laboratório, exceto nas colheitas realizadas com 5 e 14 MAP (Figuras 4b e 5c). Entre as equações de Grossman e Freitas (1950) e Kawano et al. (1987) observa-se que os teores de MS obtidos pela equação de Grossman e Freitas (1950) foram os que mais se distanciaram do método gravimétrico, apresentando teores de até 4,0 pontos percentuais menores do que o método gravimétrico.

Quando se analisa conjuntamente as duas áreas o comportamento torna-se mais semelhante ao da área de Paraguaçu Paulista, ou seja, com valores superestimados aos 5, 13 e 14 MAP e valores subestimados nas demais épocas de colheita (Figuras 4c e 5e). Contudo, como observado para as duas áreas isoladamente as equações

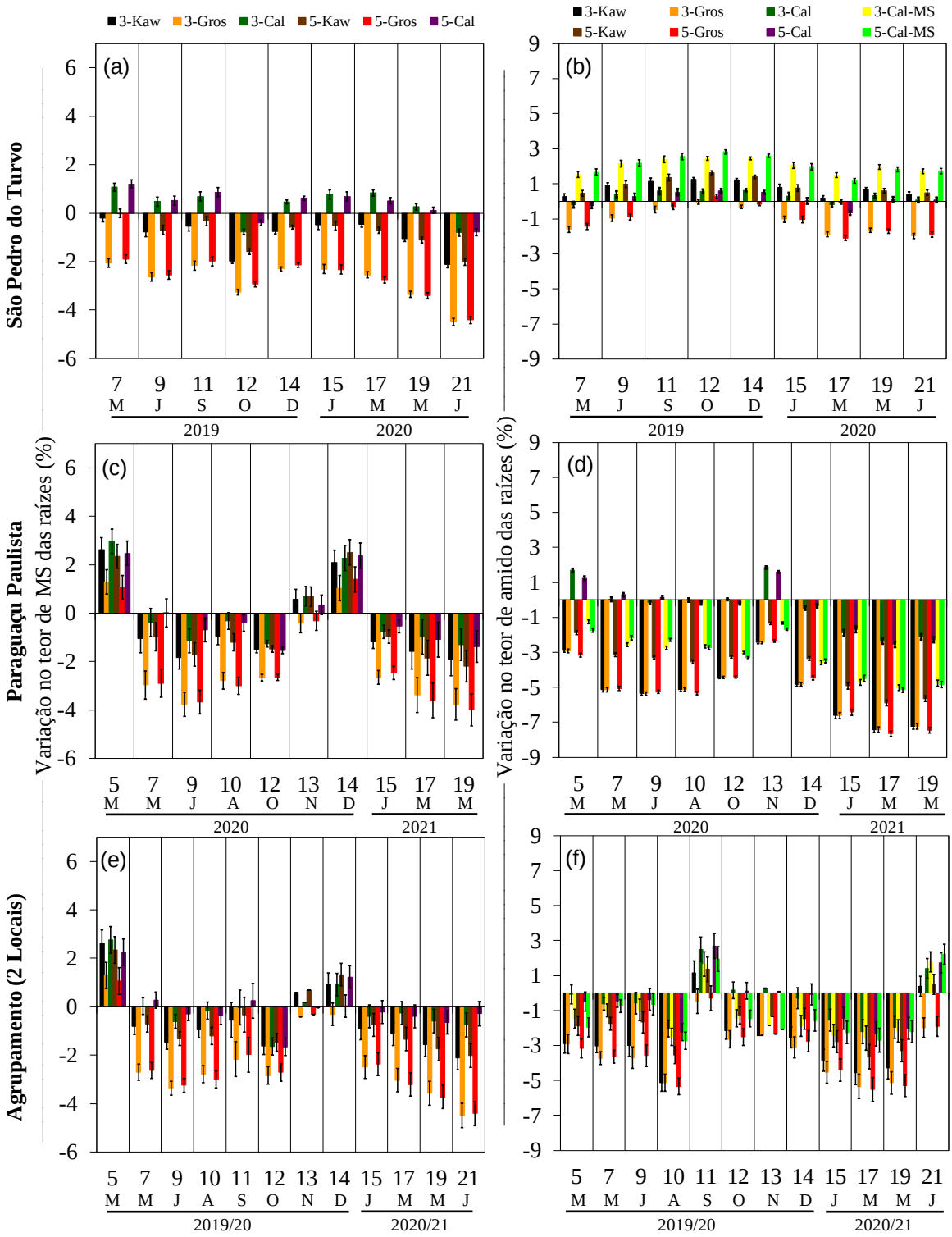
geradas neste estudo foram as que menos subestimaram os teores de MS especialmente entre 7-12 MAP e entre 15-21 MAP.

Figura 4 – Teor de matéria seca (MS) (a-c), amido (d-f) e produtividade de amido (g-i) de mandioca por diferentes métodos de determinação em função das épocas de colheita em dois locais de cultivo



Legenda: Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste LSD (p<0,05). Lab: determinação de MS e amido em laboratório; 3-Kaw e 5-Kaw: equação de Kawano et al. (1987) com 3 e 5 kg de raízes; 3-Gros e 5-Gros: equação de Grossman e Freitas (1950) com 3 e 5 kg de raízes; 3-Cal e 5-Cal: equações calculadas neste estudo para os teores de MS e amido com 3 e 5 kg de raízes; 3-Cal-MS e 5-Cal-MS: equações calculadas neste estudo para teor de MS – 4,65 utilizando 3 e 5 kg de raízes.

Figura 5 – Variação no teor de matéria seca (MS) (a, c, e) e amido (b, d, f) nas raízes de mandioca por diferentes métodos de determinação comparado ao método laboratorial em função das épocas de colheita em dois locais de cultivo



Legenda: Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste LSD (p<0,05). 3-Kaw e 5-Kaw: equação de Kawano et al. (1987) com 3 e 5 kg de raízes; 3-Gros e 5-Gros: equação de Grossman e Freitas (1950) com 3 e 5 kg de raízes; 3-Cal e 5-Cal: equações calculadas neste estudo para os teores de MS e amido com 3 e 5 kg de raízes; 3-Cal-MS e 5-Cal-MS: equações calculadas neste estudo para teor de MS – 4,65 utilizando 3 e 5 kg de raízes.

Em São Pedro do Turvo, o teor de amido durante o primeiro período crescimento, obtido pelo método analítico, apresentou um pico de 33,1%, aos 7 MAP e diminuiu até os 12 MAP, quando atingiu 28,5% (Figura 4d). Após esse período, o teor de amido aumentou até os 21 MAP quando atingiu 35,7%. As equações geradas neste estudo para a relação do PE com o teor de amido (3-Cal e 5-Cal) foram as que mais se aproximaram dos teores de amido determinados analiticamente (Figura 4d e 5b). As equações de Kawano et al. (1987) e as deste estudo nas quais se subtraiu o fator de 4,65 dos resultados de teores de MS superestimaram entre 0,0-1,6 e 1,-2,8 pontos percentuais os teores de amido, respectivamente. Em contrapartida, a equação de Grossman e Freitas (1950), que também adota o fator de 4,65 para chagar aos teores de amido, subestimou os teores de amido em até 2,1 pontos percentuais, dependendo da época de colheita.

