

MANDIOCA DE MESA: INSTRUÇÕES PRÁTICAS DE CULTIVO



JOSÉ CARLOS **FELTRAN**

VALDEMIR ANTONIO **PERESSIN**

LILIAN CRISTINA **ANEFALOS**

ELIANE GOMES **FABRI**

ANGÉLICA PRELA **PANTANO**

ANTONIO CARLOS PRIES **DEVIDE**

CRISTINA MARIA DE **CASTRO**

JOSÉ ROBERTO DA **SILVA**

CÁSSIA REGINA LIMONTA **CARVALHO**

JULIANA ROLIM SALOMÉ **TERAMOTO**

PAULO ROBERTO NOGUEIRA DE **CARVALHO**

SÉRGIO **DONÁ**





Governo do Estado de São Paulo
Secretaria de Agricultura e Abastecimento
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
Instituto Agronômico

Governador do Estado de São Paulo
Tarcísio de Freitas

Secretário de Agricultura e Abastecimento
Antonio Julio Junqueira de Queiroz

Secretário Executivo de Agricultura e Abastecimento
Marcos Renato Böttcher

Coordenador da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
Carlos Nabil Ghobril

Diretor Técnico de Departamento do Instituto Agronômico
Marcos Guimarães de Andrade Landell

MANDIOCA DE MESA: INSTRUÇÕES PRÁTICAS DE CULTIVO

José Carlos **FELTRAN** ⁽¹⁾

Valdemir Antonio **PERESSIN** ⁽¹⁾

Lilian Cristina **ANEFALOS** ⁽¹⁾

Eliane Gomes **FABRI** ⁽¹⁾

Angélica Prael **PANTANO** ⁽²⁾

Antonio Carlos Pries **DEVIDE** ⁽³⁾

Cristina Maria de **CASTRO** ⁽³⁾

José Roberto da **SILVA** ⁽⁴⁾

Cássia Regina Limonta **CARVALHO** ⁽⁵⁾

Juliana Rolim Salomé **TERAMOTO** ⁽⁵⁾

Paulo Roberto Nogueira de **CARVALHO** ⁽⁶⁾

M272 Mandioca de mesa: instruções práticas de cultivo / José Carlos Feltran, Valdemir Antonio Peressin, Lilian Cristina Anefalos, et al. Campinas: Instituto Agrônômico, 2023. 106p. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 232) on-line

ISSN 1809-7936

I. Mandioca de mesa. I. Feltran, José Carlos. II. Peressin, Valdemir Antonio. III. Anefalos, Lilian Cristina. IV. Fabri, Eliane Gomes. V. Pantano, Angélica Praela. VI. Devidé, Antonio Carlos Pries. VII. Castro, Cristina Maria de. VIII. Silva, José Roberto da. IX. Carvalho, Cássia Regina Limonta. X. Teramoto, Juliana Rolim Salomé. XI. Carvalho, Paulo Robero Nogueira de. XII. Doná, Sérgio. XIII. Série.

CDD. 633.495

O Conteúdo do Texto é de Inteira Responsabilidade dos Autores.

Comitê Editorial do Instituto Agrônômico

Lúcia Helena Signori Melo de Castro

Fernando Alves de Azevedo

Fernando César Bachiega Zambrosi

Gabriel Constantino Blain

Valéria Aparecida Modolo

Equipe participante desta publicação

Coordenação da Editoração: Silvana Aparecida Barbosa

Editoração Eletrônica e Capa: Quebra-Cabeça

qcartesgraficas@terra.com.br / (19) 99729-2463

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação do Copyright © (Lei nº 9.610).

Instituto Agrônômico

Caixa Postal 28

13012-970 Campinas (SP) - Brasil

www.iac.sp.gov.br

SUMÁRIO

Página

RESUMO	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUÇÃO	3
1.1. Importância econômica e social da mandioca	3
1.2. Mandioca de mesa no estado de São Paulo	5
2. ECOFISIOLOGIA DA MANDIOCA	10
2.1. Condições climáticas para o cultivo da mandioca	10
2.2. Fisiologia da produção	15
3. NUTRIÇÃO MINERAL E ADUBAÇÃO DA MANDIOCA	18
3.1. Sistema radicular da mandioca	19
3.1.1. Caracterização das raízes fibrosas	19
3.1.2. Simbiose com fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e bactérias diazotróficas endofíticas	20
3.1.3. Caracterização das raízes tuberosas	24
3.2. Exigências nutricionais da mandioca	25
3.2.1. Extração de nutrientes do solo pela planta	25
3.2.2. Exportação de nutrientes pela planta	26
3.3. Adubação da mandioca	27
3.3.1. Adubação química (NPK)	27
3.3.2. Adubação orgânica	28
3.3.3. Recomendações de adubação de mandioca de mesa - Boletim 100	29

4. MATERIAL DE PLANTIO	32
4.1. Qualidade fisiológica do material de plantio	32
4.2. Qualidade nutricional do material de plantio	38
4.3. Qualidade fitossanitária do material de plantio	42
4.4. Danos físicos/mecânicos no material de plantio	48
4.5. Recomendações de manejo para produção de hastes de alta qualidade - viveiro	49
5. CULTIVARES DE MANDIOCA	50
5.1. Histórico da cultura da mandioca no Instituto Agrônômico (IAC)	50
5.2. Características principais de mandioca de mesa	59
5.3. Cultivares de mandioca de mesa	63
5.3.1. Descrição das cultivares IAC de mandioca de mesa	64
6. PLANTIO E COLHEITA	74
6.1. Época de plantio	74
6.2. Espaçamento de plantio	75
6.3. Profundidade de plantio	75
6.4. Controle de plantas daninhas	77
6.5. Planejamento da colheita	81
7. PRINCIPAIS DOENÇAS, VIROSES E PRAGAS	82
8. ALIMENTOS ENRIQUECIDOS: POTENCIAL DE USO DE RESÍDUOS DE COLHEITA	89
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
REFERÊNCIAS	94

MANDIOCA DE MESA: INSTRUÇÕES PRÁTICAS DE CULTIVO

José Carlos **FELTRAN** ⁽¹⁾
Valdemir Antonio **PERESSIN** ⁽¹⁾
Lilian Cristina **ANEFALOS** ⁽¹⁾
Eliane Gomes **FABRI** ⁽¹⁾
Angélica Praela **PANTANO** ⁽²⁾
Antonio Carlos Pries **DEVIDE** ⁽³⁾
Cristina Maria de **CASTRO** ⁽³⁾
José Roberto da **SILVA** ⁽⁴⁾
Cássia Regina Limonta **CARVALHO** ⁽⁵⁾
Juliana Rolim Salomé **TERAMOTO** ⁽⁵⁾
Paulo Roberto Nogueira de **CARVALHO** ⁽⁶⁾
Sérgio **DONÁ** ⁽⁷⁾

RESUMO

A mandioca tem papel fundamental na segurança alimentar das populações, principalmente das situadas nas zonas mais carentes. Estima-se que mais de 800 milhões de pessoas têm a

⁽¹⁾ Instituto Agrônômico (IAC), Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Horticultura, Campinas (SP).

⁽²⁾ Instituto Agrônômico (IAC), Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Biosistemas Agrícolas e Pós-colheita, Campinas (SP).

⁽³⁾ APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Pindamonhangaba, Pindamonhangaba (SP).

⁽⁴⁾ Instituto de Economia Agrícola (IEA), São Paulo (SP).

⁽⁵⁾ Instituto Agrônômico (IAC), Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Recursos Genéticos Vegetais, Campinas (SP).

⁽⁶⁾ Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos, Campinas (SP).

⁽⁷⁾ APTA Regional, Unidade Regional de Pesquisa e Desenvolvimento de Assis, Assis (SP).

Autor correspondente: jose.feltran@sp.gov.br

mandioca como alimento básico. Originária do continente americano é cultivada praticamente em todo o território brasileiro, onde ocorre desde cultivos de subsistência até os mais tecnificados. No estado de São Paulo, assim como no Brasil, a mandioca é cultivada para uso na alimentação humana, na forma in natura (cozidas ou fritas) e para fins industriais (farinhas e féculas nativas e modificadas). Desde 1935 o Instituto Agrônomo (IAC) vem atuando no desenvolvimento de tecnologias para essa cultura com a liberação de cultivares e ajustes nas tecnologias de produção. Este Boletim Técnico tem o objetivo de apresentar recomendações e tecnologias da cultura de mandioca de mesa aos agricultores, estudantes e técnicos, visando aumentar a renda no campo.

Palavras-chave: mandioca, recomendações, tecnologias.

ABSTRACT

Cassava has a fundamental role in the food security of populations, especially those located in the most needy areas, it is estimated that more than 800 million people have cassava as their staple food. Originating from the American continent, it is cultivated practically throughout the Brazilian territory, where there are from subsistence crops to the most technified. In the State of São Paulo, as well as in Brazil, cassava is cultivated for human consumption, in natura (cooked or fried) and for industrial purposes (native and modified flour and starch). Since 1935, the Agronomic Institute (IAC) has been working on the development of technologies for this culture, such as the release of cultivars and adjustments in production technologies. This technical bulletin has the objective of presenting recommendations and technologies for table cassava to farmers, students and technicians, in order to increase income in the field.

Keywords: cassava, recommendations, technologies.

1. INTRODUÇÃO

Domesticada no continente americano na transição floresta-cerrado, a mandioca foi disseminada pelo Planalto Central e da Bolívia ao México pelas migrações dos nativos do tronco linguístico aruáks e pelo nordeste e litoral do Brasil pelo tronco linguístico tupi. Posteriormente foi introduzida no continente africano pelos comerciantes de escravos, especificamente nas regiões das feitorias para servir de alimento, inclusive durante as viagens ultramarinas. Da África foi levada ao continente asiático pelos comerciantes portugueses e espanhóis e por exploradores ingleses. A mandioca “...foi o produto que mais influenciou e transformou a fisionomia da agricultura da África Central...” (MAESTRI FILHO, 1978). Nos continentes africano e asiático tornou-se cultura de grande importância econômica, social e alimentar.

A cultura da mandioca tem exigência de poucos insumos para sua produção, que dessa forma torna-se sustentável. Isso possibilita sua adaptação a sistemas de produção de baixo impacto ou mesmo ao cultivo orgânico. Por esse motivo está presente em muitos ambientes marginais, em quintais rurais e na agricultura urbana e periurbana. A planta de mandioca apresenta alta adaptabilidade a ambientes estressantes e pode ser cultivada onde outras culturas não conseguem produzir adequadamente. Isso ocorre por meio de ajustes fisiológicos no sistema de uso de água da planta e pelas associações com microrganismos — micorrizas vesículo-arbusculares e bactérias diazotróficas — que garantem a absorção de fósforo (P) e de nitrogênio (N), respectivamente.

1.1. Importância econômica e social da mandioca

Dados econômicos demonstram o papel fundamental da mandioca na segurança alimentar das populações, principalmente das situadas nas zonas mais carentes do ambiente tropical e subtropical, sendo o alimento básico de mais de 800 milhões de pessoas espalhadas pelo mundo (FAO, 2013). Mundialmente são produzidas próximo de 304 milhões de toneladas de raízes de mandioca. Dessa quantidade o

Brasil, quinto produtor mundial, contribui com apenas 5,8% desse volume de produção, cultivando aproximadamente 1,3 milhões de hectares (FAOSTAT, 2021). No Brasil, a produção está espalhada por todo o território nacional e pode ser classificada em mandioca industrial e mandioca de mesa.

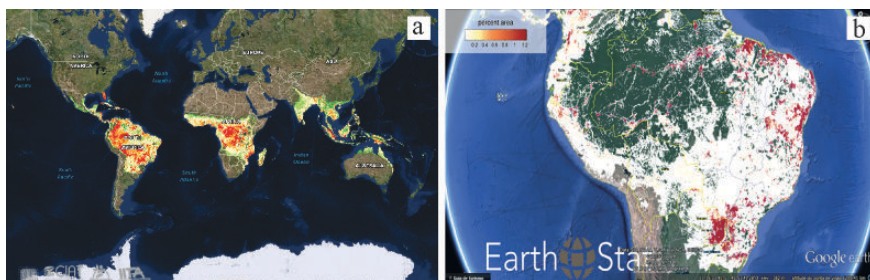


Figura 1. Área colhida de mandioca no mundo (a) e distribuição da produção de mandioca por regiões do Brasil (b). Fonte: (a) <http://www.rtb.cgiar.org/RTBMaps/>; (b) <http://www.earthstat.org/harvested-area-yield-175-crops/>.

A raiz de mandioca pode ser utilizada na alimentação humana, na forma in natura (cozidas ou fritas) e na forma processada (farinhas e féculas nativas e modificadas). Na indústria alimentícia a fécula tem aplicações como espessante, geleificante, estabilizante e emulsificante; na indústria não alimentícia a fécula é utilizada em aplicações nas áreas de petróleo, têxtil, papel, biopolímeros e farmacêutica. Na alimentação animal as raízes, a parte aérea e os resíduos do processamento industrial podem ser utilizados na forma de raspas, silagem e farelo de bagaço, respectivamente. Como recurso energético, as raízes e a parte aérea, ainda, podem ser utilizadas na produção de etanol e na geração de energia térmica, respectivamente (Figura 2). Dessa forma, pode-se verificar a importância estratégica dessa cultura para a indústria, alimentação humana e animal e para geração de energia. Por esses motivos a FAO considera a mandioca como a cultura do século XXI (FAO, 2013).

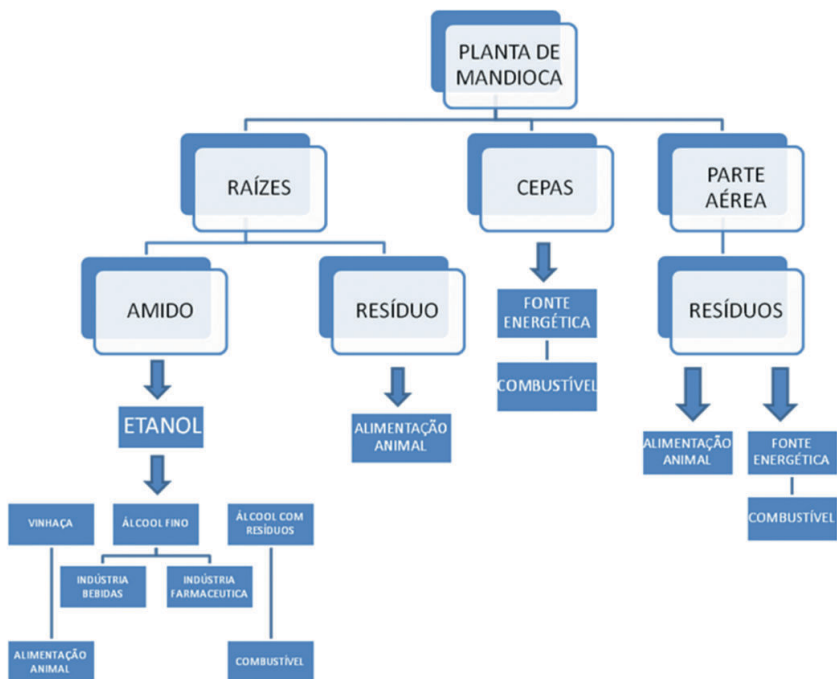


Figura 2. Fluxograma do potencial de usos das partes da planta de mandioca (raízes, cepas e parte aérea) como energia e alimento animal.

Fonte: Arquivos IAC (2013).

No Brasil, a produção estimada de mandioca em 2020 foi de 19 milhões de toneladas de raízes, utilizando-se área aproximada de 1,3 mil hectares (IBGE, 2019), entretanto essa compilação de dados não faz divisão entre a mandioca de mesa e a mandioca de uso industrial. No estado de São Paulo temos as duas atividades, sendo a mandioca industrial concentrada nas regiões administrativas de Marília e Presidente Prudente, enquanto a mandioca de mesa concentra a produção nas regiões administrativas de Campinas e Sorocaba (IEA, 2020).

1.2. Mandioca de mesa no estado de São Paulo

A cultura da mandioca é praticada em todas as unidades da Federação, destacando-se os estados do Pará, Paraná, Bahia,

Maranhão, Rio Grande do Sul e São Paulo. As regiões Norte e Nordeste do país responderam em 2017 por 61% da produção nacional. O estado do Pará, maior produtor, utiliza toda a produção de raízes para a fabricação de farinha d'água e farinha de mandioca-seca, predominantemente artesanal (MODESTO JUNIOR; ALVES, 2016). Na farinha d'água as raízes são colocadas em água para fermentar, por aproximadamente 4 dias. (CHISTÉ; COHEN, 2006). Os estados do Paraná e São Paulo apresentam um parque industrial mais desenvolvido, tanto para a farinha quanto para a fécula (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição espacial da produção brasileira de mandioca: regiões e estados selecionados, 2017

Região/estado	Área plantada (ha)	Área colhida (ha)	Produção (t)	Produtividade t ha ⁻¹
Norte	787.800	486.550	7.434.781	15,3
Pará	570.846	295.137	4.234.597	14,3
Amazonas	94.883	86.298	832.095	9,8
Nordeste	872.216	526.239	5.172.156	9,8
Bahia	230.143	192.137	2.078.752	10,8
Maranhão	293.945	151.157	1.315.554	8,7
Sudeste	169.216	122.424	2.254.348	18,8
São Paulo	62.444	46.618	1.142.556	21,9
Minas Gerais	85.955	56.851	840.897	14,8
Sul	224.362	208.135	4.556.462	21,9
Paraná	125.716	125.716	3.046.721	24,2
Santa Catarina	26.902	22.418	442.884	19,8
Rio Grande do Sul	71.744	60.001	1.066.857	17,8
Centro-Oeste	73.070	63.997	1.188.290	18,6
Mato Grosso do Sul	31.840	31.840	695.783	21,9
Mato Grosso	20.903	19.093	281.962	14,8

Fonte: IBGE/LSPA (dez. 2017).

Em nível nacional não existem estatísticas que discriminem a mandioca industrial, aquela que é processada para a obtenção de farinha e de fécula, entre outros produtos, daquela cultivada para a mesa, exceto no estado de São Paulo, onde o Instituto de Economia Agrícola-IEA, em parceria com a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral-CATI separa os dois produtos em seus levantamentos de previsão e estimativas de safra. Assim, em 2019, o estado de São Paulo produziu 1,2 milhões de toneladas de mandioca para indústria e 281 mil toneladas de mandioca de mesa.

Em termos de Valor Bruto da Produção (VBP), conforme cálculo do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA, em 2020 a mandioca ocupou a 11.^a posição no ranking nacional do VBP. No estado de São Paulo o IEA calcula regularmente o Valor da Produção Agropecuária (VPA) e em 2020, a mandioca de mesa ocupou a 36.^a posição no ranking do VPA paulista.

A produção de mandioca de mesa em São Paulo está presente em todas as regiões do estado (Tabela 2). Em 2019, entre os 40 Escritórios de Desenvolvimento Rural-EDRs sobressaíram os de Mogi Mirim, Jaboticabal, Sorocaba, Presidente Venceslau e Pindamonhangaba, que juntos responderam por 52% das 281 mil toneladas produzidas no estado, conforme estimativa do IEA/CATI. Desse total, o EDR de Mogi Mirim respondeu por 34,5% da produção do estado. O EDR de Presidente Venceslau é o único em que a mandioca de mesa figura entre os cinco produtos de maior VPA da regional, mais especificamente na 4.^a posição, mas com participação de apenas 3,2%, precedida pelos VPAs da carne bovina (54%), cana-de-açúcar (26%) e leite (10%).

Comparando os dados de mandioca de mesa comercializadas na Companhia de Armazéns Gerais do Estado de São Paulo-CEAGESP com a produção do estado de São Paulo, verifica-se que em 2019, apenas 8,23% da produção paulista foi comercializada na CEAGESP.

Tabela 2. Principais regiões produtoras de mandioca para indústria e de mesa no estado de São Paulo em 2019

Mandioca para indústria (toneladas)		Mandioca de mesa (caixas de 25 kg)	
EDR	Volume	EDR	Volume
Assis	245.525	Mogi Mirim	3.878.140
P. Venceslau	208.409	Jaboticabal	637.700
Marília	156.200	Sorocaba	604.370
Tupã	147.290	Pindamonhangaba	373.610
Piracicaba	87.914	Itapetininga	363.220
Total do estado	1.234.029	-	11.231.392

Obs: A produção de 11,23 milhões de caixas de 25 kg de mandioca de mesa corresponde a 281 mil toneladas.

Fonte: IEA (2020).

Estudo de 2004 sobre a cadeia produtiva de mandioca em São Paulo já apontava a existência de uma expressiva diversidade de agentes na comercialização de mandioca de mesa. Descritos como: “*produtor-distribuidor, intermediário, produtor-processador-distribuidor, empacotador-distribuidor e distribuidor*” (BARROS et al., 2004, p. 39). A participação da comercialização de mandioca de mesa na CEAGESP de 2004 até o presente praticamente não se alterou, variando de 6,4% para 8,2% a produção do estado.

A figura do vendedor ambulante de mandioca na cidade de São Paulo vem sendo relatada em vários artigos: “...o sistema de comercialização é uma parceria entre diversos agentes autônomos que levam o produto para o mercado varejista e se encarregam de vendê-lo ao consumidor final. É formado por grupos de pessoas que montam um ponto de distribuição que se constitui num imóvel alugado, em grandes centros urbanos, para receber a mercadoria e de onde saem as carriolas cobrindo uma determinada região em torno desse ponto. A demanda dos

diversos grupos é passada para um agente coordenador que se encarrega de entrar em contato com o produtor de mandioca, providenciando a colheita, a embalagem e o transporte até os pontos de distribuição. Todos os elos são compostos de agentes autônomos...” (CHABARIBERY; SILVA, 2006, p. 27).

Além das vendas de porta em porta, promovendo a diversificação da comercialização da mandioca de mesa, o congelamento da raiz também colaborou para a expansão e diversificação dos equipamentos comercializadores do produto, permitindo maior praticidade, maior tempo de prateleira, e consequente expansão da comercialização do produto nas redes de supermercados e entre outros equipamentos de grandes centros urbanos (BARROS et al., 2004, p. 146). A produção comercializada in natura consegue valores inferiores aos da mandioca comercializada que passou por processamento mínimo, onde o valor de venda pode variar de R\$ 3,50/kg a R\$ 4,60/kg de mandioca descascada e resfriada (SEBRAE, 2014; SANCHES et al., 2017). A adoção do processamento mínimo em cooperativas ou mesmo pelo produtor rural promove a melhoria da renda no meio rural, o que pode permitir a fixação das famílias, inclusive dos jovens, no campo. Outro ponto interessante é o plantio de cultivares de mandioca de mesa ricas em carotenoides com atividades pró-vitamínicas, como a IAC 601 Vitaminada e outras derivadas do programa de melhoramento genético de mandioca de mesa do Instituto Agrônomo (IAC). Com o plantio dessa mandioca estima-se que pode ocorrer impacto positivo e indireto sobre a saúde da população consumidora, resultando em menor uso dos sistemas de saúde municipais. Aliado a esses produtos, o uso da folha de mandioca em alimentos enriquecidos destinados aos animais e, em outros, destinados ao homem pode melhorar o retorno econômico da atividade e impactar diretamente a saúde do consumidor. Assim, a cadeia da mandioca de mesa contribui para a segurança alimentar da população e melhora a renda no campo, permitindo melhor qualidade de vida aos consumidores e produtores.

2. ECOFISIOLOGIA DA MANDIOCA

A mandioca, *Manihot esculenta* Crantz, foi domesticada no continente americano. Admite-se que o centro de origem da mandioca compreende área de transição entre a floresta e o cerrado que se estende do Paraguai ao Brasil Central. Essa região apresenta áreas secas ou com estiagem bastante pronunciada, onde a condição climática predominante compreende os tipos Cw e Aw da classificação de Köppen, caracterizados por temperaturas elevadas e estação seca de inverno bem definida.

2.1. Condições climáticas para o cultivo da mandioca

A mandioca pode ser cultivada entre os paralelos 30° de latitude Norte e 30° de latitude Sul, adapta-se a ampla faixa, desde o nível do mar até cerca de 2.300 m, no entanto, tem melhor desenvolvimento em regiões mais baixas, com altitude entre 600 e 800 m. Isso ocorre principalmente por influência da temperatura.

Cultivos de mandioca em locais onde a temperatura média anual fica abaixo de 20 °C tem potencial vegetativo muito limitado e conseqüentemente menor produtividade, no entanto ocorre ótimo crescimento sob temperaturas médias superiores a 25 °C (COCK; ROSAS, 1975). A temperatura média anual, considerada ótima para o seu desenvolvimento fica entre 20 a 27 °C, sendo que em condições de temperaturas baixas, em torno de 15 °C, a germinação será atrasada e a atividade vegetativa da planta paralisada, fazendo com que entre em estado de repouso, situação essa observada nas regiões ao sul do Brasil.

Exige disponibilidade de luz ao redor de 12 horas por dia. Condições de dias mais longos favorecem o crescimento de parte aérea e reduzem o desenvolvimento das raízes de reserva, enquanto os dias mais curtos promovem o crescimento das raízes de reserva e reduzem o desenvolvimento dos ramos. Já em regiões do Nordeste a variação é muito pequena e não afeta o desenvolvimento da cultura.

Durante os meses úmidos e quentes, a planta vegeta abundantemente (Figura 3). A queda das folhas é um fenômeno natural e normal da espécie, pois à medida que a planta cresce as folhas vão caindo aos poucos, no sentido da base para o ápice. Nos meses mais frios e secos diminui a taxa de emissão de folhas, e as folhas mais velhas caem, desfolhando a planta, caracterizando o chamado “período de repouso fisiológico”, que constitui a época mais favorável para a colheita das raízes para fins industriais, pelo fato de ser o período em que ocorre maior concentração de amido nas raízes tuberosas. Entretanto em mandioca de mesa a colheita ocorre praticamente o ano todo e entre o oitavo e o décimo quarto mês, desde que as raízes tenham bom cozimento.

