

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Kelin Pribs Bexaira

**POTENCIAL DE PRODUTIVIDADE E FATORES DE MANEJO QUE  
CAUSAM A PERDA DE PRODUTIVIDADE DA MANDIOCA DE MESA  
EM AMBIENTE TROPICAL E SUBTROPICAL DO BRASIL**

Santa Maria, RS  
2023

Kelin Pribs Bexaira

**POTENCIAL DE PRODUTIVIDADE E FATORES DE MANEJO QUE CAUSAM A  
PERDA DE PRODUTIVIDADE DA MANDIOCA DE MESA EM AMBIENTE  
TROPICAL E SUBTROPICAL DO BRASIL**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. PhD. Nereu Augusto Streck

Santa Maria, RS  
2023

Bexaira, Kelin Pribs

POTENCIAL DE PRODUTIVIDADE E FATORES DE MANEJO QUE CAUSAM A PERDA DE PRODUTIVIDADE DA MANDIOCA DE MESA EM AMBIENTE TROPICAL E SUBTROPICAL DO BRASIL / Kelin Pribs Bexaira.- 2023.

158 p.; 30 cm

Orientador: Nereu Augusto Streck

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Agronomia, RS, 2023

1. Manihot esculenta Crantz 2. Cassava 3. Yield gap  
4. Aipim 5. Plantas daninhas I. Streck, Nereu Augusto  
II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, KELIN PRIBS BEXAIRA, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Tese) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

**Kelin Pribs Bexaira**

**POTENCIAL DE PRODUTIVIDADE E FATORES DE MANEJO QUE CAUSAM A  
PERDA DE PRODUTIVIDADE DA MANDIOCA DE MESA EM AMBIENTE  
TROPICAL E SUBTROPICAL DO BRASIL**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor em Agronomia**.

Aprovado em 21 de julho de 2023:

---

**Nereu Augusto Streck, PhD. (UFSM)**  
**(Presidente/Orientador)**

---

**Eduardo Alano Vieira, Dr. (Embrapa Cerrados)**

---

**Luana Fernandes Tironi, Dr. (Emater-RS/Ascar)**

---

**Michel Rocha da Silva, Dr. (UNIJUÍ)**

---

**Giovana Ghisleni Ribas, Dra. (ESALQ)**

Santa Maria, RS  
2023



## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais Jorge Bexaira e Sônia Pribs Bexaira pela educação, apoio e exemplo de vida.

Aos meus irmãos Diógenes e Gian Bexaira pelo amor incondicional, incentivo e amizade.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me guiar e proteger.

Aos meus pais Jorge e Sônia Bexaira pela educação, apoio, carinho e compreensão.

Aos meus irmãos Diógenes e Gian Bexaira pelo amor, amizade e incentivo em todos os momentos.

A Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realizar esse estudo.

Ao professor Nereu Augusto Streck pela orientação e ensinamentos durante o Doutorado.

Aos colegas e amigos da Equipe Simanihot e FieldCrops pela condução dos experimentos, tabulação e análise dos dados.

As instituições de pesquisas, extensionistas da Emater, produtores e universidades pela parceria na realização dos experimentos.

A todas as pessoas que auxiliaram na condução dos experimentos.

Ao CNPq pelo auxílio financeiro através de bolsa de doutorado.

A todas as pessoas que não foram mencionadas, mas que me incentivaram a realizar este sonho.

**MUITO OBRIGADA.**

*“Todos querem o perfume das flores, mas poucos sujam as suas mãos para cultivá-las”.*

(Augusto Cury)

## RESUMO

# POTENCIAL DE PRODUTIVIDADE E FATORES DE MANEJO QUE CAUSAM A PERDA DE PRODUTIVIDADE DA MANDIOCA DE MESA EM AMBIENTE TROPICAL E SUBTROPICAL DO BRASIL

AUTORA: Kelin Pribs Bexaira  
ORIENTADOR: Nereu Augusto Streck

Estima-se que durante as próximas décadas, a população mundial passará dos atuais 7,6 bilhões, para 9,8 bilhões de habitantes até 2050, aumentando a demanda por alimentos em 50%. Neste cenário, aumenta a importância da produção de alimentos que compõem a base alimentar em países menos desenvolvidos, como a mandioca. A mandioca é considerada um alimento básico para mais de um bilhão de pessoas em 105 países. Rica em carboidratos, é a terceira maior fonte de calorias depois do arroz e do milho. No entanto, os níveis de produtividade de mandioca no Brasil são muito baixos ( $14,8 \text{ t ha}^{-1}$ ) em comparação a produtividade atingida em alguns experimentos Brasil ( $33,0 \text{ t ha}^{-1}$ ) ou do potencial relatado por diversos autores ( $> 60 \text{ t ha}^{-1}$ ). Em virtude disso, o objetivo deste trabalho foi determinar a lacuna de produtividade e identificar os principais fatores de manejo que limitam a produtividade de mandioca de mesa em ambiente tropical e subtropical do Brasil, assim como avaliar diferentes manejos de plantas daninhas em ambiente subtropical. A área de estudo abrange a Região Centro-Oeste e Sudeste (ambiente tropical) e Sul (ambiente subtropical), onde foram avaliadas 303 lavouras de mandioca de mesa. Os ensaios para avaliar os diferentes manejos de plantas daninhas na cultura da mandioca foram conduzidos em 5 municípios no Rio Grande do Sul com 5 manejos diferentes, durante as safras 2019/20 e 2020/21. A lacuna de produtividade foi de  $34,2 \text{ t ha}^{-1}$  e  $27,7 \text{ t ha}^{-1}$ , para o ambiente tropical e subtropical, respectivamente. As principais práticas que limitam a produtividade no ambiente tropical foram: densidade de plantas, data de plantio, arrendamento e irrigação. Já no ambiente subtropical foram: densidade de plantas, data de plantio, espaçamento entre linhas e dessecação. A densidade de plantas ótima para a produção e qualidade de raízes da mandioca de mesa é de 13 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$  no ambiente tropical e de 11 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$  no ambiente subtropical. A data de plantio ótima para a produção de mandioca de mesa é até 15 de novembro para as lavouras sem irrigação no ambiente tropical e até 27 de setembro para o ambiente subtropical. Manter a lavoura livre de plantas daninhas aumentou 75 a 99% da produtividade da mandioca de mesa no Rio Grande do Sul. A capina manual foi o manejo que resultou as melhores produtividades, em massa fresca de raízes tuberosas, número de folhas e estatura principalmente onde teve maior infestação de invasoras. O uso de pré-emergente associado a capina na pós-emergência da cultura, também ocasionou resultados satisfatórios nos ambientes com maior infestação de plantas daninhas no Rio Grande do Sul.

**Palavras-chave:** *Manihot esculenta* Crantz. Aipim. Produtividade de raízes. Densidade de plantas. Data de plantio. Plantas daninhas

## ABSTRACT

### YIELD POTENTIAL AND MANAGEMENT FACTORS THAT CAUSE YIELD LOSS OF SWEET CASSAVA IN TROPICAL AND SUBTROPICAL ENVIRONMENTS OF BRAZIL

AUTHOR: Kelin Pribs Bexaira  
ADVISOR: Nereu Augusto Streck

It is estimated that over the next few decades, the world population will increase from the current 7.6 billion to 9.8 billion inhabitants by 2050, increasing the demand for food by 50%. In this scenario, the importance of producing foods that make up the food base in less developed countries, such as cassava, increases. Cassava is considered a staple food for more than a billion people in 105 countries. Rich in carbohydrates, it is the third largest source of calories after rice and corn. However, cassava yield levels in Brazil are very low ( $14.8 \text{ t ha}^{-1}$ ) compared to the yield achieved in some experiments in Brazil ( $33.0 \text{ t ha}^{-1}$ ) or the potential reported by several authors ( $> 60 \text{ t ha}^{-1}$ ). Therefore, the objective of this work was to determine the yield gap and identify the main management factors that limit the yield of sweet cassava in tropical and subtropical environments in Brazil, as well as evaluate different weed management in subtropical environments. The study area covers the Central-West and Southeast Regions (tropical environment) and South (subtropical environment), where 303 sweet cassava crops were evaluated. The trials to evaluate the different weed management in cassava cultivation were conducted in 5 municipalities in Rio Grande do Sul with 5 different managements, during the 2019/20 and 2020/21 harvests. The yield gap was  $34.2 \text{ t ha}^{-1}$  and  $27.7 \text{ t ha}^{-1}$ , for the tropical and subtropical environment, respectively. The main practices that limit yield in the tropical environment were: plant density, planting date, leasing and irrigation. In the subtropical environment, they were: plant density, planting date, row spacing and desiccation. The optimum plant density for the production and quality of sweet cassava roots is 13 thousand plants  $\text{ha}^{-1}$  in the tropical environment and 11 thousand plants  $\text{ha}^{-1}$  in the subtropical environment. The optimal planting date for table cassava production is until November 15<sup>th</sup> for crops without irrigation in the tropical environment and until September 27<sup>th</sup> for the subtropical environment. Keeping the crop free of weeds increased the productivity of sweet cassava by 75 to 99% in Rio Grande do Sul. Manual weeding was the management that resulted in the best yield, in terms of fresh mass of tuberous roots, number of leaves and height, especially where there was greater infestation of invasives. The use of pre-emergence associated with weeding in the post-emergence of the crop also led to satisfactory results in environments with greater weed infestation in Rio Grande do Sul.

**Keywords:** *Manihot esculenta* Crantz. Cassava. Root yield. Plant density. Planting date. Weeds

## LISTA DE FIGURAS

- Figura I-1. Mapa da área colhida com mandioca no Brasil, média de 5 anos (2017-2021) (a), Localização geográfica das lavouras de mandioca de mesa avaliadas no ambiente tropical (círculos vermelhos), no ambiente subtropical (círculos verdes) e das estações meteorológicas de referência (estrelas amarelas) selecionadas na área de abrangência do estudo (b)..... 47
- Figura I-2. Média de 5 anos (2017 a 2021) da radiação solar ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ), temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin) e precipitação para as seis Estações Meteorológicas de Referência (EMR) que representam a área de abrangência do estudo..... 48
- Figura I-3. Potencial de produtividade (PP) da cultura da mandioca de mesa para ambiente tropical determinada por Visses et al. (2018) e para o ambiente subtropical de acordo com Borges et al. (2020), Produtividade média do tercil de alta produtividade (PAP) e de baixa produtividade (PBP) e a Produtividade média (PM) das lavouras avaliadas. A diferença entre o PP e a PM é a lacuna de produtividade média (LPm). ..... 49
- Figura I-4. Árvore de regressão mostrando a variação na produtividade de mandioca de mesa devido as práticas de manejo no ambiente tropical. Os valores abaixo de cada nó terminal indicam a média da produção de raízes ( $\text{t ha}^{-1}$ ) e a porcentagem de observações em cada nó terminal (a). Importância relativa de cada prática de manejo na produtividade de raízes de mandioca de mesa no ambiente tropical (b). ..... 50
- Figura I-5. Árvore de regressão mostrando a variação na produtividade de mandioca de mesa devido as práticas de manejo no ambiente subtropical. Os valores abaixo de cada nó terminal indicam a média da produção de raízes ( $\text{t ha}^{-1}$ ) e a porcentagem de observações em cada nó terminal (a). Importância relativa de cada prática de manejo na produtividade de raízes de mandioca de mesa no ambiente subtropical (b)..... 51
- Figura I-6. Peso de raízes ( $\text{kg planta}^{-1}$ ) em relação a densidade de plantas ( $\text{plantas ha}^{-1}$ ), onde os círculos vermelhos representam as lavouras avaliadas no ambiente tropical (a) e os círculos verdes as lavouras no ambiente subtropical (c). Produtividade de raízes ( $\text{t ha}^{-1}$ ) em relação a data de plantio, onde os círculos amarelos representam as lavouras sem irrigação e círculos azuis representam as lavouras com irrigação no ambiente tropical (b) e subtropical (d). Linha sólida preta representa a função limite. .... 52
- Figura II-1. Temperatura máxima e mínima, radiação solar e precipitação durante as safras 2019/20 e 2020/21, em São Luiz Gonzaga (representando Santo Ângelo), Santa Maria (representando Santa Maria e Cachoeira do Sul), Passo Fundo (representando Não-Me-Toque) e Bagé/RS (representando Hulha Negra)..... 74
- Figura II-2 Massa fresca de raiz comercial da mandioca, cultivada em três locais (a) e cultivada sob cinco manejos de plantas daninhas (b), durante a safra agrícola 2019/2020. Sem controle (Testemunha), capina manual (CM), pré-emergente + capina (PCM), pré-emergente + herbicida de contato (PE3) e pré-emergente + 1 aplicação de herbicida de contato (PE1). . 78
- Figura II-3. Estatura de planta (a e b) e número de folhas (c e d) de mandioca cultivada em quatro locais (a e c) e submetida a cinco manejos de plantas daninhas (b e d) safra 2020/2021. Sem controle (Testemunha), capina manual (CM), pré-emergente + capina (PCM), pré-emergente + 3 aplicações de herbicida de contato (PE3) e pré-emergente + 1 aplicação de herbicida de contato (PE1)..... 81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 0-1 - Descrição da escala de desenvolvimento da mandioca proposta por Tironi <i>et al.</i> 2019. ....	18
Tabela I-1. Médias das variáveis avaliadas nas lavouras de mandioca de mesa e média do tercil de alta produtividade (AP) e baixa produtividade (BP) no ambiente tropical e subtropical do Brasil; a diferença entre AP e BP ( $\Delta$ ) foi testada por teste t e teste de Wilcoxon (quando a distribuição se desviou da normalidade), com significância de $p < 0,1$ (*), $p < 0,05$ (**) ou $p < 0,01$ (***).....	53
Tabela II-1. Informações quanto ao ano, local, data de plantio e colheita, densidade de plantas finais, tipo de solo e município que foi resgatado os dados meteorológicos para a caracterização climática durante a condução dos ensaios. ....	75
Tabela II-2. Massa seca das plantas daninhas antes do primeiro manejo de plantas daninhas na pós-emergência da cultura da mandioca e antes da colheita .....	75
Tabela II-3. Resumo da análise de variância e significância do quadrado médio do erro, para as fontes de variação (FV) e coeficiente de variação (CV), para os caracteres de crescimento e produtividade da cultura da mandioca. ....	76
Tabela II-4. Caracteres de crescimento e componentes produtivos da mandioca cultivada em três locais e submetida a cinco manejos de plantas daninhas.....	77
Tabela II-5. Resumo da análise de variância e significância do quadrado médio do erro, para as fontes de variação (FV) e coeficiente de variação (CV), para os caracteres de crescimento e componentes de rendimento da cultura da mandioca. ....	79
Tabela II-6. Caracteres de crescimento e componentes produtivos da mandioca cultivada em três locais e submetida a cinco manejos de plantas daninhas, safra 2020/2021.....	80

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.2 OBJETIVOS .....	13
<b>1.2.1 Objetivo geral.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>13</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
2.1 IMPORTÂNCIA DA CULTURA DA MANDIOCA .....	14
2.2 CLASSIFICAÇÃO E UTILIZAÇÃO DA MANDIOCA.....	15
2.3 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS, MORFOFISIOLÓGICAS E FENOLÓGICAS DA MANDIOCA.....	17
2.4 ECOFISIOLOGIA E MANEJO DA CULTURA DA MANDIOCA .....	19
2.5 POTENCIAL E LACUNA DE PRODUTIVIDADE .....	23
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>27</b>
3.1 ARTIGO I.....	27
<b>Lacunas de produtividade e fatores de manejo que limitam a produtividade da         mandioca de mesa em ambiente tropical e subtropical do Brasil .....</b>	<b>28</b>
3.2 ARTIGO II.....	55
<b>Manejo de plantas daninhas na cultura da mandioca de mesa no Rio Grande do Sul</b>	<b>56</b>
<b>4 DISCUSSÃO GERAL .....</b>	<b>82</b>
<b>5 CONCLUSÃO GERAL .....</b>	<b>83</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>84</b>
<b>APÊNDICE 1 – EBOOK – MANDIOCA: COMO PRODUZIR MAIS E DE FORMA SUSTENTÁVEL.....</b>	<b>90</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Estima-se que durante as próximas décadas, a população mundial passará dos atuais 7,6 bilhões, para 9,8 bilhões de habitantes até 2050, aumentando a demanda por alimentos em 50% (NELSON *et al.*, 2010). Neste cenário, aumenta a importância da produção de alimentos que compõem a base alimentar em países menos desenvolvidos, como a mandioca. Um exemplo disso, é que a mandioca foi eleita o alimento do século XXI, através do projeto “Save and Grow: Cassava” (FAO, 2013).