Em Paraguaçu Paulista, o teor de amido nas raízes obtido através do método analítico apresentou picos de 37,2% e 38,6% aos 9, 17 e 19 MAP (Figura 4e). Por essa metodologia, o menor valor observado foi de 28,7% de amido aos 13 MAP. As equações geradas por esse estudo que relacionaram o PE com os teores de amido foram as que mais apresentaram teores de amido semelhantes ao da metodologia analítica, principalmente quando a mandioca foi colhida entre 7-12 MAP. Porém, nas raízes colhidas com 5 e 13 MAP os teores de amido foram superestimados (entre 1,2 e 1,9 pontos percentuais) por essas equações, enquanto que nas colheitas mais tardias do 2° ciclo (>13 MAP) houve subestimação dos teores de amido em até 2,6 pontos percentuais. Todas as outras equações que se baseavam na subtração do fator de 4,65 dos teores de MS subestimaram os teores de amido das raízes em todas as épocas de colheita, com valores inferiores a 34% de amido nos dois períodos de crescimento. As equações de Grossman e Freitas (1950) com 3 e 5 kg de raízes e a equação de Kawano et al. (1987) com 3 kg de raízes foram as que mais se distanciaram dos teores de amido obtidos pelo método analítico.

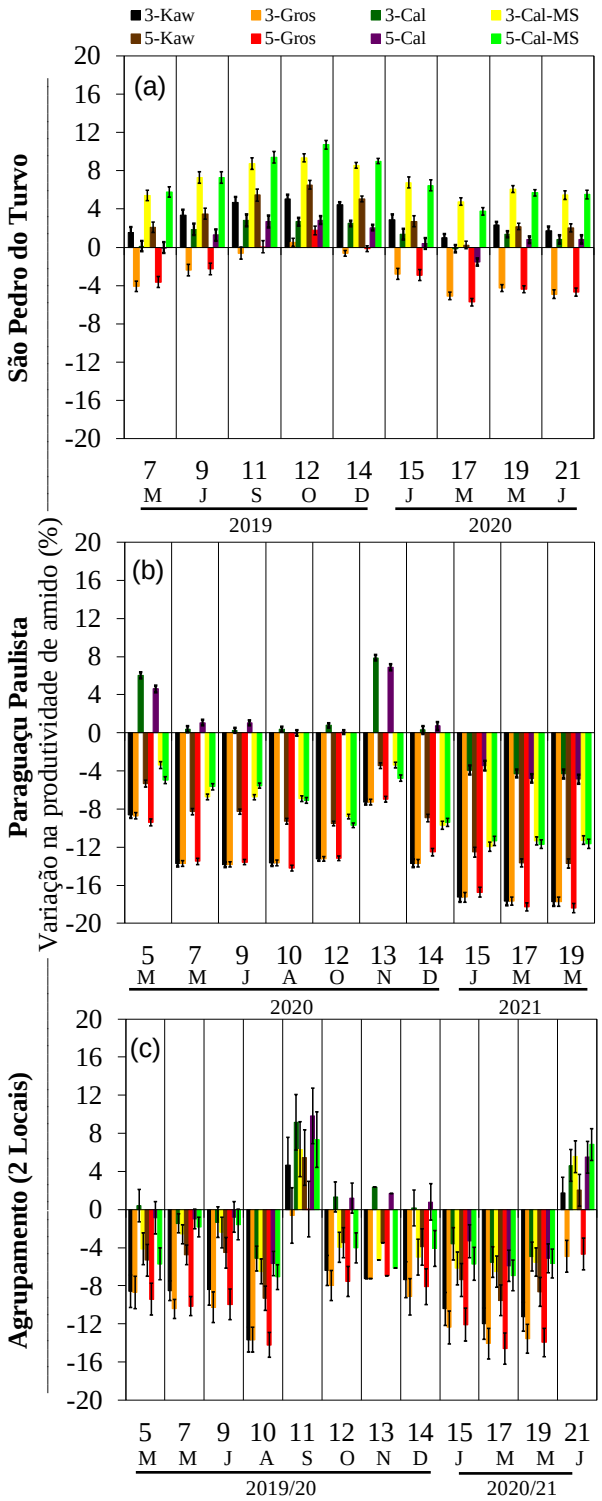
Quando se observa os resultados agrupados das duas áreas, nota-se que todos os métodos indiretos subestimaram os teores de amido das raízes, exceto nas colheitas realizadas com 11 e 21 MAP em que os valores foram superestimados (Figuras 4f e 5f). Em geral, apesar disso, verifica-se que as equações do presente estudo ajustadas para a relação do PE com os teores de amido foram as que mais se aproximaram dos resultados analíticos.

Independentemente do local de cultivo houve queda nos teores de MS e amido das raízes tuberosas após o processo de poda ao final do primeiro ciclo vegetativo. Aguiar et al. (2011) afirmam que a diminuição do teor de amido nos meses consecutivos à poda drástica é explicada pela utilização desse carboidrato de reserva na formação da nova parte aérea. Esses autores relatam também a diminuição do teor de MS nessas raízes, uma vez que amido é um constituinte importe da MS da mandioca. Rangel et al. (2021) também observaram queda no teor de amido a partir da poda, e também em mesmo período amostral, sendo de setembro a janeiro os meses mais expressivos.

A produtividade de amido em São Pedro do Turvo apresentou pouco crescimento do 7º ao 12º MAP, com aumento de pouco menos de 2 t ha^{-1} nesse período (Figura 4g). Após esse período, houve aumento de mais de 100% na produtividade de amido, com valores ao redor de 17 t ha^{-1} aos 21 MAP. O padrão de comportamento da produtividade de amido seguiu o comportamento observado para o teor de amido, ou seja, apenas a equação de Grossman e Freitas (1950) gerou estimativas subestimadas da produtividade de amido enquanto as outras equações, em geral, superestimaram os valores de produtividade de amido (Figuras 4g e 6a). A equação gerada neste estudo para a relação do PE com o teor de amido foi a que menos superestimou a produtividade de amido, com valores de no máximo 2,8% acima da produtividade obtida com o método analítico.

Em Paraguaçu Paulista, a produtividade de amido atingiu pico de 10,1 t ha^{-1} aos 10 MAP, com queda até 13º MAP, e no segundo período de crescimento houve aumento até atingir novamente seu pico 19 MAP com 18,4 t ha^{-1} de amido (Figura 4h). Em geral, todos os métodos indiretos de avaliação do teor de amido subestimaram a produtividade de amido na área de Paraguaçu Paulista, com destaque para as equações de Grossman e Freitas (1950) com 3 e 5 kg de raízes e a equação de Kawano et al. (1987) com 3 kg de raízes que proporcionaram as maiores subestimativas, gerando valores até 14,2% menores que o método analítico no 1° ciclo e 18,4% menores do que o padrão no segundo ciclo de crescimento (Figura 4h e 6b). A equação gerada neste estudo para a relação do PE com o teor de amido usando 5 kg de raízes foi a que mais se aproximou do método analítico, superestimando a produtividade de amido entre 0,0% e 6,9% nos primeiros 14 MAP e subestimando entre 3,4% e 4,9% a produtividade de amido nos meses seguintes do ciclo.

Figura 6 – Variação na produtividade de amido de mandioca por diferentes métodos de determinação comparado ao método laboratorial em função das épocas de colheita em dois locais de cultivo



Legenda: Barras verticais indicam o valor de DMS pelo teste LSD (p<0,05). 3-Kaw e 5-Kaw: equação de Kawano et al. (1987) com 3 e 5 kg de raízes; 3-Gros e 5-Gros: equação de Grossman e Freitas (1950) com 3 e 5 kg de raízes; 3-Cal e 5-Cal: equações calculadas neste estudo para os teores de MS e amido com 3 e 5 kg de raízes; 3-Cal-MS e 5-Cal-MS: equações calculadas neste estudo para teor de MS – 4,65 utilizando 3 e 5 kg de raízes.