A faixa ideal e desejável de precipitação para o melhor desenvolvimento é entre 1.000 a 1.500 mm/ano, bem distribuídos. Em regiões tropicais, a mandioca é cultivada e produz bem em locais com índices de até 4.000 mm/ano, sem estação seca em nenhum período do ano; mas para isso se faz necessário que os solos sejam bem drenados, pois o encharcamento favorece a podridão de raízes (Figura 4). Solos profundos e friáveis, com textura média, são os mais adequados para o plantio, condição essa que ajuda no crescimento das raízes e facilita o processo de colheita. Terrenos com declividade até 10% podem ser utilizados, no entanto como a cultura tem crescimento lento e deixa desprotegido o solo, práticas de conservação do solo devem ser adotadas para se evitar a erosão.

Em condições de regiões semiáridas, onde são registrados de 500 a 700 mm de chuva por ano ou menos, é indicado adequar a época de plantio de forma que não ocorra em períodos de deficiência hídrica nos primeiros cinco meses de cultivo, o que pode afetar diretamente a produção.

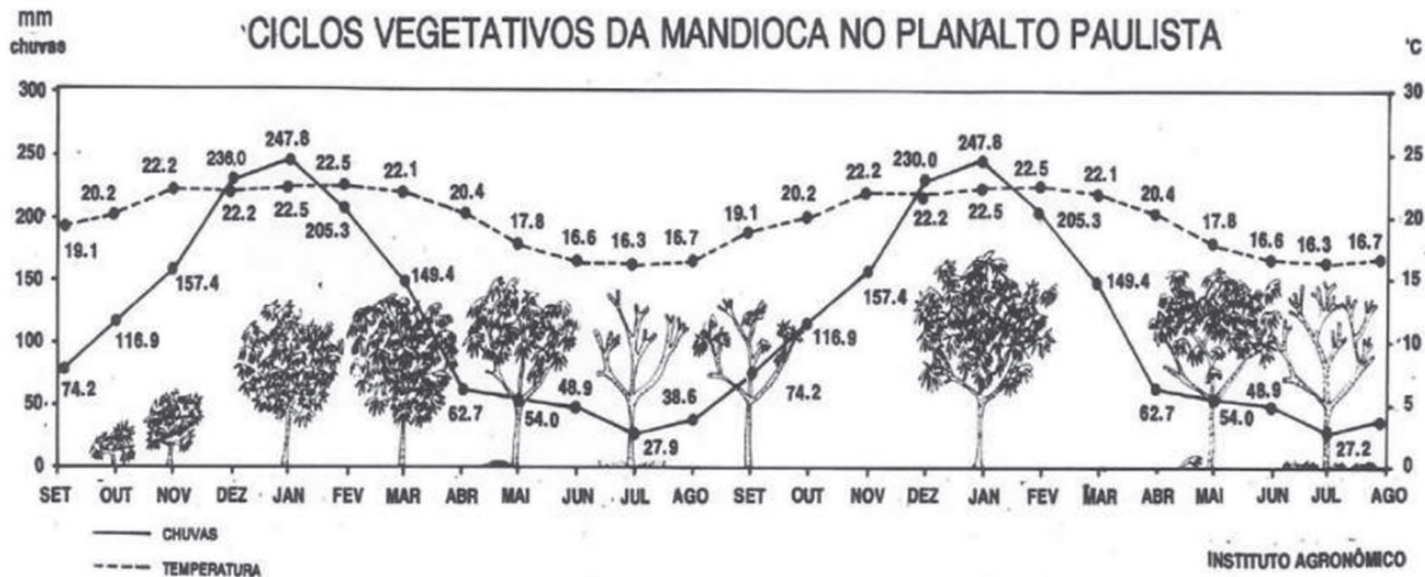


Figura 3. Ciclo vegetativo da mandioca cultivada no planalto paulista, apresentando dois ciclos vegetativos de crescimento. Organizada por Edgard Sant'Ana Normanha e adaptada por José Osmar Lorenzi. Fonte: Arquivos IAC (s.d.).



Figura 4. Podridão de raízes de mandioca provocada por patógenos em função de solos com excesso de umidade devido à compactação, solos com drenagem deficiente e mesmo em plantios feitos dentro de curvas de nível. Foto: Arquivo IAC (2009).

No estado de São Paulo o cultivo de mandioca não apresenta qualquer restrição por deficiência de umidade. As deficiências hídricas anuais mais elevadas encontradas no planalto, normalmente pouco ultrapassam a 160 mm e pode se considerar que a cultura da mandioca suporta bem deficiências até 200 mm anuais. É o excesso de umidade, índice hídrico de Thornthwaite (Im) = 100, que pode trazer dificuldades na formação de raízes e na colheita da mandioca. Áreas superúmidas podem ser consideradas marginais a inaptas para a cultura. Praticamente todo o território de São Paulo apresenta aptidão para o plantio de mandioca. Apenas as áreas serranas muito frias, com temperaturas médias anuais inferiores a 17 °C são inaptas ao cultivo de mandioca por insuficiência térmica.

O Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), além de direcionar para as localidades e épocas de cultivo mais adequadas indica que a irrigação reduz os riscos climáticos e dá maior previsibilidade dos

retornos econômicos, levando ao aumento da produtividade e colheita precoce, com possibilidade de escalonamento de plantio e colheitas em diferentes estações do ano.



Figura 5. Aptidão agrícola para a cultura da mandioca no estado de São Paulo: verde-claro - áreas aptas sem limitações; amarelo - áreas marginais com limitações por temperatura e ocorrência de geadas; azul - áreas marginais e inaptas por excesso de umidade; branco - áreas inaptas por insuficiência térmica e geadas frequentes. Fonte: Camargo et al. (1977).

O manejo com irrigação é observado em muitas regiões do país, principalmente em pequenas propriedades do Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste, com o objetivo de contornar a falta de água em determinados períodos e reduzir os riscos climáticos relacionados a incertezas de chuvas, principalmente no período inicial de desenvolvimento até o quinto mês, quando a planta é mais sensível.

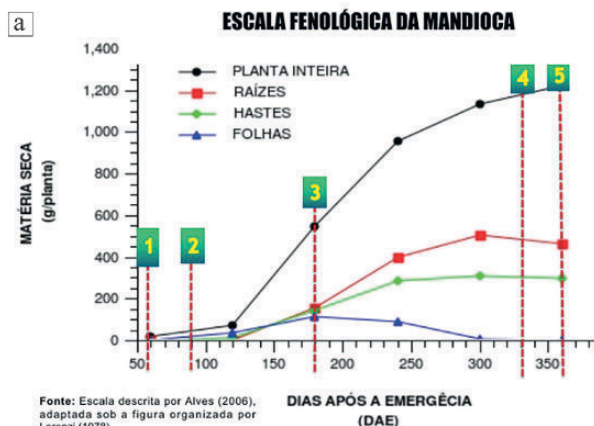
A irrigação pode ser por aspersão, sendo que a aspersão convencional é a mais utilizada e a que mais se adapta ao cultivo consorciado (prática comum de pequenos produtores), simulando chuva, em área total. Porém existem cultivos com aspersão por pivô central e irrigação localizada, como microaspersão e gotejamento. Vale ressaltar que na escolha do tipo

de sistema de irrigação devem ser levados em conta o tipo e a profundidade do solo, as variações e a variabilidade dos elementos climáticos durante o ciclo produtivo. Ainda referente à irrigação é necessário considerar as condições do solo, como a boa capacidade de drenagem, pois a mandioca é uma cultura sensível a longos períodos de encharcamento, o que pode dificultar a brotação inicial e ainda promover condições ótimas para o aparecimento da podridão radicular.

2.2. Fisiologia da produção

A planta de mandioca é perene, porém nos sistemas de cultivo é trabalhada como cultura anual. Nas principais regiões produtoras do Centro-Sul do Brasil o plantio é feito de acordo com o Zoneamento Agroecológico. Particularmente no estado de São Paulo o plantio de mandioca de mesa se estende de março a novembro e a colheita pode ser feita a partir do oitavo mês, podendo chegar até o décimo quarto mês em condições especiais de cultivo. Na realidade, a colheita ocorre até o momento em que as raízes apresentam bom cozimento e é suspensa quando param de cozinhar.

Para melhor entendimento, o ciclo da mandioca foi dividido em cinco fases (CONÇEIÇÃO, 1987; ALVES, 2006) ou escala fenológica. A fase 1 caracteriza-se pelo início da brotação das manivas-semente plantadas, com o aparecimento de raízes nas regiões das gemas (nós) e na extremidade basal das manivas, tem duração média de 15 dias. Na fase 2 as raízes crescem no sentido longitudinal, podendo atingir até 50 cm de profundidade no solo. Essa fase dura de 70 a 80 dias. Na fase 3 acentua-se o desenvolvimento da parte aérea da planta com a formação do dossel, tendo duração aproximada de 90 dias. Na fase 4 ocorre o engrossamento das raízes tuberosas, com intensa translocação dos carboidratos da parte aérea para as raízes, o que pode durar até 150 dias. Por fim, a fase 5 é a fase de repouso fisiológico da planta de mandioca, com redução do enfolhamento nas regiões que apresentam, em determinadas fases do ano, diminuição da temperatura e do regime de chuvas, como ocorre no inverno no estado de São Paulo (Figura 6).



b

Principais fases de desenvolvimento da cultura da mandioca

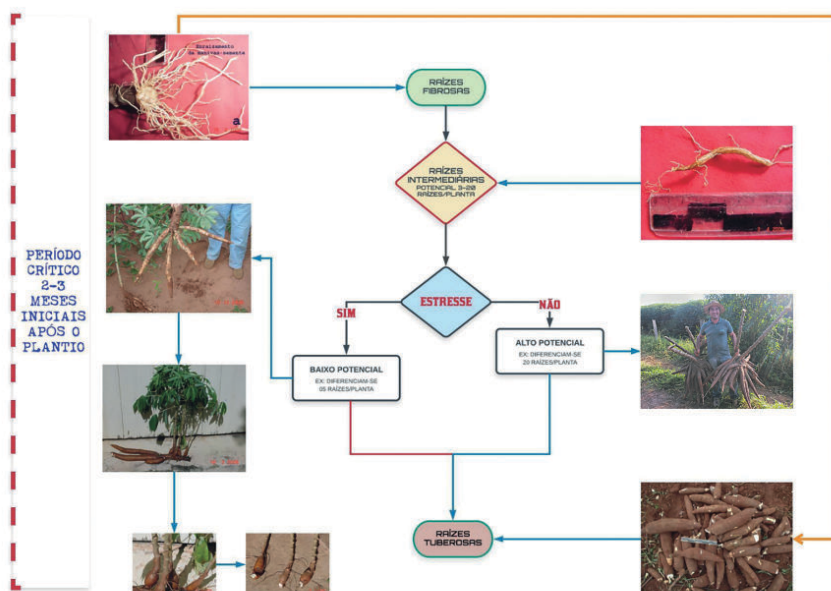
Fases da cultura	Duração em meses	
	Parcial	Total
Brotação de estacas	½	
Formação do sistema radicular	½ a 2	3
Desenvolvimento dos ramos e das folhas	3	6
Engrossamento das raízes	5	11
Repouso fisiológico	1	12

Fonte: Figura organizada por Aguiar (2014)



Figura 6. Representação das fases fenológicas da cultura da mandioca: escala descrita por Alves (2006), adaptada sob a figura organizada por Lorenzi (1978) (a); principais fases de desenvolvimento da cultura com duração em meses (b); aspecto visual das fases fenológicas (c). Fonte: (a) e (c) organizada por Feltran (2019); (b) organizada por Aguiar (2014).

O desenvolvimento vegetativo da planta está relacionado principalmente à temperatura e à disponibilidade hídrica, no entanto fatores estressantes, principalmente nos primeiros três meses, podem provocar perdas de produtividade e de qualidade (Figura 7), pois é nessa fase que ocorre a definição do número máximo de raízes tuberosas na planta, sendo que após ocorrerá apenas o crescimento das raízes em comprimento e diâmetro.



Fonte: Figura organizada por Feltran (2018).

Figura 7. Esquema de diferenciação de raízes fibrosas em raízes tuberosas e período crítico para esse evento. Fonte: organizada por Feltran (2018).

Durante a formação do dossel das plantas de mandioca o índice de área foliar (IAF) incrementa, sendo o valor entre 3 e 3,5 o ideal para a obtenção de boas produtividades de raízes tuberosas. Assim, qualquer fator que promova alteração para mais ou para menos no valor de IAF pode modificar diretamente a produção de raízes. De forma geral, a relação entre produção de raízes e produção de parte aérea é muito variável, sendo influenciada principalmente pelas características referentes à cultivar (porte e vigor), fertilidade do solo, época de colheita,

espaçamento de plantio e a outros fatores bióticos e abióticos. Alterações no equilíbrio fonte/dreno na planta de mandioca podem promover excesso de crescimento da parte aérea e redução no desenvolvimento/enchimento das raízes, comprometendo a produtividade. Com relação à biomassa total as variações na sua composição são de 9% a 20% para rama fina; de 13% a 30% para rama grossa; de 7% a 12% para cepa e de 30% a 68% para raízes tuberosas.

3. NUTRIÇÃO MINERAL E ADUBAÇÃO DA MANDIOCA

A cultura da mandioca apresenta como uma das características a produção sustentável pela exigência de poucos insumos. Esse fator possibilita sua adaptação a sistemas de produção de baixo impacto ou mesmo o cultivo orgânico. Por esse motivo, está presente em muitos ambientes marginais, em quintais rurais e na agricultura urbana e periurbana. Entretanto, em sistemas de produção a mandioca necessita de aporte tecnológico (cultivares melhoradas, manejo correto de plantas daninhas, material de plantio, épocas de plantio, espaçamentos adequados e manejo de adubação de plantio e de cobertura) para garantir elevadas produtividades e alta qualidade das raízes economicamente viáveis.

A planta de mandioca apresenta alta adaptabilidade a ambientes estressantes e pode ser cultivada onde outras culturas não conseguem produzir adequadamente. Isso ocorre por ajustes fisiológicos no sistema de uso de água da planta e pelas associações com microrganismos, micorrizas vesículo-arbusculares e bactérias diazotróficas, que garantem a absorção de fósforo e de nitrogênio, respectivamente. Não é por menos que é considerada pela ONU como cultura de segurança alimentar. Assim, para o correto entendimento dos processos de nutrição e adubação da mandioca precisamos primeiramente entender a dinâmica do sistema radicular da planta e suas associações simbióticas com microrganismos do solo, o que permite à planta ser cultivada em solos de baixa fertilidade e mesmo marginais para outras culturas.

3.1. Sistema radicular da mandioca

Estudos prévios têm mostrado que o sistema radicular da planta de mandioca tem pouca eficiência na absorção de nutrientes, sendo o problema compensado por associações simbióticas com micorrizas (HOWELER, 1980; HOWELER et al., 1982a, 1982b).

3.1.1. Caracterização das raízes fibrosas

O desenvolvimento do sistema radicular da mandioca é complexo e inicia-se com o intumescimento dos tecidos da entrecasca na zona de corte da maniva-semente (calo cicatricial), porém, ocorre na parte basal da haste da planta-mãe, de onde são emitidas raízes adventícias fibrosas (Figura 8a e b), denominadas segundo Lowe et al. (1982) de raízes basais. As raízes emitidas desse ponto têm crescimento acelerado e são responsáveis pela absorção de água e nutrição da planta da mandioca. No entanto, também podem ser emitidas raízes das gemas presentes nos nós da maniva-semente, denominadas de raízes nodais (LOWE et al., 1982) com capacidade de tuberizar.

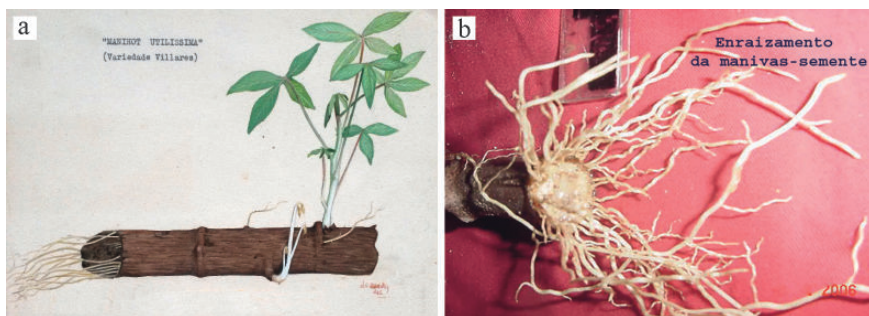


Figura 8. Ilustração de 1946 sobre brotação e emissão de raízes da maniva-semente da mandioca (a) e aspecto inicial do desenvolvimento de raízes da maniva-semente de mandioca, variedade IAC 14, plantada em areia (b). Fonte: (a) Acervo histórico SRT-IAC (s.d.) e (b) Arquivo IAC (2007).

As raízes adventícias têm crescimento em profundidade e no sentido lateral ao sulco de plantio. Para o sistema radicular da mandioca foram verificadas profundidades variáveis de 0,5 m (IJIMA et al., 2004) até 2,6 m (CONNOR et al., 1981), comprimento acima de 300 m por planta (IZUMI et al., 1999; IZUMI; IJIMA, 2002), diâmetro médio da ordem de 0,88 mm aos 20 DAP e 0,68 mm aos 60 DAP (FELTRAN; VALLE, 2009) e crescimento atingindo o máximo aos 60 DAP (IZUMI; IJIMA, 2002).

3.1.2. Simbiose com fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e bactérias diazotróficas endofíticas

Durante o processo de crescimento do sistema radicular da mandioca, no perfil do solo ocorre a infecção das raízes por fungos micorrízicos vesículo-arbusculares (FMA) que integram-se nas estruturas celulares em associação simbiótica (Figura 9b). Os FMA são os principais microrganismos que interagem com o sistema radicular da mandioca como pode ser observado na figura 9a, onde Howeler (2002) apresenta o aspecto visual de raízes de mandioca não inoculadas (UNINOC) com FMA em contraste às raízes inoculadas com FMA (INOCUL).

A associação simbiótica entre as raízes da mandioca e FMA favorece o desenvolvimento da planta em solos de baixa fertilidade, aumentando a eficiência do uso do fósforo (P) do solo, o que garante a produção das plantas mesmo sob baixa disponibilidade desse elemento. Na figura 10 observa-se o efeito da inoculação de FMA e da adição de doses de P na produção de massa seca da parte aérea das plantas de mandioca, onde verifica-se que a planta de mandioca tem grande dependência de FMA no processo de absorção de P, pois em solos esterilizados e não inoculados com FMA a planta de mandioca tem seu crescimento comprometido, sendo necessária adição de P em grande quantidade (1.600 kg ha^{-1}) para atingir o crescimento obtido por plantas cultivadas em solo inoculado com FMA.

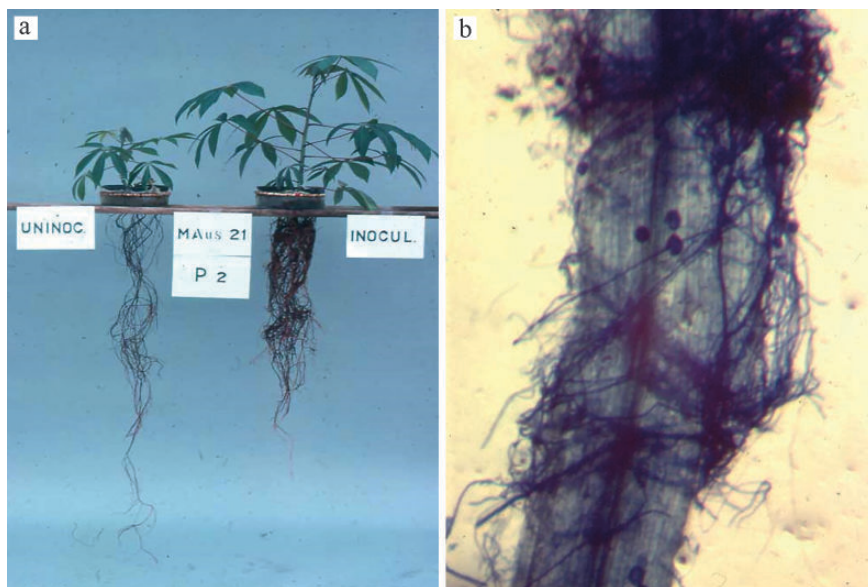


Figura 9. Aspecto visual do crescimento da parte aérea e do sistema radicular da mandioca, cultivar MAus 21, em solução nutritiva com concentração de P de $1\mu\text{M}$: sem inoculação por fungos micorrízicos vesículo-arbusculares (FMA) (UNINOC) e com inoculação de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares (FMA) (INOCUL) (a) e detalhe das hifas dos fungos micorrízicos vesículo-arbusculares (FMA) emaranhando-se nas raízes de mandioca (b). Fonte: (a) Howeler (2002) e (b) CIAT (1980).

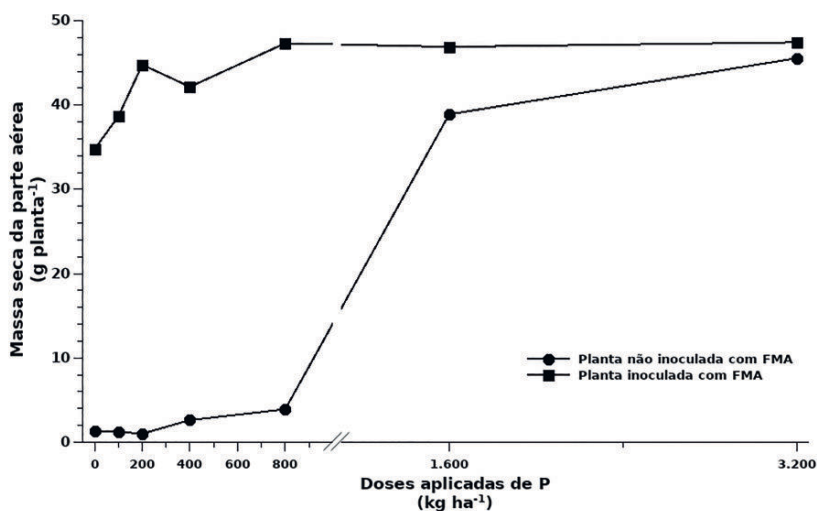


Figura 10. Efeito da inoculação de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares (FMA) e de doses aplicadas de P sobre a produção de massa seca de parte aérea de plantas de mandioca, cultivar M Mex 59, cultivada em solo esterilizado. Fonte: CIAT (1981).

Evidências da importância de FMA sobre a produtividade de raízes de mandioca podem ser observadas na figura 11, os incrementos produtivos ocorreram tanto em solos esterilizados como em solos não esterilizados. Nos solos não esterilizados o efeito foi obtido provavelmente pelo aumento da população de FMA em relação aos demais microrganismos no solo, pois, também houve ganhos quando o solo foi suplantado em P. Os incrementos em solos não esterilizados foram de 21% sem a adição de P e 37% com adição de P. Evidentemente os ganhos produtivos ocorreram em maior proporção comparando-se o solo esterilizado com o solo inoculado sem adição de P (199%) e com adição de 100 kg ha⁻¹ de P (164%).

No entanto, além da presença de FMA também foram identificadas bactérias diazotróficas endofíticas e junto à rizosfera da planta de mandioca (BALOTA et al., 1999). Destacam-se as associações feitas com bactérias do gênero *Azospirillum* (BALOTA, 1994; BALOTA et al., 1994; BALOTA et al., 1999; REINHARDT et al., 2008). A presença dessas bactérias estimula a colonização das raízes por fungos micorrízicos vesículo-arbusculares (FMA) e aumenta a produção do hormônio vegetal ácido indolacético (AIA) (BALOTA et al., 1995). A inoculação de *Azospirillum brasiliensis* em mandioca aumentou a absorção de nitrogênio (N) e o número de folhas na planta (SILVA, 2018), a produção de raízes tuberosas e a massa seca das raízes (SILVA, 2018; TRENTINI et al., 2019). Conseqüentemente, ocorre incremento na capacidade do sistema radicular em absorver água e nutrientes. Assim, a associação simbiótica da mandioca com as bactérias diazotróficas endofíticas e com fungos micorrízicos vesículo-arbusculares garante a produção das plantas mesmo em solos de baixa fertilidade.