O Global Yield Gap Atlas (GYGA), um projeto composto por pesquisadores de diferentes instituições ao redor do mundo, tem o objetivo de estimar o potencial produtivo, identificar e diminuir as lacunas de produtividade das principais culturas agrícolas. O tema lacunas de produtividade, é um dos temas agrônômicos mais estudados atualmente, motivado pela crescente demanda mundial de alimentos e de energia para atender ao aumento populacional e de renda em muitos países. Esses estudos ainda são incipientes em países em desenvolvimento, embora a lacuna seja, teoricamente, muito maior que nos países desenvolvidos. Esse tipo de estudo é de extrema importância para conhecer a trajetória futura dos preços dos alimentos e da segurança alimentar, pois o objetivo de muitos pesquisadores e formuladores de políticas públicas é melhorar a produtividade das culturas agrícolas a uma taxa suficiente para manter baixos os preços dos alimentos e evitar a expansão significativa de terras agrícolas (LOBELL; CASSMAN; FIELD, 2009).

Para a cultura da mandioca foram realizados estudos estimando o potencial e as lacunas de produtividade na África por Fermont *et al.* (2009) e no Brasil por Visses, Sentelhas e Pereira (2018). Os níveis de produtividade de mandioca no Brasil são muito baixos (14,8 t ha<sup>-1</sup>) em comparação a produtividade atingida em alguns experimentos Brasil, de 33,0 t ha<sup>-1</sup> (TIRONI *et al.*, 2015) e do potencial de produtividade encontrado por Visses, Sentelhas e Pereira (2018) que variou de 44,8 a 66,9 t ha<sup>-1</sup> de acordo com a região do Brasil. Essa diferença entre a produtividade atual brasileira de mandioca e o potencial de produtividade da cultura comprova que é possível aumentar a produtividade e, conseqüentemente, a eficiência da produção da mandioca no Brasil.

Há duas formas de aumentar a produção vegetal: a) através do aumento da área cultivada; ou b) pelo aumento da produtividade das culturas (HEILMAYR *et al.*, 2020). No entanto, a primeira opção não é considerada sustentável ambientalmente, já que pode acelerar o desmatamento, uma vez que as terras disponíveis para expansão da área cultivada estão sob

as florestas tropicais da América do Sul e África (DROS, 2004). Assim, o mais adequado é aumentar a produção de alimento através do aumento da produtividade das culturas (DROS, 2004).

Assim, é necessário determinar o quanto é possível produzir, o quanto é viável economicamente produzir e principalmente como aumentar a produtividade. Para aumentar sustentavelmente a produtividade é preciso entender as características climáticas, agronômicas e socioeconômicas de cada região. A compreensão das particularidades da produção de mandioca no Brasil pode direcionar esforços, priorizando o aumento da eficiência dos recursos e/ou investimento em tecnologias e insumos.

A definição do potencial, quantificação da lacuna de produtividade e identificação dos fatores que causam a perda de produtividade da mandioca de mesa no ambiente tropical e subtropical do Brasil, apresenta forte demanda científica, motivado pelo aumento da demanda de alimento no mundo, assim como, a pesquisa tem grande impacto econômico e social para os produtores de mandioca de mesa do Brasil.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral da proposta é determinar a lacuna de produtividade e identificar os principais fatores de manejo que limitam a produtividade de mandioca de mesa em ambiente tropical e subtropical do Brasil.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Quantificar a lacuna de produtividade da mandioca de mesa em ambiente tropical e subtropical do Brasil;
- b) Identificar os fatores de manejo que limitam a produtividade da cultura da mandioca de mesa em ambiente tropical e subtropical do Brasil;
- c) Definir a densidade e data de plantio ótima para o cultivo da mandioca de mesa ambiente tropical e subtropical do Brasil;
- d) Avaliar a resposta da cultura da mandioca de mesa ao manejo de plantas daninhas em ambiente subtropical.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 IMPORTÂNCIA DA CULTURA DA MANDIOCA

Originária da América do Sul, a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) no século XVI e XVII foi amplamente difundida pelos portugueses para áreas tropicais e subtropicais da África, Ásia e Caribe (VILPOUX, 2006). Em seguida, tornou-se um alimento fundamental em muitos lugares do planeta, devido a fácil adaptação da cultura, tolerância à seca, alto valor nutricional e baixo custo de cultivo (TIRONI *et al.*, 2017a). A mandioca foi eleita o alimento do século XXI, através do projeto “Save and Grow: Cassava”, pois além de ser importante para a segurança e soberania alimentar, apresenta impactos socioeconômicos em países em desenvolvimento, como o Brasil, pois é considerada a principal cultura da agricultura familiar (BEZERRA, 2014).

Projeta-se que a mandioca pode se tornar um importante substituto para as culturas mais sensíveis às mudanças climáticas, especialmente no leste da África (SCHLENKER; LOBELL, 2010; JARVIS *et al.*, 2012). Em virtude, da crescente concentração de CO<sub>2</sub>, que terá um efeito positivo nas culturas C3, como a mandioca, do que nas principais culturas C4, como o sorgo, milho e milheto (ROSENTHAL *et al.*, 2012). A mandioca é cultivada entre 30 graus de latitudes Norte e Sul, embora sua concentração de plantio esteja entre as latitudes 15°N e 15°S. Suporta altitudes que variam desde o nível do mar até cerca de 2.300 metros, sendo regiões baixas ou com altitude de até 800 metros as mais favoráveis ao cultivo (ALVES, 2006).

O cultivo de mandioca no mundo ocupa uma área de 29,6 milhões hectares (mi ha) e uma produção média de 215 milhões toneladas (mi t), sendo que desse total 64,7% é produzido na África, 26,8% na Ásia, 8,5% nas Américas e 0,1% na Oceania (FAOSTAT, 2023). O Brasil é o 5º maior produtor mundial, atrás da Nigéria, República Democrática do Congo, Tailândia e Gana (FAOSTAT, 2023). A expectativa nacional para 2023 é uma produção de 18,4 mi t de raízes numa área de 1,2 mi ha, com uma produtividade média de 14,8 toneladas por hectare (t ha<sup>-1</sup>) (IBGE, 2023). O estado do Pará é o maior produtor nacional, com 4,0 mi t, seguido do Paraná (3,4 mi t), São Paulo (1,4 mi t), Mato Grosso do Sul (0,9 mi t) e na quinta posição, o Rio Grande do Sul, com 0,8 mi t (IBGE, 2023).

A mandioca é considerada um alimento básico para mais de um bilhão de pessoas em 105 países (CHETTY *et al.*, 2013). Rica em carboidratos, é a terceira maior fonte de calorias

depois do arroz e do milho. Suas raízes tuberosas fornecem mais de um quarto do consumo diário de calorias em alguns países africanos (FAO, 2023). Além das raízes tuberosas, principal produto colhido, as folhas de mandioca são consumidas como hortaliças em pelo menos 60% dos países da África Subsaariana, sendo uma importante fonte de proteínas, vitaminas e micronutrientes (LATIF; MÜLLER, 2015). Ressalta-se também a importância socioeconômica que a cultura desempenha nos países africanos, pois a produção é oriunda de pequenas propriedades, com pouca tecnologia e com baixas produtividades. Na Ásia, aparecem com grande destaque Tailândia e a Indonésia, onde a produção também se expande de forma considerável. Nestes dois países, o nível tecnológico é bastante avançado, com grandes extensões de plantios e a produção é canalizada principalmente às indústrias de fécula e de “pellets” (para alimentação animal), visando essencialmente o mercado externo.

Enquanto aumenta a produção de mandioca nos países africanos e asiáticos, na América Latina houve estagnação. Esta, tinha uma participação na produção mundial de mais de 30%, porém, nos últimos anos ficou reduzida para menos de 10% (FAOSTAT, 2023). Alguns fatores foram determinantes para este cenário, com ênfase na intensificação das culturas mecanizadas como a soja, milho, trigo e cana de açúcar nos estados brasileiros (DERAL, 2020). O Brasil representa 70% da produção de mandioca das Américas (BEZERRA, 2014). Além do avanço dos cultivos mecanizados, a falta de mão de obra, a falta da transferência de tecnologia ao produtor e características do cultivo brasileiro, como o consumo voltado para o mercado interno, fragilizam os preços quando ocorre maior oferta, contribuindo para a redução do cultivo brasileiro da mandioca (DERAL, 2020).

## 2.2 CLASSIFICAÇÃO E UTILIZAÇÃO DA MANDIOCA

As cultivares de mandioca são classificadas em dois grupos: mandioca mansa ou doce e mandioca brava ou amarga. A diferença entre a mandioca brava e a mandioca mansa é o teor de ácido cianídrico (HCN). A mandioca mansa possui o teor de HCN menor que 100 mg.kg<sup>-1</sup> em base úmida, na polpa crua das raízes. A mandioca brava possui o teor de HCN maior que 100 mg.kg<sup>-1</sup> (SÁNCHEZ, 2004). Por isso, a mandioca é considerada a espécie cianogênica mais importante no Brasil, com ocorrência natural dos glicosídeos linamarina e lotaustralina (AMORIM, 2006). A eficiência da produção de glicosídeos cianogênicos e do seu transporte das folhas para as raízes provavelmente seja uma característica varietal, com diversos índices de biossíntese e degradação (JOSEPH, 2001). Além disso, os teores variam

conforme as cultivares e as partes da planta, além do manejo, ambiente e idade da mesma (LORENZI, 1993; CARDOSO JÚNIOR, 2005; MEZETTE, 2009).

As cultivares de mandioca mansa também conhecidas como macaxeira, aipim ou de mesa, geralmente são utilizadas in natura para o consumo humano e animal, devido ao baixo teor de HCN. As principais características de uma cultivar de mandioca de mesa são: rápido cozimento (30 minutos ou menos), sabor, textura, maciez, fácil descasque, produtividade, coloração de polpa (depende do consumidor), facilidade no arranque e tamanho da cepa na raiz. Além disso, a qualidade comercial da mandioca de mesa está associada ao tamanho e diâmetro da raiz, sendo consideradas raízes comercializáveis (RC) quando estas apresentam comprimento maior que 10 cm e diâmetro maior que 2 cm e consideradas raízes não comercializáveis (RNC) as demais raízes (SCHONS *et al.*, 2009). As RNC, quando não descartadas, são usadas para a alimentação animal, como constituinte de silagem e feno, ou, são trituradas para uso culinário. Toda a planta de mandioca de mesa pode ser utilizada, as folhas da mandioca contêm teores de até 17,9% de proteína, 9% de fibra, são fonte de vitaminas A, C e B, cálcio e ferro (TAGLIAPIETRA *et al.*, 2019), por isso são usadas para alimentação humana e animal. A mandioca é fonte de carotenoides, devido à presença de beta-caroteno, o qual pode ser transformado em retinol ou vitamina A pelo organismo, presente nas raízes de cultivares com coloração amarela (MEZZETE, 2009).

Já as cultivares de mandioca brava são utilizadas na indústria, pois o teor de HCN é liberado durante o processamento. Na indústria podem ser utilizadas tanto cultivares bravas como mansas, no entanto, as cultivares mansas normalmente possuem menor teor de amido e para a finalidade industrial busca-se cultivares com teor de amido maior que 30%. O amido ou goma de mandioca tem diversas utilizações em diferentes indústrias como a alimentícia, a farmacêutica e têxtil. A fécula, também conhecida como polvilho doce, é o amido extraído das raízes de mandioca, que passou pelo processo de decantação e secagem, ficando pronto no mesmo dia. O polvilho azedo é oriundo da fermentação da fécula, antes da secagem. A mandioca brava não pode ser utilizada como mandioca de mesa e consumida in natura, devido a toxicidade do HCN.

No mundo existem cerca de 9000 cultivares de mandioca e mais de 4500 destas são originárias do Brasil. No entanto, existe uma perda do nome de registro, pois os agricultores nomeiam a cultivar com uma característica morfológica, como por exemplo: pinheirinho (lembra um pinheiro), casca roxa (cor do córtex da raiz) e tristeza (folhas caídas), o que dificulta a identificação correta das cultivares.