Quando se agrupa os dados das duas áreas nota-se que mesmo a equação gerada neste estudo para a relação do PE com o teor de amido subestima a produtividade de amido em praticamente todas as épocas de colheita, exceto aos 11 e 21 MAP (Figuras 4i e 6c). Em geral, essa equação foi a que mais se aproximou dos resultados obtidos com o método analítico, mas gerou superestimativas de até 9,8% (em 2 épocas) e subestimativas de até 5,9% (em 10 épocas) na produtividade de amido. Esses valores foram os mais próximos do método padrão utilizando uma equação geral para diferentes áreas de cultivo. Contudo, os resultados desse estudo indicam que além da sazonalidade de colheita da mandioca que interfere nos teores de amido das raízes e na sua estimação por métodos indiretos, os ambientes de cultivo também exercem grande influência sobre essas características, uma vez que os resultados das duas áreas foram completamente diferentes.

Em São Pedro do Turvo o teor médio de MS e amido (analíticos) ao longo do ciclo da mandioca foi de 38,8% e 32,5%, respectivamente. Já em Paraguaçu Paulista, o teor médio de MS e amido durante o ciclo da mandioca foi de 36,3% e 34,8%, respectivamente. Ou seja, na área de São Pedro do Turvo em que os teores de amido das raízes eram menores e apresentaram menor variação, os métodos indiretos indicaram tendência de superestimar os teores de amido, mas em Paraguaçu Paulista em que os teores de amido eram maiores e variaram mais ao longo do ciclo, ocorreu o contrário.

2.4 CONCLUSÕES

O peso específico das raízes apresenta correlação positiva e significativa com os teores de matéria seca e amido das raízes de mandioca, mas a correlação do peso específico é mais forte com os teores de matéria seca do que com os teores de amido. A sazonalidade da colheita teve maior influência do que os genótipos sobre correlação existente entre o peso especifico e os teores de matéria seca e amido.

Não se encontrou uma equação de ajuste completo para determinar de forma indireta os teores de matéria seca e amido das raízes de mandioca ao longo de todas as épocas de colheita ou em diferentes áreas de cultivo. Portanto, a estimação correta do teor de matéria seca e amido das raízes depende da área e do período de cultivo da mandioca.

Todas as equações que relacionaram o peso específico com os teores de matéria seca e subtraíram destes o fator de 4,65 subestimaram os teores de amido das raízes de mandioca cultivadas na área de Paraguaçu Paulista, mas a equação de Grossman e Freitas (1950) subestimou os teores de amido nas duas áreas de cultivo. Porém, as estimativas obtidas pelas equações geradas neste estudo para a relação do peso específico com os teores de amido resultaram em teores de amido mais próximos dos obtidos com o método analítico.

Em geral, a mandioca de indústria cultivada por mais de um período vegetativo tende a obter maior produtividade de amido ao final do segundo ciclo, devido à maior produtividade de raízes e não necessariamente um maior teor de matéria seca ou amido nas raízes tuberosas.

REFERÊNCIAS

ALVES, A.A.C. **Fisiologia da mandioca. In: Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. Cap.7, p.138-169.

AGUIAR, E. B.; BICUDO, S. J.; CURCELLII, F.; FIGUEIREDOI, P. G.; CRUZ. C. S. Épocas de poda e produtividade da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 46, n. 11, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Valor Bruto da Produção Agrícola (VBP)**. 2018. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/ politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuariavbp. Acesso em: junho 2022.

CARVALHO, P.R.N.; MEZETTE, T.F.; VALLE, T.L.; CARVALHO, C.R.L.; FELTRAN, J.C. Avaliação da exatidão, precisão e robustez do método de análise do teor de matéria seca da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) por meio da determinação do peso específico (balança hidrostática). **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 3, especial, p. 1-4, 2007.

CEREDA, M.P.; VILPOUX, O. **Tecnologia, usos e potencialidade de tuberosas amiláceas latino-americanas**. São Paulo – Fundação Cargil, V. 3, n. 2, p. 30-47, 2003.

COÊLHO, J.D. Produção de mandioca – raiz, farinha e fécula. **Caderno Setorial Etene**, v. 3, n. 44, p. 1-11, 2018.

CONCEIÇÃO, A.J. **A mandioca**. Cruz das Almas: UFBA/ EMBRAPA/BRASCON NORDESTE, 1981. 382p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mandioca: alimento do século 21**. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/26261461/dia-de-campo-na-tv---mandioca-alimento-do-seculo-21>. Acesso em: junho 2019.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Clima**. 2022. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em: março 2022.

GROSSMAN, J.; FREITAS, A.C. Determinação do teor de matéria seca pelo peso específico em raízes de mandioca. **Revista Agronômica**, v. 160/162, n.4, p. 75-80, 1950.

IAC – Instituto Agronômico de Campinas. **Instituto Agronômico comemora 127 anos com resultados inovadores**. 2019. Disponível em: < http://www.iac.sp.gov.br/noticia sdetalhes.php?id=940>. Acesso em: agosto 2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. **Determination of amylose content (ISO-6647)**. Disponível em: < https://www.iso.org/standard/57293.html#:~:text=ISO%206647%2D1%3A2015%20specifies,from%200%20%25%20to%2030%20%25.>. Acesso em: 20 abril 2022.

JAMES, O.E.; GREEN, B.O.; AJURU, M.J.; WILSON, V. Anatomical characterizations of stems of some medicinal plants of the family Euphorbiaceae in Nigeria. **Trends in Agricultural Sciences,** v. 1, n. 2, p. 87-94, 2022.

JUSTE JUNIOR, E.S.G.; CARVALHO, V.D.; VILELA, E.R.; CLEMENTE, P.R.; CORRÊA, H.; MORAES, A.R. Comparação entre o método físico da balança hidrostática e métodos químicos na determinação do amido em raízes de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 1, p. 55-57, 1983.

KAWANO, K.; FUKUDA, W.M.G.; CENPUKDEE, U. Genetic and environmental effects on dry matter content of cassava root. **Crop Science,** v. 27, n. 1, p. 69-74, 1987.

MAEDA, M.; DIP, T.M. Curvas de porcentagem mássica de água versus peso específico em vegetais in natura – Otimização de processos industriais pela seleção via teste da matéria-prima. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20 n.3, p. 309-313, 2000.

MENEGUCCI, N.C. **Mandioca para indústria: matéria seca e nutrientes em plantas de mandioca com diferentes estádios de desenvolvimento**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – UNESP, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2020.

MONTEIRO, D.A.; LORENZI, J.O.; PEREIRA, A.S. **Estudos preliminares e sugestões sobre o método da balança hidrostática na avaliação de matéria seca em raízes de mandioca**. Anais da X Jornada Científica da Associação dos Docentes do Campus de Botucatu. UNESP, P. 47, 1981.

MWINE, J.T.; VAN DAMME, P. Why do Euphorbiaceae tick as medicinal plants? A review of Euphorbiaceae family and its medicinal features. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 5, p. 652-662, 2011.

NASA/POWER. **Portal NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources**. Disponível em: <https://power.larc.nasa.gov/>. Acesso em: 26 set. 2022.

NELSON, N.A.A photometric adaptation of Somogy method for determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 153, n. 2, p. 375-390, 1944.

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. **Cultivo de mandioca na Região Centro-Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004, 116p.

OTUN, S.; ESCRICH, A.; ACHILONU, I.; RAUWANE, M.; LERMA-ESCALERA, J.A.; MORONES-RAMÍREZ, J.R.; RIOS-SOLIS, L. The future of cassava in the era of

biothechnology in Southern Africa. **Critical Reviews in Biotechnology,** v. 1, p. 1-19, 2022.