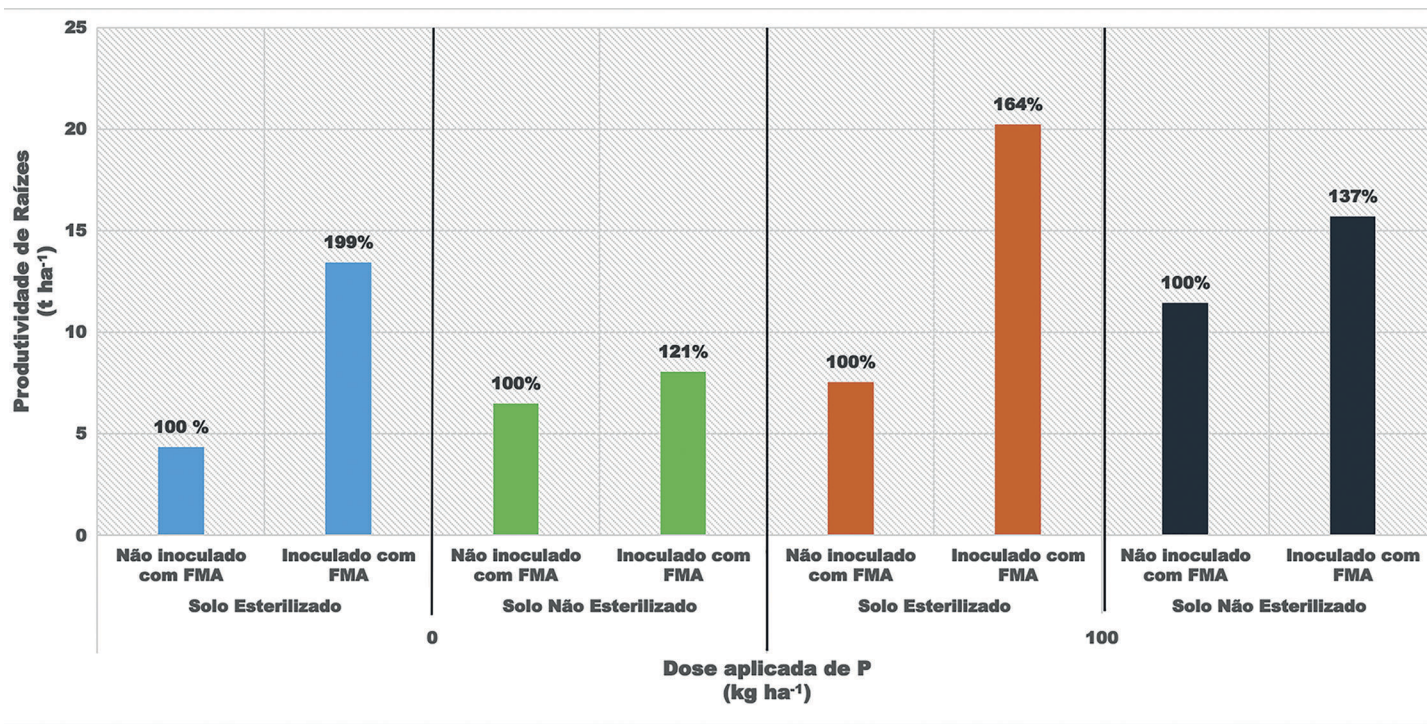


Figura 11. Efeito da inoculação de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares (FMA) em solo esterilizado e não esterilizado, com e sem aplicação de P sobre a produtividade de raízes de mandioca, variedade M Ven 77. Números sobre as barras indicam o aumento, em porcentagem, de resposta à inoculação de FMA.
 Fonte: CIAT (1983).

3.1.3. Caracterização das raízes tuberosas

Aproximadamente a partir de 28 dias após o plantio (DAP) tem início a deposição de grãos de amido no parênquima do xilema secundário das raízes (COCK, 1984). Esse aumento da deposição de carboidratos (CHO) resulta na diferenciação das raízes fibrosas em raízes fibrosas tuberosas (Figura 12). Estudos mostram que esse processo ocorre dentro da mesma raiz, mas ao longo de sua extensão (SIEBERS et al., 2016). Segundo Alves (2002) as raízes fibrosas tuberosas perdem parcialmente a função de absorção de água e de nutrientes.

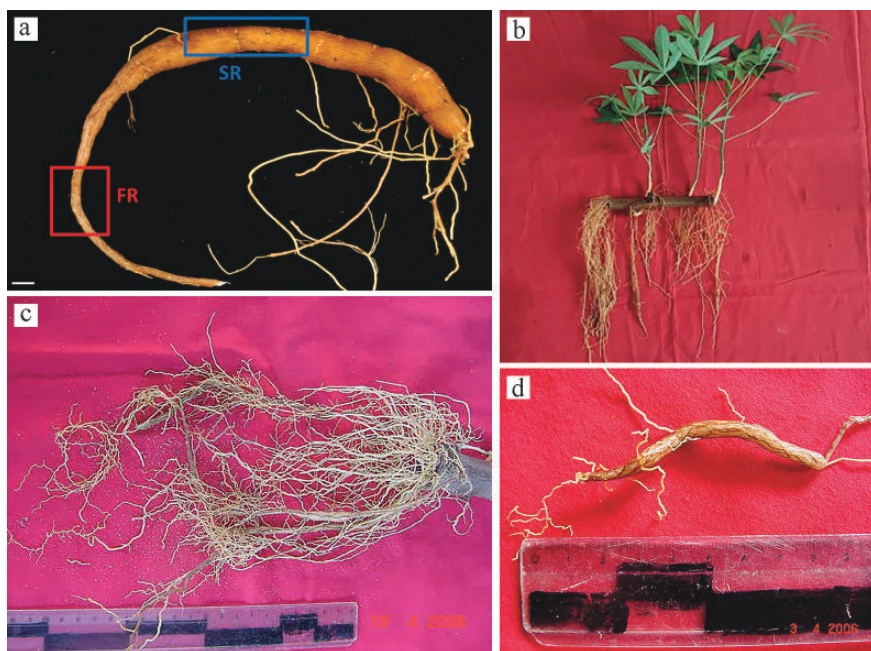


Figura 12. Aspecto do sistema radicular inicial da mandioca: diferenciação da raiz fibrosa (FR) em raiz tuberosa (SR) (a); estágio inicial de brotação da maniva com emissão de raízes fibrosas (b); aspecto das raízes fibrosas com presença de raízes diferenciadas aos 30 dias após o plantio (DAP) (c); detalhe de uma raiz tuberosa aos 30 dias após o plantio (DAP) (d). Fonte: (a) Siebers et al. (2016); (b), (c) e (d) Arquivos IAC (2006).

3.2. Exigências nutricionais da mandioca

3.2.1. Extração de nutrientes do solo pela planta

A planta de mandioca é considerada rústica, sendo comum seu cultivo em solos pobres e sem a aplicação de fertilizantes (CHAN, 1984; HOWELER, 1981), entretanto nos cultivos comerciais o nível tecnológico adotado (cultivares, calagem, adubação de plantio e de cobertura, manejo de herbicidas, manejo de pragas e sistema de colheita) deve ser elevado visando a obtenção de altas produtividades economicamente viáveis.

A planta de mandioca pode empobrecer os solos (COOK; HOWELER, 1978) pela capacidade de extrair grande quantidade de nutrientes do solo. Cultivos sucessivos de mandioca na Tailândia mostraram queda linear em produtividade de raízes ao longo do tempo (Figura 13), evidenciando a necessidade de reposição de nutrientes por meio de adubação de manutenção.

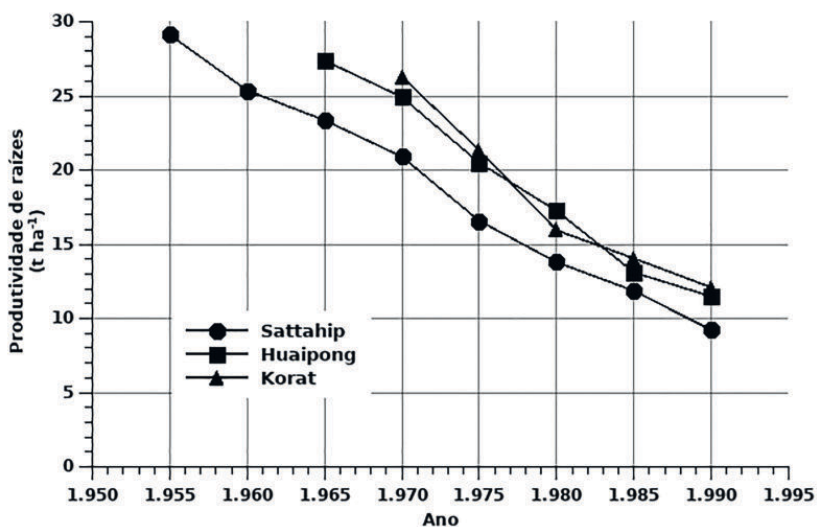


Figura 13. Declínio da produtividade de raízes pelo efeito do cultivo sucessivo de mandioca sem a aplicação de fertilizantes em três grupos de solo na Tailândia. Fonte: Sittibusaya (1993).

De forma geral, a planta absorve quantidades elevadas de nutrientes do solo, sendo extraídos pela planta inteira 4,9; 1,1; 5,8; 1,8 e 0,8 kg de N, P, K, Ca e Mg para cada tonelada de raízes produzida, respectivamente (HOWELER, 1981). Lorenzi et al. (1981) observaram extração de 6,2 kg de N, 0,6 kg de P, 4,2 kg de K, 3,8 kg de Ca e 1,0 kg de Mg para a produção de uma tonelada de raízes de mandioca de mesa. Dos nutrientes exportados, pela colheita das raízes, o potássio (K) é o nutriente mais retirado do solo onde a mandioca foi cultivada (Tabela 3).

Tabela 3. Quantidade de nutrientes extraídos pelas raízes e parte aérea para a produção de 25 t ha⁻¹ de raízes de mandioca. Valores médios observados em 17 experimentos

Mandioca	N	P	K	Ca	Mg
Raízes	57	12	102	15	7
Parte aérea (PA)	65	15	43	30	13
Total	122	27	145	45	20

Fonte: Adaptado de Howeler (1981).

3.2.2. Exportação de nutrientes pela planta

Recentes avaliações sobre os teores de nutrientes em raízes de mandioca cultivadas no estado de São Paulo mostraram teores médios de 3,1; 1,0; 8,5; 1,8; 1,3 e 0,5 g kg⁻¹, respectivamente de N, P, K, Ca, Mg e S e 37,0; 4,9; 1,4; 6,4 e 5,1 mg kg⁻¹, respectivamente de Fe, Mn, Cu, Zn e B. Nesses estudos avaliaram-se seis clones elites onde o teor médio de matéria seca das raízes foi de 36,3% aos 12 meses (IAC dados não publicados). De posse desses teores e das produtividades médias pode-se estimar a exportação de nutrientes pelas raízes da mandioca na colheita. Simulando níveis de exportação de nutrientes aos 12 meses obtém-se a exportação de 1,27; 0,52; 3,02; 0,76; 0,60 e 0,36 kg t⁻¹ de raízes

produzidas, respectivamente de N, P, K, Ca, Mg e S e 16,0; 1,51; 0,68, 2,23 e 2,43 g t⁻¹, respectivamente de Fe, Mn, Cu, Zn e B. De fato, o K é o elemento exportado em maior quantidade pela colheita das raízes, em seguida o N, Ca, Mg e S, enquanto o Fe, B e Zn são os micronutrientes mais exportados pela colheita. Se considerarmos a retirada dos resíduos da parte aérea da mandioca para novos plantios, para uso na alimentação animal ou para uso como insumo energético temos exportação de quantidades significativas de nutrientes, o que pode causar a depleção principalmente nos níveis médios de P (exportação de 16 a 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅), K (exportação de 32,5 a 62,7 kg ha⁻¹ de K₂O) e Zn (exportação de 365 a 575 g ha⁻¹ de ZnSO₄), já que na maioria dos plantios a mandioca é cultivada em solos de baixa fertilidade natural. Assim, a aplicação de doses adequadas de fertilizantes no plantio deve considerar a necessidade de reposição dos nutrientes exportados com o uso da parte aérea.

3.3. Adubação da mandioca

3.3.1. Adubação química (NPK)

A mandioca tem elevado consumo de nitrogênio, no entanto na grande maioria das situações é cultivada em solos com baixos teores de matéria orgânica, dessa forma espera-se respostas à adubação nitrogenada. Entretanto, as pesquisas realizadas até o presente momento, demonstraram respostas reduzidas e pouco frequentes à aplicação de N (GOMES, 1987). Possivelmente esses resultados inconsistentes podem ter relação com a presença de bactérias diazotróficas endofíticas junto à rizosfera da planta de mandioca (BALOTA et al., 1999), já que foram observados ganhos na produção de raízes com a inoculação de *Azospirillum brasiliensis* na mandioca (SILVA, 2018; TRENTINI et al., 2019). Em relação ao fósforo verifica-se que este é o nutriente menos extraído pela planta de mandioca, porém a adubação com P é necessária em solos cultivados com mandioca, fato que pode ser confirmado pelo incremento na produtividade de raízes quando foi feita a aplicação de P₂O₅ (GOMES, 1987). O potássio, de

grande importância na cultura da mandioca, é extraído e exportado em grandes quantidades pela planta de mandioca e pelas raízes tuberosas. Porém, as respostas à aplicação de K_2O são obtidas apenas em solos com baixos teores de K ($<1,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Respostas à aplicação de K serão maiores em condições onde se busca a obtenção de elevada produtividade de raízes. Além disso, o K pode tornar-se limitante à produtividade quando se utilizam cultivares de elevado potencial produtivo e plantios em solos de baixa fertilidade e/ou cultivos sucessivos de mandioca. Outro ponto de destaque é que a aplicação de K_2O melhora o cozimento em mandioca de mesa. Howeler (2002) em suas compilações sobre adubação de mandioca citou o K como elemento essencial para estimular o aumento da produtividade de raízes principalmente em solos de baixa fertilidade.

3.3.2. Adubação orgânica

Na Colômbia, Howeler (1985) relatou incrementos de produtividade de raízes tuberosas que passaram de 19 t ha^{-1} para 31 t ha^{-1} com a aplicação de $4,3 \text{ t ha}^{-1}$ de cama de frango (equivalente a 170 kg ha^{-1} de P_2O_5), sendo mais eficiente que a aplicação de fertilizante formulado 10-30-10 (equivalente à mesma dose, ou seja, 170 kg ha^{-1} de P_2O_5). Segundo esse autor, o melhor resultado obtido pelo uso da cama de frango se deve a vários fatores, com destaque para a presença de maiores quantidades de macro e micronutrientes, pela melhoria na estrutura do solo e pelo estímulo aos microrganismos do solo, principalmente fungos micorrízicos vesículo-arbusculares. Outro estudo de longo prazo mostra que a aplicação de esterco de gado (EG) junto com a adubação química (NPK) melhorou a produtividade da mandioca em relação à adubação química e, também, mostra a essencialidade do K para manter-se a produtividade da mandioca em solos cultivados sucessivamente, confirmando a tese de que o K é o nutriente essencial para a obtenção de maiores produtividades de mandioca (Figura 14).

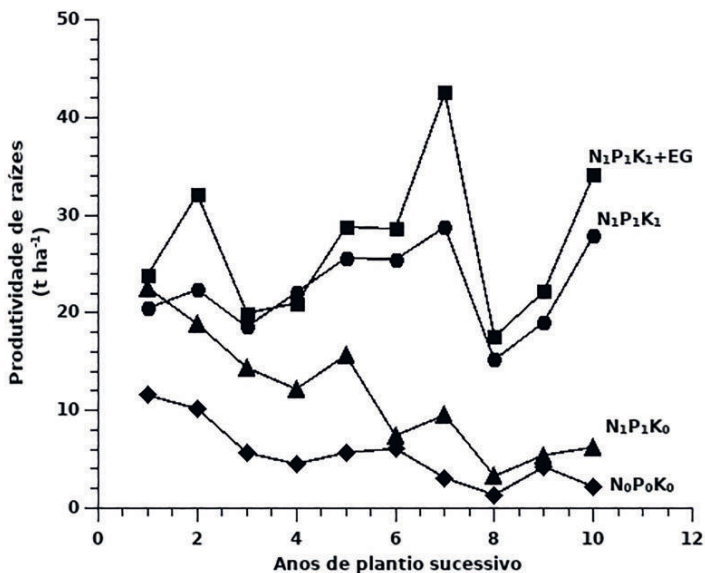


Figura 14. Produtividade de raízes de mandioca durante 10 anos em plantios sucessivos sob vários tratamentos de NPK e adubação orgânica, onde: N₀P₀K₀ - sem adubação; N₁P₁K₀ - aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N e de P₂O₅; N₁P₁K₁ - aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N, de P₂O₅ e de K₂O; N₁P₁K₁ + EG - aplicação de kg ha⁻¹ de N, de P₂O₅ e de K₂O + 12,5 t ha⁻¹ de esterco de gado (EG).
Fonte: Kabeerathumma et al. (1988).

3.3.3. Recomendação de adubação de mandioca de mesa - Boletim 100

Diferente da mandioca para indústria, a mandioca de mesa, aipim ou macaxeira é um produto de maior valor agregado. Tem como principais características: baixo teor de ácido cianídrico (HCN) na polpa crua das raízes (menos de 100 ppm); boa qualidade culinária expressa, principalmente, pelo baixo tempo de cozimento e sabor adocicado; e raízes lisas com formato cilíndrico e tamanho aceitáveis pelo mercado consumidor. Raízes pequenas, compridas, sinuosas ou grossas demais reduzem o valor comercial e/ou aumentam a taxa de descarte, acarretando menor rendimento ao agricultor. O tempo de cozimento das raízes correlaciona-se bem com a plasticidade, textura e pegajosidade da massa cozida, isto é, quanto menor o tempo de cozimento mais plástica, menos pegajosa e menos encaroçada será a massa cozida, condição essa considerada a mais desejável para atender a maioria das receitas

da culinária nacional. A qualidade culinária das raízes de mandioca de mesa depende basicamente da cultivar e do meio ambiente onde ela é cultivada, especialmente com relação à fertilidade do solo. Os solos mais adequados são aqueles profundos, de textura média, férteis e com altos teores de matéria orgânica. A colheita das raízes ocorre normalmente com um ciclo vegetativo de 8 a 14 meses após o plantio. Colheitas além dessa idade tendem a comprometer a qualidade culinária pela dificuldade de cozimento das raízes. Geralmente, a colheita da mandioca de mesa é sazonal e mais intensa no período mais frio e seco do ano, que corresponde ao período de abril a agosto no estado de São Paulo e na região Centro-Sul do Brasil. Nesse período as plantas diminuem a emissão e aumentam a queda de folhas, reduzindo o metabolismo e entrando em um período chamado de repouso fisiológico. Posteriormente a esse período, com o aumento da temperatura e da precipitação, inicia-se o processo de brotação e colheitas a partir desse momento não são recomendadas, pois a qualidade culinária das raízes cai drasticamente. Observações de campo têm demonstrado que mandioca de mesa cultivada em solos relativamente úmidos, férteis, nutricionalmente balanceados e com alto teor de matéria orgânica apresenta qualidade culinária satisfatória, mesmo fora do período ideal de colheita, podendo ser uma alternativa interessante para o período de entressafra. A indicação de que a qualidade culinária está também associada à fertilidade do solo reforça a ideia de que a adubação da mandioca de mesa seja mais criteriosa. A adubação de plantio e a de cobertura com doses maiores de fósforo (P) e potássio (K) podem melhorar o cozimento das raízes. Por outro lado, altas doses de calcário podem comprometer o cozimento. Além da adubação química, a adubação orgânica é recomendada para a produção de mandioca de mesa, pois pode melhorar não só a produtividade como a qualidade das raízes.

Recomenda-se aplicar calcário para elevar a saturação por bases a 60% e o teor de magnésio a um mínimo de $4 \text{ mmol } \text{dm}^{-3}$ e não aplicar mais do que 2 t ha^{-1} de calcário. Outro ponto de grande importância, em mandioca de mesa, é que a calagem diminui a disponibilidade de micronutrientes no solo, sendo o zinco (Zn) o micronutriente de maior impacto sobre a produtividade de raízes. Assim, faz-se necessário a

aplicação de Zn, na forma de sulfato de zinco, em função dos teores obtidos na análise de solo. Dessa forma recomenda-se aplicar 20 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco em solos com teores de Zn inferiores a 0,70 mg dm⁻³, 15 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco quando os teores estiverem entre 0,70 e 1,50 mg dm⁻³ e 10 kg ha⁻¹ de sulfato de zinco em solos com teores de Zn superiores a 1,5 mg dm⁻³. Uma prática comum é usar fertilizantes (NPK) contendo Zn ou outros micronutrientes na formulação.

A adubação de plantio deve ser feita em função da expectativa de produtividade e de acordo com a análise de solo, as quantidades indicadas em função dessas variáveis estão descritas na tabela 4.

Tabela 4. Recomendações de adubação de plantio para mandioca de mesa em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtividade esperada t ha ⁻¹	N N, kg ha ⁻¹	P resina mg dm ⁻³			K ⁺ trocável, mmol _c dm ⁻³		
		<16	16-40	>40	<1,6	1,6-3,0	>3,0
		P ₂ O ₅ , kg ha ⁻¹			K ₂ O, kg ha ⁻¹		
<25	10	80	60	40	40	30	10
25-30	10	120	100	60	60	40	20
>30	10	140	120	80	80	60	30

Fonte: Feltran et al., 2022.

A adubação orgânica pode substituir a adubação química ou mesmo compor misturas de fertilizantes químicos e orgânicos na forma de fertilizantes organominerais. No entanto, os esterco ou compostos a serem utilizados devem estar bem humificados (curtidos). A aplicação pode ser feita em área total no momento do preparo, em sulcos ou covas, sendo necessária a incorporação ao solo. De forma geral recomenda-se aplicar de 6 a 12 t ha⁻¹ de esterco bovino, ou de 3 a 6 t ha⁻¹ de esterco de galinha (cama de frango).

Após a emergência das plantas e até próximo dos 90 a 120 dias após a emergência (DAE) pode-se fazer a adubação de cobertura, objetivando-se aumentar a produtividade e a qualidade das raízes tuberosas (cozimento). Nessa adubação mineral de cobertura, feita com

N e K, aplica-se as quantidades em função da expectativa de produtividade e de acordo com a textura ou com o teor de matéria orgânica do solo (Tabela 5).

Tabela 5. Recomendações de adubação de cobertura para mandioca de mesa em função da análise de solo e da produtividade esperada

Produtividade esperada	N ⁽¹⁾	K ⁺ trocável, mmol _c dm ⁻³		
		<1,6	1,6-3,0	>3,0
t ha ⁻¹	N, kg ha ⁻¹	K ₂ O, kg ha ⁻¹		
<25	10	50	40	30
25-30	20	70	60	50
>30	30	90	70	60

⁽¹⁾ O teor de matéria orgânica (MO) do solo é importante para a qualidade culinária das raízes. Em solos com teor de MO > 20 g kg⁻¹ ou se as plantas apresentaram desenvolvimento excessivo, reduzir as doses de N em 30%. Aplicação de dose elevada de nitrogênio (N) pode promover desequilíbrio na relação fonte/dreno, favorecendo o crescimento da parte aérea em detrimento à formação e enchimento das raízes tuberosas. Doses superiores às recomendadas devem ser aplicadas somente se as plantas apresentarem sintomas de deficiência de N (crescimento reduzido e amarelecimento generalizado das folhas iniciado nas folhas baixas ou inferiores estendendo-se por toda a planta).

Fonte: Feltran et al. (2022).

4. MATERIAL DE PLANTIO

4.1. Qualidade fisiológica do material de plantio

a) Maturação das hastes

Não existe ponto de maturação ideal, sendo indicado o corte de ramas ou hastes de plantas entre 8 e 12 meses. Hastes de plantas com idade inferior a 8 meses são pouco lignificadas e altamente suscetíveis ao ataque de patógenos e insetos de solo, apresentando problemas no armazenamento (desidratação), com brotação e enraizamento. Hastes com idade acima de 12 meses apresentam caule altamente lignificado e maior proporção de lenho em relação à medula, o que atrasa a brotação, produz brotos de pouco vigor (reduzida viabilidade das gemas vegetativas) e prejudica o enraizamento das manivas-semente.

b) Diâmetro das hastes

A rama da mandioca apresenta diferentes diâmetros no sentido de seu comprimento, onde podemos dividir a planta em três porções: basal, mediana e terminal (Figura 15).

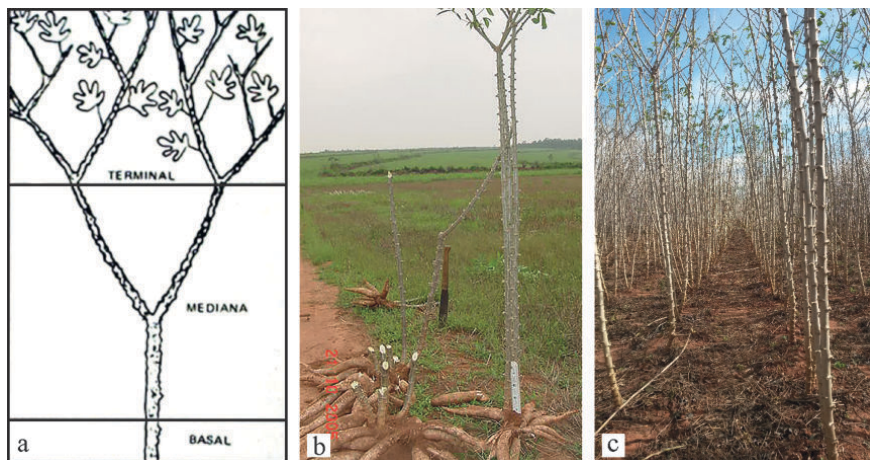


Figura 15. Divisão didática da planta de mandioca em parte basal, mediana e terminal (a) e aspecto das hastes maduras no campo (b) e (c).

Fonte: (a) EMBRATER-CIAT (1982) e (b) e (c) arquivos IAC (s.d.).

As ramas da parte terminal (terço superior) da planta são mais finas (com maior proporção de medula), têm menor quantidade de reserva nutricional e são mais sensíveis à desidratação. As ramas basais são muito lenhosas, com caule lignificado, gemas dormentes e com diâmetro inadequado no ‘pé’. As hastes da porção mediana da planta apresentam proporção lenho/medula adequada (Figura 16) e tem reservas hídricas e nutricionais ideais.

As manivas-semente derivadas das ramas da porção mediana brotam rapidamente e resultam em plantas vigorosas, enquanto as ramas terminais resultam em falhas no estande e em plantas fracas (Tabela 6).