### 2.3 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS, MORFOFISIOLÓGICAS E FENOLÓGICAS DA MANDIOCA

É uma planta arbustiva, perene, heliófila, de hábito indeterminado, resultado da hibridação entre duas espécies selvagens nativas da Amazônia (LÉOTARD, 2009; ALLEM, 2001), pertencente à classe Dicotiledôneas, ordem *Euphorbiales* e à família *Euphorbiaceae* (FUKUDA; IGLESIAS, 2003). É considerada a principal espécie de valor comercial desta família, sendo a única cultivada dentro do gênero *Manihot* (LIMA, 2018). Possui propagação tipicamente agâmica, multiplicando-se por intermédio de segmentos do caule (manivas), por isso afirma-se que cada nova planta é um clone do genótipo da planta anterior, devido a replicação integral da genética de uma planta de interesse (FUKUDA; CARVALHO, 2006)

As características morfológicas são muito variadas diferindo de acordo com o genótipo (TIRONI *et al.*, 2015). As raízes são ricas em amido e apresentam diferentes tamanhos, formas e coloração de polpas como creme, branco, amarelo e rosa (FUKUDA; CARVALHO, 2006). O caule é do tipo subarbustivo, ereto (monopodial) ou ramificado com inflorescência (simpódio), podendo as ramificações serem dos tipos dico, tricô ou tetracotômicas (FUKUDA; CARVALHO, 2006; TIRONI *et al.*, 2015), dependendo da sensibilidade do genótipo ao fotoperíodo, de forma que fotoperíodos longos auxiliam na produção de ramificações simpodiais (FUKUDA; CARVALHO, 2006). Sua coloração varia de acordo com a idade e o genótipo, nas plantas jovens são verdes, vermelhas claras e pardas, mudando a sua cor à medida que a planta amadurece (FUKUDA; CARVALHO, 2006). O pecíolo apresenta comprimento e coloração diversas e o limbo da folha é partido, originando lóbulos em números de três a onze, com largura, comprimento, cor e formatos diversos (RIBEIRO, 2012). As flores se dispõem em inflorescências cimosas do tipo racemo, variando de 5 a 15 cm de comprimento, apresentando brácteas basais curtas e agudas, com coloração variável, dependendo do genótipo (FUKUDA; CARVALHO, 2006). O fruto tem aproximadamente 1,5 cm de diâmetro, é esquizocarpáceo com formação de cocas e a presença do carpóforo (FUKUDA; CARVALHO, 2006). É uma cápsula contendo de um a três sementes carunculadas, e com comprimento médio de 5 a 10 mm de largura (NASSAR, 2000). Quando cultivada a partir de sementes, a formação de raízes tuberosas ocorre de forma diferenciada com baixa possibilidade de colheita (NASSAR, 2000).

A fenologia é o estudo de como as plantas se desenvolvem em relação ao ambiente. Para isso são definidas características morfológicas que possibilitam a identificação do

momento fisiológico em que planta se encontra. As escalas fenológicas ajudam na padronização da terminologia utilizada e facilitam a comunicação da cadeia produtiva. Além de serem ferramentas eficientes para aplicar as práticas de manejo adequadas para cada momento do ciclo de desenvolvimento da cultura.

A escala fenológica da mandioca mais utilizada mundialmente é a de Alves (2006), onde o autor descreve o desenvolvimento da mandioca em dias após plantio (DAP) com os estágios: emergência (5-15 DAP), formação de folhas e crescimento da raiz (15-90 DAP), desenvolvimento de folhas e ramos (90-180 DAP), translocação expressiva de carboidratos para as raízes (180-300 DAP) e dormência (300-360 DAP). Porém, as fraquezas dessa escala é que ela descreve apenas os estágios e não as fases, levando em consideração apenas a idade cronológica da planta, sem considerar os fatores ambientais na duração de cada fase.

Recentemente Tironi *et al.* (2019) desenvolveram uma escala fenológica que descreve cada fase e estágio de desenvolvimento da cultura da mandioca com base em critérios morfológicos e ecofisiológicos, de fácil identificação a campo e com aplicação prática para o manejo da cultura. A escala tem quatro fases: Emergência, Vegetativa, Reprodutiva e de Repouso (Tabela 1).

**Tabela 0-1** - Descrição da escala de desenvolvimento da mandioca proposta por Tironi *et al.* 2019.

Fase	Estágio	Código	Descrição
Emergência	Emergência	EM	Planta visível acima do solo (início do desenvolvimento de raízes adventícias e parte aérea da maniva)
Vegetativa	Primeira folha	V1	Primeira folha (um dos lóbulos da folha não mais se tocando)
	Segunda folha	V2	Segunda folha (um dos lóbulos da folha não mais se tocando)
	Terceira folha	V3	Terceira folha (um dos lóbulos da folha não mais se tocando)
	Enésima folha	Vn	Enésima folha (um dos lóbulos da folha não mais se tocando)
Reprodutiva	Início do acúmulo do amido	IAA	Uma raiz apresentando 1 cm de diâmetro. A planta apresenta 25 a 30 folhas na haste principal
	Primeira ramificação	RS1	Emissão da primeira ramificação simpodial (máxima taxa de aparecimento de folhas)
	Segunda ramificação	RS2	Emissão da segunda ramificação simpodial (aumenta a taxa de acúmulo de amido)

	Enésima ramificação	RSn	Emissão da enésima ramificação simpodial
	Ponto de colheita*	CO	75% das folhas em senescência natural e haste com cor acinzentada. Máximo acúmulo de amido nas raízes.
Repouso	Repouso fisiológico**	RF	A planta apresenta senescência natural de todas as folhas

\*Para cultivos em regiões onde ocorre o repouso fisiológico

\*\*Esta fase só ocorre em ambientes onde a planta interrompe o seu crescimento devido a temperaturas baixas ou com elevado déficit hídrico (estação seca). Nas regiões onde a temperatura e precipitação são elevadas ao longo do ano, essa fase não ocorre e a planta de mandioca cresce o ano inteiro.

## 2.4 ECOFISIOLOGIA E MANEJO DA CULTURA DA MANDIOCA

Os processos ecofisiológicos que comandam a produção e partição de biomassa da planta de mandioca podem ser agrupados em 3 períodos: o desenvolvimento vegetativo, que compreende a emergência, o crescimento de folhas, hastes e raízes fibrosas; o desenvolvimento reprodutivo, responsável pelo aparecimento das ramificações simpodiais e a acumulação de amido, que engloba o tempo necessário para o início da acumulação de amido nas raízes tuberosas (TIRONI *et al.*, 2019).

Os principais elementos meteorológicos que influenciam no crescimento e desenvolvimento da mandioca são a temperatura do ar, radiação solar e fotoperíodo (TIRONI *et al.*, 2019). As temperaturas cardinais da cultura (mínima, ótima e máxima) são 14°C, 30°C e 42,5°C, respectivamente (MATTHEWS; HUNT, 1994). Quando a temperatura do ar estiver entre a temperatura máxima e mínima, vai ocorrer o crescimento e desenvolvimento da planta de mandioca.

O ciclo da cultura da mandioca inicia com o plantio da maniva-semente, onde irá ocorrer a brotação da maniva-semente e a emergência das plântulas, quando tiver temperatura e umidade do solo favoráveis. Temperaturas entre 28°C e 30°C aceleram a brotação, já temperaturas inferiores a 17°C e superiores a 37°C retardam esse processo (KEATING; EVERSON, 1979). Em torno de 7 a 10 dias após o plantio inicia o desenvolvimento de raízes adventícias na base das gemas e a brotação das gemas. Posteriormente, ocorre o desenvolvimento de raízes basais, principalmente, no calo formado na região de corte da maniva onde os brotos apresentam menor desenvolvimento (KEATING; EVERSON, 1979; CHAWEEWAN; TAYLOR, 2015).



Após a emergência da plântula, inicia o processo de aparecimento e crescimento da parte aérea (folhas e hastes) e de raízes fibrosas. Nessa fase inicial do desenvolvimento vegetativo a prioridade dos fotoassimilados é para as folhas, hastes e raízes fibrosas, respectivamente (TIRONI *et al.*, 2017a). As folhas produzem fotoassimilados e as raízes fibrosas absorvem água e nutrientes para o desenvolvimento da planta, sendo que algumas dessas raízes irão se transformar em raízes de armazenamento (tuberosas) (MATTHEWS; HUNT,1994). As folhas são responsáveis pela captação da radiação solar e pela transformação dessa energia em fotoassimilados (fotossíntese). A taxa de aparecimento das folhas e a sua longevidade definem o índice de área foliar que intercepta a radiação solar usada na fotossíntese. A longevidade das folhas é influenciada pela temperatura do ar e pelo sombreamento do dossel (MATTHEWS; HUNT,1994; TIRONI *et al.*, 2017a), quanto maior a longevidade das folhas maior acúmulo de biomassa nas raízes tuberosas (ALVES, 2006). Temperaturas na faixa de 25 a 30°C proporcionam as maiores taxas fotossintéticas para diversas cultivares de mandioca (MATTHEWS; HUNT,1994). Durante o processo de fotossíntese a radiação solar é o componente vital, portanto, valores acima de 24 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> faz com que ocorra a máxima taxa de crescimento diário da planta e conseqüentemente máxima eficiência no acúmulo de massa seca por dia (FUKAI; HAMMER, 1987).

O desenvolvimento reprodutivo da mandioca, ou seja, o aparecimento das ramificações simpodiais e o florescimento, é influenciado pela temperatura do ar e pelo fotoperíodo. A mandioca é considerada planta de dia longo para o aparecimento das ramificações simpodiais e para o florescimento. Os dias longos favorecem o desenvolvimento da parte aérea e comanda o aparecimento das ramificações simpodiais e do florescimento (TIRONI *et al.*, 2019). O fotoperíodo ótimo para a cultura da mandioca é de 15,5 horas, ou seja, as plantas expostas a fotoperíodos maiores que o ótimo, são estimuladas a emitir ramificações e a florescerem, e quando expostas a fotoperíodos menores que 11,5 horas há evidências que não ramificam, sendo considerado o fotoperíodo crítico da cultura para o aparecimento de ramificações e florescimento (MATTHEWS; HUNT,1994). O número de ramificações simpodiais depende da sensibilidade da cultivar ao fotoperíodo, algumas cultivares não ramificam e não florescem mesmo sob fotoperíodos maiores que o ótimo. Além disso, outros fatores também podem induzir a planta a ramificar e florescer, como o déficit hídrico (MATTHEWS; HUNT, 1994).

O início da acumulação do amido também é influenciado pela temperatura do ar e fotoperíodo, porém, a mandioca é considerada planta de dia curto para a acumulação de

amido. Quando os dias começam a ficar curtos, ocorre a redução da giberelina e o aumento da concentração de citocinina na planta, induzindo o acúmulo de amido nas raízes tuberosas (AKSENOVA *et al.*, 2011). Alguns estudos indicam maior produção de raízes em fotoperíodos entre 10 a 12 horas (FAGUNDES *et al.*, 2009). Geralmente, quando as plantas estão com uma média de 25 a 30 folhas, inicia a acumulação de amido nas raízes tuberosas (TIRONI *et al.*, 2019). Da produção total diária de fitomassa na planta, o que não é destinado para as folhas, hastes e raízes fibrosas, acumula nas raízes tuberosas (TIRONI *et al.*, 2017 a). Esse acúmulo aumenta à medida que avança o ciclo da cultura e é interrompido quando a planta entra no estado de dormência/repouso, seja por deficiência hídrica (que é o caso das regiões tropicais) ou por geada, que é o caso, principalmente, do Rio Grande do Sul (subtropical).

A cultura da mandioca apresenta alta eficiência no uso da água, podendo ser cultivada em regiões com regime pluviométrico de até 500 mm/ano (SCHWENGBER, 2002). Porém, para altas produtividades a precipitação ideal, bem distribuída ao longo do ciclo, é de 1000 a 1500 mm/ano (FRANCISCO *et al.*, 2017). O período mais sensível ao estresse hídrico é do plantio ao início da acumulação do amido, onde está sendo definido o número de plantas por área, altura de plantas, número de folhas e massa seca total (TIRONI *et al.*, 2019). A mandioca é considerada tolerante ao déficit hídrico possivelmente pelo potencial de alcance do sistema radicular e pelos eficientes mecanismos de defesa ao déficit hídrico, como o controle estomático, dobramento e abscisão foliar. Portanto, no desenvolvimento vegetativo o déficit hídrico afeta diretamente a taxa de aparecimento de folhas, tamanho de folhas e conseqüentemente no crescimento da cultura. Por outro lado, a mandioca não tolera excesso hídrico no solo, pois o encharcamento na fase de emergência promove a perda de plantas e, na de acumulação de amido, eleva o risco de podridões radiculares (TIRONI *et al.*, 2019). Sendo assim, em solos mal drenados só é possível o cultivo da mandioca com o uso de drenos e/ou camalhões.

Quando as plantas de mandioca ficam expostas ao excesso hídrico apresentam sintomas de hipoxia ou anoxia, dependendo da duração do excesso hídrico. Com a ausência de oxigênio como aceptor final de elétrons, ocorre a inibição da respiração aeróbica na mitocôndria (não ocorre a fosforilação oxidativa) e a respiração ocorre apenas no citoplasma (glicólise) de forma anaeróbica (TAIZ; ZEIGER, 2016). Dessa forma, a glicólise passa a ser a fonte principal de energia para as células e as rotas fermentativas realizadas no citosol passam reduzir o piruvato para reciclar o NADH produzido na glicólise, liberando lactato e etanol

(TAIZ; ZEIGER, 2016). Ao ocorrer o processo fermentativo na respiração, diminui a produção de energia a cada substrato metabolizado para 2 ATP, sendo que em condições aeróbicas, a cada substrato metabolizado gera 36 ATP de energia (TAIZ; ZEIGER, 2016). O acúmulo de produtos como etanol e lactato, juntamente com a redução do metabolismo energético para 2 ATPs afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas.

As características ideais para o cultivo da mandioca são áreas planas ou levemente onduladas, com uma declividade máxima de 5%, solos profundos e friáveis (soltos), sendo ideais os solos arenosos ou de textura média (MATTOS; CARDOSO, 2003). As condições físicas do solo determinam o fluxo de água, calor e gases no solo. A água do solo controla a aeração, a temperatura e a resistência mecânica do solo, as quais são afetadas pela densidade do solo e distribuição do tamanho de poros. Essas características físicas interagem e regulam o crescimento e a funcionalidade das raízes, com efeito no crescimento e produtividade dos cultivos. O aumento da água no solo promove a redução na sua aeração e resistência à penetração. A redução da aeração é indesejável quando abaixo de 10%, pois limita o processo de respiração radicular e as trocas gasosas no solo (GRABLE; SIEMER, 1968). A redução da resistência mecânica é desejável por facilitar o processo de penetração das raízes no solo (TAYLOR *et al.*, 1966).

Embora a mandioca seja tolerante a acidez do solo, a faixa favorável de pH é de 5,5 a 7,0, sendo 6,5 o ideal, pois a disponibilidade dos nutrientes para as plantas é influenciada pelo pH do solo (MATTOS; CARDOSO, 2003). O uso de calagem para correção da acidez do solo é importante para aumentar a disponibilidade dos nutrientes para as plantas, elevando assim, a eficiência da adubação. Em áreas onde a mandioca foi cultivada por vários anos, a aplicação de calcário é importante, principalmente, pelo suplemento de cálcio e magnésio, que são o terceiro e quinto nutrientes mais absorvidos pela cultura da mandioca, respectivamente (MATTOS; CARDOSO, 2003).