PAUDE, R. C.; VALLE, T.L.; CARVALHO, C.R.L. **Amostragem de raízes de mandioca para estimação do teor de matéria seca e peso específico**. Anais do XI Congresso Brasileiro de Mandioca. Campo Grande, 2003.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 284p.

RANGEL, M.A.S.; FEY, E.; NEUBERT, E.O.; FIDALSKI, J. **Plantio direto de mandioca: aspectos do manejo**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2018. 28p.

RANGEL, M.A.S.; RINGENBERG, R.; SANTOS, V.S.; VIEIRA, E.A.; OLIVEIRA, M.C.N. **Comportamento de genótipos de mandioca quanto às características produtivas em diferentes épocas de colheita em Paranavaí, PR.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2021. 24p.

SILVA, H.A.; MURRIETA, R.S.S. Mandioca, a rainha do Brasil? Ascensão e queda da *Manihot esculenta* no estado de São Paulo. **Boletim do Museu Paranaense Emílio Goeldi,** v. 9, n. 1, p. 37-60, 2014.

TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Campinas: NEPA UNICAMP – 2ª ed, 2006. 113 p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura da mandioca, por ser considerada rústica e de fácil adaptação a condições de baixa fertilidade do solo, onde outras culturas de interesse agrícola não conseguiriam produzir, é negligenciada do ponto de vista de investimentos econômicos. Sendo produzida, em maior parte como cultura de subsistência, no caso de genótipos de mesa, e com pouca variabilidade genética, no caso de genótipos de indústria, onde os poucos programas de melhoramento genético nacional atuam. É por isso que a importância em se avaliar o desempenho produtivo da mandioca em solos de baixa fertilidade é importante.

Nesse trabalho verificamos que a cultura da mandioca atingiu uma produtividade considerada satisfatória, uma vez que está dentro dos parâmetros atuais produzidos no país e em áreas que são consideras de baixa fertilidade. No entanto, a cultura da mandioca, geneticamente falando, possui um potencial produtivo que pode alcançar e muitas vezes superar a faixa de 100 toneladas por hectare de raízes frescas, em solos férteis e que são bem trabalhados. Ou seja, a ideia de que a cultura é rústica e produtiva mesmo em condições adversas limita o potencial da cultura, e consequentemente a alta produtividade que o mandiocultor poderia ter obtido caso deixasse a ideia de lado e começasse a tratar a cultura da mandioca como uma cultura que deve sim ser manejada de forma correta, principalmente nos quesitos correção de solo e adubação.

O cultivo consecutivo por muitos anos de um genótipo de mandioca em uma mesma área pode ocasionar problemas de diminuição na produtividade, ou seja, nosso sistema de cultivo de mandioca no país é frágil e necessita atenção. Por isso, verifica-se uma demanda na seleção de novos materiais genéticos, com potencial produtivo de raízes e amido elevada, para que possam ser economicamente viáveis como alternativas de cultivo, não só no estado de São Paulo, mas em todas as regiões brasileiras. Para isso, no entanto, trabalhos como este, que verificam a aptidão agrícola de materiais genéticos novos em comparação com aqueles mais cultivados na região são importantes.

Além da aptidão agrícola, é importante verificar o crescimento e desenvolvimento desses materiais, pois a partir desses resultados podemos entender o comportamento de produção dos genótipos. Definindo esse comportamento, podemos encontrar genótipos tardios ou precoces, os quais podem ser cultivados em mesma área para

ao fim ter uma colheita escalonada, intercalando entre os genótipos precoces e tardios, de modo a ter, durante todo o ano, matéria prima para a produção de farinha e fécula.

Para se chegar às equações nesse estudo utilizou-se uma média de 9 genótipos, com quatro repetições, ou seja, em cada época de colheita temos um total de 36 pontos analisados em duas áreas de cultivo no estado de São Paulo. Os trabalhos com as equações geradas por Grossman e Freitas (1950) e por Kawano et al. (1987) utilizaram menos pontos para a geração das mesmas, o que indica que o nível de confiabilidade das equações geradas nesse estudo é maior. Apesar disso, é importante considerar o genótipo e o local de cultivo, já que métodos indiretos podem subestimar ou superestimar os valores reais de matéria seca e amido nas raízes de mandioca.

Outro ponto importante é que as equações de Grossman e Freitas (1950) e de Kawano et al. (1987) na maioria do período de desenvolvimento da cultura de mandioca, parece subestimar os teores reais de matéria seca e amido da cultura de mandioca, o que nos permite deduzir que os mandiocultores brasileiros podem estar recebendo menos do que deveriam no que diz respeito aos valores de venda da matéria prima para as indústrias de farinha e fécula.

REFERÊNCIAS

ABAM – Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca. **Nova variedade de mandioca, BRS 420 tem 45% a mais de raízes e 51% a mais de amido**. 2021. Disponível em: < https://abam.com.br/nova-variedade-de-mandioca-brs-420-tem-45-a-mais-de-raizes-e-51-a-mais-de-amido/>. Acesso em: abril 2022.

ABAM – Associação Brasileira de Produtores de Amido de Mandioca. **Estatísticas.** 2021. Disponível em: <https://abam.com.br/estatisticas/>. Acesso em: novembro 2022.

ALVES, A.A.C. **Fisiologia da mandioca**. In: Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. Cap.7, p.138-169.

ALVES, R.N.B.; JUNIOR, M.S.M.; CAMPOS, E.M. **Potencialidades da cultura da mandioca para a agricultura familiar do Pará**. 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/882846/1/PotencialidadesCulturaMndioca.pdf>. Acesso em: julho 2022.

BORÉM, A. **Melhoramento de Plantas**. Viçosa: Editora UFV. p.525. 2005.

BORGES, M.F.; FUKUDA, W.M.; ROSSETI, A.G. Avaliação de variedades de mandioca para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1559-1565, 2002.

CARDOSO, C.E.L.; SOUZA, J.S.; GAMEIRO, A.H. **Aspectos econômicos e mercado**. In: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical. Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2006. p. 41-70.

CARVALHO, P.R.N.; MEZETTE, T.F.; VALLE, T.L.; CARVALHO, C.R.L.; FELTRAN, J.C. Avaliação da exatidão, precisão e robustez do método de análise do teor de matéria seca da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) por meio da determinação do peso específico (balança hidrostática). **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 3, especial, p. 1-4, 2007.

CEREDA, M.P. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo, Fundação Cargill, 221 p. (Série: Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino-americanas, v. 1) 2002.

CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.; TAKAHASHI, M. **Balança hidrostática como forma de avaliação do teor de massa seca e amido**. In CEREDA, M. P.; VOLPOUX, O. Tecnologia, usos e potencialidade de tuberosas amiláceas latino-americanas. São Paulo – Fundação Cargil, V. 3, n. 2, p. 30-47, 2003.

CEREDA, M.P.; VILPOUX, O. **Tecnologia, usos e potencialidade de tuberosas amiláceas latino-americanas**. São Paulo – Fundação Cargil, V. 3, n. 2, p. 30-47, 2003.

COCK, J.H. **La yuca: nuevo potencial para un cultivo tradicional**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1990. 240p.

COÊLHO, J.D. Produção de Mandioca – Raiz, Farinha e Fécula. **Caderno Setorial Etene**, v. 3, n. 44, p. 1-11, 2018.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A cultura da batata**. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas/batata/composicao-nutricional>. Acesso em: agosto 2019.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Nova cultivar de mandioca para os estados do Paraná e Mato Grosso do Sul**. 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/145715/1/folder-mandioca-BRSCS01-atual-22-07-2016.pdf>. Acesso em: agosto 2022.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mandioca: alimento do século 21**. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/26261461/dia-de-campo-na-tv---mandioca-alimento-do-seculo-21>. Acesso em: junho 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Production crops**. 2022. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso em: maio 2022.