Figura 16. Aspecto visual da relação diâmetro da medula/diâmetro do lenho contorno na coloração vermelha (parte externa - lenho e interna - medula), em manivas da parte basal, mediana e terminal da planta de mandioca (a); aspecto das ramas com diferentes diâmetros presentes nos feixos amarrados e destinados ao plantio (b). Fonte: Arquivos IAC (s.d.).

Tabela 6. Efeito da posição da rama na emergência das plantas de mandioca

Posição na haste	Peso 100 manivas g	Dias após o plantio (DAP)				Plantas colhidas %
		13	19	26	33	
terminal	997	4	35	42	42	32
mediana	1342	23	71	86	86	78
basal	3410	23	88	96	96	92

Fonte: EMBRATER-CIAT (1982).

c) Viabilidade das hastes

Após a colheita as ramas podem ser armazenadas em local abrigado (sob sombra de árvores ou em campo aberto, porém sob cobertura de palhada ou mesmo de sombrite) durante períodos de até 60 dias. Esse procedimento é indicado principalmente quando as condições não são favoráveis ao plantio e/ou quando existe a possibilidade de geadas. No momento do plantio, nas ramas armazenadas deve ser feito o teste de viabilidade por meio de cortes na epiderme dos dois lados das hastes

para se verificar a exudação de látex (Figura 17). Em seguida, nas ramas viáveis, faz-se o processo de toailete, eliminando-se ramas secas, muito finas e cortando-se as pontas e pés secos.



Figura 17. Aspectos da qualidade da rama de plantio: teste de exudação de látex, indicando a viabilidade da maniva-semente (a); ramas com pés secos e em evidência a importância da sanidade do pé para a emissão das raízes de absorção logo após o plantio (b); trabalhadores fazendo processo de toailete (c).

Fonte: Arquivos IAC (s.d.).

d) Comprimento das manivas-semente

Todas as gemas da rama apresentam potencial de brotação, assim manivas-semente com apenas uma gema podem dar origem a uma planta, porém isso é inviável em plantios comerciais, mas pode ser adequado em sistemas de multiplicação rápida. Os estudos feitos com o tamanho das manivas-semente mostram que o tamanho ideal para a maniva-semente seria de 20 cm, resultando em melhor estande de plantas no campo, maior vigor vegetativo (maior reserva hídrica e

nutricional) e maior produtividade de raízes (Tabela 7). Porém, em plantios mecanizados o tamanho do corte é de 13 cm ou de 18 cm, padronizado pelo fabricante do equipamento conforme a escolha do agricultor. Nesse caso, a escolha de corte no padrão de 18 cm de comprimento é preferencial, pois as manivas-semente terão maiores reservas hídricas e nutricionais, suportando maior período de estresse que as de 13 cm de comprimento, além disso darão origem a plantas mais vigorosas e com menor probabilidade de falhas de estande.

Tabela 7. Efeito do tamanho das manivas-semente na produtividade de raízes de mandioca

Comprimento da maniva-semente (cm)	Produtividade (t ha ⁻¹)	
	1º ciclo	2º ciclo
5	7,9	22,9
10	13,1	24,9
15	14,7	36,3
20	15,6	30,6
25	16,7	36,8
30	17,7	39,6

Fonte: Normanha e Pereira (1950).

No plantio mecanizado seria ideal a utilização de ramas de comprimento proporcional ao tamanho do corte das manivas-semente pela guilhotina da plantadeira. Por exemplo, se o corte for de 18 cm, utilizando-se ramas de 90 cm de comprimento teríamos cinco manivas-semente viáveis por rama, sem o plantio de pontas menores que esse comprimento. Porém, isso é inviável pois as ramas são desuniformes e a padronização não seria possível. Assim, durante o processo de plantio a velocidade de deslocamento do conjunto trator-plantadeira deve ser baixa, 4 a 5 km hora⁻¹, para facilitar o posicionamento das ramas nas canecas da máquina, inclusive com a sobreposição de hastes e permitir o plantio de forma homogênea, cobrindo com camada de solo as manivas-semente.

e) Número de gemas nas manivas-semente

As cultivares de mandioca plantadas para a produção de raízes destinadas para consumo ou para fins industriais apresentam características diferentes quanto ao número de gemas axilares presentes na rama. Na mesma planta, as hastes posicionadas na parte basal e mediana, também, apresentam distribuição desuniforme de gemas axilares no sentido do comprimento (Figura 18). Todas as gemas axilares têm potencial de produzir brotação, porém, existe dominância apical e após o plantio apenas as gemas posicionadas na ponta da maniva-semente equivalente à posição superior na planta emitem uma ou duas brotações. Novamente lembramos que as hastes da parte mediana apresentam números adequados de gemas, sendo que a presença de cinco a sete gemas na maniva-semente de 18 cm seria ideal. Essas manivas-semente estariam menos sujeitas a danos físicos/mecânicos e à desidratação pós-plantio, o que resultaria em maior uniformidade de estande e em plantas com maior reserva.



Figura 18. Aspecto visual do tamanho das manivas: diferenças no número de gemas axilares nas manivas de mandioca derivadas de porções diferentes da mesma planta, cultivar IAC 14 (a); ponta da maniva devido ao corte irregular na plantadeira (b). Fonte: Arquivos IAC (s.d.).

4.2. Qualidade nutricional do material de plantio

Nas plantas de propagação vegetativa como a mandioca, a unidade utilizada para o plantio contém reserva hídrica e nutricional significativa, o que garante o desenvolvimento inicial das plantas, mesmo sob condições de estresse. Além disso, o enraizamento da maniva-semente é lento, sendo o sistema radicular (no início) composto por raízes grossas e pouco eficientes na absorção de nutrientes do solo (Figura 19).

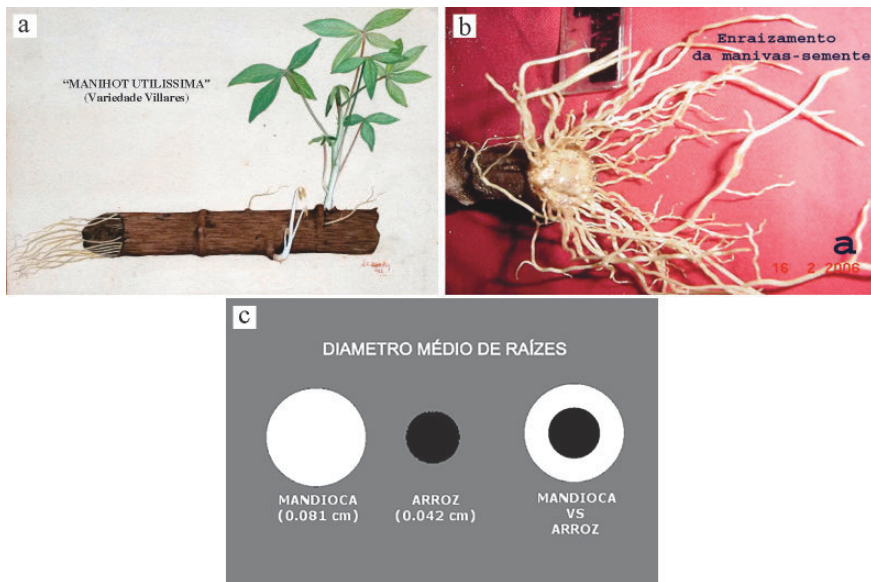


Figura 19. Aspecto visual do enraizamento da maniva-semente plantio na horizontal (a) e plantio na vertical (b) e do diâmetro médio do sistema radicular da mandioca aos 20 dias após o plantio (dados IAC - não publicados) comparado a diferentes genótipos de arroz (adaptado de Sanes et al., 2013) (c).

Fonte: (a) Acervo histórico SRT-IAC; (b) e (c) Arquivos IAC.

As cultivares de mandioca apresentam diferenças quanto ao porte e padrão de crescimento, dessa forma os diâmetros das hastes são variáveis (Tabela 8).

Tabela 8. Média e desvio padrão do diâmetro e comprimento de hastes, manivas por haste e massa de manivas de material de propagação de oito cultivares de mandioca, Pindorama (SP), 2005

Cultivar	Diâmetro da haste		Comprimento da haste		Maniva/haste		Massa/maniva	
	1º ramificação							
	----- mm -----		----- cm -----		----- nº -----		----- g -----	
IAC 15	26,9*	±4,3 ⁽¹⁾	63,1	±11,4	3,2	±0,2	122,2	±13,8
IAC 14	26,2	±4,1	97,2	±15,7	4,1	±0,3	112,8	±13,8
Fécua Branca	25,8	±5,4	84,3	±21,5	3,8	±0,5	102,6	±16,2
IAC 13	24,9	±3,9	88,5	±9,2	4,8	±0,3	91,9	±6,0
IAC 12	24,1	±3,4	72,7	±8,9	3,4	±0,2	104,7	±8,1
Fibra	23,4	±2,1	199,3	±31,5	8,3	±0,4	98,4	±6,1
Espeto	22,3	±3,3	91,4	±21,7	3,9	±1,5	82,9	±9,3

* estimados com 80 manivas; ⁽¹⁾desvio padrão. Fonte: Valle et al. (2007).

a) Concentração de nutrientes e água nas manivas-semente

O planejamento da instalação e a correta adubação de áreas de viveiro (área adequadamente manejada e com finalidade de produção de material de plantio) podem garantir melhor estado nutricional e hídrico das hastes de mandioca (Tabela 9). O plantio de manivas-semente provenientes destas áreas controladas resulta em plantas vigorosas e maior tolerância a condições de estresse, resultando em ganhos de produtividade. Isso ocorre porque existe maior disponibilidade de nutrientes e de água na estrutura interna da maniva-semente, como podemos verificar na tabela 9, com os equivalentes em acúmulos de ureia, superfosfato simples, cloreto de potássio e de água, que aumentam com o incremento das doses de NPK aplicados como adubação do viveiro.

Tabela 9. Simulação da quantidade de NPK e de água presentes nas manivas-semente⁽¹⁾ e de seus equivalentes em fertilizantes e água por hectare em função da adubação de plantio do campo de produção de material de plantio da cultivar Espeto colhida com um ciclo, em Paranavaí (PR), 2002

Doses kg ha ⁻¹	Equivalente de fertilizante						Equivalente de água ^{****} L ha ⁻¹
	N*	Ureia	P ₂ O ₅ **	Superfosfato simples	K ₂ O***	Cloreto de potássio	
	----- kg ha ⁻¹ -----						
N⁽²⁾							
0	1,21	5,39	0,48	12,65	1,18	3,28	435
20	1,17	5,21	0,46	12,16	1,39	3,87	519
40	1,13	5,82	0,43	11,33	1,22	3,39	532
60	1,61	7,14	0,54	14,38	1,43	3,97	596
P₂O₅⁽³⁾							
0	1,56	6,92	0,53	14,04	1,3	3,6	559
30	1,48	6,59	0,53	13,9	1,81	5,02	557
90	1,81	8,04	0,61	16,12	1,39	3,86	589
K₂O⁽⁴⁾							
0	1,8	8,02	0,75	19,93	0,56	1,57	543
40	1,51	6,73	0,61	16,07	0,87	2,4	524
120	1,61	7,13	0,65	17,29	1,83	5,07	567
test.⁽⁵⁾							
0-0-0	1,11	4,95	0,5	13,19	0,85	2,36	410

*fator de eficiência em aplicação-recuperação de 0,50;

**fator de eficiência em aplicação-recuperação de 0,21;

*** fator de eficiência em aplicação-recuperação de 0,60;

**** fator de cálculo considerando a área das manivas-semente como 45 cm² (10.000 m²);

(1) manivas-semente de 15 cm de comprimento e 3 cm de diâmetro com cinco gemas;

(2) em todos os tratamentos foram aplicados 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 80 kg ha⁻¹ de K₂O;

(3) em todos os tratamentos foram aplicados 40 kg ha⁻¹ de N e 80 kg ha⁻¹ de K₂O;

(4) em todos os tratamentos foram aplicados 60 kg ha⁻¹ de N e 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅;

(5) tratamento testemunha.

Fonte: adaptado de Takahashi (2000).

Tabela 10. Massa fresca da parte aérea, das cepas e das raízes tuberosas e biomassa total em função da adubação de plantio do campo de produção de material de plantio da cultivar Espeto colhida com 1 ciclo, em Paranavaí (PR), 2002

Doses kg ha ⁻¹	Massa fresca			
	Parte aérea	Cepas	Raízes	Biomassa total
	----- t ha ⁻¹ -----			
N ⁽¹⁾				
0	17,6	9,3	34,2	61,1
20	20,2	10,3	30,5	61
40	20,3	9,7	34,4	64,4
60	19,7	9,8	33,7	63,2
P₂O₅ ⁽²⁾				
0	19,8	9,8	34,2	63,8
30	21,6	10,9	35,7	68,2
90	20,2	10,3	33,8	64,3
K₂O ⁽³⁾				
0	17,9	8,9	32,5	59,3
40	17	9,1	32,8	58,9
120	22,9	11,3	37,2	71,4
test. ⁽⁴⁾				
0-0-0	16,5	8,4	28,6	53,5

⁽¹⁾ em todos os tratamentos foram aplicados 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 80 kg ha⁻¹ de K₂O;

⁽²⁾ em todos os tratamentos foram aplicados 40 kg ha⁻¹ de N e 80 kg ha⁻¹ de K₂O;

⁽³⁾ em todos os tratamentos foram aplicados 60 kg ha⁻¹ de N e 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅;

⁽⁴⁾ tratamento testemunha.

Fonte: adaptado de Takahashi (2000).

b) Adubação do material de plantio - viveiro

O uso de manivas-semente de alta sanidade e produzidas sob manejo adequado visando a produção de material de propagação ou mudas para o plantio de novas áreas é de grande importância para o sistema de produção de mandioca. O efeito positivo do manejo de viveiros foi demonstrado por Takahashi (2000), quando fez adubações de plantio com doses crescentes de NPK em área de viveiro. Na tabela 10 estão apresentados os resultados em produção de parte aérea, cepas e de raízes de mandioca com o uso de manivas-semente provenientes de viveiro de mudas adubadas, onde verifica-se aumentos consideráveis na produção de biomassa da planta e particularmente na produtividade de raízes. Esses resultados estão de acordo com os de Molina e El-Sharkawy (1995), que também verificaram melhores produtividades de raízes com material de plantio originado de viveiro adubado.

4.3. Qualidade fitossanitária do material de plantio

a) Infestação por pragas

A cochonilha (*Phenacoccus* spp.) pode atacar as hastes no campo ou as armazenadas (Figura 20) tornando-se um problema grave. Esses insetos sugam a seiva da planta ou do broto, o que pode resultar em plantas fracas e/ou mesmo falha de estande. O uso de hastes contaminadas por esses insetos requer obrigatoriamente tratamento sanitário nas manivas-semente antes do plantio, aumentando os custos de produção.

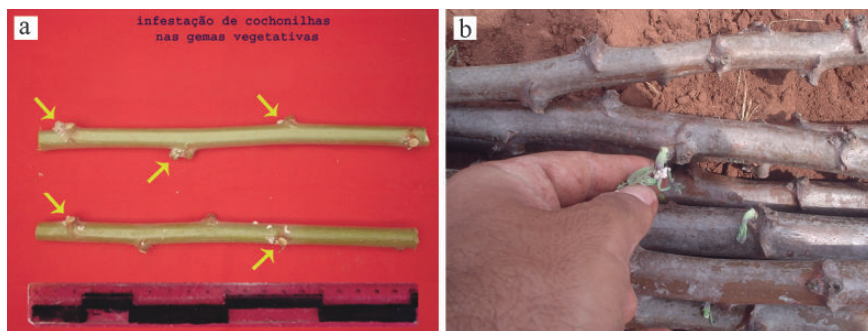


Figura 20. Manivas-semente infestadas por cochonilhas (a) e (b).
Foto: Arquivos IAC (2005).

b) Contaminação por doenças

A bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*) é atualmente a doença mais importante na cultura da mandioca (Figura 21). As perdas provocadas por essa doença são variáveis em função das condições edafoclimáticas do local de cultivo, podendo variar de 0% a 100%. Sob condições favoráveis (solos de baixa fertilidade, temperaturas amenas e alta umidade relativa) multiplica-se rapidamente nos vasos do xilema da planta, provocando o entupimento dos vasos floemáticos, tendo como resultado a murcha das folhas, a seca de ponteiros e o desfolhamento do topo para a base. A principal forma de disseminação dessa doença é pelo plantio de manivas-semente contaminadas, que não apresentam sintomas nas plantas, porém as hastes apresentam estrias escuras após a retirada da epiderme (casca) (Figura 22).

Outra doença de importância é o superalongamento (*Sphaceloma manihoticola*). Trata-se de um fungo de epiderme (casca) que produz o hormônio de crescimento giberelina (G4), induzindo ao crescimento e à formação de tecido jovem constantemente (Figura 23). Em condições favoráveis ocorre a disseminação e contaminação das plantas de forma rápida. O uso de cultivares resistentes e de manivas-semente sadias são as principais medidas de controle dessa doença que pode resultar em grandes prejuízos produtivos (baixa produção de raízes pelo crescimento excessivo da parte aérea e deformação das folhas) e econômicos (raízes com renda muito baixa).

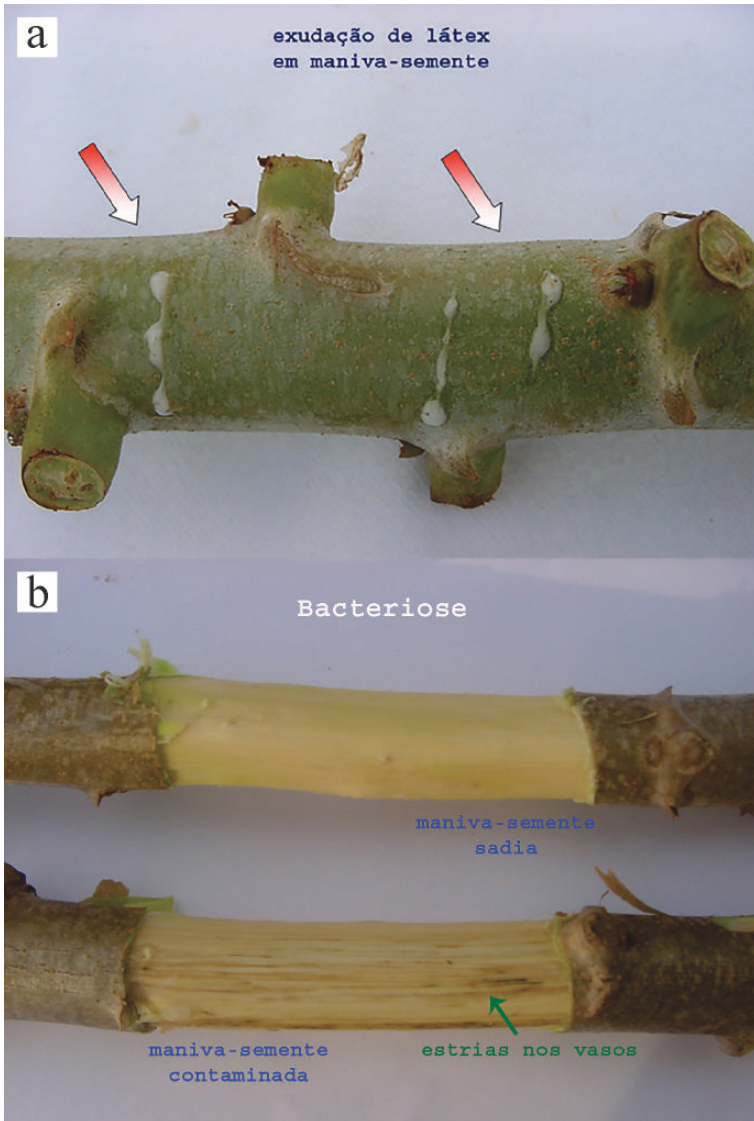


Figura 22. Aspecto da sanidade das manivas: maniva sadia (a); comparativo visual entre maniva sadia e contaminada por bacteriose (presença de estrias escuras no lenho) (b). Foto: Arquivos IAC (s.d.).



Figura 23. Sintomas de superalongamento (*Sphaceloma manihoticola*) em campo de produção de mandioca de cultivar suscetível. Foto: Arquivos IAC (s.d.).

c) Contaminação por viroses

Várias viroses podem estar associadas à mandioca, não sendo detectadas visualmente na haste, porém são transmitidas pelas ramas para os plantios novos que utilizaram esse material contaminado. Por isso, torna-se necessário o acompanhamento regular do campo destinado ao fornecimento de manivas-semente para o plantio de novas áreas. As vistorias constantes visam a eliminação de plantas com sintomas de viroses na parte aérea (mosaico comum e mosaico das nervuras). A presença de mosaicos na parte aérea da planta compromete o desempenho produtivo, no entanto são consideradas de importância secundária (Figura 24).

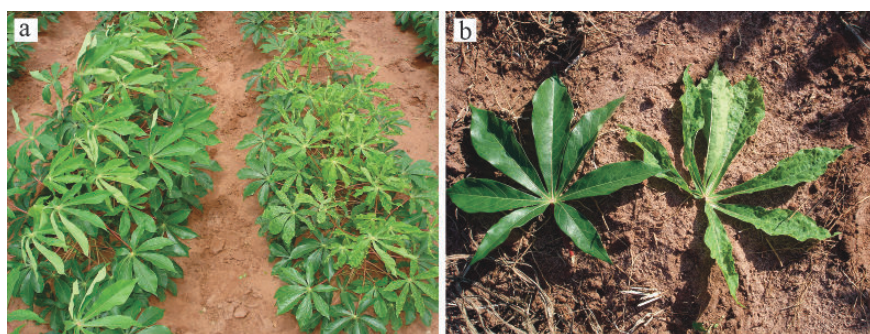


Figura 24. Sintomas de vírus do mosaico em mandioca para indústria na cultivar Fécula Branca: linha da direita com plantas sem sintomas e linha da esquerda com plantas com sintomas característicos (a); folha da direita sadia e folha da esquerda com sintomas do vírus do mosaico (b). Foto: Arquivos IAC (2007).

Porém, em mandioca de mesa, a ocorrência de couro de sapo (mosaico caribenho) resulta em grandes prejuízos, visto que as raízes não se prestam ao mercado. Nesse caso, a grande causa da disseminação desse problema é o uso de ramas contaminadas, sendo necessária a seleção de plantas saudáveis no momento do arranquio e criteriosa observação, descartando-se as plantas com sintomas nas raízes. Essas ficam deformadas e com película suberosa enrugada e espessa e sem cozimento adequado. Genótipos de mandioca de mesa apresentam diferentes reações desde leves até severas a essa virose (Figura 25).

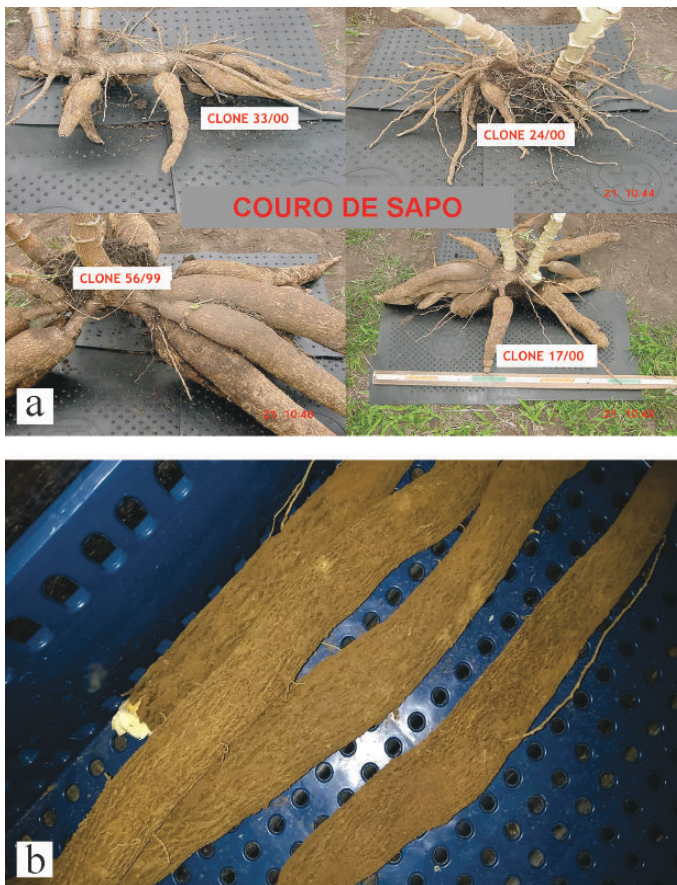


Figura 25. Aspecto visual de raízes de mandioca de mesa com couro de sapo: diferentes reações de genótipos de mandioca de mesa (a); raízes da cultivar Pinheirinho com sintomas (b). Foto: (a) Arquivos IAC (2005) e (b) Luiz Antônio Dias de Sá (2021).

4.4. Danos físicos/mecânicos no material de plantio

Os danos nas ramas ocorrem por fricção, batidas e cortes malfeitos e causam lesões (machucaduras) na epiderme (casca) e nas gemas (olhos) da maniva-semente (Figura 26). Esses ocorrem durante a retirada das ramas no campo, no preparo (toailete), durante o transporte, no armazenamento e no plantio. Qualquer dano físico/mecânico pode causar decréscimos na qualidade da maniva-semente, sendo porta de entrada de microrganismos que podem causar podridões no armazenamento e após o plantio.