A mandioca tem uma boa produção de raízes em solos degradados quimicamente com baixo teor de nutrientes, onde a maioria dos cultivos não produziria satisfatoriamente. Entretanto, o aumento da produtividade nessas áreas com baixa fertilidade só é alcançado por meio da calagem e adubação. A cultura da mandioca absorve grandes quantidades de nutrientes e exporta para folhas, hastes e raízes quase tudo que foi absorvido. De maneira geral, para uma produtividade de 25 t ha<sup>-1</sup> de raízes mais a parte aérea da mandioca são extraídos 146 kg de K, 123 kg de N, 46 kg de Ca, 27 kg de P e 20 kg de Mg, assim nessa ordem crescente de demanda: K > N > Ca > P > Mg (MATTOS; CARDOSO, 2003).

O manejo de plantas daninhas é de extrema importância para a cultura da mandioca, pois a competição com plantas invasoras pode ocasionar perdas de até 90% da produtividade (KINTCHÉ *et al.*, 2017). Além disso, deve-se fazer o monitoramento contínuo e o manejo preventivo/curativo de pragas e doenças durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura da mandioca.

## 2.5 POTENCIAL E LACUNA DE PRODUTIVIDADE

O potencial de produtividade (PP) é a produtividade máxima atingível pela cultura em condições ideais, sendo determinada pela radiação solar interceptada pelo dossel, temperatura, CO<sub>2</sub> atmosférico e características genéticas, sem a influência de limitações por nutrientes, água e outros estresses de ordem biótica e abiótica (EVANS, 1993; VAN ITTERSUM; RABBINGE, 1997). Em culturas de sequeiro, o crescimento, desenvolvimento e a produtividade são limitados pela água, assim, é considerado o potencial de produtividade limitado pela água (PPw), ou seja, quando não há suprimento total das necessidades de água da cultura (VAN ITTERSUM *et al.*, 2013). Estudos publicados consideram que atingir 70% do PPw a nível de campo é uma meta atingível para cultivos sem irrigação suplementar, desde que haja acesso adequado a insumos, mercado e informação técnica, esse valor pode variar de 70 a 80% do PPw (Lobell *et al.*, 2009; Van Ittersum *et al.*, 2013; Monzon *et al.*, 2021).

O potencial de produtividade (PP) pode ser calculado por quatro métodos (LOBELL *et al.*, 2009) (1) simulações por modelos de culturas, (2) experimentos de campo, (3) concursos de produtividade e (4) máximas produtividades de produtores, observadas por meio de questionários (TITTONELL; GILLER, 2013). Van Ittersum *et al.* (2013) apresentaram uma comparação dos métodos para diferentes sistemas de cultivo em três países: Quênia, Estados Unidos e Austrália. Eles concluem que as estimativas por modelos oferecem as melhores oportunidades para capturar interações entre as culturas e o ambiente nas análises de lacunas na produtividade. Esses modelos de simulação devem funcionar no passo de tempo de um dia, levar em consideração os processos de crescimento e desenvolvimento fundamentais das culturas, serem alimentados por variáveis meteorológicas diárias, condições de solo e atributos ecofisiológicos, terem flexibilidade para simular práticas de manejo e um número mínimo de coeficientes genéticos (VAN ITTERSUM *et al.*, 2013). Nesse ponto é fundamental que os modelos sejam calibrados para os locais de estudo a fim de se obter mais robustez nas simulações (GRASSINI *et al.*, 2015). Um dos pontos-chaves nessa problemática

é a representação das cultivares que são mais utilizadas em cada local. Para a cultura da mandioca isso representa um grande desafio devido ao fato de existirem mais de 4500 cultivares de mandioca no Brasil e devido à perda ao longo do tempo do nome de registro de muitas cultivares plantadas (TIRONI *et al.*, 2019). No Brasil, o modelo Simanihot (GABRIEL *et al.*, 2014; TIRONI *et al.*, 2017) é o único modelo matemático ecofisiológico dinâmico, baseado em processos, que simula no passo de um dia, o crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura da mandioca no estado do Rio Grande do Sul – Brasil, onde foi desenvolvido e calibrado.

A produtividade média (PM) é a produtividade alcançada nas lavouras comerciais de uma determinada região, refletindo, assim, os solos, o clima, a utilização de tecnologia e a habilidades médias dos produtores locais. Para estimar a PM, o ideal é que sejam coletados dados diretamente em lavouras, através da aplicação de questionários, para que sejam obtidas informações do manejo local, já que dados de órgãos governamentais muitas vezes não abrangem as particularidades das lavouras dos municípios (GRASSINI *et al.*, 2014).

A lacuna de produtividade (LP) é a diferença entre potencial de produtividade e a produtividade média obtida por produtores de uma região (LOBELL *et al.*, 2009). Estudos sobre as LP auxiliam na identificação das regiões do globo com maior potencial para o aumento da produtividade, possibilitando a avaliação dos padrões futuros de segurança e soberania alimentar, bem como na compreensão dos fatores biofísicos e de manejo capazes de reduzir as produtividades de lavouras. Depois de identificar esses fatores, é possível direcionar pesquisas a fim de melhorar as práticas de manejo e aumentar a produtividade local, e assim, utilizar de forma mais eficiente e sustentável os insumos, aumentando a lucratividade e reduzindo o impacto ambiental da agricultura (VAN ITTERSUM *et al.*, 2013; VAN ITTERSUM; RABBINGE, 1997). Assim, esses estudos têm como objetivo dar suporte técnico para ações e estratégias dos tomadores de decisões (TIMSINA *et al.*, 2018; VAN ITTERSUM *et al.*, 2016).

Mundialmente, o potencial e as lacunas de produtividades foram estimadas para diversas culturas, como para a cultura do milho no Cinturão do milho nos Estados Unidos (GRASSINI *et al.*, 2011), a soja no Cinturão do milho nos Estados Unidos (EDREIRA *et al.*, 2017), o arroz no Sudeste da Ásia (STUART *et al.*, 2016). Merlos *et al.* (2015), Timsina *et al.* (2018), Van Ittersum *et al.* (2016) e Fermont *et al.* (2009) são exemplos de estudos sobre potencial de produtividade, lacunas de produtividade e capacidade de atender demandas futuras por alimentos, realizados em outros países em desenvolvimento. No Brasil, exemplos

de estudos desta natureza foram realizados para cana-de-açúcar (MARIN *et al.*, 2016), soja (BATTISTI *et al.*, 2017, 2018; MONTEIRO; SENTELHAS, 2014; SENTELHAS *et al.*, 2015; TAGLIAPIETRA *et al.*, 2021), milho (ANDREA *et al.*, 2018) e para arroz irrigado (DUARTE JUNIOR *et al.*, 2021; RIBAS *et al.*, 2021).

Para a cultura da mandioca, existem alguns estudos estimando o potencial e as lacunas de produtividade, a grande maioria dos trabalhos apontam como principais fatores que diminuem a lacuna de produtividade, o uso de fertilizantes, controle de plantas daninhas e uso de cultivares melhoradas. Na África Oriental, Fermont *et al.* (2009) encontraram a máxima produtividade em experimentos conduzidos em lavouras de produtores de 33 t ha<sup>-1</sup> no Quênia e 32 t ha<sup>-1</sup> na Uganda, a produtividade média obtida pelos produtores nesse estudo foi de 6,8 e 10,4 t ha<sup>-1</sup> indicando uma lacuna de produtividade de 26,2 e 21,6 t ha<sup>-1</sup>, no Quênia e em Uganda, respectivamente. Fermont *et al.* (2009) atribuíram a grande lacuna de produtividade, principalmente, a baixa fertilidade do solo, pouca precipitação nos primeiros seis meses após plantio, manejo inadequado de plantas daninhas, textura do solo e características socioeconômicas dos produtores. As máximas produtividades encontradas por Fermont *et al.* (2009) ainda estão abaixo das máximas produtividades encontradas por Obiero *et al.* (2004) no Quênia (51 t ha<sup>-1</sup>) e por Ntawuruhunga *et al.* (2006) na Uganda (61 t ha<sup>-1</sup>).

Na África Ocidental, Adiele *et al.* (2020) determinaram a produtividade de raízes de mandioca quando corrigida a fertilidade do solo, em dois estados da Nigéria, a máxima produtividade encontrada em experimentos foi de 97 t ha<sup>-1</sup>, em Edo, no centro sul da Nigéria. Os autores relataram que o investimento em fertilizantes para a mandioca retorna em energia dietética 2,7 vezes mais do que o investimento em fertilizantes semelhantes para o milho. Com o uso do modelo LINTUL-Mandioca Adiele *et al.* (2021) indicaram que o potencial de produtividade na Nigéria é ainda maior que 97 t ha<sup>-1</sup> de raízes frescas. Já Ezui *et al.* (2018) usando o modelo LINTUL-Mandioca encontraram produtividades de raízes frescas de 38,8 t ha<sup>-1</sup>, em Sevekpota, no sul de Togo, África Ocidental. Segundo Eke-okoro e Njoku (2012) as produtividades alcançadas na Nigéria com o uso de variedades melhoradas foi de 40 t ha<sup>-1</sup>. Ezui (2017) encontram produtividades em experimentos de 54 t ha<sup>-1</sup> no sul de Togo, também aplicando fertilizantes. De acordo com Souza *et al.* (2017) a produtividade média dos produtores na África Subsaariana é de 7,2 t ha<sup>-1</sup>, portanto, a lacuna de produtividade na África Ocidental é maior que 32,8 t ha<sup>-1</sup>.

De acordo com Byju *et al.* (2016) no sul da Índia as produtividades médias de raízes de mandioca são de 41,2, 36,3 e 20,0 t ha<sup>-1</sup> nos estados de Tamil Nadu, Kerala e Andhra

Pradesh, respectivamente. No entanto, existem grandes variações nos rendimentos entre lavouras. As produtividades atuais são de apenas 20 a 41% do potencial de produtividade genético e climático de 100 t ha<sup>-1</sup> (BYJU *et al.*, 2016). Em Khon Kaen, na Tailândia, as máximas produtividades atingidas foram de 60 t ha<sup>-1</sup> de raízes frescas (PHONCHAROEN *et al.*, 2019). Em Gana foi encontrada produtividade de raízes de 56,17 t ha<sup>-1</sup> (BAAFI; SAFO-KANTANKA, 2008). Em Kediri, Indonésia, Noerwijati e Budiono (2015) relataram a máxima produtividade de raízes de 81,8 t ha<sup>-1</sup>. Em Kampong Cham, no Cambodia, a produtividade máxima aferida em experimentos foi de 37,2 t ha<sup>-1</sup> e a lacuna de produtividade correspondente variou de 8,9 a 24,4 t ha<sup>-1</sup> (SOPHEAP *et al.*, 2012). Os principais fatores que limitaram a produtividade foram déficits de nutrientes do solo, ciclo curto e competição com plantas daninhas (SOPHEAP *et al.*, 2012).

Segundo Strassburg *et al.* (2014) há projeções de que o Brasil pode passar pelo maior aumento de produção agrícola nas próximas quatro décadas. Atualmente, o Brasil é o 5º maior produtor mundial de mandioca, atrás da Nigéria, República Democrática do Congo, Tailândia e Gana (FAOSTAT, 2023). Apesar da quinta posição entre os produtores mundiais, a média de produtividade de mandioca no Brasil é muito baixa (aproximadamente 15 t ha<sup>-1</sup>) em comparação a produtividade atingida em alguns experimentos no Brasil, de 33 t ha<sup>-1</sup> (TIRONI *et al.*, 2015) e do potencial de produtividade encontrado por Visses, Sentelhas e Pereira (2018) que variou de 44,8 a 66,9 t ha<sup>-1</sup> para o Brasil. Visses, Sentelhas e Pereira (2018) estimaram o potencial de produtividade pelo modelo da FAO, que é caracterizado como um modelo empírico e que não leva em consideração os processos ecofisiológicos da cultura. A lacuna de produtividade no Brasil variou de 25 a 55 t ha<sup>-1</sup> dependendo de aspectos regionais e tecnológicos (Visses, Sentelhas e Pereira, 2018). Borges *et al.* (2020) utilizaram o modelo Simanihot para estimar o potencial de produtividade de raízes em dois locais no Rio Grande do Sul/Brasil, em São Luiz Gonzaga o potencial de produtividade foi de 64,6 t ha<sup>-1</sup> e em Santa Maria foi de 50,2 t ha<sup>-1</sup>. O modelo Simanihot é um modelo ecofisiológico que leva em consideração os processos da planta.

O tema lacuna de produtividade é um dos temas agronômicos mais estudados atualmente, motivado pela crescente demanda mundial de alimentos e de energia para atender ao aumento populacional e de renda em muitos países. Esses estudos ainda são incipientes em países em desenvolvimento e com culturas produzidas na agricultura familiar. Apesar disso, esses estudos têm um grande impacto econômico e social, principalmente, na cultura da mandioca de mesa, pois é a base da dieta dos países menos desenvolvidos ao redor do mundo.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 ARTIGO I**

(Será submetido a revista Pesquisa Agropecuária Brasileira)



1           **Lacunas de produtividade e fatores de manejo que limitam a produtividade da**  
2                           **mandioca de mesa em ambiente tropical e subtropical do Brasil**

3  
4   **Resumo** – A mandioca é considerada um alimento básico para mais de um bilhão de pessoas  
5 em 105 países. O aumento da produtividade é a alternativa viável para ampliar a quantidade  
6 de alimento produzido. O objetivo deste trabalho foi identificar as lacunas de produtividades e  
7 os fatores de manejo que limitam a produtividade da mandioca de mesa em ambiente tropical  
8 e subtropical do Brasil. Foram avaliadas 303 lavouras de mandioca de mesa no ambiente  
9 tropical e subtropical do Brasil. Análise em árvore de regressão foi usada para identificar os  
10 fatores de manejo que limitaram a produtividade e o valor ótimo de um fator analisado foi  
11 determinado pela função limite. A lacuna de produtividade foi de 34,2 t ha<sup>-1</sup> e de 27,7 t ha<sup>-1</sup>,  
12 para o ambiente tropical e subtropical, respectivamente. As práticas que limitam a  
13 produtividade no ambiente tropical foram: densidade de plantas, data a de plantio,  
14 arrendamento e irrigação. E no ambiente subtropical foram: densidade de plantas, data de  
15 plantio, espaçamento entre linhas e dessecação. A densidade de plantas ótima foi 13 mil  
16 plantas ha<sup>-1</sup> e plantio até 15 de novembro para o ambiente tropical e de 11 mil plantas ha<sup>-1</sup> e  
17 plantio até 27 de setembro para o ambiente subtropical.