FUKUDA, W.M.G.; SILVA, S.O.E. **Melhoramento de mandioca no Brasil**. In: Marney Pascoali Cereda. (Org.). AGRICULTURA: Tuberosas amilaceas latino americanas. 1 ed. São Paulo: Fundação Cargil, 2002, v. 2, p. 242- 257.

GOMATHINAYAGAM, M.; ABDUL JALEEL, C.; LAKSHMANAN, G. M. A.; PANNEERSELVAM, R. Changes in carbohydrate metabolism by triazole growth regulators in cassava (*Manihot esculenta* Crantz); effects on tuber production and quality. **C. R. Biologies**, v. 330, p. 644-655, 2007.

GROSSMAN, J.; FREITAS, A.C. Determinação do teor de matéria seca pelo peso específico em raízes de mandioca. **Revista Agronômica**, v. 160/162, n.4, p. 75-80, 1950.

IAC – Instituto Agronômico de Campinas. **Mandioca industrial Manihot esculenta Crantz**. 2014. Disponível em: < https://www.academia.edu/download/41229196/Mandioca_Industrial._In_Instrues_agrcola20160114-15186-1q70a29.pdf20160115-19908-15zlouu.pdf>. Acesso em: agosto 2021.

IAC – Instituto Agronômico de Campinas. **Instituto Agronômico comemora 127 anos com resultados inovadores**. 2019. Disponível em: < http://www.iac.sp.gov.br/noticia sdetalhes.php?id=940>. Acesso em: agosto 2022.

JUSTE JUNIOR, E.S.G.; CARVALHO, V.D.; VILELA, E.R.; CLEMENTE, P.R.; CORRÊA, H.; MORAES, A.R. Comparação entre o método físico da balança hidrostática e métodos químicos na determinação do amido em raízes de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 1, p. 55-57, 1983.

KAWANO, K.; FUKUDA, W.M.G.; CENPUKDEE, U. Genetic and environmental effects on dry matter content of cassava root. **Crop Science,** v. 27, n. 1, p. 69-74, 1987.

KAWANO, K. Thirty years of cassava breeding for productivity – biological and social factors for success. **Crop Science**, v. 43, p. 1325-1335, 2003.

LARA, A.C.C.; BICUDO, S.J.; BRACHTVOGEL, E.L.; ABREU, M.L.; CURCELLI, F. Melhoramento genético da cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 4, p. 54-64, 2008.

MAEDA, M.; DIP, T.M. Curvas de porcentagem mássica de água versus peso específico em vegetais in natura – Otimização de processos industriais pela seleção via teste da matéria-prima. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20 n.3, p. 309-313, 2000.

MATTOS, P.L.P.; FARIAS, A.R.N.; FILHO, J.R.F. **Mandioca: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 176 p. (Embrapa: Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

MONTEIRO, D.A.; LORENZI, J.O.; PEREIRA, A.S. **Estudos preliminares e sugestões sobre o método da balança hidrostática na avaliação de matéria seca em raízes de mandioca**. Anais da X Jornada Científica da Associação dos Docentes do Campus de Botucatu. UNESP, P. 47, 1981.

OLIVEIRA, N.T.; ALVES, J.M.A.; UCHÔA, S.C.P.; RODRIGUES, G.S.; MELVILLE, C.C.; ALBUQUERQUE, J.A.A. Characterization of cassava clones produced in Roraima for *in natura* consumption. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 5, n. 3, p. 188-193, 2011.

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. **Cultivo de mandioca na Região Centro-Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004, 116p.

PRAUDE, R. C.; VALLE, T.L.; CARVALHO, C.R.L. **Amostragem de raízes de mandioca para estimação do teor de matéria seca e peso específico**. Anais do XI Congresso Brasileiro de Mandioca. Campo Grande, 2003.

PLANTS IN USA. **Cassava plant information**. 2019. Disponível em: <http://www.plantsinusa.com/show/plant/Cassava/54242>. Acesso em: julho 2019.

RICKARD, J.E.; ASAOKE, M.; BLANSHARD, J.M.V. The physicochemical properties of cassava starch. **Tropical Science**, v. 31, p. 189-207, 1991.

SAGRILO, E.; VIDIGAL FILHO, P.S.; OTSUBO, A.A.; SILVA, A.S.; ROHDEN, V.S. Performance de cultivares de mandioca e incidência de mosca branca no Vale do Ivinhema, Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres**, v. 57, n, 1, p. 87-94, 2010.

SANTISOPASRI, V.; KUROTJANAWONG, K.; CHOTINEERANAT, S.; PIYACHOMKWAN, K.; SRIROTH, K.; OATES, C.H. Impact of water stress on yield and quality of cassava starch. **Industrial Crops Production**, v. 13, p. 115-129, 2001.

SECEX – Secretaria de Comercio Exterior. **Relatório anual.** 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/comercio-exterior/publicacoes-secex/boletins-de-comercio-exterior/arquivos/relatorio-servicos-2021.pdf >. Acesso em: agosto 2022.

SILVA, G.O.; TAKIZAWA, F.F.; PEDROSO, R.A.; FRANCO, C.M.L.; LEONEL, M.; SARMENTO, S.B.S.; DEMIATE, I.M. Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 188-197, 2006.

SOUZA, L.S.; FIALHO, J.F. **Cultivo da mandioca para a região do cerrado**. 2003. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_cerrados/importancia.htm>. Acesso em: 14 abr. 2017.

SOUZA, L.D.; SOUZA, L.S.; GOMES, J.C. **Exigência edáficas da cultura da mandioca**. In: SOUZA, L.S. Aspéctos socioeconômicos e agronômicos da mandioca. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006. p. 170-214.

STRECK, N.A.; PINHEIRO, D.G.; ZANON, A.J.; GABRIEL, L.F.; ROCHA, T.S.M.; SOUZA, A.T.; SILVA, M.R. Effect of plant spacing on growth, development and yield of cassava in a subtropical environment. **Bragantia,** v, 73, n. 4, p. 407-415, 2014.

TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Campinas: NEPA UNICAMP – 2ª ed, 2006. 113 p.

TONUKARI, N.J. Cassava and the future of starch. **Electronic Journal of Biotecnology**, v. 7, n. 1, p. 5-8, 2004.

VIDIGAL FILHO, O.S.; PEQUENO, M.G.; SCAPIM, C.A.; GONÇALVES VIDIGAL, M.C.; MAIA, R.R.; SAGRILO, E.; SIMON, G.A.; LIMA, R.S. Avaliação de cultivares de mandioca na região Noroeste do Paraná. **Bragantia**, v. 59, p. 69-75, 2000.

WOOLFE, J.A. **Sweet potato: an untapped food resource**. Cambridge: University Press, 1992. 188 p.