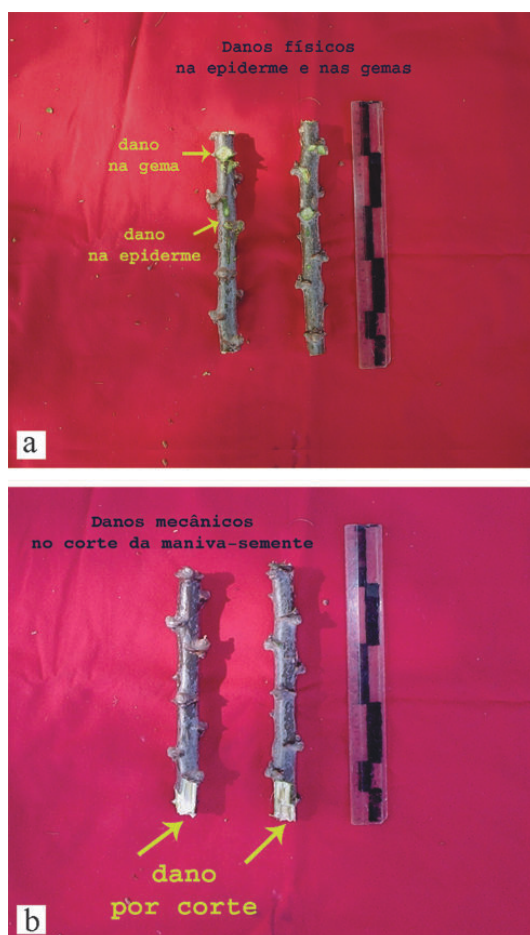


Figura 26. Danos físicos por manuseio sem cuidado (fricção e batidas) (a) e danos mecânicos provocado pelo mecanismo de corte da máquina de plantio sem manutenção (lascado) (b). Foto: Arquivos IAC (2005).

4.5. Recomendações de manejo para produção de hastes de alta qualidade - viveiro

Diante do exposto, podemos inferir que o sucesso do plantio da cultura da mandioca depende principalmente da qualidade da maniva-semente. Assim, recomenda-se que se tenha uma área de viveiro, onde serão tomados cuidados básicos para a garantia da qualidade das manivas-semente de mandioca a serem utilizadas em novos plantios. Em cada propriedade agrícola pode-se implantar um programa de produção de manivas-semente de alta qualidade. Para tanto, deve-se seguir algumas recomendações:

- 1- escolher uma área da propriedade onde o solo tenha alta fertilidade;
- 2- fazer a proteção do viveiro por quebra-vento;
- 3- fazer a correção do solo com aplicação de calagem, esterco de curral curtido ou cama de aviário e adubação de plantio com NPK e micronutrientes;
- 4- utilizar hastes de mandioca com qualidade fitossanitária garantida para iniciar o viveiro;
- 5- fazer vistorias constantes no talhão visando identificar mistura de plantas ou mesmo plantas com sintomas visuais de problemas, nesses casos recomenda-se o *rouguing* (arranquio) com a retirada do material para área externa ao viveiro;
- 6- cortar cuidadosamente as hastes entre 8 e 12 meses de idade, com a desinfecção de facões antes do início desse procedimento.

5. CULTIVARES DE MANDIOCA

5.1. Histórico da cultura da mandioca no Instituto Agrônômico (IAC)

No Instituto Agrônômico (IAC) estudos iniciais com a cultura da mandioca datam do final do século XIX, no entanto, a partir de 1935, a dedicação foi mais acentuada com a estruturação do programa de mandioca, a formação da coleção de germoplasma, o desenvolvimento de técnicas de melhoramento genético e a seleção de novas cultivares. De fato, em 1948 iniciaram-se os trabalhos de melhoramento genético em mandioca com cruzamentos controlados. Em 1950, o IAC consolidou 15 anos de experimentação de mandioca em um trabalho que apresentava os elementos básicos para a produção de mandioca de mesa de forma racional: cultivares, espaçamento, épocas de plantio, etc. (VALLE; LORENZI, 2014). De raízes de polpa branca, a IAC 14-18 Verdinha foi obtida em 1958 por polinização aberta em SRT-454 Guaxupé (Figura 27a). Em 1962, foi lançada a variedade com raízes de polpa branca IAC 24-2 Mantiqueira, obtida por polinização aberta em SRT-120 Santa, que foi disseminada nas principais regiões produtoras do mundo pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) como CMC-40 (Figura 27b).

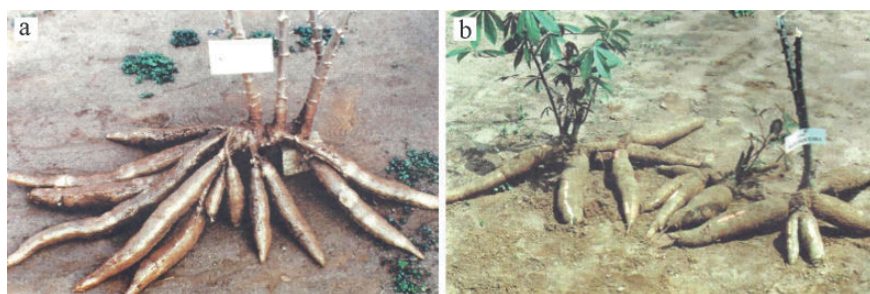


Figura 27. Aspecto visual das raízes de mandioca das cultivares IAC 14-18 Verdinha (a) e IAC 24-2 Mantiqueira (b). Foto: Arquivo IAC (s.d.).

A partir de 1979, o IAC ampliou o programa de melhoramento genético tradicional e os estudos genéticos, buscando aumentar a eficiência do programa com a escolha de combinações mais favoráveis dos parentais. São derivados dessa época as cultivares de mandioca para indústria: IAC 13, IAC 14 e IAC 15. Com relação à mandioca de mesa, a cultivar IAC 576-70 (Figura 28) foi obtida do cruzamento das cultivares SR-797 Ouro do Vale (raízes de polpa amarela) com IAC 14-18 Verdinha (raízes de polpa branca). Buscou-se com esse cruzamento uma cultivar que associasse bom desempenho agrícola, como produtividade, estabilidade, resistência a doenças e com raízes amarelas. Lançada em 1984, a variedade IAC 576-70 tem de 200-220 Unidades Internacionais (UI) de vitamina A e se destaca por sua produtividade, razoável resistência à bacteriose, aspecto das raízes, tempo de cozimento, baixo teor de ácido cianídrico e cor amarela da polpa das raízes (VALLE; LORENZI, 2014). Essa variedade por seus atributos superiores (teor de β -caroteno com atividade de pró-vitamina, bom descascamento, menor tempo de cozimento e massa de ótima qualidade culinária, resistência à bacteriose, produção de raízes cilíndricas uniformes e alta produtividade) foi utilizada em cruzamentos com outras cultivares amarelas objetivando a obtenção de clones com teores mais elevados de carotenoides pró-vitamínicos e com excelentes qualidades organolépticas.



Figura 28. Aspecto visual das raízes cruas (esquerda) e cozidas (direita) da variedade IAC 576-70 (a) e aspecto de duas plantas da IAC 576-70 no ponto de colheita apresentadas pelo Engenheiro Agrônomo Daniel Pio, da EDR-Botucatu (b). Foto: Arquivos IAC (s.d.).

Na década de 1990, diversos outros clones promissores foram obtidos no programa de melhoramento genético de mandioca do IAC, objetivando o uso como alimentos funcionais (Figura 29). Desses foram selecionados para continuarem nos experimentos apenas os clones IAC 265-97 e IAC 108-00. Em síntese são clones com boa produtividade, baixo teor de ácido cianídrico e com teores elevados de β -carotenos (Tabela 11).

Dentre os clones avaliados em diversas épocas e locais, os clones IAC 265-97 e IAC 6-01 destacaram-se no aspecto culinário (Figura 30). O clone IAC 265-97 tem cerca de 625 UI de vitamina, enquanto o clone IAC 6-01, proveniente do cruzamento entre SRT 1221 (amarela) x IAC 576-70, uniu produtividade e características culinárias superiores aos aspectos fitotécnicos que possibilitam o cultivo em diversidade de sistemas de produção. O clone IAC 6-01 tem cerca de 800 UI de vitamina A e ficou popularmente conhecido como mandioca Ouro por causa da coloração de suas raízes (FAPESP, 2012).



Figura 29. Aspecto visual das raízes cozidas de diversos clones de mandioca de mesa (a, b, c); visão do teste de cozimento com diversos clones conduzido pela pesquisadora Teresa Losada Valle (d) e aspecto das raízes descascadas do clone IAC 6-01 (e). Foto: Cassia Regina Limonta Carvalho (a, b, c); Teresa Losada Valle (d) e Daniel Gomes (e).

Tabela 11. Características nutricionais, cianogênicas e agrônômicas de nove clones de mandioca de mesa comparativamente à variedade padrão IAC 576-70. Colheita com 10 meses

Genótipo	Carot. totais ⁽¹⁾	β -carot ⁽²⁾	Vit. A ⁽³⁾	Cozimento ⁽⁴⁾	Cianog. ⁽⁵⁾	Prod. ⁽⁶⁾	MS ⁽⁷⁾
	$\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$	$\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$	UI 100 g^{-1}	min.	mg kg^{-1}	t ha^{-1}	%
IAC 576-70	437,50	395,15	227	35,8 bcd	30,9 c	27,52 a	42,24
IAC 265-97	1124,60	1095,40	625	34,7 cd	27,8 c	17,90 ab	35,89
IAC 290-97	503,20	472,20	263	41,6 abcd	38,7 bc	27,53 a	40,88
IAC 66-99	606,50	634,40	352	45,4 abc	160,1 a	15,32 b	38,84
IAC 16-00	925,10	858,10	476	51,4 a	40,6 bc	27,10 a	36,75
IAC 27-00	1317,90	1248,70	694	51,6 a	42,4 bc	22,62 ab	42,82
IAC 113-00	566,90	648,90	361	47,9 ab	57,0 bc	21,22 ab	41,13
IAC 108-00	1426,80	1426,80	793	52,0 a	33,5 c	28,47 a	38,10
IAC 33-00	980,70	923,30	513	36,5 bcd	32,2 c	15,59 b	36,43
IAC 28-00	293,10	370,80	206	29,4 d	70,7 b	28,00 a	42,72

⁽¹⁾ Carot. totais - carotenoides totais nas raízes; ⁽²⁾ β -carot - teor de betacaroteno nas raízes; ⁽³⁾ Vit. A - teor equivalente em vitamina A; ⁽⁴⁾ Cozimento - tempo de cozimento de toletes de raízes em panela aberta; ⁽⁵⁾ Cianog. - teor equivalente em HCN na polpa de raízes; ⁽⁶⁾ Prod. - produtividade de total raízes; ⁽⁷⁾ MS - teor de matéria seca nas raízes.

*médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Adaptado de Mezette et al. (2009).

Desde a década de 1980, estudos realizados na região do Vale do Paraíba objetivaram a avaliação da produção de raízes e outras características de clones de mandioca de mesa oriundos de cruzamentos intervarietais. (VILLELA et al., 1985). A partir de 2005, novas linhas temáticas foram introduzidas nesse trabalho, tais como a adubação verde, o policultivo, as culturas de cobertura, o cultivo mínimo, o plantio direto e os sistemas agroflorestais. Dentre os diversos clones comparados no Vale do Paraíba destacaram-se os IAC 06-01 e IAC 265-97, com raízes

de cor amarela-ouro quando cozidas (Figura 30). Além disso, o clone IAC 6-01, que possui porte alto e ramificação tardia e fechada a partir de 1,5 m de altura, facilita os tratos culturais, favorece o consórcio de culturas e produz cobertura uniforme do solo tem se destacado em avaliações nos estágios iniciais de implantação de sistemas agroflorestais (SAF), como cultura inicial na formação de reflorestamentos na restauração ambiental.



Figura 30. Aspecto visual das raízes cozidas das testemunhas SRT Pinheirinho e IAC 576-70 e dos clones IAC 265-97 e IAC 6-01, colhidos aos 10 meses. Foto: Arquivos IAC (2020).

Merece destaque, também, o clone IAC 108-00 com elevado potencial produtivo, rico em teor de cálcio e com teor de β -caroteno de $940 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ e quase duas vezes mais cálcio (Ca) acumulado nas raízes 884 mg kg^{-1} . No entanto, esse clone apresentou problemas de cozimento, sendo utilizado apenas para outras funções como genitor, fonte para alimentação animal e para farinhas enriquecidas. Esse clone já foi testado na produção de farinha sob processamento artesanal, onde quantificou-se a perda de carotenoides pró-vitamínicos durante as etapas do processamento (Figura 31). Verificou-se que 60% do β -caroteno presente nas raízes amarelas permaneceram na farinha e que o consumo diário de 100 g dessa farinha representaria uma ingestão de 45% das necessidades de vitamina A de um indivíduo adulto (CARVALHO et al., 2005).



Figura 31. Clone IAC 108-00: aspecto visual das raízes descascadas (a); visão da massa obtida após a ralação das raízes (b); aspecto visual da produção artesanal da farinha no assentamento rural HortoVergel, em Santo Antônio de Posse (SP) (c); aspecto visual da farinha sendo processada artesanalmente (d).
Foto: Arquivos IAC (s.d.).

A partir da década de 2010, ainda no programa de melhoramento genético de mandioca de mesa, foram obtidos novos clones amarelos os quais estão sendo avaliados em diversos ambientes produtivos. Dentre eles têm se destacado os clones IAC 64-10, IAC 76-10, IAC 133-10, IAC 139-10 (Figura 32), com relação às características produtivas e nutricionais. Esses clones após a finalização do processo de seleção, com testes de estabilidade produtiva e quantificações de carotenoides pró-vitâmicos e de teores de ácido cianídrico serão disponibilizados aos agricultores.



Figura 32. Aspecto visual das raízes cozidas das testemunhas SRT Pinheirinho e IAC 576-70 e dos clones IAC 12-10, IAC 64-10, IAC 74-10, IAC 76-10, IAC 133-10 e IAC 139-10, colhidos aos 10 meses. Foto: Arquivos IAC (2020).

Os clones IAC 28-00 e IAC 6-01 foram disponibilizados ao setor produtivo em 2021 como cultivares IAC 28 Bruta e IAC 601 Vitaminada. Na tabela 12 estão apresentadas as cultivares liberadas pelo Instituto Agrônômico para o setor produtivo de 1935 a 2021.

Tabela 12. Histórico da liberação de cultivares de mandioca de mesa e de mandioca para indústria pelo Instituto Agrônomo (IAC)

Cultura	Cultivar	Ano	Características	Referência	RNC
Mandioca de mesa	Vassourinha	1935	Produtividade e qualidade culinária	O Agron. v. 32	-
Mandioca para indústria	Branca de Sta Catarina	1935	Produtividade e resistência à bacteriose	Bol. Tec. IAC, 162	9648
Mandioca de mesa	Guaxupé	1941	Produtividade e qualidade culinária	Circ. IAC 91	-
Mandioca de mesa	Carapé	1944	Resistência à bacteriose	Circ. IAC 91	-
Mandioca de mesa	Verdinha	1958	Produtividade e resistência à bacteriose	O Agron. v. 32 e Bol. Tec. IAC, 162	9645
Mandioca de mesa	Ouro do Vale	1958	Polpa amarela de boa palatabilidade	O Agron. v. 32 e Circ. IAC 91	-
Mandioca de mesa	Jaçanã	1959	Produtividade e resistência à bacteriose	Bol. Tec. IAC, 162 e Circ. IAC 91	9646
Mandioca de mesa	Jacira	1961	Qualidade culinária	Circ. IAC 91	-
Mandioca de mesa	Mantiqueira	1962	Resistência à bacteriose	O Agron. v. 32 e Bol. Tec. IAC, 162	9647
Mandioca para alim. animal	IAC 352-6	1962	Produtividade elevada para forragem	Circ. IAC 91	-
Mandioca para indústria	IAC 12	1963	Alto teor de matéria seca das raízes	O Agron. v. 37 e Bol. Tec. IAC, 162	9652
Mandioca de mesa	Iracema	1969	Alta produtividade e resistência à bacteriose	O Agron. v. 23	9649
Mandioca de mesa	Preta	1969	Produtividade e resistência à bacteriose	Bol. Tec. IAC, 162	9644
Mandioca para indústria	Taquari	1969	Elevada produtividade	O Agron. v. 32	-
Mandioca para indústria	Caapora	1976	Alta resistência à bacteriose	Rel. IAC (SRT) - 1972/73	9650

Continua

Tabela 12. Conclusão

Cultura	Cultivar	Ano	Características	Referência	RNC
Mandioca para indústria	Mico	1976	Produtividade e precocidade	Bol. Tec. IAC, 162	-
Mandioca de mesa	IAC 576-70	1984	Alta produtividade e qualidade culinária	O Agron. v. 37 e Bol. Tec. IAC 162	9643
Mandioca para indústria	IAC 13	1996	Alta produtividade e alto teor de matéria seca	Bol. Tec. IAC, 162	9651
Mandioca para indústria	IAC 14	1996	Alta produtividade e resistência à bacteriose	Bol. Tec. IAC, 162	9653
Mandioca para indústria	IAC 15	2000	Alta produtividade, resistência à bacteriose	-	-
Mandioca para indústria	IAC 90	2021	Alta produtividade, resistência à bacteriose	-	49695
Mandioca para indústria	IAC 118-95	2021	Alta produtividade, resistência à bacteriose	-	50174
Mandioca de mesa	IAC 601 Vitaminada	2021	Alta produtividade, resistência à bacteriose	-	50935
Mandioca de mesa	IAC 28 Bruta	2021	Alta produtividade, resistência à bacteriose	-	50936

Fonte: http://www.iac.sp.gov.br/cultivares/inicio/resultados_quantitativos_view.php?pesquisa=Mandioca.

5.2. Características principais de mandioca de mesa

a) Presença de compostos cianogênicos (HCN) nas raízes

As cultivares de mandioca de mesa têm como características principais o baixo teor de compostos cianogênicos (HCN) na polpa das raízes, alta produtividade de raízes comerciais e o bom cozimento das raízes, tendo como exemplo a IAC 576-70 (Tabela 11). Assim, as novas cultivares de mandioca de mesa são liberadas aos agricultores apenas quando atendem todos esses critérios e também, apresentam resistência ou tolerância à bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihots*). Os cianoglicosídeos são sintetizados pela planta de mandioca e fazem parte do sistema de defesa contra pragas e animais, desenvolvido pela espécie durante o processo evolutivo (LORENZI et al., 1993). Esses componentes estão presentes em toda a planta desde a parte aérea até as raízes tuberosas, sendo as maiores concentrações presentes na parte aérea da mandioca (SILVA et al., 2004; VALLE et al., 2004). O consumo de partes da planta de mandioca promove a quebra dos componentes celulares, fazendo com que a enzima linamarase entre em contato com seu substrato linamarina, esse processo libera HCN e consequentemente cianeto no sistema digestivo dos animais ou mesmo do homem, podendo causar intoxicação aguda e até morte. Na mandioca a diversidade de cultivares melhoradas e de nativas apresentam grande variação na concentração de cianoglicosídeos que está relacionada ao fator genético e sua interação com o ambiente. Com base nas análises químicas da polpa de raízes de cultivares de mandioca coletadas no estado de São Paulo, estabeleceu-se para a mandioca de mesa, o limite máximo de 100 ppm de HCN na polpa crua das raízes que gerou a seguinte classificação: mandioca mansa – menos de 100 ppm de HCN na polpa crua das raízes; mandioca intermediária – de 100 a 200 ppm de HCN; mandioca brava – mais de 200 ppm de HCN (LORENZI; DIAS, 1993). Além disso, essas cultivares devem apresentar cozimento estável durante o período de colheita, que varia de oito a quatorze meses. O cozimento de raízes está relacionado diretamente com a característica genética da cultivar e com fatores

ambientais, principalmente com a fertilidade do solo. Assim, para o bom cozimento, deve-se primeiramente escolher uma boa cultivar e, em seguida, averiguar as características de fertilidade do solo da área de plantio, a qual deve ser fértil com bom equilíbrio nutricional e apresentar teor de matéria orgânica adequado ($>30 \text{ g dm}^{-3}$).

b) Tempo de cocção e qualidade de massa cozida

Na mandioca de mesa o componente de maior importância é o ponto de cozimento das raízes, que juntamente com a produtividade podem garantir o sucesso da cultura (Figura 33). O cozimento culinário das raízes passa por fatores subjetivos e por fatores qualitativos, onde as características mais importantes são a textura, plasticidade e pegajosidade da massa cozida, o que interfere nas receitas culinárias preparadas com mandioca (PEREIRA et al., 1985). Essas características têm relação direta com a duração do tempo de cozimento, isto é, quanto menor o tempo de cozimento, melhor será a massa gerada (PEREIRA et al., 1985; FUKUDA et al., 1988; WHEATLEY; GOMEZ, 1985). Assim, a simples determinação do tempo de cozimento pode oferecer indicações seguras quanto à qualidade culinária. Normanha (1988) considerou uma mandioca cozida e de boa qualidade de massa àquela em que a polpa cozida fosse facilmente esmagada e desfeita, quando amassada com um garfo, até o ponto de purê, ficando como uma pasta moldável e plástica.

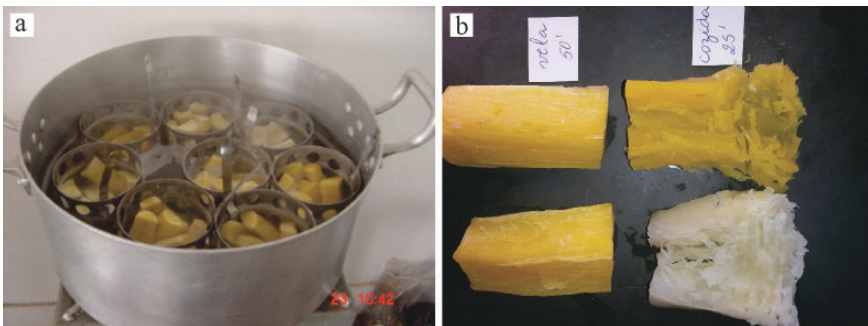


Figura 33. Aspecto visual da avaliação do procedimento de cozimento de raízes de mandioca: toletes colocados para cozinhar em panela aberta com água no ponto de fervura (a); aspecto das raízes cozidas à direita e veladas à esquerda (b).
Foto: Arquivos IAC (2015).

O cozimento culinário é uma variável de efeito genético e tem grande relação com o ambiente. Assim, está sujeito a fatores: (a) internos – os que consideraram as variações dentro e entre as raízes da mesma planta e entre plantas da mesma cultivar; (b) externos – aqueles relacionados à variação em função do genótipo (cultivar), das condições ambientais (tipo de solo/nutrição e adubação) e do estado fisiológico das plantas (idade das plantas/época de colheita). De forma geral, a idade de colheita da planta tem interferência direta no cozimento culinário das raízes (Figura 34).

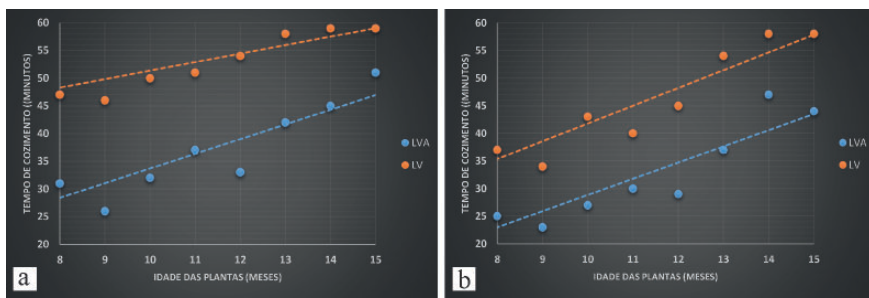


Figura 34. Duração de tempo de cozimento culinário de raízes de mandioca de mesa em função da idade de colheita das plantas e do tipo de solo (LVA - Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média; LV - Latossolo Vermelho, textura argilosa): valores médios obtidos de cinco cultivares (a); valores médios da cultivar IAC 576-70 (b). Fonte: Lorenzi (1994).

Outro ponto é a relação entre o cozimento culinário das raízes de mandioca e a fertilidade do solo (Figura 34) e seu manejo (Tabelas 13 e 14). Aparentemente a relação P/Ca dos solos pode interferir no cozimento das raízes (CARVALHO et al., 2007), enquanto solos com altos teores de P e K apresentam as melhores condições para o cozimento das raízes de mandioca (CARVALHO et al., 2009).

Tabela 13. Teores médios de matéria seca e tempos médios de cocção de 4 a 5 raízes da cultivar IAC 576-70 cultivada em área rural de Campinas (SP), em solo remanescente de produção de hortaliças e em pousio por quatro anos (solo 1) e em solo submetido à calagem e adubação mineral convencional (solo 2)

Amostragem	Teor de matéria seca (%)	Tempo de cocção (minutos)
Solo 1- amostra 1	35,9	34
amostra 2	36,4	36
amostra 3	38	29
Média*	36,8a	33a
Solo 2- amostra 1	41,5	>50
amostra 2	41,9	>50
amostra 3	40,3	>50
Média	41,2a	50b

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Fonte: Carvalho et al. (2009).

Tabela 14. Valores médios das propriedades físicas e químicas das três amostragens de solo coletadas na camada de 0 a 20 cm, em cada local de cultivo

Amostra	M.O.	pH	P	K	Ca	Mg	V
	g dm⁻³	CaCl₂	mg dm⁻³	mmol_c dm⁻³			%
Solo 1	41a*	5,5a	600a	5,4a	90a	18a	80a
Solo 2	34a	5,0a	38b	0,9b	28b	8b	49b

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Fonte: Carvalho et al. (2009).