18  
19   **Termos para indexação:** *Manihot esculenta* Crantz, aipim, densidade de plantas, data de  
20 plantio

21  
22   **Yield gap and management factors that limit the yield of sweet cassava in a tropical and**  
23                           **subtropical environment in Brazil**

24  
25   **Abstract** – Cassava is considered a staple food for more than a billion people in 105  
26 countries. Increasing yield is a viable alternative to increasing the amount of food produced.

27 The aim of this work was to identify the yield gaps and management factors that limit the  
28 yield of sweet cassava in tropical and subtropical environments in Brazil. Three hundred and  
29 three Cassava crops were evaluated in the tropical and subtropical environment of Brazil.  
30 Regression tree analysis was used to identify management factors that limited yield and the  
31 optimal value of an analyzed factor was determined by the threshold function. The yield gap  
32 was 34.2 t ha<sup>-1</sup> and 27.7 t ha<sup>-1</sup>, for the tropical and subtropical environment, respectively. The  
33 management practices that limit yield in the tropical environment were: plant density,  
34 planting date, leasing and irrigation. And in the subtropical environment they were: plant  
35 density, planting date, row spacing and desiccation. The optimum plant density was 13  
36 thousand plants ha<sup>-1</sup> and planting date until November 15<sup>th</sup> for the tropical environment and  
37 11 thousand plants ha<sup>-1</sup> and planting date until September 27<sup>th</sup> for the subtropical  
38 environment.

39

40 **Index terms:** *Manihot esculenta* Crantz, sweet cassava, plant density, planting date

41

42

## Introdução

43

44 Estima-se que a população mundial passará dos 7,6 para 9,8 bilhões de habitantes até  
45 2050, aumentando a demanda por alimentos em 50% (Nelson, 2010). Esse aumento  
46 populacional traz um grande desafio para a agricultura moderna, como melhorar a  
47 produtividade das culturas para suprir a demanda de alimentos de forma sustentável (Cirera &  
48 Masset, 2010), melhorando a eficiência na produção em áreas agricultáveis (Grassini et al.,  
49 2011; Van Wart et al., 2013). Para isso, é necessário identificar o potencial produtivo, o  
50 quanto é possível aumentar (lacunas de produtividade) e quais os fatores biofísicos e de

51 manejo que limitam a produtividade a nível de lavoura (Grassini et al., 2011; Van Ittersum et  
52 al., 2013).

53 O potencial de produtividade (PP) é a produtividade máxima atingível pela cultura em  
54 condições ideais de cultivo, sendo determinada pela radiação solar interceptada pelo dossel,  
55 temperatura, CO<sub>2</sub> atmosférico e características genéticas, sem a influência de limitações por  
56 nutrientes, água e outros estresses de ordem biótica e abiótica (Evans, 1993; Van Ittersum &  
57 Rabbinge, 1997). O PP pode ser calculado por quatro métodos (Lobell et al., 2009) (1)  
58 simulações por modelos de culturas, (2) experimentos de campo, (3) concursos de  
59 produtividade e (4) máximas produtividades de produtores, observadas por meio de  
60 questionários (Tittonell & Giller, 2013). 2021). A diferença entre a produtividade média real  
61 e o potencial de produtividade, indicam a lacuna de produtividade, ou seja, o quanto é  
62 possível aumentar a produção na atual área agricultável (Cassman et al., 2003; Lobell et al.,  
63 2009).

64 A mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) é considerada alimento básico para mais de  
65 um bilhão de pessoas em 105 países (Chetty, 2013 ). Em 2023 a expectativa de produção  
66 brasileira é de 18,4 milhões de toneladas, em uma área superior a 1,2 milhões de hectares  
67 (IBGE, 2023). O Brasil se destaca com mais de 70% da produção de mandioca da América  
68 Latina e é considerada a principal cultura da agricultura familiar (Bezerra, 2014). O cultivo de  
69 mandioca está presente em todas as regiões brasileiras, pois é uma cultura de fácil adaptação,  
70 tolerante à seca, com alto valor nutricional e baixo custo de cultivo (Tironi et al., 2017a). A  
71 região Norte-Nordeste, corresponde com 56 % da produção brasileira, onde é cultivada em  
72 pequenas unidades familiares, com pouco ou nenhum investimento e produtividades baixas  
73 (12 t ha<sup>-1</sup>). Já a região Centro-Sul, representa 44% da produção brasileira, com o cultivo em  
74 maior escala, com fins de comercialização e maiores níveis de investimentos, o que retornam  
75 em produtividades elevadas (20,1 t ha<sup>-1</sup>) (IBGE, 2023). Apesar do Brasil ser o 5º maior

76 produtor mundial de mandioca, a produtividade média ainda é baixa (15 t ha<sup>-1</sup>) (IBGE, 2023)  
77 quando comparada com a produtividade de 33 t ha<sup>-1</sup> em alguns experimentos no Brasil (Tironi  
78 et al., 2015) e do potencial de produtividade encontrado por Visses et al. (2018) que variou de  
79 44,8 a 66,9 t ha<sup>-1</sup> no Brasil.

80 Na África Oriental, Fermont et al. (2009) encontraram uma lacuna de produtividade de  
81 26,2 e 21,6 t ha<sup>-1</sup>, no Quênia e em Uganda, respectivamente. Fermont et al. (2009) atribuíram  
82 a grande lacuna de produtividade, principalmente, a baixa fertilidade do solo, pouca  
83 precipitação nos primeiros seis meses após plantio, manejo inadequado de plantas daninhas,  
84 textura do solo e características socioeconômicas dos produtores. Para o Brasil, Visses et al.  
85 (2018) encontraram uma lacuna de produtividade da mandioca de 25 a 55 t ha<sup>-1</sup> dependendo  
86 de aspectos regionais e tecnológicos.

87 Para aumentar a produtividade de forma sustentável, é preciso entender as  
88 características climáticas, agronômicas e socioeconômicas de cada região. A compreensão das  
89 particularidades da produção de mandioca no Brasil pode direcionar esforços, priorizando o  
90 aumento da eficiência dos recursos e investimento em tecnologias e insumos. Portanto, o  
91 objetivo desse trabalho é identificar as lacunas de produtividade e os fatores de manejo que  
92 limitam a produtividade da mandioca de mesa em ambiente tropical e subtropical do Brasil.

93

## 94 **Material e Métodos**

95

96 A área deste estudo corresponde a 25% da área colhida com mandioca na Região  
97 Centro-Sul do Brasil (Figura 1 A e B). Abrangendo a Região Centro-Oeste (Distrito Federal e  
98 Goiás) e Sudeste (Minas Gerais), caracterizado como ambiente tropical, com inverno seco e  
99 verão chuvoso e a Região Sul (Rio Grande do Sul) do Brasil, caracterizada pelo ambiente

100 subtropical, com as 4 estações bem definidas (Outono, Inverno, Primavera e Verão), inverno  
101 rigoroso, com geadas e verão quente, já a precipitação é bem distribuída durante o ano.

102 A caracterização climática da área do estudo foi realizada por meio da análise dos  
103 dados meteorológicos diários, média de cinco anos (2017-2021) do Instituto Brasileiro de  
104 Meteorologia (INMET). No ambiente tropical, representado por Luziânia/GO, São  
105 Simão/GO, Montes Claros/MG e São João Del Rei/MG, a temperatura média do ar entre os  
106 anos de 2017 e 2021, foi superior a 20°C, com amplitude média de 17°C a 29°C (Figura 2).  
107 Além disso, a radiação solar foi elevada, com variação de 15 a 26 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> durante o ano  
108 (Figura 2). Nos meses de maio a setembro ocorreu uma redução drástica da precipitação  
109 (inverno seco), já a precipitação média acumulada foi de 1.255 mm ao ano (Figura 2). No  
110 ambiente subtropical, representado por Santa Maria/RS e Santo Augusto/RS, no mesmo  
111 período, a temperatura média do ar foi inferior a 18°C, com amplitude média de 14°C a 25°C  
112 (Figura 2). A radiação solar apresentou maior amplitude que no ambiente tropical, de 7 a 27  
113 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> (Figura 2). Os índices pluviométricos médios foram de 1.660 mm bem  
114 distribuídos ao longo dos anos (Figura 2).

115 Para estimar os potenciais de produtividades (PP) foram utilizados dois modelos  
116 matemáticos, o modelo da FAO para o ambiente tropical, onde o PP foi estimado por Visser  
117 et al. (2018) e o modelo Simanihot para o ambiente subtropical, onde o PP foi estimado por  
118 Borges et al. (2020). O modelo da FAO é um modelo empírico que não leva em consideração  
119 os processos ecofisiológicos das plantas. Já o modelo Simanihot é um modelo ecofisiológico  
120 dinâmico, baseado em processos e que considera a influência do ambiente na interação dos  
121 processos de crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura da mandioca em  
122 ambiente subtropical (Gabriel et al., 2014; Tironi et al., 2017). De acordo com Van Ittersum et  
123 al. (2013) as estimativas por modelos ecofisiológicos oferecem as melhores oportunidades  
124 para capturar interações entre as culturas e o ambiente nas análises de potencial e lacunas de

125 produtividade. No entanto, é fundamental que os modelos ecofisiológicos sejam calibrados  
126 para os locais de estudo (Grassini et al., 2015). Para a cultura da mandioca, isso representa um  
127 grande desafio devido ao fato de existirem mais de 4.500 cultivares no Brasil e devido à perda  
128 ao longo do tempo do nome de registro de muitas cultivares, o que dificulta a calibração dos  
129 modelos (Tironi et al., 2019). Portanto, neste estudo foi utilizado os modelos calibrados para  
130 cada ambiente, sendo uma oportunidade futura a calibração do modelo Simanihot para o  
131 ambiente tropical e assim estimar o potencial de produtividade com um modelo baseado em  
132 processos ecofisiológicos.

133 Durante 4 anos (2018 a 2021) foram coletadas informações de mais de 200 lavouras de  
134 mandioca de mesa no Rio Grande do Sul e de 2019 a 2020 em mais de 150 lavouras de  
135 mandioca de mesa no Distrito Federal, Goiás e Minas Gerais, com colheita em até 12 meses  
136 após o plantio, por meio de questionários. Essas informações foram inseridas em um banco de  
137 dados digital, utilizando o Microsoft Office Excel ® e submetidas a uma triagem para  
138 remoção dos questionários com dados errôneos e/ou incompletos, Assim, foram utilizadas as  
139 informações de 86% das lavouras avaliadas, totalizando 174 lavouras do Rio Grande do Sul e  
140 129 lavouras do Distrito Federal, Goiás e Minas Gerais (Figura 1 B). As informações  
141 coletadas foram referentes a propriedade rural, produtividade, plantio, cultivar, adubação,  
142 manejo de plantas daninhas, pragas e doenças (Tabela 1). As produtividades de raízes de  
143 mandioca coletadas nos questionários foram utilizadas como a produtividade média (PM) de  
144 cada ambiente.

145 O conjunto de dados foi separado em tercís de acordo com a produtividade, onde o  
146 tercil superior foi categorizado como as lavouras de altas produtividades (AP) e o tercil  
147 inferior como as lavouras de baixas produtividades (BP) (Grassini et al., 2015b). Assim, foi  
148 possível determinar a produtividade média do tercil de alta produtividade (PAP) e a  
149 produtividade média do tercil inferior (PBP). Conhecendo a PAP foi possível determinar o

150 quanto a PAP representa do PP. Estudos publicados consideram que a produtividade atingível  
151 (Pat) ou economicamente viável é de 70 a 80% do PP (Lobell et al., 2009; Van Ittersum et al.,  
152 2013; Monzon et al., 2021). Através dessa análise foi possível identificar se os produtores do  
153 tercil de AP já alcançaram a produtividade atingível (Pat). A lacuna de produtividade média  
154 (LPm) foi determinada pela diferença entre o PP e a PM.

155 A diferença entre as lavouras de AP e BP para cada variável foram avaliadas  
156 utilizando o teste t ou Wilcoxon (quando não apresentava normalidade dos dados) e teste qui-  
157 quadrado para variáveis categóricas, com significância a 1, 5 e 10% de probabilidade de erro.  
158 O software InfoStat foi utilizado para a análise estatística dos dados. A variáveis com número  
159 de observações (n) menores que 10 no tercil AP ou BP não foram consideradas na análise  
160 estatística, em razão da baixa amostragem.

161 Uma análise em árvore de regressão foi usada para a identificação dos fatores de  
162 manejo que estão limitando a produtividade, em ordem de importância (Breiman et al., 1984).  
163 A árvore de regressão foi determinada pelo software R utilizando os pacotes “rpart” no R,  
164 "acento circunflexo" e “na.rpart”. O conjunto de dados foi usado para calibração e validação,  
165 onde 70% e 80% dos dados foram para a calibração e, 30% e 20% para a validação no  
166 ambiente subtropical e tropical, respectivamente. Quando foram encontrados valores perdidos  
167 ao considerar uma divisão, eles foram ignorados e as previsões calculadas a partir dos valores  
168 não ausentes desse fator (Venables & Ripley, 2002).

169 Para determinar o valor ótimo de um fator analisado, foi utilizado o método proposto  
170 por French & Schultz (1984), denominado de função limite, que visa quantificar a influência  
171 dos fatores isoladamente sobre a produtividade. O valor ótimo foi definido quando o  
172 incremento de produtividade foi menor que 0,05%.

173

174

## **Resultados e Discussão**

175

176 O potencial de produtividade (PP) determinado por Visses et al. (2018) foi de 66,9 t  
177 ha<sup>-1</sup> para Rio Pardo de Minas/MG, utilizando o modelo matemático da FAO e foi usado como  
178 PP do ambiente tropical neste estudo (Figura 3). Para o ambiente subtropical foi usado o PP  
179 médio de 57,4 t ha<sup>-1</sup> (Figura 3), usando os valores de PP encontrados por Borges et al. (2020)  
180 através do modelo Simanihot, que foram de 64,6 t ha<sup>-1</sup> para São Luiz Gonzaga/RS e 50,2 t ha<sup>-1</sup>  
181 para Santa Maria/RS. Cardoso et al. (2022) encontraram o PP de 55,3 t ha<sup>-1</sup> para Ibarama/RS  
182 por meio do modelo Simanihot, corroborando com o trabalho de Borges et al. (2020). As  
183 cultivares de mandioca expressam o PP em condições de precipitação anual maior que 600  
184 mm, sob alta radiação solar e temperatura do ar ótima (El-Sharkawy, 2004). As temperaturas  
185 cardinais (mínima, ótima e máxima) para a cultura da mandioca são 14°C, 30°C e 42,5°C,  
186 respectivamente (Matthews & Hunt, 1994). Portanto, o maior PP em ambiente tropical é  
187 devido a maior radiação solar, onde a média anual foi de 20 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> e no ambiente  
188 subtropical apenas 16 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> (Figura 2). Durante o processo de fotossíntese a radiação  
189 solar é o componente vital, por isso, valores elevados faz com que ocorra maior taxa de  
190 crescimento diário da planta (FukaI & Hammer, 1987). Além disso, no ambiente tropical a  
191 temperatura média do ar é de 25 a 30°C, ou seja, dentro da faixa ótima de temperatura,  
192 proporcionando as maiores taxas fotossintéticas para diversas cultivares de mandioca  
193 (Matthews & Hunt, 1994).