APÊNDICE A – Teores de MS nas raízes da mandioca por diferentes métodos de determinação em função da época de colheita e locais

Métodos	MAP											
	5	7	9	10	11	12	13	14	15	17	19	21
						São Pedro do Turvo						
Lab.	-	38,2	38,7	-	37,1	36,4	-	36,8	38,2	39,8	41,5	42,9
3-Kaw	-	38,0	37,9	-	36,5	34,4	-	36,0	37,7	39,3	40,4	40,7
3-Gros	-	36,1	36,0	-	34,9	33,1	-	34,5	35,9	37,2	38,1	38,4
3-Cal	-	39,2	39,2	-	37,8	35,6	-	37,3	39,0	40,6	41,7	42,1
5-Kaw	-	38,2	38,0	-	36,7	34,8	-	36,2	37,7	39,0	40,4	40,8
5-Gros	-	36,3	36,1	-	35,1	33,4	-	34,7	35,9	37,0	38,1	38,5
5-Cal	-	39,4	39,2	-	37,9	36,0	-	37,4	38,9	40,3	41,6	42,1
						Paraguaçu Paulista						
Lab	32,0	39,3	40,3	38,8	-	34,9	31,4	30,5	36,7	39,2	39,8	-
3-Kaw	34,6	38,3	38,5	37,8	-	33,4	31,9	32,6	35,5	37,6	37,9	-
3-Gros	33,2	36,4	36,5	36,0	-	32,2	30,9	31,5	34,1	35,8	36,0	-
3-Cal	34,9	39,0	39,1	38,5	-	33,6	32,1	32,8	35,9	38,2	38,5	-
5-Kaw	34,3	38,4	38,6	37,6	-	33,4	32,0	33,0	35,7	37,3	37,6	-
5-Gros	33,0	36,5	36,6	35,8	-	32,2	31,0	31,9	34,2	35,6	35,8	-
5-Cal	34,4	39,4	39,6	38,4	-	33,4	31,7	32,9	36,2	38,1	38,4	-
						Agrupamento (2 Locais)						
Lab	32,0	39,0	39,7	38,8	37,1	35,5	31,4	33,0	37,3	39,4	40,3	42,9
3-Kaw	34,6	38,1	38,2	37,8	36,5	33,8	31,9	33,9	36,4	38,2	38,8	40,7
3-Gros	33,2	36,3	36,3	36,0	34,9	32,6	30,9	32,7	34,8	36,3	36,8	38,4
3-Cal	34,7	39,0	39,0	38,6	37,0	33,8	31,5	33,9	36,9	39,1	39,7	42,1
5-Kaw	34,3	38,2	38,3	37,6	36,7	34,0	32,0	34,3	36,5	38,0	38,6	40,8
5-Gros	33,0	36,3	36,4	35,8	35,1	32,7	31,0	33,0	34,9	36,2	36,6	38,5
5-Cal	34,2	39,2	39,4	38,4	37,3	33,8	31,3	34,2	37,1	39,0	39,7	42,6

Lab: método gravimétrico; 3-Kaw e 5-Kaw: equação de Kawano et al. (1987) com 3 e 5 kg de raízes; 3-Gros e 5-Gros: equação de Grossman e Freitas (1950) com 3 e 5 kg de raízes; 3-Cal e 5-Cal: equações calculadas neste estudo para os teores de MS e amido com 3 e 5 kg de raízes.

APÊNDICE B – Teores de amido nas raízes da mandioca por diferentes métodos de determinação em função da época de colheita e locais

Métodos	MAP											
	5	7	9	10	11	12	13	14	15	17	19	21
	São Pedro do Turvo											
Lab.	-	33,1	32,4	-	30,7	28,5	-	30,2	32,3	34,4	35,1	35,7
3-Kaw	-	33,3	33,2	-	31,9	29,7	-	31,4	33,1	34,6	35,8	36,1
3-Gros	-	31,5	31,4	-	30,2	28,4	-	29,8	31,3	32,6	33,5	33,7
3-Cal	-	32,9	32,8	-	31,3	29,1	-	30,8	32,6	34,3	35,4	35,8
3-Cal-MS	-	34,6	34,5	-	33,1	30,9	-	32,6	34,4	35,9	37,1	37,4
5-Kaw	-	33,5	33,3	-	32,1	30,1	-	31,6	33,1	34,4	35,7	36,2
5-Gros	-	31,6	31,5	-	30,4	28,8	-	30,0	31,2	32,3	33,4	33,8
5-Cal	-	32,8	32,6	-	31,2	29,1	-	30,7	32,3	33,8	35,2	35,8
5-Cal-MS	-	34,7	34,6	-	33,3	31,3	-	32,8	34,3	35,6	36,9	37,4
	Paraguaçu Paulista											
Lab.	31,5	36,9	37,2	36,5	-	32,0	28,7	31,7	36,0	38,6	38,6	-
3-Kaw	28,6	31,7	31,9	31,4	-	27,6	26,3	26,9	29,4	31,1	31,4	-
3-Gros	28,6	31,7	31,9	31,4	-	27,6	26,3	26,9	29,4	31,1	31,4	-
3-Cal	33,2	36,9	37,1	36,5	-	32,0	30,6	31,3	34,1	36,2	36,5	-
3-Cal-MS	30,3	34,3	34,5	33,8	-	29,0	27,4	28,1	31,3	33,5	33,8	-
5-Kaw	29,7	33,7	33,9	32,9	-	28,8	27,4	28,4	31,1	32,7	32,9	-
5-Gros	28,4	31,8	32,0	31,1	-	27,6	26,4	27,3	29,6	30,9	31,1	-
5-Cal	32,8	37,2	37,4	36,3	-	31,8	30,3	31,4	34,3	36,0	36,3	-
5-Cal-MS	29,8	34,7	34,9	33,7	-	28,7	27,0	28,2	31,5	33,4	33,7	-
	Agrupamento (2 Locais)											
Lab.	31,5	35,3	35,3	36,5	30,7	30,6	28,7	31,1	34,7	37,0	37,2	35,7
3-Kaw	28,6	32,3	32,3	31,4	31,9	28,5	26,3	28,6	30,8	32,5	33,0	36,1
3-Gros	28,6	31,6	31,6	31,4	30,2	28,0	26,3	28,0	30,1	31,7	32,1	33,7
3-Cal	31,5	34,7	34,8	34,5	33,2	30,8	29,0	30,8	33,1	34,8	35,3	37,1
3-Cal-MS	30,1	34,3	34,4	34,0	32,4	29,2	26,9	29,2	32,2	34,4	35,1	37,5
5-Kaw	29,7	33,6	33,7	32,9	32,1	29,3	27,4	29,6	31,9	33,4	33,9	36,2
5-Gros	28,4	31,7	31,8	31,1	30,4	28,1	26,4	28,3	30,3	31,5	32,0	33,8
5-Cal	31,0	34,9	35,0	34,2	33,4	30,7	28,8	31,0	33,2	34,7	35,2	37,4
5-Cal-MS	29,6	34,6	34,7	33,8	32,7	29,1	26,7	29,5	32,4	34,3	35,0	37,9

Lab: método analítico; 3-Kaw e 5-Kaw: equação de Kawano et al. (1987) com 3 e 5 kg de raízes; 3-Gros e 5-Gros: equação de Grossman e Freitas (1950) com 3 e 5 kg de raízes; 3-Cal e 5-Cal: equações calculadas neste estudo para os teores de MS e amido com 3 e 5 kg de raízes; 3-Cal-MS e 5-Cal-MS: equações calculadas neste estudo para teor de MS – 4,65 utilizando 3 e 5 kg de raízes.