5.3. Cultivares de mandioca de mesa

No estado de São Paulo, até a década de 1980 o consumidor de mandioca tinha preferência por raízes de polpa branca. Com a disponibilização da IAC 576-70 (polpa amarela), ocorrida na década de 1990 e sua distribuição pelo estado em ação conjunta do IAC e da CATI ocorreu mudança na preferência dos consumidores, sendo que rapidamente a mandioca de polpa amarela dominou o mercado. Essa substituição gerou efeitos positivos à saúde da população, pois os teores de carotenoides pró-vitamínicos, como o β -caroteno, das raízes de mandioca de polpa branca eram baixos e aumentaram com a IAC 576-70 em mais de 8 vezes. Como exemplo de cultivares de mandioca de mesa com boa aceitação pelos agricultores e consumidores podemos citar as de polpa branca: IAC Jaçanã, IAC 24-2 Mantiqueira e IAC 14-18 e de polpa amarela a IAC 576-70. Grande parte da produção de mandioca de mesa no estado de São Paulo é derivada da IAC 576-70, sendo também encontrada em outros estados (Rio de Janeiro, Paraná e Mato Grosso do Sul) por ter excelente aceitação entre agricultores, consumidores e por pequenas agroindústrias. Comparativamente, podemos demonstrar que os teores de β -caroteno das cultivares de polpa branca ficam próximo de 20 UI de vitamina A/100 g de polpa (MELO; FABRI, 2017), na IAC 576-70 esse valor fica próximo de 160-250 UI de vitamina A/100g de polpa (MEZETTE et al., 2009; MELO; FABRI, 2017), enquanto nos clones de polpa alaranjada esse valor pode ser maior. Como exemplo pode-se citar a cultivar IAC 601 Vitaminada com valor aproximado de 900 UI de vitamina A/100 g de polpa (MELO; FABRI, 2017). Ainda nessa linha de mandiocas enriquecidas derivadas do programa de melhoramento genético do IAC foram obtidos outros clones de mandioca de mesa com alto teor de carotenoides pró-vitamínicos na polpa das raízes, os quais estão em processo de avaliação em campo.

A adoção de cultivares com altos teores de carotenoides pró-vitamínicos pode garantir melhoria da segurança alimentar e promover qualidade de vida e bem-estar da população. Aliado a esse fator o

processamento mínimo das raízes pode aumentar a renda no campo. Atualmente o mercado de mandioca de mesa tem expandido principalmente por mudanças nos padrões comerciais que passam a atender as questões de praticidade e rapidez exigidas pelo consumidor. Nesse modelo, a comercialização de raízes com casca tem perdido espaço para a de raízes descascadas, na forma de tolete e acondicionadas em solução conservante à baixa temperatura e por toletes embalados a vácuo. Esse tipo de preparo, o que agrega valor ao produto, tem aumentado a renda dos pequenos agricultores do estado. Outras formas de comercialização têm ganhado importância, destacando-se os toletes cozidos e congelados, os palitos de mandioca congelados e produtos processados (coxinhas, croquetes e massas, entre outros) usando a massa de mandioca como pasta base. Nesse último segmento os investimentos são elevados e o mercado é dominado por grandes empresas especializadas em alimentos congelados, sendo poucas as unidades agroindustriais de pequeno porte.

5.3.1. Descrição das cultivares IAC de mandioca de mesa

As tabelas 15 e 16 apresentam o comportamento produtivo e o cozimento das raízes das cultivares IAC 576-70, SRT Pinheirinho, IAC 601 Vitaminada e IAC 28 Bruta ao longo do tempo, em diferentes ambientes. A seguir estão as descrições dessas cultivares:

a) Cultivar IAC 576-70 (RNC 09643)

A cultivar de mesa IAC 576-70 (Figura 35) foi obtida do cruzamento das cultivares SR-797 Ouro do Vale (raízes de polpa amarela) com IAC 14-18 (raízes de polpa branca). Buscou-se com esse cruzamento uma cultivar que associasse bom desempenho agrícola, como produtividade, estabilidade, resistência a doenças e com raízes amarelas. Lançada em 1984 a cultivar IAC 576-70 se destaca por sua produtividade, resistência à bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis*), baixo teor de ácido cianídrico e cor amarela da polpa das raízes (VALLE;

LORENZI, 2014). Tem raízes de película suberosa rugosa de coloração marrom-escuro e polpa de coloração amarelo-clara, teor de β -caroteno da ordem de $287 \mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$, que equivale a 160 UI de vitamina A/100 g de polpa (MEZETTE et al., 2009) e teor de HCN variando de 30 a 100 mg eq. de HCN kg^{-1} na polpa das raízes, porém em condições adequadas de cultivo o teor de HCN geralmente é muito inferior ao limite de 100 mg eq. de HCN kg^{-1} proposto por Lorenzi et al. (1993). Outros atributos são o bom descascamento, menor tempo de cozimento (25 a 30 minutos em panela aberta), massa de ótima qualidade culinária, raízes uniformes e cilíndricas e rendimento comercial próximo de 80%. Por essas características a IAC 576-70, além de dominar grande área no estado de São Paulo também difundiu-se para outros estados (Rio de Janeiro, Paraná, e Mato Grosso do Sul) com excelente aceitação dos agricultores, consumidores e pequenas agroindústrias. Recomendada para solos de alta fertilidade e bem equilibrados nutricionalmente, resistente à bacteriose, apresenta raízes com película suberosa rugosa e de coloração marrom-escuro, ramos de coloração verde-acinzentada quando maduras e porte alto e ramificação esganhada.

Principais características:

Planta de porte alto (altura primeira ramificação $>0,40 \text{ m}$);

Raízes de formato cilíndrica regular;

Película da raiz de cor marrom-escuro e polpa amarela;

Teor de β -caroteno equivalente a 220 UI de vitamina A;

Cozimento rápido (tempo <30 minutos);

Potencial produtivo superior a 25 t ha^{-1} (colheita de 12 meses).

Destaque:

Alta produtividade, bom cozimento e ótimas qualidades sensoriais.

Principal aptidão:

Excelente qualidade pós-cozimento e coloração amarela das raízes cozidas.

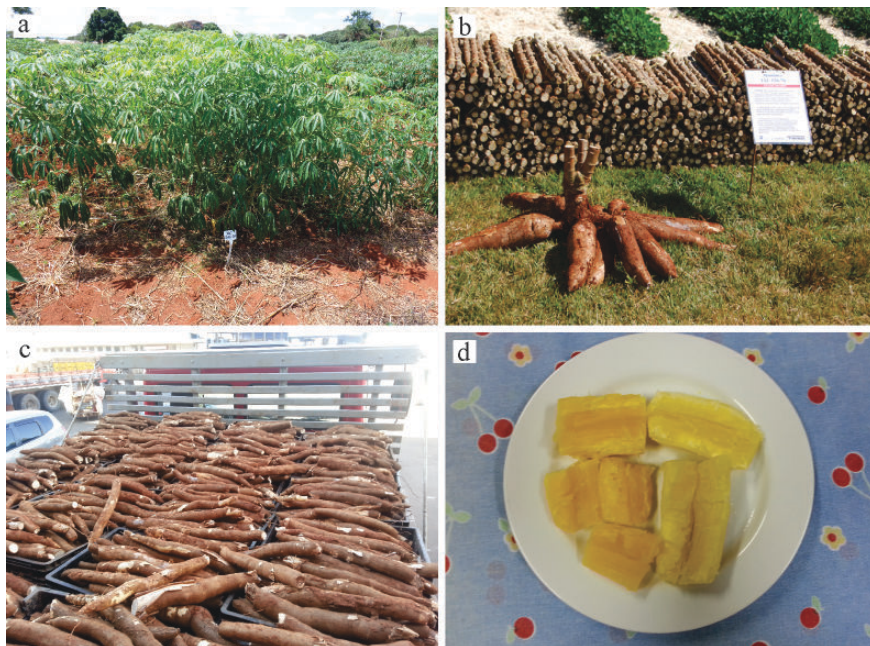


Figura 35. Aspecto visual das plantas de mandioca da cultivar IAC 576-70 aos 8 meses de idade (a); aspecto da planta colhida aos 12 meses de idade (b); aspecto das raízes comercializadas na CEASA (c); aspecto das raízes cozidas (d). Foto: Arquivos IAC (2005).

b) Cultivar SRT Pinheirinho

Cultivar de mandioca de mesa introduzida por agricultores, também conhecida como Eucalipto, Calípio e Pinheiro (Figura 36). Tem como características boa produtividade, raízes de polpa amarela quando cozidas (semelhante à coloração da IAC 576-70) e o bom cozimento das raízes. Apresenta dificuldade no descascamento das raízes após a colheita.

Principais características:

Planta cilíndrica de porte alto (não ramifica);

Raízes de formato cônica cilíndrica regular;

Película da raiz de cor marrom-escuro e polpa creme;

Cozimento rápido (tempo <30 minutos);

Potencial produtivo superior a 25 t ha⁻¹ (colheita de 12 meses).

Destaque:

Alta produtividade e bom cozimento.

Principal aptidão:

Excelente qualidade das raízes cozidas.



Figura 36. Aspecto visual das plantas de mandioca da cultivar SRT Pinheirinho (a); aspecto da colheita aos 12 meses de idade (b); aspecto das raízes descascadas e cozidas (c). Foto: Arquivos IAC (2013).

c) Cultivar IAC 28 Bruta (RNC 50936)

A cultivar de mandioca de mesa IAC 28 Bruta (Figura 37) foi proveniente de sementes obtidas de autofecundação natural da cultivar Vassourinha. Essas sementes foram semeadas em outubro de 2000, no Centro Experimental de Campinas, do Instituto Agrônomo (IAC). A partir de 2001, iniciaram-se os procedimentos de seleção dos melhores clones. Com experimentos de competição de clones realizados entre 2005 e 2019 constatou-se que o clone 28 estava entre os melhores. Este recebeu a denominação de clone IAC 28-00. Entre 2005 e 2019 foram realizadas avaliações em São José do Rio Pardo, Monte Alegre do Sul, Pindamonhangaba e Engenheiro Coelho, cidades do estado de São Paulo, onde constatou-se a estabilidade e a capacidade produtiva do clone IAC 28-00. Assim, o programa de melhoramento de mandioca do Instituto Agrônomo (IAC) selecionou o IAC 28-00, objetivando a obtenção de clones de mandioca resistentes à bacteriose, adaptados ao sistema de produção de alta produtividade e baixo tempo de cozimento das raízes tuberosas.

Principais características:

Planta compacta de porte alto (altura primeira ramificação >0,50 m);

Raízes de formato cônica cilíndrica regular;

Película da raiz de cor marrom-clara e polpa creme;

Cozimento rápido (tempo <30 minutos);

Potencial produtivo superior a 35 t ha⁻¹ (colheita de 12 meses).

Destaque:

Alta produtividade, bom cozimento e ótimas qualidades sensoriais.

Principal aptidão:

Excelente qualidade das raízes cozidas.



Figura 37. Aspecto visual da planta de mandioca da cultivar IAC 28 Bruta aos 12 meses de idade (a); aspecto das raízes colhidas aos 12 meses de idade (b); aspecto das raízes descascadas e cozidas (c). Foto: Arquivos IAC (2021).

d) Cultivar IAC 601 Vitaminada (RNC 50935)

A cultivar de mandioca de mesa IAC 6-01 Vitaminada (Figura 38) é proveniente de sementes obtidas de campo de cruzamento controlado realizado em Campinas (SP), utilizando como genitores a cultivar IAC 576-70 e o genótipo SRT 1221. Essas sementes foram semeadas em

novembro de 2001, no Centro Experimental de Campinas, do Instituto Agrônômico (IAC). A partir de 2002 iniciaram-se os procedimentos de seleção dos melhores clones. Com experimentos de competição de clones realizados entre 2006 e 2019 constatou-se que o clone 06 estava entre os melhores. Este recebeu a denominação de clone IAC 6-01. Entre 2006 e 2019 foram realizadas avaliações em São José do Rio Pardo, Monte Alegre do Sul, Pindamonhangaba e Engenheiro Coelho, cidades do estado de São Paulo, onde constatou-se a estabilidade e a capacidade produtiva do clone IAC 6-01. Assim, o programa de melhoramento de mandioca do Instituto Agrônômico (IAC) selecionou o IAC 601, objetivando a seleção de clones de mandioca resistentes à bacteriose, adaptados ao sistema de produção, de alta produtividade e baixo tempo de cozimento das raízes tuberosas.

Principais características:

Planta compacta de porte alto (altura primeira ramificação >0,60 m);

Raízes de formato cilíndrica regular;

Película da raiz de cor marrom-escura e polpa amarela;

Alto teor de β -caroteno equivalente a 800 UI de vitamina A;

Cozimento rápido (tempo <35 minutos);

Potencial produtivo superior a 30 t ha⁻¹ (colheita de 12 meses).

Destaque:

Alta produtividade, bom cozimento, alto teor de β -caroteno (precursor da vitamina A) e ótimas qualidades sensoriais.

Principal aptidão:

Excelente qualidade e coloração amarelo-ouro das raízes cozidas.



Figura 38. Aspecto das raízes de mandioca da cultivar IAC 601 Vitaminada colhidas aos 12 meses de idade (a); aspecto visual das raízes descascadas e cozidas (b); aspecto visual da planta de mandioca da cultivar IAC 601 Vitaminada aos 12 meses de idade (c); aspecto visual de toletes de raízes fritos (d). Foto: Arquivos IAC (2020).

Tabela 15. Médias de produtividade obtidas em 6 experimentos desenvolvidos de 2005 a 2019, com colheita de 12 meses, em cinco localidades no estado de São Paulo

Clone/Testemunha	Produtividade de raízes (t ha ⁻¹)					
	Monte Alegre	Ribeirão	São José do	Pindamonhangaba	Pindamonhangaba	Engenheiro
	do Sul (2018-2019)	Preto (2017-2018)	Rio Pardo (2018-2019)	local 1 (2006-2007)	local 2 (2007-2008)	Coelho (2005-2006)
	----- t ha ⁻¹ -----					
IAC 6-01	23,9 bcde	31,9 ab	29,3 b	35,7 abcd	33,9 bc	-
IAC 28-00	37,3 a	32,2 a	34,8 ab	62,7 a	31,8 bc	28,0 a
IAC 576-70	20,4 cde	29,8 ab	28,4 b	39,1 bcd	30,6 bc	27,5 a
SRT Pinheirinho	27,1 bc	23,5 b	39,9 a	-	-	
C.V. (%)	25,77	29,32	22,10	14,24	13,92	16,12

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Fonte: Relatórios internos do CH-IAC (2020) - dados não publicados.

Tabela 16. Tempo de cozimento das raízes obtido em 6 experimentos desenvolvidos de 2005 a 2019, com colheita de 10-12 meses, em cinco localidades do estado de São Paulo

Clone/Testemunha	Tempo de cozimento das raízes (minutos)					
	Monte Alegre	Ribeirão	São José do	Pindamonhangaba	Pindamonhangaba	Engenheiro
	do Sul (2018-2019)	Preto (2017-2018)	Rio Pardo (2018-2019)	local 1 (2006-2007)	local 2 (2007-2008)	Coelho (2005-2006)
	----- t ha ⁻¹ -----					
IAC 6-01	38,9 bcd	34,5	43,4 bc	22,6 a	27,3 a	-
IAC 28-00	30,3 cde	27,1	54,0 a	25,3 a	47,6 b	29,3 a
IAC 576-70	28,7 cde	26,3	45,5 ab	20,3 a	33,4 ab	35,8 abc
SRT Pinheirinho	30,3 cde	23,3	41,7 bc	-	-	-
C.V. (%)	26,94	-	13,78	22,29	22,87	9,74

*Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

Fonte: Relatórios internos do CH-IAC (2020) - dados não publicados.

6. PLANTIO E COLHEITA

6.1. Época de plantio

De modo geral, o plantio de mandioca pode ser realizado durante o ano todo, no entanto estudos mostram que aqueles feitos até agosto tendem a produzir mais do que os plantios após setembro (Tabela 17). Essa diferença deve-se, em parte, ao ciclo fenológico da planta, sendo que nos meses com baixa precipitação e de baixa temperatura ocorre o período de repouso fisiológico (Figura 3).

Tabela 17. Efeito da época de plantio sobre a produtividade de raízes de mandioca em quatro localidades do estado de São Paulo, com colheitas nos meses de junho (início do estágio de repouso fisiológico) a outubro

Época de plantio (mês)	Estande (%)	Produtividade de raízes (t ha ⁻¹)	Diferença sobre o plantio de outubro (%)	Idade da cultura (meses)
maio	92,2	25,8	+66,4	13
junho	87,9	23,4	+50,9	12
julho	88,2	27,1	+74,8	11
agosto	85,4	23,4	+49,7	10
setembro	77,2	16,6	+7,1	9
outubro	88,8	15,5	+0,0	8

Fonte: Normanha e Pereira (1950).

Em mandioca de mesa o plantio é feito quase o ano todo, principalmente, para atender as demandas do mercado consumidor. Nos últimos anos, o comércio de raízes descascada e/ou congelada tem aumentado e assim, os plantios podem ser concentrados em épocas favoráveis, já que a colheita é processada e congelada para depois ser distribuída durante o ano todo.

6.2. Espaçamento de plantio

No momento do plantio o espaçamento entrelinhas e entre plantas pode ser ajustado visando aumentar o período de colheita. Plantios adensados, utilizando alta população de plantas por hectare podem ser colhidos mais tarde, enquanto os plantios com baixa população de plantas por hectare devem ser colhidos precocemente, entretanto as raízes devem ter bom cozimento para que ocorra a colheita. Essa diferença de tempo de colheita deve-se principalmente ao padrão das raízes comerciais (diâmetro e tamanho), visto que com baixa população de plantas as raízes atingem o tempo de colheita mais cedo que as obtidas em altas populações. No estado de São Paulo recomenda-se o espaçamento de 1,0 a 1,2 m entrelinhas por 1,0 a 1,20 m entre plantas, originando populações entre 8.000 e 10.000 plantas ha⁻¹.

6.3. Profundidade de plantio

Outro ponto importante está relacionado à profundidade de plantio das manivas. A profundidade correta em plantios mecanizados requer regulagem adequada da pressão das molas das plantadeiras e monitoramento constante, uma vez que alterações na textura do solo modificam diretamente a profundidade de plantio. Plantios profundos resultam em menor produtividade (Tabela 18) e favorecem o ataque de fungos presentes no solo à maniva e às brotações iniciais, o que pode ocasionar diminuição no estande de plantas (Figura 39). Recomenda-se o plantio na profundidade de 5 a 8 cm (Tabela 18).

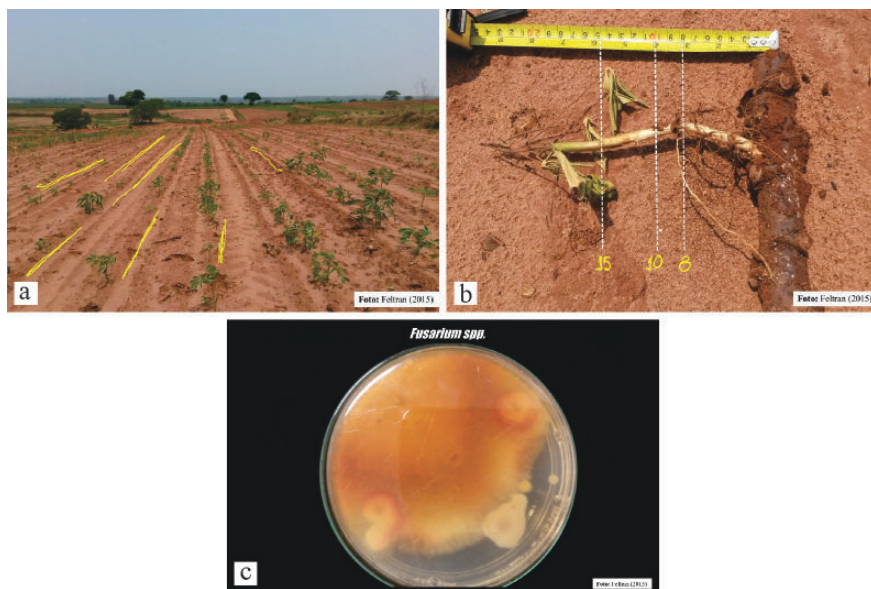


Figura 39. Aspecto visual de falhas de estande de plantas em área cultivada com mandioca sob solo de textura arenosa (a); identificação da profundidade de deposição da maniva de mandioca (b); isolamento em laboratório de fungo (*Fusarium* spp.) que causou a podridão das manivas (c).
Foto: Arquivos IAC (2016).

Tabela 18. Efeito da profundidade de plantio na produtividade de raízes tuberosas de mandioca

Profundidade de plantio (cm)	Produtividade (t ha ⁻¹)	Aumento (%)
5	18,3	+10,3
10	16,5	0
15	13,2	-20,0

Fonte: Normanha e Pereira (1950).

6.4. Controle de plantas daninhas

A cultura da mandioca é de lento crescimento inicial e pequena capacidade de sombreamento, características que lhe proporcionam baixa capacidade competitiva com as plantas daninhas e oneram seu custo de produção. Esse fato é facilmente constatado pela participação da mão de obra destinada às capinas manuais e mecânicas para o controle das plantas daninhas, da ordem de 45% do custo total da cultura (LORENZI; DIAS, 1993). Além disso, a mandioca é cultivada, predominantemente, em solos arenosos onde os problemas de erosão são mais acentuados. Nas áreas cultivadas com mandioca as plantas daninhas podem reduzir drasticamente o crescimento das plantas e a produtividade de raízes de 89% a 100% (COSTA et al., 2013; JOHANNNS; CONTIERO, 2006), sendo necessário a adoção de medidas de controle. No cultivo da mandioca, bem como em outros cultivos, existem diferentes opções para o controle das plantas daninhas. A busca de métodos culturais tais como a seleção de genótipos vigorosos com alta capacidade competitiva, o plantio de populações densas, o uso de coberturas mortas ou vivas, a utilização do plantio direto, o plantio de mandioca em fileira dupla e os cultivos intercalares para o controle das plantas daninhas têm sido intensificados. Também se tem utilizado sistemas mecânicos como capinas manuais, ou por meio de cultivadores de tração animal ou mecanizado e, até mesmo das próprias mãos (monda) para se controlar as plantas daninhas. Por outro lado, o controle químico tem sido intensificado nos últimos anos. No Brasil atualmente existem 82 formulações de herbicidas registradas para uso na cultura da mandioca (PERESSIN et al., 2022) (Tabela 19).

Tabela 19. Herbicidas registrados para uso na cultura da mandioca no Brasil

Ingrediente ativo	Nome comercial	Dosagem (L ou kg ha⁻¹ do produto comercial)	Época de aplicação (Síntese)
Ametrina	1) Ameforce; 2) Ametrex WG; 3) Ametrina CCAB 800 WG; 4) Ametrina 800 WG CHDS; 5) Ametrina 800 WG Rainbow; 6) DK Plus; 7) Gesamena Plus; 8) Herbipak WG; 9) Hipertrina; 10) Kaner 800 WG; 11) Listar; 12) Megatrina; 13) Sugarina Plus; 14) Sultão	2,0-3,0	Pré-emergência da cultura e das plantas daninhas. De preferência, deverá ser aplicado em torno de dois dias após o plantio da cultura antes da emergência, em pré-emergência das plantas infestantes.
Carfentrazone-etílica	1) Aurora; 2) Aurora 400 EC	0,05-0,075 Aplicar com 0,5% de óleo mineral recomendado pelo fabricante.	Aplicação em pós-emergência das plantas infestantes e da cultura.
Cletodim	1) Cartago; 2) Cletodim BRX; 3) Cletodim CCAB 240 EC; 4) Cletodim Nortox; 5) Cletodim 240 EC PROVENTIS; 6) Cletodim 240 EC PLS CL 1; 7) Freno 240 EC; 8) Gracidim; 9) Interlect; 10) Jaffa; 11) Kraken 240 EC; 12) Lord; 13) Poquer; 14) Proteno; 15) Select 240 EC; 16) Viance	0,35-0,45 Adicionar óleo mineral à calda de pulverização, na concentração de 0,5 a 1,0% v/v, de conformidade com o recomendado pelo fabricante.	Pós-emergência da cultura e das plantas daninhas.

Continua

Tabela 19. Continuação

Ingrediente ativo	Nome comercial	Dosagem (L ou kg ha⁻¹ do produto comercial)	Época de aplicação (Síntese)
Cletodim	1) Select One Pack	0,70-0,90 Apresenta adjuvante em sua composição.	Pós-emergência da cultura e das plantas daninhas.
Clomazona	1) Carimbo 500 EC; 2) Clomazone CCAB 500 EC II; 3) Clomazone Nortox; 4) Clomazone 500 EC FMC; 5) Gamit; 6) GrandeBR; 7) Gunter; 8) Maxclom 500 EC; 9) Scirocco; 10) Sirtaki 500 EC; 11) Trovati; 12) UP-Stage; 13) Zelig	2,0-2,5	Pré-emergência das plantas infestantes e da cultura.
Clomazona	1) Bonanza; 2) Gamit 360 CS; 3) GIGANTE 360 CS; 4) Kaivana; 5) Reator 360 CS	2,8-3,5	Pré-emergência das plantas infestantes e da cultura.
Flumioxazina	1) Flumyzin 500; 2) Flumyzin 500 SC; 3) Osbar 500 WP; 4) Pledge SC; 5) Sumisoya; 6) Sumisoya 500 SC; 7) Sumyzin 500; 8) Sumyzin 500 SC	0,12-0,20	Recomendações (1)
Fluazifope-P-butílico	1) Fontfop; 2) Fusilade 250 EW; 3) Pilot	0,5-0,75	Pós-emergência da cultura e das plantas daninhas.
Isoxaflutol	1) Atitude Gold 750 WG; 2) Blexis; 3) Palmero; 4) Provence 750 WG; 5) Sunaim; 6) Sunpass; 7) Tandra; 8) Viana	0,1-0,125	Pré-emergência das plantas daninhas, logo após o plantio da cultura.