194 A produtividade média (PM) das lavouras de mandioca de mesa avaliadas no ambiente  
195 tropical foi de 32,7 t ha<sup>-1</sup>, indicando uma lacuna de produtividade média (LPm) de 34,2 t ha<sup>-1</sup>  
196 ou de 51% (Figura 3). Já a PM das lavouras avaliadas no ambiente subtropical foi de 30,0 t  
197 ha<sup>-1</sup> e uma LPm de 27,4 t ha<sup>-1</sup> ou 48% (Figura 3). Nos Estados Unidos, Lobell et al. (2009)  
198 identificaram lacunas de produtividades que variaram de 20 à 80% para diferentes culturas.  
199 Fermont et al. (2009) identificaram lacunas de produtividades para a cultura da mandioca de



200 67 a 79% na Uganda e Quênia, respectivamente. Visses et al. (2018) encontraram para  
201 algumas regiões do Brasil lacunas de produtividades para a cultura da mandioca de 55 a 90%,  
202 corroborando com as LPm encontradas neste estudo. A grande lacuna de produtividade  
203 existente na cultura da mandioca (maior que 50%) ocorre, principalmente, pela falta de  
204 investimentos em mecanização, a falta de transferência de tecnologia da pesquisa para o  
205 produtor rural, acesso a investimentos e mão de obra, necessários para melhorar a eficiência  
206 técnica da produção de mandioca.

207 A produtividade média das lavouras do tercil de alta produtividade (PAP) foi de 49,0 t  
208 ha<sup>-1</sup> e no tercil de baixa produtividade (PBP) foi de 18,7 t ha<sup>-1</sup>, para o ambiente tropical  
209 (Figura 3). Já para o ambiente subtropical a PAP e a PBP foi de 42,3 t ha<sup>-1</sup> e 18,2 t ha<sup>-1</sup>,  
210 respectivamente (Figura 3). Indicando que as lavouras com as melhores produtividades já  
211 estão realizando práticas de manejo que reduzem a LPm para 27%, ou seja, as lavouras de AP,  
212 atingiram 73% do PP do ambiente tropical e subtropical. Estudos publicados consideram  
213 como produtividade atingível (Pat) 70% do PP, desde que haja acesso adequando a insumos,  
214 mercado e informação técnica, esse valor pode variar de 70 a 80% do PP (Lobell et al., 2009;  
215 Van Ittersum et al., 2013; Monzon et al., 2021). Van Ittersum e Rabbinge (1997) consideram  
216 os 70% do PP como sendo o ponto de máxima eficiência técnica e econômica das lavouras.

217 As lavouras de AP estão produzindo 62% e 57% a mais que as lavouras de BP, no  
218 ambiente tropical e subtropical, respectivamente (Figura 3). Semelhante ao que ocorre em  
219 lavouras de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, em que lavouras de AP colhem 50% a mais  
220 do que lavouras de BP (Ribas et al., 2021). As práticas de manejo que diferiram entre as  
221 lavouras de AP e BP no ambiente tropical foram: densidade de plantas, data de plantio,  
222 espaçamento entre linhas, espaçamento entre plantas, nitrogênio em cobertura e ciclo (Tabela  
223 1). Já para o ambiente subtropical foram: densidade de plantas, data de plantio, espaçamento  
224 entre linhas e espaçamento entre plantas (Tabela 1). Dentre essas práticas de manejo,

225 destacaremos a densidade de plantas e data de plantio, pois juntas explicam mais de 80% da  
226 produtividade de mandioca, tanto em ambiente tropical como subtropical (Figura 4 B e 5 B).

227 No ambiente tropical, o primeiro fator de manejo que limitou a produtividade foi a  
228 densidade de plantas, onde as lavouras com melhores produtividades estavam com a  
229 densidade de plantas  $\geq 12,5$  mil plantas  $ha^{-1}$  (Figura 4 A). A densidade de plantas é o principal  
230 determinante da produtividade da lavoura de mandioca, principalmente, em função dos  
231 espaçamentos entre linhas e plantas (Tironi et al., 2019). O espaçamento interfere na altura da  
232 planta, diâmetro do caule, número de folhas e produtividade de raízes (Rojas et al., 2007).  
233 Além disso, mantem relação direta com a incidência de plantas daninhas, competição por  
234 água e nutrientes (Ayoola & Makinde, 2007; López-Bellido et al., 2005). As lavouras com  
235 densidade de plantas  $\geq 12,5$  mil plantas  $ha^{-1}$  e plantadas até dia 16 de novembro tiveram as  
236 maiores produtividades (55,1 t  $ha^{-1}$ ) (Figura 4 A). A data de plantio tem grande influência na  
237 expressão do potencial de produtividade, pois é o manejo que determina a disponibilidade  
238 hídrica, de radiação solar e temperatura durante o ciclo de desenvolvimento da cultura em  
239 diferentes ambientes, especialmente nos períodos críticos da cultura (Lobell et al., 2009; Van  
240 Ittersum et al., 2013). Portanto, no ambiente tropical, o plantio após a segunda quinzena de  
241 novembro, faz com que o período crítico da cultura ao déficit hídrico coincida com o período  
242 de seca, que inicia em meados de maio ou abril (Figura 2), diminuindo a produtividade de  
243 raízes. Embora a mandioca seja considerada uma planta tolerante a seca, a falta de água por  
244 períodos prolongados e em estágios de desenvolvimento críticos reduzem a produtividade  
245 (Alves, 2006). Para a mandioca o período crítico ao déficit hídrico é de 1 a 5 meses após o  
246 plantio, pois nesse período ocorre a tuberização das raízes e o rápido crescimento foliar. Um  
247 déficit de pelo menos 2 meses nesse período pode reduzir de 32 a 60% a produtividade de  
248 raízes (Porto et al., 1989).

249 As lavouras com densidade de plantas de 7,6 a 12,4 mil plantas ha<sup>-1</sup>, o segundo fator  
250 que limitou a produtividade foi o cultivo em área arrendada, pois as lavouras em áreas  
251 próprias produziram de 3,9 t ha<sup>-1</sup> a 11,1 t ha<sup>-1</sup> a mais que as lavouras em áreas arrendadas (27 t  
252 ha<sup>-1</sup>), isso ocorre devido ao maior investimento na lavoura quando cultivada em área própria,  
253 inclusive com irrigação (Figura 4 A). A irrigação possibilitou um aumento de 7,2 t ha<sup>-1</sup>  
254 quando comparada com as áreas próprias sem irrigação (30,9 t ha<sup>-1</sup>) (Figura 4). Das lavouras  
255 avaliadas no ambiente tropical 77% são em áreas próprias e 42% utilizam irrigação  
256 suplementar na condução da lavoura, indicando a oportunidade de expansão das áreas  
257 irrigadas. Além do aumento da produtividade, a vantagem da irrigação é a possibilidade de  
258 plantio e colheita de raízes com qualidade culinária durante o ano todo (Figura 6 B). Sendo  
259 uma opção para aqueles produtores que buscam precocidade e com qualidade de raízes para  
260 comercializar em diferentes épocas (Antonini et al., 2017).

261 As menores produtividades foram nas lavouras com densidade de plantas < 7,6 mil  
262 plantas ha<sup>-1</sup> (Figura 4 A). Na Figura 4 B, é possível observar a importância relativa de cada  
263 manejo na produtividade da mandioca de mesa no ambiente tropical, de acordo com a árvore  
264 de regressão da Figura 4 A. A densidade de plantas (71%) e a data de plantio (16%) são  
265 responsáveis por 87% da produtividade e são práticas que não envolvem custos elevados,  
266 podendo serem implementadas pelos produtores que estão com produtividades baixas.

267 No ambiente subtropical, o primeiro fator que limitou a produtividade também foi a  
268 densidade de plantas, as lavouras com densidade de plantas ≥ 9,1 mil plantas ha<sup>-1</sup>  
269 apresentaram as melhores produtividades (Figura 5 A). Quando a densidade de plantas foi ≥  
270 15,3 mil plantas ha<sup>-1</sup> e o plantio até 12 de setembro, as lavouras produziram 16% a mais que  
271 as lavouras plantadas após 12 de setembro (33,6 t ha<sup>-1</sup>) (Figura 5 A). Embora se tenha maior  
272 produtividade nas lavouras com maior densidade de plantas e plantio antecipado, elas  
273 representam apenas 5,7% do conjunto de lavouras avaliadas no ambiente subtropical, devido

274 ao maior risco climático e a dificuldade do estabelecimento da lavoura nessa época (Figura 5  
275 A). De acordo com El-Shakawy (2004) a brotação das gemas da maniva é paralisada em  
276 temperaturas do solo inferiores a 17 °C e beneficiada em temperaturas do solo em torno de  
277 28-30°C. Visto que a temperatura do solo está associada à temperatura do ar, na região  
278 subtropical, as baixas temperaturas na primeira quinzena de setembro pode retardar a brotação  
279 da maniva e deixar ela exposta ao ataque de doenças e pragas no solo por um período maior,  
280 prejudicando o estabelecimento da lavoura. No entanto, para as regiões mais quentes do  
281 ambiente subtropical, o plantio antecipado pode ser uma boa opção, caso não tenha problemas  
282 de mortalidade de plantas.

283         As lavouras com densidade de plantas de 9,1 a 15,3 mil plantas ha<sup>-1</sup>, com espaçamento  
284 entre linhas <1,2 m e plantio até 28 de setembro, produziram 33,8 t ha<sup>-1</sup>, já as lavouras com  
285 esse espaçamento e plantio após 28 de setembro apresentaram uma redução de 3,5 t ha<sup>-1</sup> na  
286 produtividade (Figura 5 A). O plantio na segunda quinzena de setembro possibilita o período  
287 de maior disponibilidade de radiação solar (dez-jan-fev) (Figura 2) coincida com a  
288 tuberização da cultura, além das melhores de temperatura durante o ciclo de desenvolvimento  
289 da cultura. A mandioca prioriza a translocação dos fotoassimilados oriundos da fotossíntese  
290 para as folhas e hastes e, depois para as raízes, por isso em condições mais restritivas de  
291 radiação solar durante a tuberização, essa priorização pela parte aérea afeta negativamente a  
292 produtividade de raízes (Alves, 2006). Além disso, para o ambiente subtropical, considerando  
293 um ciclo médio de 7 meses (Tabela 1), o plantio na segunda quinzena de setembro possibilita  
294 a colheita no mês de abril. Os plantios a partir disso, a colheita poderá coincidir com os meses  
295 mais frios (mai-jun-jul) (Figura 2), com temperaturas baixas (<17°C) e ter maiores riscos a  
296 produtividade e qualidade de raízes. De acordo com Cock & Rosas (1975) temperaturas  
297 abaixo de 17°C reduzem a produção de folhas e raízes de mandioca.

298 As menores produtividades foram nas lavouras com densidade de plantas < 9,1 mil  
299 plantas ha<sup>-1</sup> (Figura 5 A). Em densidade de plantas menores, o segundo fator que influenciou  
300 na produtividade foi a dessecação, seguido da data de plantio. As lavouras que foram  
301 dessecadas produziram 9 t ha<sup>-1</sup> a mais do que as não fizeram dessecação e plantaram até 8 de  
302 outubro (17,7 t ha<sup>-1</sup>). As lavouras que não fazem a dessecação, apresentaram as melhores  
303 produtividades em plantios após 8 de outubro (27,0 t ha<sup>-1</sup>) (Figura 5 A), pois a temperatura do  
304 ar elevada favorece a brotação das manivas, rápido estabelecimento da cultura e fechamento  
305 de linha, importante para o manejo de plantas daninhas, principalmente, em cultivos com  
306 densidades de plantas menores (Peressin, 2013).

307 Em densidade de plantas maiores, as lavouras apresentam menor competição de  
308 plantas daninhas, maior produtividade, redução dos danos na colheita e na deterioração pós-  
309 colheita, o que possibilita maior tempo de comercialização (Peressin, 2013). No entanto, nos  
310 cultivos com densidades de plantas menores, as raízes além de desenvolverem-se rapidamente  
311 apresentam maior desenvolvimento individual (peso por planta), proporcionando maior  
312 qualidade comercial (Aguiar, 2013). Segundo Schons et al. (2009) as raízes são consideradas  
313 comerciais (RC) quando tem o comprimento maior que 10 cm e o diâmetro maior que 2 cm e  
314 são raízes não comerciais (RNC) quando possuem o comprimento menor que 10 cm e o  
315 diâmetro entre 1 e 2 cm. As RC são vendidas in natura ou minimamente processadas  
316 (embalada congelada ou refriada), já as RNC, muitas vezes são descartadas, podendo ser  
317 utilizadas para alimentação animal e/ou trituradas e vendidas como insumo para receitas  
318 culinárias.

319 Na Figura 5 B, observou-se que para ao ambiente subtropical a densidade de plantas  
320 também foi o fator que mais influenciou na produtividade de raízes de mandioca de mesa no  
321 ambiente subtropical (60%), seguido da data de plantio (24%) e, que, juntos responderam a  
322 84% da produtividade, de acordo com a árvore de regressão (Figura 5 A). A densidade de

323 plantas e data de plantio foram os principais manejos que limitaram a produtividade tanto no  
324 ambiente tropical (87%) e quanto no subtropical (84%). Desta maneira, foi determinada a  
325 densidade de plantas ótima (DPO) que permite maior peso de raízes por planta (indicador de  
326 qualidade comercial) e a data de plantio ótima que permite maior produtividade de raízes,  
327 complementando as informações geradas nas árvores de regressão para o ambiente tropical e  
328 subtropical.

329 Para o ambiente tropical a DPO foi de 13 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$  (Figura 6 A) e para o  
330 ambiente subtropical foi de 11 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$  (Figura 6 C), a partir disso, o peso de raízes  
331 por planta começa a diminuir. Apesar das densidade maiores proporcionarem as maiores  
332 produtividade por área, na DPO é onde se observou o maior peso por planta, parâmetro que  
333 indica a qualidade comercial das raízes, de extrema importância para a mandioca de mesa.  
334 No ambiente tropical, a data de plantio ótima para as lavouras sem irrigação é até 15 de  
335 novembro, a partir disso, haverá uma perda de produtividade de  $394 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , devido a  
336 restrição hídrica no período de seca, já comentada anteriormente (Figura 6 B). Para o  
337 ambiente subtropical, a data de plantio ótima é até 27 de setembro, com uma perda de  $452 \text{ kg}$   
338  $\text{ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  de atraso do plantio, nesse caso, o fator climático que limita a produtividade é a  
339 temperatura baixa no outono e inverno (Figura 6 D).