APÊNDICE C – Produtividade de amido de mandioca por diferentes métodos de determinação em função da época de colheita e locais

Métodos	MAP											
	5	7	9	10	11	12	13	14	15	17	19	21
	São Pedro do Turvo											
Lab.	-	7,2	7,5	-	7,8	8,0	-	10,4	13,0	15,2	16,4	17,0
3-Kaw	-	7,3	7,8	-	8,0	8,4	-	10,9	13,3	15,2	16,7	17,2
3-Gros	-	6,9	7,3	-	7,6	8,0	-	10,4	12,6	14,3	15,6	16,0
3-Cal	-	7,2	7,6	-	7,9	8,2	-	10,7	13,1	15,0	16,5	17,0
3-Cal-MS	-	7,5	8,0	-	8,3	8,7	-	11,3	13,8	15,8	17,3	17,8
5-Kaw	-	7,3	7,8	-	8,1	8,5	-	10,9	13,3	15,1	16,7	17,2
5-Gros	-	6,9	7,3	-	7,7	8,1	-	10,4	12,6	14,2	15,6	16,1
5-Cal	-	7,2	7,6	-	7,9	8,2	-	10,6	13,0	14,8	16,4	17,0
5-Cal-MS	-	7,6	8,0	-	8,4	8,8	-	11,4	13,8	15,6	17,2	17,8
	Paraguaçu Paulista											
Lab.	5,2	8,5	9,8	10,1	-	8,9	8,8	11,8	15,3	17,8	18,4	-
3-Kaw	4,7	7,3	8,4	8,6	-	7,7	8,0	9,9	12,5	14,4	14,9	-
3-Gros	4,7	7,3	8,4	8,6	-	7,7	8,0	9,9	12,5	14,4	14,9	-
3-Cal	5,4	8,5	9,8	10,1	-	8,9	9,3	11,5	14,5	16,7	17,3	-
3-Cal-MS	5,0	7,9	9,1	9,3	-	8,1	8,4	10,4	13,3	15,5	16,0	-
5-Kaw	4,9	7,8	9,0	9,1	-	8,0	8,3	10,5	13,2	15,1	15,6	-
5-Gros	4,6	7,3	8,4	8,6	-	7,7	8,0	10,1	12,6	14,3	14,8	-
5-Cal	5,4	8,5	9,9	10,0	-	8,9	9,2	11,6	14,6	16,6	17,2	-
5-Cal-MS	4,9	8,0	9,2	9,3	-	8,0	8,2	10,4	13,4	15,4	16,0	-
	Agrupamento (2 Locais)											
Lab.	5,2	7,9	8,9	10,1	7,8	8,5	8,8	11,2	14,4	16,8	17,5	17,0
3-Kaw	4,7	7,2	8,1	8,6	8,0	7,9	8,0	10,2	12,8	14,7	15,5	17,2
3-Gros	4,7	7,1	8,0	8,6	7,6	7,8	8,0	10,0	12,5	14,3	15,0	16,0
3-Cal	5,2	7,8	8,8	9,5	8,4	8,6	8,8	11,1	13,8	15,7	16,5	17,7
3-Cal-MS	4,9	7,7	8,7	9,4	8,1	8,1	8,2	10,5	13,4	15,6	16,5	17,8
5-Kaw	4,9	7,5	8,5	9,1	8,1	8,2	8,3	10,6	13,3	15,1	15,9	17,2
5-Gros	4,6	7,1	8,0	8,6	7,7	7,8	8,0	10,2	12,6	14,2	15,0	16,1
5-Cal	5,1	7,8	8,8	9,4	8,4	8,6	8,8	11,2	13,8	15,7	16,5	17,8
5-Cal-MS	4,8	7,7	8,7	9,3	8,2	8,1	8,1	10,6	13,5	15,5	16,4	18,0

Lab: método analítico; 3-Kaw e 5-Kaw: equação de Kawano et al. (1987) com 3 e 5 kg de raízes; 3-Gros e 5-Gros: equação de Grossman e Freitas (1950) com 3 e 5 kg de raízes; 3-Cal e 5-Cal: equações calculadas neste estudo para os teores de MS e amido com 3 e 5 kg de raízes; 3-Cal-MS e 5-Cal-MS: equações calculadas neste estudo para teor de MS – 4,65 utilizando 3 e 5 kg de raízes.

APÊNDICE D – Variação no teor de MS nas raízes de mandioca por diferentes métodos de determinação comparado ao método laboratorial em função da época de colheita e locais

Métodos	MAP											
	5	7	9	10	11	12	13	14	15	17	19	21
	São Pedro do Turvo											
3-Kaw	-	-0,2	-0,8	-	-0,6	-2,0	-	-0,8	-0,5	-0,5	-1,0	-2,1
3-Gros	-	-2,1	-2,6	-	-2,2	-3,3	-	-2,3	-2,3	-2,5	-3,4	-4,5
3-Cal	-	1,1	0,5	-	0,7	-0,8	-	0,5	0,8	0,8	0,3	-0,8
5-Kaw	-	0,0	-0,7	-	-0,3	-1,6	-	-0,6	-0,5	-0,7	-1,1	-2,0
5-Gros	-	-1,9	-2,6	-	-2,0	-2,9	-	-2,1	-2,3	-2,8	-3,4	-4,4
5-Cal	-	1,2	0,5	-	0,9	-0,4	-	0,6	0,7	0,5	0,1	-0,8
	Paraguaçu Paulista											
3-Kaw	2,6	-1,1	-1,8	-0,9	-	-1,5	0,6	2,1	-1,2	-1,6	-1,9	-
3-Gros	1,3	-3,0	-3,8	-2,8	-	-2,7	-0,4	1,0	-2,7	-3,4	-3,8	-
3-Cal	3,0	-0,4	-1,1	-0,3	-	-1,3	0,7	2,3	-0,8	-1,0	-1,3	-
5-Kaw	2,3	-1,0	-1,7	-1,2	-	-1,5	0,7	2,5	-1,0	-1,8	-2,2	-
5-Gros	1,1	-2,9	-3,7	-3,0	-	-2,6	-0,3	1,4	-2,5	-3,6	-4,0	-
5-Cal	2,5	0,0	-0,7	-0,4	-	-1,5	0,3	2,4	-0,5	-1,1	-1,4	-
	Agrupamento (2 Locais)											
3-Kaw	2,6	-0,8	-1,5	-0,9	-0,6	-1,6	0,6	0,9	-0,9	-1,1	-1,6	-2,1
3-Gros	1,3	-2,7	-3,4	-2,8	-2,2	-2,8	-0,4	-0,3	-2,5	-3,0	-3,6	-4,5
3-Cal	2,8	0,0	-0,6	-0,2	0,0	-1,6	0,2	0,9	-0,4	-0,3	-0,6	-0,7
5-Kaw	2,3	-0,7	-1,3	-1,2	-0,3	-1,5	0,7	1,3	-0,7	-1,3	-1,7	-2,0
5-Gros	1,1	-2,6	-3,2	-3,0	-2,0	-2,7	-0,3	0,0	-2,4	-3,2	-3,7	-4,4
5-Cal	2,3	0,3	-0,3	-0,4	0,2	-1,7	0,0	1,2	-0,2	-0,4	-0,6	-0,3

3-Kaw e 5-Kaw: equação de Kawano et al. (1987) com 3 e 5 kg de raízes; 3-Gros e 5-Gros: equação de Grossman e Freitas (1950) com 3 e 5 kg de raízes; 3-Cal e 5-Cal: equações calculadas neste estudo para os teores de MS e amido com 3 e 5 kg de raízes.