Continua

Tabela 19. Conclusão

Ingrediente ativo	Nome comercial	Dosagem (L ou kg ha⁻¹ do produto comercial)	Época de aplicação (Síntese)
Linurom	1) Afalon SC; 2) Afalon 450 SC	1,6-2,2	Pré-emergência da cultura e das plantas infestantes.
Metribuzim	1) CoronelBR; 2) Greener; 3) Sencor 480; 4) Unimark 480 SC	0,75-1,0	Pré-emergência da cultura (logo após o plantio da mandioca) e das plantas daninhas.
Ametrina + + Clomazona	1) Crossover; 2) Sinerge EC; 3) Sirtaki Gold	4,0-5,0	Pré-emergência da cultura (logo após o plantio da mandioca) e das plantas daninhas.
Pyroxasulfone + + Flumioxazina	1) Falcon	0,3-1,0	Pré-emergência da cultura e pré-emergência das plantas infestantes.
Glifosato	1) Xequê Mate	2,0-4,0	Aplicação em área total, após a poda invernal da cultura da mandioca.

(¹) a) aplicação na pós-emergência das plantas daninhas, antes do plantio da cultura (dessecação das plantas daninhas em manejo para plantio direto); b) aplicação em pós-emergência dirigida; c) aplicação na pré-emergência da cultura e das plantas daninhas. Caso houver emergência das plantas daninhas e a cultura da mandioca ainda não estiver emergida, recomenda-se adicionar 0,5% de adjuvante ou óleo mineral à calda. Para a cultura da mandioca, realizar uma aplicação, logo após o plantio da maniva, podendo se estender até 15 dias após o plantio, antes da emergência da cultura.

Fonte: Peressin et al. (2022).

6.5. Planejamento da colheita

De forma geral, a colheita pode ser feita de 8 a 14 meses (Figura 34) e dependerá em primeiro lugar do ponto de cozimento das raízes, em segundo lugar do tamanho das raízes e em terceiro lugar do mercado a ser atendido (Figura 40). A comercialização mais comum, ainda, é a venda das raízes para atender aos comerciantes das CEASAs, no entanto, tem aumentado a comercialização de mandioca descascada. As raízes descascadas são acondicionadas em ambiente sem oxigênio (embaladas a vácuo) e sob baixa temperatura, visando limitar o escurecimento enzimático e a deterioração após a colheita. Outra possibilidade de comercialização é a venda de raízes inteiras parafinadas, onde a parafina serve de barreira à entrada de oxigênio e tem a finalidade de impedir o escurecimento enzimático e a deterioração após a colheita. No entanto, o uso da parafina requer maior investimento em estrutura de Packing House em relação ao processo de descascamento. Por fim, pode-se inferir que o planejamento das épocas de colheita deverá levar em consideração o destino das raízes: mercado in natura ou processada.



Figura 40. Formas de comercialização de mandioca de mesa: comercialização em caixa padrão CEASA (a); raízes inteiras parafinadas (b); mandioca descascada e acondicionada em água, sob refrigeração (c); mandioca descascada e embalada a vácuo (d). Foto: Arquivos IAC (s.d.).

7. PRINCIPAIS DOENÇAS, VIROSES E PRAGAS

Diversas doenças, viroses e pragas podem acometer a cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), causando danos diretos à produção e qualidade de raízes, diminuindo a renda do agricultor na produção desse alimento que é a 3.^a principal fonte de amido consumido pela população na região dos trópicos. Os principais problemas de ocorrência no estado de São Paulo estão sintetizados na tabela 20. Dentre as doenças, a bacteriose (Figuras 21 e 22) aparece como a principal, enquanto o superalongamento (Figura 23) é de ocorrência esporádica e as demais são consideradas doenças secundárias. O mandarová e a mosca-branca podem ser considerados como as principais pragas, enquanto o percevejo-de-renda, tripes, ácaros, cochonilhas, mosca das frutas, broca das hastes e verruga das folhas são pragas de menor importância. Todas as áreas com mandioca estão infectadas por viroses, principalmente pelo vírus do mosaico comum (Figura 24). Problemas considerados secundários na cultura da mandioca como um todo, têm se tornado importantes em mandioca de mesa, como a incidência de podridões de raízes (Figuras 4 e 42) e de couro de sapo (Figuras 25 e 43). A bacteriose é causada pela bactéria *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* que provoca o entupimento dos vasos da planta (Figura 21a) levando à morte de ponteiros, queima das folhas e a exsudação de pus bacteriano amarelado nas machucaduras das ramas (Figuras 21b e 41c). É específica da mandioca e fica reproduzindo-se no interior da planta sem apresentar sintomas aparentes. Conseqüentemente ocorrem perdas de produção que podem chegar a 100% quando as condições forem favoráveis à proliferação da doença nas plantas de mandioca, principalmente em cultivares suscetíveis. Para seu controle recomenda-se a escolha de cultivares resistentes e a seleção de ramas saudáveis para o plantio. Nas áreas destinadas a produzir material de plantio o monitoramento deve ser constante, principalmente no período chuvoso - novembro a março. Outras recomendações são a rotação de culturas e o correto manejo de calagem e adubação das áreas destinadas ao plantio.

Tabela 20. Principais doenças, viroses e pragas de ocorrência na cultura da mandioca no estado de São Paulo

DOENÇAS	Nome científico	Métodos de controle
1-Bacteriose	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>manihotis</i>	cultivar resistente, seleção de ramas de plantio, desinfecção de ferramentas
2-Superalongamento	<i>Sphaceloma manihoticola</i>	cultivar resistente, seleção de ramas de plantio, desinfecção de ferramentas
3-Cercosporiose	<i>Cercospora visosae</i> , <i>Cercospora henningsii</i>	cultivar resistente
4-Podridão de raízes	<i>Phytophthora</i> spp., <i>Pythium</i> spp., <i>Fusarium</i> spp., <i>Sclerotium rolfsii</i> , <i>Rosellinea necatrix</i>	cultivar resistente, seleção de ramas de plantio, manejo químico (calagem) e físico (subsolagem) do solo, microrganismos antagonísticos
VIROSES	Nome científico	Métodos de controle
1-Mosaico comum	Cassava common mosaic virus (CsCMV)	seleção de ramas de plantas saudias, desinfecção de ferramentas
2-Mosaico das nervuras	Cassava vein mosaic virus (CsVMV)	seleção de ramas de plantas saudias, desinfecção de ferramentas
3-Couro de sapo	Cassav frog skin disease (CFSD)	seleção de ramas de plantas com raízes saudias, desinfecção de ferramentas
PRAGAS	Nome científico	Métodos de controle
1-Mandarová	<i>Erinnyis ello</i>	biológico (baculovírus, parasitoides e predadores), químico (inseticida) e físico (catação)

Continua

Tabela 20. Conclusão

PRAGAS	Nome científico	Métodos de controle
2-Percevejo de renda	<i>Vatiga iludens, Vatiga manihotae</i>	químico (inseticida)
3-Mosca branca	<i>Bemisia tabaci, Alerothrixus aepim</i>	químico (inseticida)
4-Trípes	<i>Frankliniella williamsi, Scirtothrips manihoti</i>	químico (inseticida)
5-Ácaros	<i>Mononychellus tanajoa, Tetranychus urticae</i>	biológico (predadores), químico (inseticida)
6-Cochonilhas	<i>Phenacoccus manihoti, Phenacoccus herreni</i>	biológico (parasitoides e predadores), químico (inseticida)
7-Mosca dos brotos	<i>Neosilba perezii, Silba pendula</i>	armadilhas
8- Mosca das frutas	<i>Anastrepha pickeli</i>	armadilhas
9-Broca das hastes	<i>Chilomina spp., Sternocoelus spp.</i>	armadilhas
10-Verruga das folhas	<i>Jathophobia brasiliensis</i>	físico (retirada e destruição de folhas com verrugas)

Fonte: Lorenzi (2003).

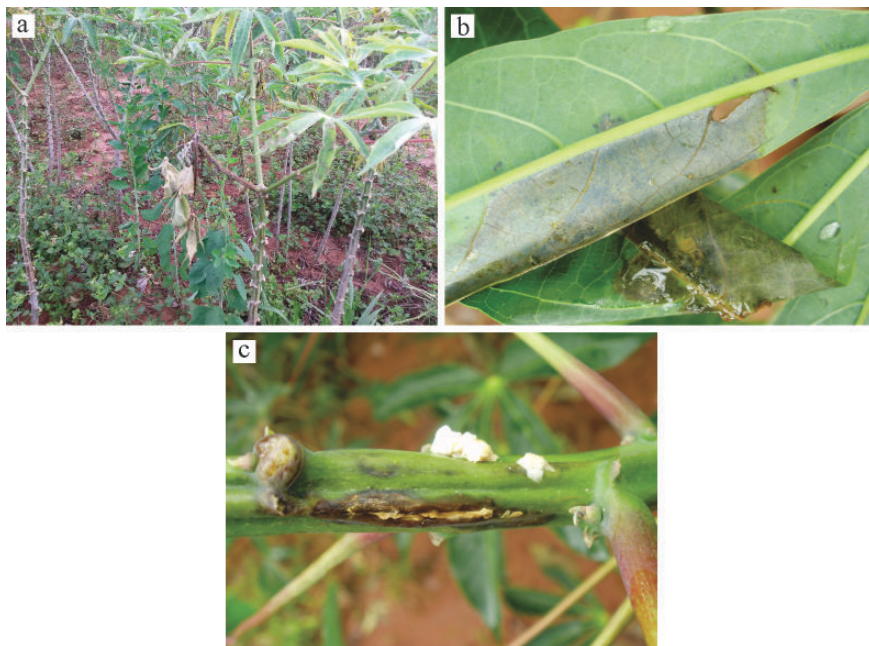


Figura 41. Sintomas da bacteriose em mandioca: morte de ponteiros (a); queima das folhas (b); exudação de pus bacteriano (c). Foto: Arquivos IAC (s.d.).

As podridões de raízes são causadas por um complexo de fitopatógenos, com destaque para a ocorrência de *Phytophthora* spp. e *Fusarium* spp. Esses patógenos estão presentes no solo e as podridões a eles relacionadas podem ocorrer em áreas compactadas e com alta umidade (Figuras 4 e 42). Assim, entre os métodos de controle a aplicação de calagem e a subsolagem podem diminuir a incidência desse problema. Recomenda-se, também, a rotação de culturas.

O couro de sapo é causado por um complexo de vírus, predominando espécies que pertencem à família Rotaviridae. É a única família de vírus que encontra espécies capazes de infectar humanos, insetos, fungos e plantas. Em plantas de mandioca afeta as raízes, que ficam com aparência da casca deformada e aspecto rugoso (Figuras 25 e 43), além do aspecto causa redução no teor de amido nas raízes tuberosas.

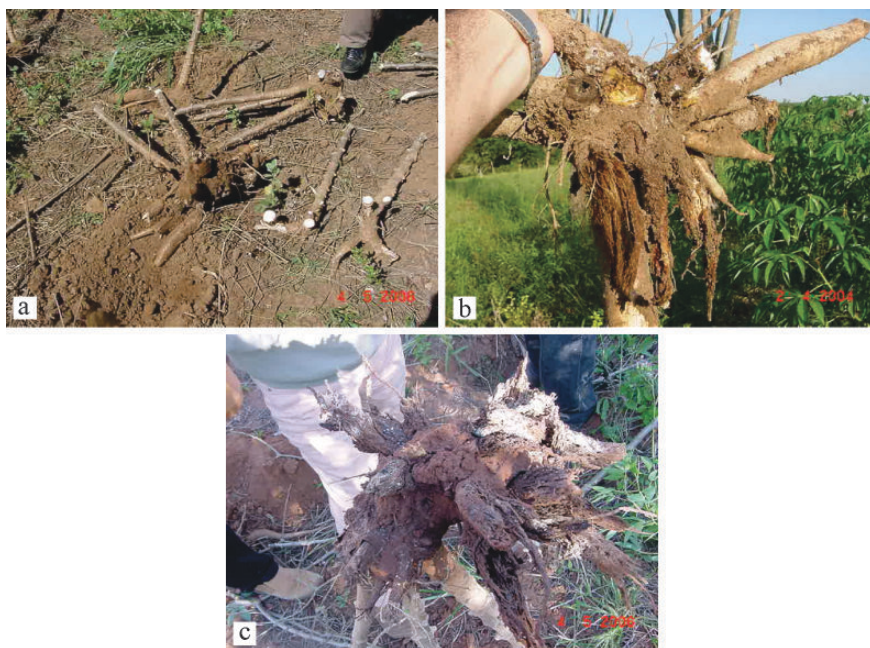


Figura 42. Podridão de raízes de mandioca de mesa causadas por patógenos de solo: (a); (b) e (c). Foto: Arquivos IAC (s.d.).

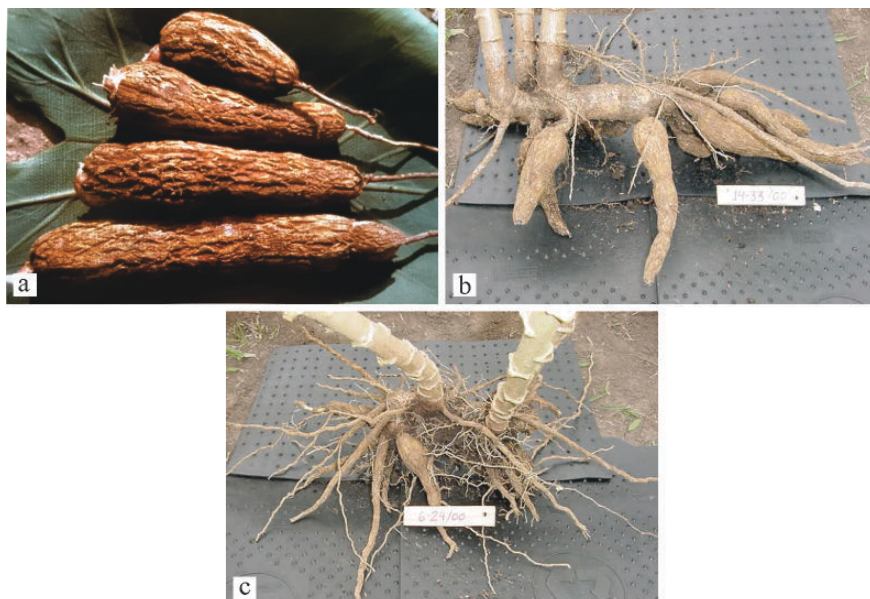


Figura 43. Aspecto do sintoma de couro de sapo nas raízes de mandioca: raízes com casca coreácea (a); reação de diferentes genótipos (b) e (c). Foto: (a) Hillocks et al. (2002); (b) e (c) Arquivos IAC (2006).

O couro de sapo teve seu primeiro relato de ocorrência na Colômbia em 1971 e hoje ainda é pouco conhecida, pois os agentes que causam esse problema ainda não foram adequadamente identificados. Estudos recentes apontam que pode haver além do complexo de vírus, também fitoplasma, associado à doença do couro de sapo. Fitoplasma é geralmente transmitido por cigarrinhas. Dessa forma, não é possível o controle da doença focando-se em determinada espécie de inseto vetor. Por enquanto, o fato que se sabe é que o uso de rama contaminada irá propagar e perpetuar a doença para as novas áreas de plantio, causando mais prejuízos. Diversos relatos de agricultores têm evidenciado a presença de raízes de mandiocas com sintomas do tipo couro de sapo na região produtora de Mogi Mirim-Conchal (SP), em anos recentes. Estes indicam que a doença teve início com o plantio de ramas trazidas de outros estados. Realmente, a expansão dessa doença deve-se unicamente ao uso de ramas contaminadas. O costume de usar ramas dessas plantas, sem verificar se há sintomas nas raízes (prática comum no sistema de produção), favorece a perpetuação da doença. A disseminação só não é mais rápida provavelmente por não haver um único, mas sim diferentes vetores do complexo de vírus causadores do couro de sapo. Sendo as raízes a principal parte afetada, ocorrendo deformação e casca com aspecto coreáceo, rugose, com estrias profundas, não é difícil evitar (eliminar) a perpetuação da doença, fazendo apenas a escolha de manivas de plantas saudáveis, considerando-se não haver vetor eficiente na transmissão dessa doença. Assim, recomenda-se atenção máxima na retirada de rama para o plantio de novas áreas de mandioca de mesa e a destruição de ramas de plantas com raízes apresentando o aspecto coreáceo. Essas ramas devem ser retiradas da área e queimadas.

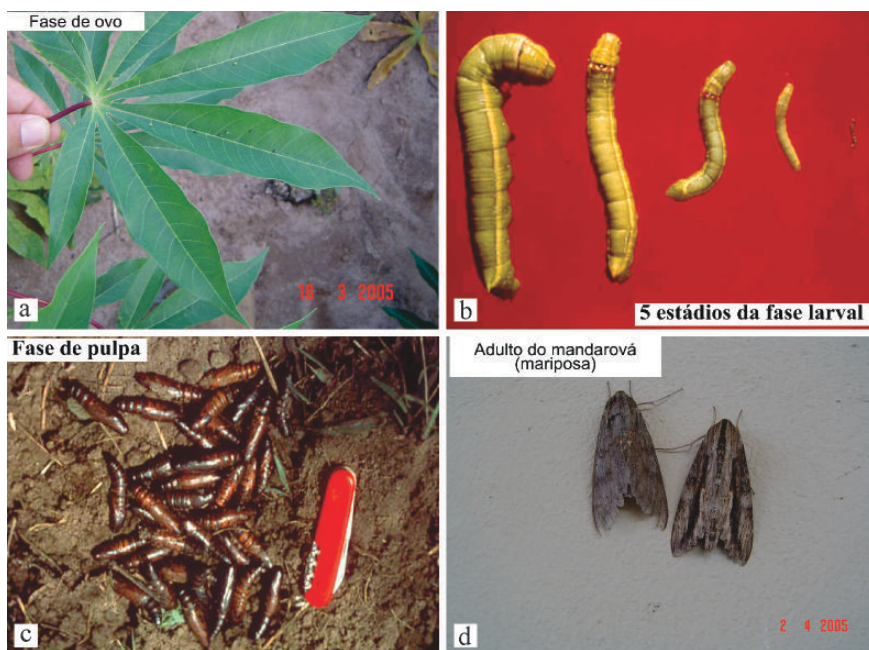


Figura 44. Principais fases do ciclo biológico do mandarová (*Erinnyis ello*): fase de ovo (a); fase larval (b); fase de pupa (c); fase adulta (mariposa) (d). Foto: (a) e (d) Eduardo Barreto Aguiar (2015), (b) e (c) José Osmar Lorenzi (s.d.).

O mandarová, lagarta da mariposa *Erinnyis ello*, é uma das mais importantes pela sua alta capacidade de consumo foliar principalmente na fase adulta (quarto e quinto instares) (Figura 44). O ciclo biológico do mandarová pode variar de 32 a 49 dias em função da temperatura e da umidade relativa, compreende cinco fases (fase de ovo - 3 a 5 dias; fase larval com cinco ínstars - 12 a 18 dias; fase de pré-pupa - 2 a 3 dias; fase de pupa - 10 a 13 dias e fase adulta mariposa - 15 a 28 dias) (CARVALHO; NAKANO, 1988; CARVALHO et al., 2015). Essa praga causa alto desfolhamento e pode haver dano econômico com a ocorrência de duas ou mais lagartas por planta, sendo necessário o controle. Durante o ataque o desfolhamento provocado pelas lagartas pode provocar perdas de produção de raízes entre 26% e 74% (BELLOTTI et al., 1999), dependendo do número de ataques e das condições da cultura (idade, ambiente, manejo e cultivar). Os métodos de controle dessa praga podem ser culturais, químicos, físicos e biológicos, entretanto o manejo integrado

dessas práticas tem mostrado ser o de melhor resultado. A tomada de decisão do momento de aplicar técnicas de controle da praga deve-se levar em conta o monitoramento de adultos, ovos e lagartas. O monitoramento envolvendo a captura de adultos com armadilhas luminosas e a contagem de ovos e lagartas nas plantas pode ser a ferramenta ideal para identificar o momento do controle com uso do baculovírus (AGUIAR et al., 2010). O uso do baculovírus (*Baculovirus erinnyis*) tem apresentado eficiência de até 100% (BELLOTTI et al., 1999; FARIAS, 2003) e apresenta bom controle quando aplicado com lagartas de tamanho médio (segundo e terceiro ínstars) (AGUIAR et al., 2010).

8. ALIMENTOS ENRIQUECIDOS: POTENCIAL DE USO DE RESÍDUOS DE COLHEITA

No cultivo de mandioca de mesa o principal produto é a raiz tuberosa, sendo a parte aérea (hastes, pecíolos e folhas) destruída antes na colheita, servindo para a ciclagem de nutrientes. Esses componentes da planta de mandioca têm grande potencial de uso, entretanto, ainda são considerados resíduos da colheita. A parte aérea (hastes, folhas e pecíolos) pode ser utilizada para alimentação animal, enquanto as folhas podem ser usadas na alimentação humana. As folhas da mandioca se destacam por serem uma excelente fonte nutricional, possuem baixo custo de produção e não competem com o principal produto comercial. Outro ponto interessante é que a cultura pode ser manejada visando uma maior produção de folhas.

As folhas de mandioca são utilizadas na alimentação humana em alguns países da África (Camarões, República Democrática do Congo, Libéria), no continente Asiático (Tailândia, Indonésia, Vietnã), na América do Sul (Colômbia, Brasil (maniçoba), entre outros. Na Indonésia as folhas de mandioca são populares no consumo humano, devido ao seu alto valor nutricional, sendo estimada uma produção de aproximadamente 0,5 a 0,7 milhões de toneladas por ano. Em países africanos as folhas de mandioca

constituem um componente importante da dieta, sendo consumidas em pelo menos 60% dos países da África Subsaariana, seja na forma constitutiva de molhos ou como verdura cozida (ACHIDI et al., 2008).



Figura 45. Aspecto do enfolhamento das plantas de mandioca aos 8 meses (a); resíduos de colheita da mandioca de mesa, hastes com folhas (b); folhas colhidas e deixadas para secar em temperatura ambiente (c); farinha de folhas secas moídas em laboratório (d). Foto: (a), (c) e (d) Juliana Rolim Salomé Teramoto (2019), (b) Arquivos IAC (2013).

As folhas da mandioca contêm quantidades significativas de minerais (base seca) como potássio (1,23 a 2,3 g 100 g⁻¹), cálcio (430 a 1.140 mg 100 g⁻¹), magnésio (0,26 a 0,42g 100 g⁻¹), manganês (160 a 252 ppm), ferro (15 a 27 mg 100 g⁻¹) e zinco (120 a 249 ppm) (RAVINDRAN, 1993; MONTAGNAC; DAVIS; TANUMIHARDJO, 2009; LATIF; MÜLLER, 2015; JAMIL; BUJANG, 2016), proteína e apresentam bom perfil de aminoácidos essenciais, possuem mais fibras insolúveis que fibras solúveis, contêm alto teor de carotenoides pró-vitamínicos, no caso o β -caroteno, presente em maior quantidade

em folhas maduras que imaturas, sendo os valores de β -caroteno maior nas folhas que nas raízes (ADEWUSI; BRADBURY, 1993). Entretanto, a composição das folhas pode variar de acordo com fatores genéticos, ambientais e suas interações e manejos e tratamentos pós-colheita. Os carotenoides estão presentes em maiores quantidades nas folhas maduras. As folhas maduras da cultivar IAC 576-70 contêm 13 vezes mais β -caroteno que nas raízes, enquanto as folhas maduras da cultivar IAC 601 Vitaminada, com raízes de polpa amarela e rica em β -caroteno, apresentavam duas vezes mais β -caroteno em relação às suas raízes (Tabela 21).

Tabela 21. Teor de β -caroteno nas raízes e folhas maduras de mandioca das cultivares IAC 576-70 e IAC 601 Vitaminada, determinados em base seca e base úmida

Cultivar	Teor de β -caroteno	
	Base úmida	Base seca
	----- (mg β -caroteno 100 g de amostra ⁻¹)-----	
IAC 576-70 folhas	11,60	4,32
IAC 576-70 raízes	0,72	0,35
IAC 601 Vitaminada folhas	11,80	4,63
IAC 601 Vitaminada raízes	5,10	2,26

Fonte: Teramoto (2019) - dados não publicados.