340 Aplicando os resultados encontrados neste trabalho, se a produtividade média dos  
341 produtores aumentasse 73% do PP (média das lavouras de AP), ocorreria um ganho em  
342 produtividade de  $16,3 \text{ t ha}^{-1}$  e  $12,3 \text{ t ha}^{-1}$ , para o ambiente tropical e subtropical,  
343 respectivamente. No ambiente subtropical, foram colhidos 47,6 mil hectares, com uma  
344 produtividade média de  $17,2 \text{ t ha}^{-1}$ , alcançando uma produção de 843 mil toneladas de  
345 mandioca (IBGE, 2023). Se considerarmos a adoção das práticas de manejo discutidas  
346 anteriormente, a produtividade média aumentaria para  $29,5 \text{ t ha}^{-1}$ . Levando em consideração a  
347 área colhida atualmente, seria possível produzir 1,4 milhão de toneladas na atual área

348 cultivada, representando um aumento de 40% na produção de mandioca de mesa no ambiente  
349 tropical. Por outro lado, considerando, a produtividade de 29,5 t ha<sup>-1</sup> alcançada com a  
350 implementação das práticas de manejo discutidas, a atual produção de 843 mil toneladas no  
351 poderia ser obtida em uma área de 28,6 mil hectares, ou seja, 19 mil hectares a menos, que  
352 estariam disponíveis para o cultivo de outros alimentos, proporcionando diversificação de  
353 cultura e renda. Já no ambiente tropical (MG, DF e GO) no último ano foram colhidos, em  
354 média, 17,3 mil hectares, com uma produtividade média de 15,1 t ha<sup>-1</sup>, alcançando uma  
355 produção de 251,3 mil toneladas de mandioca (IBGE, 2023). Considerando um aumento de  
356 16,3 t ha<sup>-1</sup> por meio das práticas de manejo, a produtividade média aumentaria para 31,4 t ha<sup>-1</sup>  
357 <sup>1</sup>, assim, na atual área colhida, a produção seria de 543,2 mil toneladas, um aumento de 54%.  
358 Se mantivermos a produção atual de 251,3 mil toneladas, com o aumento da produtividade  
359 seria possível atingir essa produção em 8 mil ha, sendo assim 9,3 mil ha estariam disponíveis  
360 para outros cultivos. No entanto, esse aumento da produtividade seria ainda maior se caso a  
361 PM aumentasse até o PP, eliminando 100% a lacuna de produtividade média. Contudo, os  
362 resultados encontrados nesse estudo são fortes direcionadores para tomadores de decisão,  
363 principalmente, no âmbito de políticas públicas que incentivem o aumento da produtividade  
364 da mandioca de mesa, a viabilidade da mandiocultura, irrigação no ambiente tropical para  
365 produção de raízes com qualidade culinária durante o ano todo e conseqüentemente maior  
366 rentabilidade.

367         Aproximadamente 40% e 20% da renda anual é oriunda da mandiocultura no ambiente  
368 tropical e subtropical, respectivamente (Tabela 1). Em ambos os ambientes as lavouras de AP  
369 possuem maior participação da mandiocultura na renda anual da família (Tabela 1). Além  
370 disso, observou-se que a aplicação de N mineral em cobertura, no ambiente tropical, deu  
371 diferença significativa entre as AP e BP, indicando maiores doses de N em cobertura nas  
372 lavouras de BP, ou seja, baixa eficiência no uso desse insumo (Tabela 1). Apenas 19% e 21%

373 fazem análise do solo no ambiente tropical e subtropical, respectivamente. Entretanto, 63% e  
374 52% realizam a adubação. Na tabela suplementar, é possível ver as informações da  
375 propriedade rural, dados socioeconômicos e de manejo que explicam o perfil do produtor  
376 rural e demanda do consumidor. Assim como, indicam tendências e estudos que podem ser  
377 realizados a partir das informações coletadas, para melhorar a produtividade da cultura da  
378 mandioca de mesa no ambiente tropical e subtropical do Brasil.

379

## 380 **Conclusão**

381

382 1 – A lacuna de produtividade média da mandioca de mesa deste estudo foi de 34,2 t  
383 ha<sup>-1</sup> e 27,4 t ha<sup>-1</sup>, representando 51 e 48% do potencial de produtividade para o ambiente  
384 tropical e subtropical, respectivamente.

385 2 – Os principais fatores de manejo que limitam a produtividade da mandioca de mesa  
386 no ambiente tropical foram a densidade de plantas, data de plantio, arrendamento e irrigação.  
387 E no ambiente subtropical foram a densidade de plantas, data de plantio, espaçamento entre  
388 linhas e dessecação.

389 3 – A densidade de plantas ótima (DPO) para a produção e qualidade de raízes da  
390 mandioca de mesa é de 13 mil plantas ha<sup>-1</sup>, no ambiente tropical e de 11 mil plantas ha<sup>-1</sup> no  
391 ambiente subtropical.

392 4 – A data de plantio ótima para a produção de mandioca de mesa é até 15 de  
393 novembro, para as lavouras sem irrigação no ambiente tropical e até 27 de setembro para o  
394 ambiente subtropical.

395 5 – Atingindo produtividade média de 73% do PP, o incremento na produção de  
396 mandioca, na atual área de cultivo, seria de 40% para o ambiente subtropical e de 54% para o  
397 ambiente tropical.



400 AGUIAR, E.B. et al. Efeito da densidade populacional e época de colheita na produção de  
401 raízes de mandioca de mesa. *Bragantia*, v.70, p.561-569, 2011.

402 ALVES, A.A.C. Fisiologia da Mandioca. In: SOUZA, L.S. et al. (Eds.). **Aspectos**  
403 **socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e  
404 Fruticultura Tropical, p.138-169, 2006.

405 ANTONINI, J. C. dos A. et al. Cultivo da mandioca para a região dos Cerrados. Planaltina,  
406 DF: Embrapa Cerrados, 2017. p. 24-26.

407 AYOOLA, O. T.; MAKINDE, E. A. Fertilizer treatment effects on performance of cassava  
408 under two planting patterns in a cassava-based cropping system in South West Nigeria.  
409 **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 3, n. 1, p. 13-20, 2007.

410 BEZERRA, F. P. A. Declínio da produção de mandioca: os impactos econômicos no  
411 município de Santa Izabel, estado do Pará. **Agroecossistemas**, Pará, v. 6, n. 1, p. 17-41, 2014.

412 BORGES, J. M., et al. Yield potential of Cassava Crop in a function of planting date in a  
413 subtropical environment. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, 19(3), 263–269, 2020.

414 BREIMAN, L., Friedman, J., Olshen, R., Stone, C. Classification and Regression Trees.  
415 Wadsworth, Belmont, CA. Clark, L.A., Pregibon, D., 1992. Tree- based models. In:  
416 Chambers, J.M., Hastie, T.J. (Eds.), *Statistical Models in S*. Wadsworth. 1984.

417 CARDOSO, P. S. Weed management and fertilization limit the potential of cassava  
418 productivity in subtropical environment. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. 21(3):2022.

419 CASSMAN, K. G. et al. Meeting Cereal Demand While Protecting Natural Resources and  
420 Improving Environmental Quality. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 28,  
421 n. 1, p. 315–358, 2003.

422 CIRERA, X., & MASSET, E. Income distribution trends and future food demand.  
423 *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2821–  
424 2834, 2010.

425 CHETTY, C.C. et al. Empowering biotechnology in southern Africa: establishment of a  
426 robust transformation platform for the production of transgenic industry-preferred cassava.  
427 **New Biotechnology**, v. 30, p. 136–143, 2013.

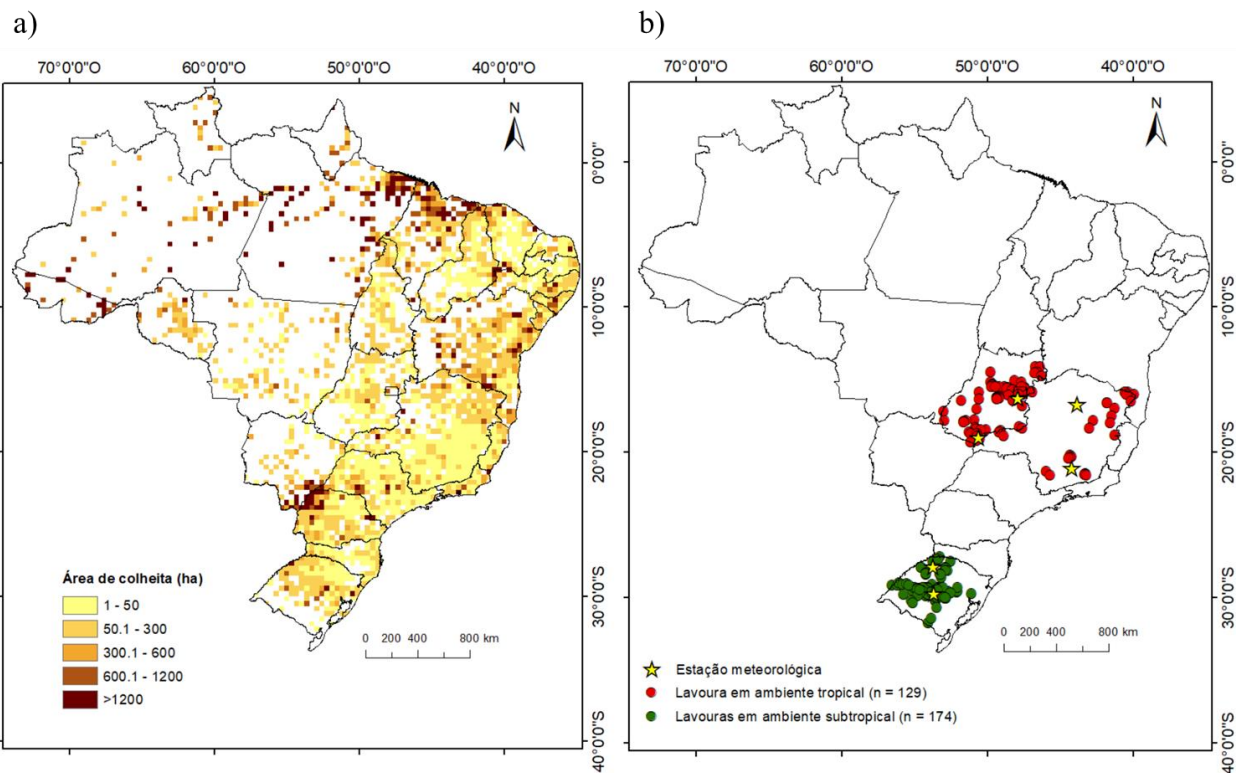
428 COCK, J. H.; ROSAS, S. C. Ecophysiology od cassava. In: Symposium on Ecophysiology od  
429 tropical crops. Manaus, Ilheus/Itabuna:Ceplac, 1975. p.1-14.