APÊNDICE E – Variação no teor de amido das raízes de mandioca por diferentes métodos de determinação comparado ao método laboratorial em função da época de colheita e locais

Métodos	MAP											
	5	7	9	10	11	12	13	14	15	17	19	21
	São Pedro do Turvo											
3-Kaw	-	0,3	0,9	-	1,1	1,3	-	1,2	0,8	0,2	0,7	0,4
3-Gros	-	-1,6	-1,0	-	-0,5	0,0	-	-0,3	-1,0	-1,9	-1,7	-2,0
3-Cal	-	-0,2	0,4	-	0,6	0,6	-	0,6	0,3	-0,2	0,3	0,1
3-Cal-MS	-	1,5	2,1	-	2,4	2,5	-	2,4	2,1	1,5	2,0	1,7
5-Kaw	-	0,5	1,0	-	1,4	1,6	-	1,4	0,8	0,0	0,6	0,5
5-Gros	-	-1,4	-0,9	-	-0,3	0,3	-	-0,2	-1,0	-2,1	-1,7	-1,9
5-Cal	-	-0,2	0,3	-	0,5	0,6	-	0,5	0,0	-0,7	0,1	0,1
5-Cal-MS	-	1,7	2,2	-	2,6	2,8	-	2,6	2,0	1,2	1,8	1,7
	Paraguaçu Paulista											
3-Kaw	-2,9	-5,1	-5,4	-5,1	-	-4,4	-2,4	-4,8	-6,6	-7,4	-7,2	-
3-Gros	-2,9	-5,1	-5,4	-5,1	-	-4,4	-2,4	-4,8	-6,6	-7,4	-7,2	-
3-Cal	1,7	0,0	-0,2	0,0	-	0,0	1,9	-0,5	-1,9	-2,4	-2,1	-
3-Cal-MS	-1,2	-2,6	-2,7	-2,7	-	-3,0	-1,3	-3,6	-4,7	-5,0	-4,8	-
5-Kaw	-1,9	-3,1	-3,3	-3,5	-	-3,2	-1,3	-3,4	-4,9	-5,9	-5,7	-
5-Gros	-3,2	-5,1	-5,3	-5,3	-	-4,4	-2,3	-4,5	-6,4	-7,7	-7,5	-
5-Cal	1,2	0,3	0,1	-0,2	-	-0,2	1,6	-0,3	-1,7	-2,5	-2,3	-
5-Cal-MS	-1,7	-2,2	-2,3	-2,7	-	-3,3	-1,7	-3,5	-4,5	-5,1	-4,8	-
	Agrupamento (2 Locais)											
3-Kaw	-2,9	-3,0	-3,0	-5,1	1,1	-2,2	-2,4	-2,5	-3,8	-4,6	-4,3	0,4
3-Gros	-2,9	-3,7	-3,7	-5,1	-0,5	-2,6	-2,4	-3,1	-4,5	-5,3	-5,1	-2,0
3-Cal	-0,1	-0,6	-0,6	-2,0	2,5	0,2	0,3	-0,3	-1,6	-2,2	-2,0	1,4
3-Cal-MS	-1,5	-1,0	-1,0	-2,5	1,7	-1,4	-1,9	-1,9	-2,4	-2,6	-2,2	1,8
5-Kaw	-1,9	-1,7	-1,7	-3,5	1,4	-1,3	-1,3	-1,5	-2,8	-3,6	-3,3	0,5
5-Gros	-3,2	-3,6	-3,6	-5,3	-0,3	-2,5	-2,3	-2,8	-4,4	-5,5	-5,3	-1,9
5-Cal	-0,5	-0,4	-0,4	-2,2	2,7	0,1	0,1	-0,1	-1,4	-2,3	-2,0	1,7
5-Cal-MS	-2,0	-0,7	-0,6	-2,7	1,9	-1,5	-2,1	-1,6	-2,3	-2,7	-2,2	2,2

3-Kaw e 5-Kaw: equação de Kawano et al. (1987) com 3 e 5 kg de raízes; 3-Gros e 5-Gros: equação de Grossman e Freitas (1950) com 3 e 5 kg de raízes; 3-Cal e 5-Cal: equações calculadas neste estudo para os teores de MS e amido com 3 e 5 kg de raízes; 3-Cal-MS e 5-Cal-MS: equações calculadas neste estudo para teor de MS – 4,65 utilizando 3 e 5 kg de raízes.

APÊNDICE F – Variação na produtividade de amido das raízes de mandioca por diferentes métodos de determinação comparado ao método laboratorial em função da época de colheita e locais

Métodos	MAP											
	5	7	9	10	11	12	13	14	15	17	19	21
	São Pedro do Turvo											
3-Kaw	-	1,6	3,4	-	4,7	5,1	-	4,4	2,9	1,0	2,3	1,7
3-Gros	-	-4,1	-2,4	-	-0,6	0,5	-	-0,7	-2,8	-5,1	-4,3	-4,9
3-Cal	-	0,1	1,9	-	2,8	2,7	-	2,5	1,3	-0,2	1,4	0,8
3-Cal-MS	-	5,4	7,3	-	8,8	9,3	-	8,5	6,8	4,8	6,1	5,5
5-Kaw	-	2,1	3,5	-	5,5	6,5	-	5,0	2,7	0,2	2,2	2,0
5-Gros	-	-3,6	-2,3	-	0,0	1,8	-	-0,2	-2,9	-5,7	-4,4	-4,7
5-Cal	-	0,0	1,3	-	2,7	2,8	-	2,1	0,4	-1,6	0,8	0,8
5-Cal-MS	-	5,8	7,3	-	9,4	10,7	-	9,0	6,5	3,8	5,7	5,5
	Paraguaçu Paulista											
3-Kaw	-8,6	-13,7	-13,8	-13,7	-	-13,2	-7,3	-13,7	-17,3	-17,7	-17,7	-
3-Gros	-8,7	-13,7	-13,8	-13,7	-	-13,2	-7,3	-13,7	-17,3	-17,7	-17,7	-
3-Cal	6,0	0,4	0,2	0,4	-	0,8	7,9	0,3	-3,9	-4,3	-4,3	-
3-Cal-MS	-3,4	-6,7	-6,7	-6,9	-	-8,8	-3,4	-9,7	-11,9	-11,4	-11,3	-
5-Kaw	-5,3	-8,3	-8,3	-9,3	-	-9,5	-3,5	-8,9	-12,5	-13,6	-13,7	-
5-Gros	-9,4	-13,5	-13,6	-14,2	-	-13,2	-7,0	-12,5	-16,7	-18,3	-18,4	-
5-Cal	4,6	1,1	1,1	0,0	-	0,1	6,9	0,7	-3,4	-4,8	-4,9	-
5-Cal-MS	-5,0	-5,6	-5,5	-7,1	-	-9,7	-4,8	-9,4	-11,3	-11,7	-11,6	-
	Agrupamento (2 Locais)											
3-Kaw	-8,6	-8,5	-8,4	-13,7	4,7	-6,4	-7,3	-7,4	-10,4	-12,0	-11,2	1,7
3-Gros	-8,7	-10,4	-10,3	-13,7	-0,6	-8,0	-7,3	-9,2	-12,4	-14,1	-13,5	-4,9
3-Cal	0,4	-1,5	-1,3	-5,1	9,2	1,3	2,4	0,2	-3,6	-5,5	-4,9	4,6
3-Cal-MS	-4,1	-2,6	-2,4	-6,5	6,3	-4,0	-5,3	-5,0	-6,2	-6,5	-5,5	5,6
5-Kaw	-5,3	-4,8	-4,5	-9,3	5,5	-3,5	-3,5	-3,9	-7,4	-9,5	-8,6	2,0
5-Gros	-9,4	-10,1	-10,0	-14,2	0,0	-7,5	-7,0	-8,1	-12,1	-14,6	-14,0	-4,7
5-Cal	-0,9	-1,0	-0,8	-5,7	9,8	1,2	1,7	0,8	-3,3	-5,9	-5,1	5,5
5-Cal-MS	-5,7	-1,8	-1,6	-7,1	7,3	-4,0	-6,2	-4,1	-5,7	-6,9	-5,6	6,8

3-Kaw e 5-Kaw: equação de Kawano et al. (1987) com 3 e 5 kg de raízes; 3-Gros e 5-Gros: equação de Grossman e Freitas (1950) com 3 e 5 kg de raízes; 3-Cal e 5-Cal: equações calculadas neste estudo para os teores de MS e amido com 3 e 5 kg de raízes; 3-Cal-MS e 5-Cal-MS: equações calculadas neste estudo para teor de MS – 4,65 utilizando 3 e 5 kg de raízes.