Para a utilização da folha como subproduto, a idade de colheita da raiz é um fator importante a ser considerado, pois pode variar principalmente em função do clima e destino da produção (mesa ou indústria). A mandioca de mesa em seu ciclo de 12 meses apresenta um intenso desenvolvimento vegetativo e termina na fase de repouso fisiológico, que é caracterizado pela desfolha natural das plantas e redução da atividade metabólica. O repouso fisiológico ocorre na época mais seca e fria do ano, estende-se aproximadamente do oitavo ao décimo segundo mês após o plantio em algumas regiões do Brasil (LORENZI, 2003). Por exemplo, na região Sudeste o frio e a deficiência de água em um período fisiológico provocam a queda das folhas antes

do período da colheita das raízes. Na região Norte e Nordeste as folhas são perenes, podendo ser manejadas para não interferir na produção da raiz, no Sul as folhas também podem ser aproveitadas e colhidas antes da colheita das raízes (PENTEADO; FLORES, 2002). Entretanto, em muitas colheitas de mandioca de mesa as plantas estão enfolhadas, principalmente no terço superior, já que os plantios podem ser feitos ao longo do ano e as colheitas do oitavo ao décimo terceiro mês após o plantio. Então, nem sempre a colheita coincide com a fase de repouso fisiológico da planta. O volume intenso da parte aérea produzido pela cultura da mandioca se deve em parte pela elevada taxa fotossintética, eficiência na absorção de nutrientes e uso da água (LORENZI, 2003; ALVES, 2006). Dessa forma, os agricultores podem utilizar-se das folhas próximo ao momento da colheita, ou ainda podem manejar seu cultivo com podas durante a produção da raiz, sem prejudicá-la, ou então produzir folhas em cultivos adensados com o objetivo de tê-las como principal produto. Folhas colhidas jovens em intervalos regulares durante o ciclo de produção da raiz tendem a ter alta quantidade de proteína e baixo teor de fibra, do que aquelas colhidas no final do ciclo, aos 12 meses e também, as folhas mais jovens são mais palatáveis que pecíolos e ramos verdes. Mesmo tendo expressivos conteúdos de nutrientes, vitaminas, aminoácidos, fibras e proteínas, as folhas contêm altos teores de HCN. O potencial cianogênico das folhas da mandioca é de 5 a 20 vezes maior que o da raiz, entretanto o risco de intoxicação pelo consumo das folhas é reduzido (BOKANGA, 1994). Nas folhas da mandioca a atividade da enzima linamarase é 200 vezes maior que nas raízes, o que promove rapidamente a perda de cianeto durante o processamento. Após a secagem à sombra, as folhas são trituradas resultando em farinha de folhas com teor de proteína de 23%, consideráveis teores de fibras totais (30,68%) e carboidratos totais (22,27%), cianeto total (0,3 mg 100 g⁻¹), 56,6 mg 100 g⁻¹ de vitamina C e 38 mg 100 g⁻¹ de β-caroteno (TROMBINI; LEONEL, 2014). Dessa forma, a farinha de folhas de mandioca pode ser uma boa fonte nutricional quando usada como ingrediente alimentício em sopas e massas alimentícias. Outro ponto interessante sobre os resíduos da colheita é que o terço superior das

plantas de mandioca (folhas e ramos) pode ser administrada para os animais (monogástricos, ruminantes), fato que ocorre desde o século passado (GUIN; ANDONARD, 1910; ECHANDI, 1952; OSWALDO, 1962; GRAMACHO, 1975; MOORE, 1976; FLORES, 1998), nas formas de feno ou silagem, fresca (em pequenas quantidades devido ao teor de ácido cianídrico), misturada com outros alimentos ou pura. Esses resíduos são ricos em proteínas, quando o processo é feito com plantas com grande quantidade de folhas, carboidratos, fibras, aminoácidos e vitaminas, sendo alimento que pode ser de grande importância nas propriedades rurais que tem criação de animais.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A planta de mandioca, nativa do continente americano, está ligada à segurança alimentar das populações e pode suprir as necessidades alimentares de populações carentes e servir de fonte de minerais, aminoácidos, fibras, energia e vitaminas. As raízes podem ter diversos usos, desde o alimentar até o industrial. Também, pode ter seu uso potencializado pela utilização das folhas como fonte suplementar de minerais, vitaminas e proteínas na alimentação humana e animal. No entanto, ainda é considerada rústica e vista como cultura onde a necessidade de tecnologia é baixa, entretanto não teremos cultivos comerciais sem uso de tecnologias. Neste texto, tentamos evidenciar a necessidade de aporte tecnológico (cultivares melhoradas e manejos fitotécnicos adequados) visando resultados positivos na produção de mandioca de mesa e apresentar as possibilidades do uso da planta como um todo. Assim, este Boletim Técnico tem o objetivo de apresentar recomendações e tecnologias de mandioca de mesa aos agricultores, estudantes e técnicos, visando aumentar a produtividade e a qualidade de raízes, desenvolvimento econômico no campo, ofertando maior renda aos produtores, comerciantes e empresas, além de promoverem benefícios à saúde e bem-estar da população.

REFERÊNCIAS

- ACHIDI, A. U.; AJAYI, O. A.; MAZIYA-DIXON, B.; BOKANGA, M. The effect of processing on the nutrient content of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaves. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 32, n. 3, p. 486-502, 2008.
- ADEWUSI, S. R. A.; BRADBURY, J. H. Carotenoids in cassava: Comparison of open-column and HPLC methods of analysis. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 62, n. 4, p. 375-383, 1993.
- AGUIAR, E. B.; LORENZI, J. O.; MONTEIRO, D. A.; BICUDO, S. J. Monitoramento do mandarová da mandioca (*Erinnyis ello* L. 1758) para o controle com baculovirus (*Baculovirus erinnyis*). **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 2, p. 55-59, 2010. Disponível em: <http://www.periodicoeletronicos.ufma.br/index.php/ccaatropica/article/viewFile/157/105>. Acesso em: 15 mar. 2020.
- ALVES, A. A. C. Cassava: botany and physiology. In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. C. (Eds.). **Cassava: biology, production and utilization**. Wallingford: CABI, 2002. p. 67-89.
- ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: SOUZA et al. (Eds.). **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006, p. 138-169.
- BALOTA, E. L. **Interação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos vesículo-arbusculares na cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 1994. 281 f. Tese (Doutorado), UFRRJ, Itaguaí, 1994.
- BALOTA, E. L.; HUNGRIA, M.; DÖBEREINER, J. Occurrence of diazotrophic bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NITROGEN FIXATION WITH NON-LEGUMES, 6., 1994, Ismailia. **Anais [...]**. Ismailia, Egypt: Cairo Univ., 1994. p. 53-58.

BALOTA, E. L.; LOPES, E. S.; HUNGRIA, M.; DÖBEREINER, J. Interações e efeitos fisiológicos de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, p. 1335-1345, 1995.

BALOTA, E. L.; LOPES, E. S.; HUNGRIA, M.; DÖBEREINER, J. Ocorrência de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 1265-1276, 1999.

BARROS, G.; CARDOSO, C.; GAMEIRO, A.; GUIMARÃES, V.; OLIVEIRA, P.; BERBARI, S. **Melhoria da competitividade da cadeia agroindustrial da mandioca no Estado de São Paulo**. São Paulo: SEBRAE; Piracicaba: ESALQ; CEPEA, 2004.

BELLOTTI, A. C.; SMITH, L.; LAPOINTE, L. S. Recent advances in cassava pest management. **Annual Review of Entomology**, v. 44, p. 343-370, 1999.

BOKANGA, M. Processing of cassava leaves for human consumption. **Acta Hortic.** v. 375, p. 203-208, 1994.

CAMARGO, A. P.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; BRUNINI, O.; ALFONSI, R. R. Aptidão Ecológica de Culturas Agrícolas. In: Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo (org.). **Zoneamento Agrícola do Estado de São Paulo**. Campinas, 1977, v. II, p. 7-131.

CARVALHO, C. R. L.; FELTRAN, J. C.; MORGANO, M. A.; VALLE, T. L. Aspectos bioquímicos e agronômicos no cozimento de mandiocas. II. Fertilidade de solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, XII, 2007, Paranavaí. **Resumos expandidos [...]**. Paranavaí: Raízes e Amidos Tropicais, 2007. Disponível em: <https://energia.fca.unesp.br/index.php/rat/article/view/1301>. Acesso em: 13 maio 2021.

CARVALHO, C. R. L.; VALLE, T. L.; MORGANO, M. A.; CANTARELLA, H.; FELTRAN, J. C.; PERINA, E. F. Aspectos

bioquímicos e agronômicos no cozimento de mandiocas. III. Um estudo de caso na região de Campinas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, XIII, 2009, Botucatu. **Resumos expandidos** [...]. 2009, p. 799-804. Disponível em: <https://energia.fca.unesp.br/index.php/rat/article/view/1445>. Acesso em: 13 maio 2021.

CARVALHO, F. C.; NAKANO, O. Aspectos biológicos do “mandarová da mandioca” *Erinnyis ello* (L.) (Lepidoptera-Sphingidae) em mandioca (*Manihot esculenta* Crantz cv. Mantiqueira). **Ciência e Prática**, Lavras, v. 16, n. 2, p. 134-145, 1988.

CARVALHO, P. R. N.; VALLE, T. L.; CARVALHO, C. R. L.; SILVA, M. G. S.; PARRA, E. B.; FELTRAN, J. C.; GALERA, J. M. S. Degradação de β -caroteno durante a produção artesanal de farinha de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, XI, 2005, Campo Grande. **Anais** [...]. Campo Grande: Embrapa Meio-Oeste, 2005. CD-ROM.

CARVALHO, R. S.; RINGENBERG, R.; PIETROWSKI, V. **Controle biológico do mandarová da mandioca** *Erinnyis ello*. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura BA, 2015. 30 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/134733/1/Cartilha267-24-Mandarova-Romulo-03-12-2015.pdf>. Acesso em: 13 maio 2021.

CHAN, S. K. Considerações sobre a fertilidade a longo prazo na produção da mandioca. In: SEMINÁRIO DE PRÁTICAS CULTURAIS DA MANDIOCA, 1., 1980, Salvador. **Anais** [...]. Brasília: Embrapa-DDT, 1984. p. 135-149.

CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical. **Informe CIAT 1980**. Cali, Colombia. 1980. 101 p.

CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical. **Informe Anual del Programa de Yuca 1980**. Cali, Colombia. 1981. 100 p. Disponível em: <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/69075/>

CIAT%20Informe%20Anual%20del%20Programa%20de%20Yuca%201980.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 10 out. 2021.

CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical. **Annual Reports for 1982 and 1983: Cassava Program**. Cali, Colombia. 1983. 232 p. Disponível em: <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/69075/Annual%20Reports%20for%201982%20and%201983%20Cassava%20Program.pdf?sequence=6&isAllowed=y>. Acesso em: 10 out. 2021.

COCK, J. H.; ROSAS, S. Ecophysiology of cassava. In: SYMPOSIUM ON ECOPHYSIOLOGY OF TROPICAL CROPS, 1975, Ilhéus. **Anais [...]**. Ilhéus: CEPLAC, 1975.

COCK, J. H.; HOWELER, R. H. The ability of cassava to grow on poor soils. In: JUNG, G. A. (Ed.). **Crop tolerance to sub-optimal land conditions**. Madison: American Society of Agronomy, v. 32, p. 145-154, 1978.

COCK, J. H. Cassava. In: GOLDSWORTHY, P. R.; FISHER, N. M. (Eds.). **The physiology of tropical field crops**. Chichester: John Wiley, 1984. p. 529-549.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O. **Estudo do processo de fabricação da farinha de mandioca**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 75 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 267). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/43362/1/Doc.267.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2014.

CONCEIÇÃO, A. J. **A mandioca**. São Paulo: Nobel, 1987. 382 p.

CONNOR, D. J; COCK, J. H.; PARRA, G. E. Response of cassava to water shortage. I. Growth and yield. **Field Crops Res.** v. 4, p. 181-200, 1981.

COSTA, N. V.; RITTER, L.; PERES, E. J. L.; SILVA, P. V.; VASCONCELOS, E. S. Weed interference periods in the ‘Fécula Branca’ cassava. **Planta Daninha**, v. 31, n. 3, p. 533-542, 2013.

ECHANDI, O. Valor de la harina de hojas y tailos deshidratados de yuca en la producción de leche. **Turrialba**, v. 2, n. 4, p. 166-169, 1952.

EMBRATER-CIAT. **Seleção e preparo de estacas de mandioca para o plantio**. Brasília. 1982, 28 p.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United National. **Save and grow - Cassava: A guide to sustainable production intensification**. 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i3278e/i3278e.pdf>. Acesso em: 12 maio 2021.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United National. **FAOSTAT**. 2021. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 13 maio 2021.

FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Mandioca vitaminada. **Revista FAPESP**, v. 200, n. 10, p. 100-103, 2012.

FARIAS, A. R. N. **Manejo integrado do mandarová da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa-CNPMF, 2003. 8 p. (Circular Técnica, 59)

FELTRAN, J. C.; VALLE, T. L. Efeito de bioestimulante (Stimulate) no desenvolvimento radicular da mandioca de indústria variedade IAC-14. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, XIII, 2009, Botucatu. **Resumos expandidos** [...]. Disponível em: <https://energia.fca.unesp.br/index.php/rat/article/view/1424>. Acesso em: 13 maio 2021.

FELTRAN, J. C.; PERESSIN, V. A.; LORENZI, J. O.; AGUIAR, E. B. Mandioca de mesa (*Manihot esculenta*). In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR., D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. van. (Eds.). **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2022. p. 321-324.

FLORES, C. I. O. **Caracterização química e avaliação da biodisponibilidade de β -caroteno e da proteína da folha de**

mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) desidratada. 1998. 160 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas de São Paulo, São Paulo, 1998.

FUKUDA, W. M. G.; SILVA, R. G. A.; BORGES, M. F. de. Seleção de variedades de mandioca para o consumo “in natura”. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 7, n. 2, p. 7-18, 1988.

GOMES, J. C. Considerações sobre adubação e calagem para a cultura da mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 6, n. 2, p. 99-107. 1987.

GRAMACHO, D. D. **Contribuição ao estudo químico-tecnológico do feno da mandioca.** Brascan Nordeste, v. 1, n. 1. p. 143-152, 1975.

GUIN, A.; ANDONARD, P. Tapioca leaves for raising calves. **Bulletin de la Societé Naturalistes.** Avie., França, v. 68, p. 776-779, 1910.

HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. C. **Cassava: biology, production and utilization.** CIAT, 2002. 332 p.

HOWELER, R. H. The effect of mycorrhizal inoculation on the phosphorus nutrition of cassava. In: WEBER, E. J.; TORO, J. C.; GRAHAM, M. (Eds.) **Cassava Cultural Practices**, Proceedings Workshop, Salvador, Bahia, International Development Research Centre (IDRC) 151e, Ottawa, Canada, p. 131-137, 1980.

HOWELER, R. H. **Mineral nutrition and fertilization of cassava.** Cali, Colômbia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1981. 52 p. Disponível em: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/2015/16520i.pdf. Acesso em: 18 set. 2019.

HOWELER, R. H.; ASHER, C. J.; EDWARDS, D. G. Establishment of an effective endomycorrhizal association on cassava in flowing solution culture and its effects on phosphorus nutrition. **New Phytologist**, v. 90, p. 229-238, 1982a.

HOWELER, R. H.; CADAVID, L. F.; BURCKHARDT, E. Response of cassava to VA mycorrhizal inoculation and phosphorus application in greenhouse and field experiments. **Plant and Soil**, v. 69, p. 327-339, 1982b.

HOWELER, R. H. Mineral nutrition and fertilization of cassava. In: **Cassava: research, production and utilization**. UNDP-CIAT Cassava Program, Cali, Colombia, p. 249-320, 1985.

HOWELER, R. H. Cassava mineral nutrition and fertilization. In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, M. J.; BELLOTTI, A. C. (Eds.), **Cassava: Biology, Production and Utilization**. CABI Publishing, Wallingford, UK, p. 115-147, 2002.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE: Estatística da Produção Agrícola dezembro de 2017**. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2017_dez.pdf. Acesso em: 17 mar. 2021.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola Estatística da Produção Agrícola dezembro 2019**. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2019_dez.pdf. Acesso em: 27 mar. 2020.

IEA-Instituto de Economia Agrícola. **Estatísticas da produção paulista**. Disponível em: http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1. Acesso em: 17 mar. 2021.

IEA-Instituto de Economia Agrícola. **Preços médios mensais recebidos pelos agricultores**. Disponível em: http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/precos_medios.aspx?cod_sis=2. Acesso em: 27 mar. 2021.

IJIMA, M.; IZUMI, Y.; YULIADI, E.; SUNYOTO, S.; ARDJASA, W. S. Cassava-based intercropping systems on Sumatra Island in Indonesia: productivity, soil erosion, and rooting zone. **Plant Production Science**, v. 7, p. 347-355, 2004.

IZUMI, Y.; YULIADI, E.; SUNYOTO, S.; IJIMA, M. Root system development including root branching in cutting of cassava with reference to shoot growth and tuber bulking. **Plant Prod. Sci.**, v. 2, n. 4, p. 377-380, 1999.

IZUMI, Y.; IJIMA, M. Fractal and Multifractal Analysis of Cassava Root System Grown by the Root-Box Method. **Plant Production Science**, v. 5, n. 2, p. 146-151, 2002.

JAMIL, S. S.; BUJANG, A. Nutrient and antinutrient composition of different variety of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaves. **Jurnal Teknologi**, v. 78, n. 6-6, p. 59-63, 2016.

JOHANNIS, O.; CONTIERO, R. Efeitos de diferentes períodos de controle e convivência de plantas daninhas com a cultura da mandioca. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 3, p. 326-331, 2006.

KABEERATHUMMA, S.; MOHANKUMAR, B.; MOHANKUMAR, C. R.; NAIR, G. M.; PRABHAKAR, M.; PILLAI, N. G. Long range effect of continuous cropping and manuring on cassava production and fertility status of soil. In: HOWELER, R. H. (Ed.). SYMPOSIUM INTERNATIONAL SOCIETY OF TROPICAL ROOT CROPS, 8TH. 1988, Bangkok. **Proceedings** [...]. Bangkok, Thailand, 1988, p. 259-269.

LATIF, S.; MÜLLER, J. Potential of cassava leaves in human nutrition: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 44, n. 2, p. 147-158, 2015.

LORENZI, J. O.; GALLO, J. R.; MALAVOLTA, E. Dry matter and macronutrients accumulation by two cassava cultivars. **Bragantia**, v. 40, n. 1, p. 145-156, 1981.

LORENZI, J. O.; DIAS, C. A. C. **Cultura da mandioca**. Campinas: Cordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1993, 41 p. (Boletim Técnico, 211)

LORENZI, J. O.; RAMOS, M. T. B.; MONTEIRO, D. A.; VALLE, T. L.; GODOY JÚNIOR, G. Teor de ácido cianídrico em cultivares de mandioca cultivadas em quintais do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 1, p. 1-5, 1993.

LORENZI, J. O. Variação na qualidade culinária das raízes de mandioca. **Bragantia**, v. 53, n. 2, p. 237-245, 1994.

LORENZI, J. O. **Mandioca**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 2003. 166 p. (Boletim Técnico, 245)

LOWE, S. B.; MAHON, J. D.; HUNT, L. A. Early development of cassava. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 60, n. 12, p. 3040-3048, 1982.

MAESTRI FILHO, M. J. **A agricultura africana nos séculos XVI e XVII no litoral angolano**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1978. 132 p.

MELO, A. T.; FABRI, E. G. Horticultura no IAC: pesquisa e inovação como instrumento de acesso a novos mercados. **O Agrônomo**, Campinas, v. 69, 2017. Disponível em: <http://oagronomico.iac.sp.gov.br/?p=893>. Acesso em: 13 maio 2021.

MEZETTE, T. F.; CARVALHO, C. R. L.; MORGANO, M. A.; SILVA, M. G.; PARRA, E. S. B.; GALERA, J. M. S. V.; VALLE, T. L. Seleção de clones-elite de mandioca de mesa visando a características agrônômicas, tecnológicas e químicas. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 601-609, 2009.

MODESTO JUNIOR, M. S.; ALVES, R. N. B. Rentabilidade de farinhas no estado do Pará. In: MODESTO JUNIOR, M. S.; ALVES, R. N. B. (Eds.). **Cultura da mandioca: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria**. Brasília: Embrapa, 2016. p. 187-205, 2016.

MOLINA, J. L.; EL-SHARKAWY, M. A. Increasing crop productivity in cassava by fertilizing production of planting material. **Field Crops Research**, v. 44, p. 151-157, 1995.

MONTAGNAC, J. A.; DAVIS, C. R.; TANUMIHARDJO, S. A. Nutritional value of cassava for use as a staple food and recent advances for improvement. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 8, n. 3, p. 181-194, 2009.

MOORE, C. P. **The utilization of cassava forage in ruminant feeding.** In: INTERNATIONAL SEMINAR IN TROPICAL LIVESTOCK PRODUCTS. Acapulco, México, 1976. 21 p.

NORMANHA, E. S.; PEREIRA, A. S. Aspectos agronômicos da cultura da mandioca (*Manihot utilissima* Pohl). **Bragantia**, Campinas, v. 10, n. 7, p. 179-202, 1950.

NORMANHA, E. S. O mau cozimento dos aipins: uma hipótese. **O Agrônomo**, Campinas, v. 40, n. 1, p. 13-14, 1988.

OSWALDO, P. C. La yuca (cassava). **Agrotécnica**, v. 2, 1962, 22 p.

PENTEADO, M. V.; FLORES, C. I. O. Folhas de mandioca como fonte de nutrientes. In: CEREDA, M. P. (coord.). **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. v. 4, Série 2: Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino-americanas. São Paulo: Fundação Cargill, p. 48-67, 2002.

PEREIRA, A. S.; LORENZI, J. O.; VALLE, T. L. Avaliação do tempo de cozimento e padrão de massa cozida em mandioca de mesa. **Revista Brasileira de Mandioca**, v. 4, n. 1, p. 27-32, 1985.

PERESSIN, V. A.; COSTA, N. V.; CARVALHO, J. E. B.; FELTRAN, J. C. **Manejo Integrado de Plantas Daninhas em Mandioca: um desafio ambientalmente correto.** Campinas: Instituto Agrônomo, 2022. 67 p. Disponível em: http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/iac_livro_mandioca.pdf. Acesso em: 13 fev. 2022.

RAVINDRAN, V. Cassava Leaves as Animal Feed: Potential and Limitations. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 61, n. 2, p. 141-150, 1993.

REINHARDT, É. L.; RAMOS, P. L.; MANFIO, G. P.; BARBOSA, H. R.; PAVAN, C.; MOREIRA-FILHO, C. A. Molecular characterization of nitrogen-fixing bacteria isolated from brazilian agricultural plants at São Paulo State. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 39, p. 414-422, 2008.

SANCHES, A.; SILVA, M.; MOREIRA, E.; COSME, S. Análise sensorial e viabilidade econômica da mandioca de mesa in natura e congelada. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. v. 11, n. 2., p. 2332-2349, 2017. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbta/article/view/2840>. Acesso em: 13 maio 2021.

SANES, F. S. M.; CASTILHOS, R. M. V.; SCIVITTARO, W. B.; VAHL, L. C.; MORAIS, J. R. Root morphology and potassium adsorption kinetics in irrigated rice genotypes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 688-697, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/deref/https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.1590%2FS0100-06832013000300015>. Acesso em: 11 ago. 2015.

SEBRAE. **Transforme mandioca em negócio**. 2014, 15 p. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/RN/Anexos/Transforme-mandioca-em-negocio.pdf>. Acesso em: 13 maio 2021.

SIEBERS, T.; CATARINO, B.; AGUSTI, J. Identification and expression analyses of new potential regulators of xylem development and cambium activity in cassava (*Manihot esculenta*). **Planta**. v. 245, n. 3, p. 539-548, 2016.

SILVA, G. G. C.; NUNES, C. G. F.; OLIVEIRA, E. M. M; SANTOS, M. A. Toxicidade cianogênica em partes da planta de cultivares de mandioca cultivados em Mossoró-RN. **Revista Ceres**, v. 51, p. 56-66, 2004.

SILVA, J. A. **Inoculação de *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada nas culturas da mandioca e batata**. 2018. 138 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.

SILVA, J. R.; CHABARIBERY, D. Coeficientes técnicos e custo de produção de mandioca para mesa na região de Mogi-Mirim, Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 36, n. 1, p. 26-32, jan. 2006.

SITTIBUSAYA, C. Progress report of soil research on fertilization of field crops, 1992. **Annual Cassava Program Review**, Rayong, Thailand, p. 19-20, 1993.

TAKAHASHI, M. **Adubação com nitrogênio, fósforo e potássio na nutrição do material de propagação de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e sua influência no plantio subsequente**. 2000. 88 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

TRENTINI, F.; KASCHUK, G.; CRESTANI, C.; LEVORATO, C. C. Inoculação de *Azospirillum brasilense* em mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) cultivada em Maria Helena, Paraná. In: REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIA DO SOLO, VI. 2019. 5 p., **Anais [...]**. Ponta Grossa. Disponível em: http://rpcs2019.com.br/trabalhos_aprovados/arquivos/05192019_200505_5ce1e3797be5f.pdf. Acesso em: 20 jan. 2021.

TROMBINI, F. R. M.; LEONEL, M. Composição físico-química e propriedades tecnológicas da farinha de folhas de mandioca. **Energia na Agricultura**, v. 29, n. 1, p. 76-81, 2014.

VALLE, T. L.; CARVALHO, C. R. L.; RAMOS, M. T. B.; MÜHLEN, G. S.; VILLELA, O. V. Conteúdo cianogênico em progênies de mandioca originadas do cruzamento de cultivares mansas e bravas. **Bragantia**, v. 63, n. 2, p. 221-226, 2004.

VALLE, T. L.; MARTINS, A. L. M.; JANINI, J. C.; FELTRAN, J. C. Especificidades varietais na taxa de multiplicação, na qualidade fisiológica e na produção de sementes de mandioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, XII, 2007, Paranavaí. **Resumos Expandidos** [...]. Paranavaí: Raízes e Amidos Tropicais, 2007. v. 3.

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

VILLELA, O. V.; PEREIRA, A. S.; LORENZI, J. O.; VALLE, T. L.; MONTEIRO, D. A.; RAMOS, M. T. B.; SCHMIDT, N. C. Competição de clones de mandioca selecionados para mesa e indústria. **Bragantia**, v. 44, n. 2, p. 559-568, 1985. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051985000200005. Acesso em: 22 mar. 2021.

WHEATLEY, C.; GÓMEZ, G. Evaluation of some quality characteristics in cassava storage roots. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 35, p. 121-129, 1985.



Instituto Agrônômico

Av. Barão de Itapura, 1.481
13020-902 - Campinas (SP) BRASIL
Fone: (19) 2137-0600

www.iac.sp.gov.br



Secretaria de  **SÃO PAULO**
Agricultura e Abastecimento GOVERNO DO ESTADO