430 EL-SHARKAWY, M. A. Cassava biology and physiology. **Plant Molecular Biology**, n.56,  
431 p.481-501, 2004.

432 EVANS, L. T. **Crop evolution, adaptation, and yield**. 1993.

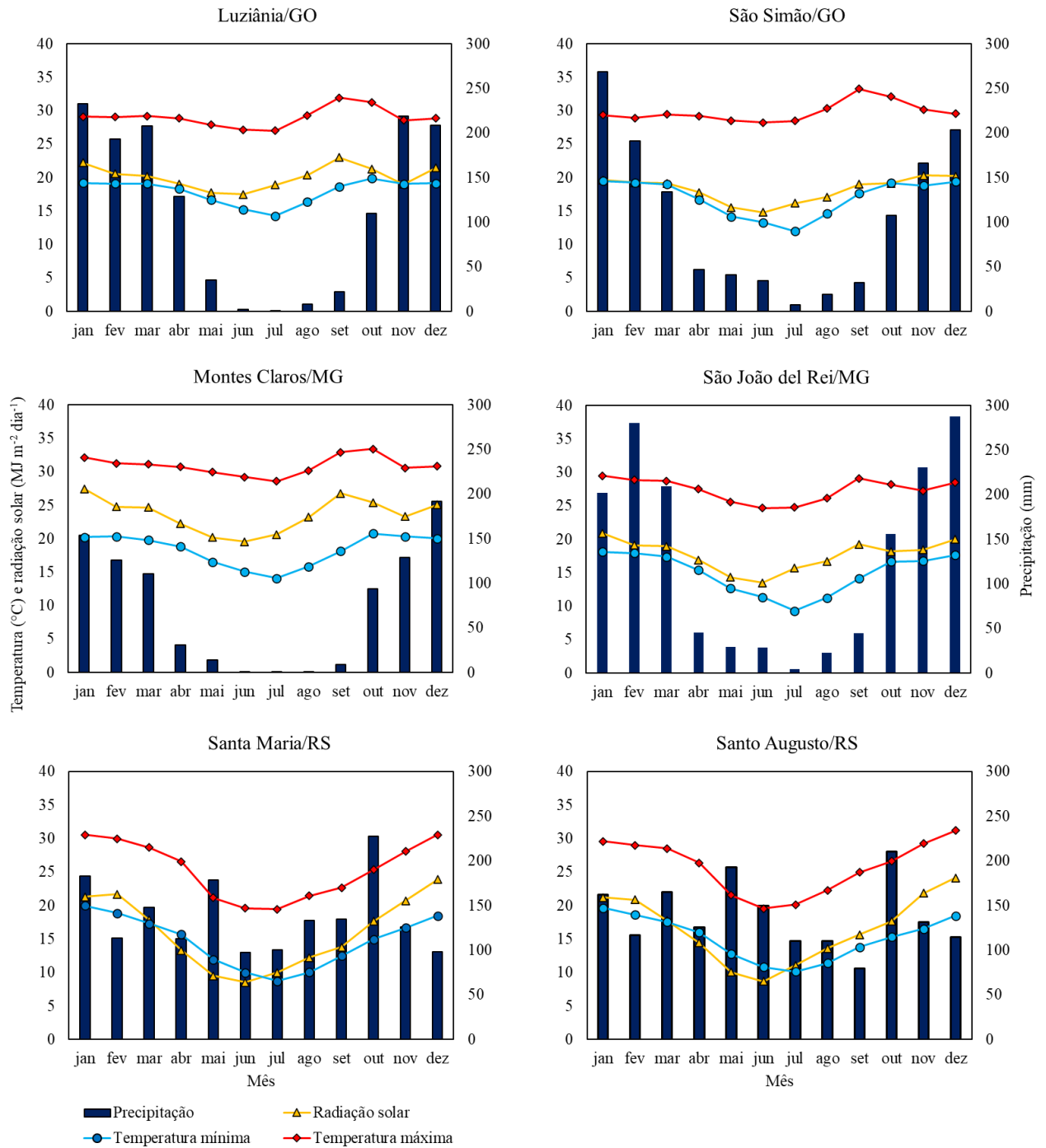
- 433 FERMONT, A. M. et al. Closing the cassava yield gap: an analysis from small holder farms  
434 in East Africa. **Field Crops Research**, [S.l.], v.112, p. 24–36, 2009.
- 435 FRENCH, R. J.; SCHULTZ, J. E. Water use efficiency of wheat in a Mediterranean- type  
436 environment. I. The relation between yield, water use and climate. *Australian Journal of*  
437 *Agricultural Research*, [S.l.], v. 35, p. 743- 764, 1984.
- 438 GABRIEL, L. F. et al. Simulating cassava growth and yield under potential conditions in  
439 Southern Brazil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 106, n. 4, p. 1119-1137, 2014.
- 440 GRASSINI, P.; THORBURN, J.; BURR, C.; CASSMAN, K.G. High-yield irrigated maize in  
441 the Western U.S. Corn Belt: I. On-farm yield, yield potential, and impact of agronomic  
442 practices. **Field Crops Research**, v.120, p.142–150, 2011.
- 443 GRASSINI, P. et al. Distinguishing between yield advances and yield plateaus in historical  
444 crop production trends. *Nature Communication*, 4:2918, 2013.
- 445 GRASSINI, P. et al. How good is good enough? Data requirements for reliable crop yield  
446 simulations and yield-gap analysis. **Field Crops Research**, [S.l.], v. 177, p. 49–63, 2015.
- 447 GRASSINI, P. et al. Soybean yield gaps and water productivity in the western U.S. Corn Belt.  
448 **Field Crops Research**, [S.l.], v.179, p. 150-163, 2015.
- 449 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção  
450 Agrícola. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em: 20 jun.  
451 2023.
- 452 LOBELL, D. B.; CASSMAN, K. G.; FIELD, C. B. Crop yield gaps: their importance,  
453 magnitudes, and causes. **Annual Review of Environment and Resources**, [S.l.], v. 34, n. 1,  
454 p. 17–204, 2009.
- 455 LÓPEZ-BELLIDO, F. J.; LÓPEZ-BELLIDO, L.; LÓPEZ-BELLIDO, R. J. Competition,  
456 growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). **European Journal of Agronomy**, v. 23, n. 2,  
457 p. 359-378, 2005.
- 458 MONZON, J.P. et al. Fostering a climate-smart intensification for oil palm. **Nature**  
459 **Sustainability**, v.4, p.595–601, 2021.
- 460 NELSON, G. C. et al. **Food security, farming, and climate change to 2050: Scenarios,**  
461 **Result, Policy Options**. International Food Policy Research Institute, Washington, 2010, 155  
462 p.
- 463 PERESSIN, V.A. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da mandioca**.  
464 Campinas: Instituto Agronômico, Editora IAC, 2013. 54p.
- 465 PORTO, M. C. M. et al. Acúmulo e distribuição de matéria seca em mandioca submetida a  
466 deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.24, p. 557-5655, 1989.
- 467 RIBAS, G. G. et al. Assessing yield and economic impact of introducing soybean to the  
468 lowland rice system in southern Brazil. **Agricultural Systems**, 188, 103036, 2021.

- 469 ROJAS, R. et al. Efecto de la densidad de plantación sobre el desarrollo y rendimiento del  
470 cultivo de la yuca *Manihot esculenta* Crantz, bajo las condiciones agroecológicas de la  
471 Altiplanicie de Maracaibo. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 24, n. 1, p. 94-112,  
472 2007.
- 473 SCHONS, A., et al. Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e  
474 consorciado: crescimento, desenvolvimento e produtividade. **Bragantia**, 68, 165-177. 2009.
- 475 TIRONI, L. F. et al. Desempenho de cultivares de mandioca em ambiente subtropical.  
476 **Bragantia**, Campinas, v. 74, p. 58-66, 2015.
- 477 TIRONI, L. F. et al. Simanihot: a process-based model for simulating growth, development  
478 and productivity of cassava. **Engenharia Agrícola**, v.37, p. 471-483, 2017a.
- 479 TIRONI, L. F. et al. **Ecofisiologia da Mandioca Visando Altas Produtividades**. Santa  
480 Maria: Editora GR. 2019. 136p.
- 481 TITTONELL, P.; GILLER, K. E. When yield gaps are poverty traps: the paradigm of  
482 ecological intensification in African smallholder agriculture. **Field Crops Research**, [S. l.], v.  
483 143, p. 76–90, 2013.
- 484 VAN ITTERSUM, M. K.; RABBINGE, R. Concepts in production ecology for analysis and  
485 quantification of agricultural input-output combinations. *Field Crops Research*, 52(3), 197–  
486 208, 1997.
- 487 VAN ITTERSUM, M. K. et al. Yield gap analysis with local to global relevance – a review.  
488 **Field Crops Research**, [S. l.], v. 143, p. 4–17, 2013.
- 489 VAN WART, J.; KERSEBAUM, K.C.; PENG, S.; MILNER, M.; CASSMAN, K.G.  
490 Estimating crop yield potential at regional to national scales. **Field Crops Research**, v.143,  
491 p.34–43, 2013.
- 492 VENABLES, W.N., RIPLEY, B.D. *Modern Applied Statistics With S*, fourth edition.  
493 Springer-Verlag, Fourth edition, Springer, New York, 2002.
- 494 VISSÉS, F. D. A.; SENTELHAS, P. C. Yield gap of cassava crop as a measure of food  
495 security - an example for the main Brazilian producing regions. **Food security**, [S. l.], n.10, p.  
496 1191–1202, 2018.
- 497



498

499 **Figura I-1.** Mapa da área colhida com mandioca no Brasil, média de 5 anos (2017-2021) (a),  
 500 Localização geográfica das lavouras de mandioca de mesa avaliadas no ambiente tropical  
 501 (círculos vermelhos), no ambiente subtropical (círculos verdes) e das estações meteorológicas  
 502 de referência (estrelas amarelas) selecionadas na área de abrangência do estudo (b).



503

504 **Figura I-2.** Média de 5 anos (2017 a 2021) da radiação solar (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>), temperatura

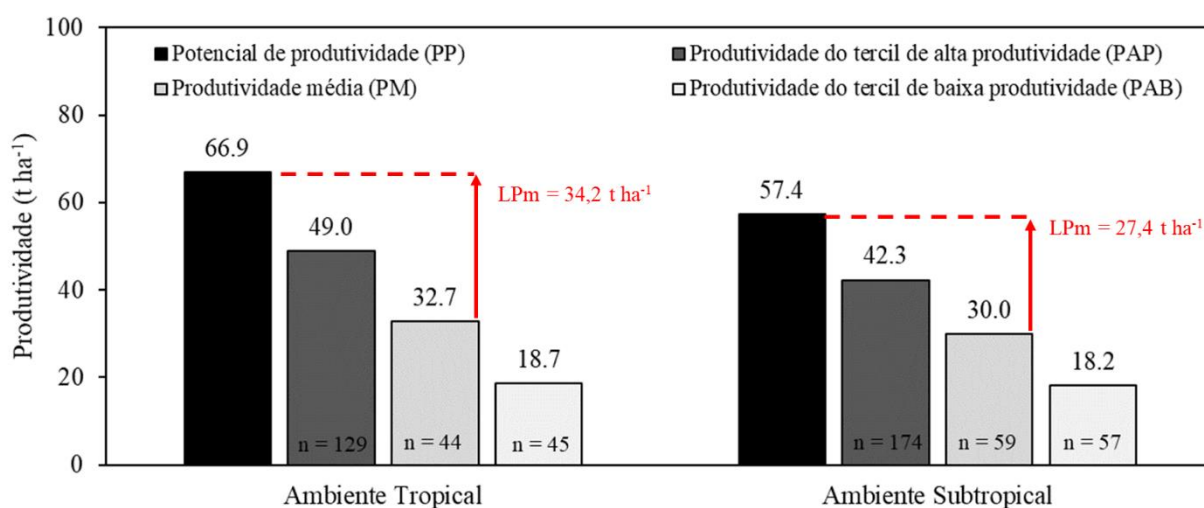
505 máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin) e precipitação para as seis Estações

506 Meteorológicas de Referência (EMR) que representam a área de abrangência do estudo.

507

508

509



510

511

512 **Figura I-3.** Potencial de produtividade (PP) da cultura da mandioca de mesa para ambiente  
 513 tropical determinada por Visses et al. (2018) e para o ambiente subtropical de acordo com  
 514 Borges et al. (2020), Produtividade média do tercil de alta produtividade (PAP) e de baixa  
 515 produtividade (PBP) e a Produtividade média (PM) das lavouras avaliadas. A diferença entre  
 516 o PP e a PM é a lacuna de produtividade média (LPM).

517

518

519

520

521

522

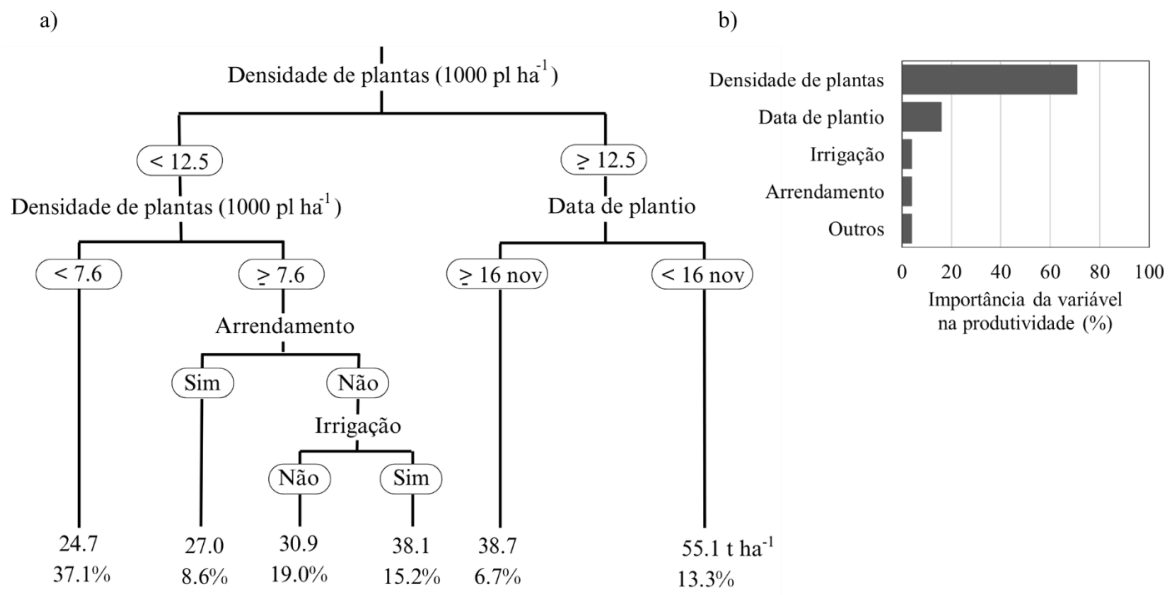
523

524

525

526

527



528

529 **Figura I-4.** Árvore de regressão mostrando a variação na produtividade de mandioca de mesa

530 devido as práticas de manejo no ambiente tropical. Os valores abaixo de cada nó terminal

531 indicam a média da produção de raízes (t ha<sup>-1</sup>) e a porcentagem de observações em cada nó

532 terminal (a). Importância relativa de cada prática de manejo na produtividade de raízes de

533 mandioca de mesa no ambiente tropical (b).

534

535

536

537

538

539

540

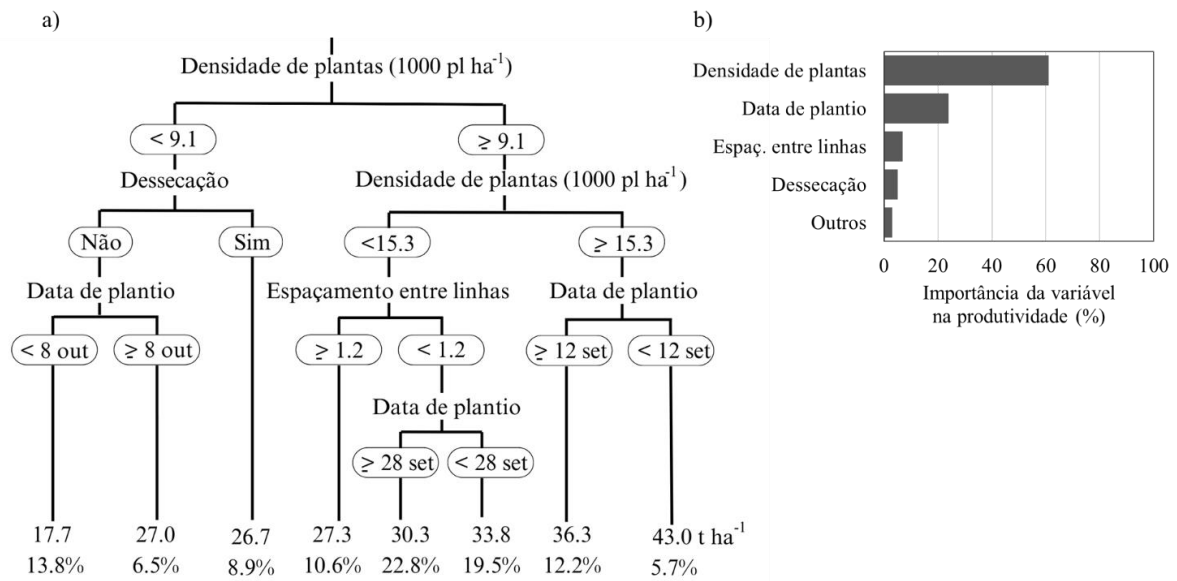
541

542

543

544

545



546

547 **Figura I-5.** Árvore de regressão mostrando a variação na produtividade de mandioca de mesa

548 devido as práticas de manejo no ambiente subtropical. Os valores abaixo de cada nó terminal

549 indicam a média da produção de raízes ( $\text{t ha}^{-1}$ ) e a porcentagem de observações em cada nó

550 terminal (a). Importância relativa de cada prática de manejo na produtividade de raízes de

551 mandioca de mesa no ambiente subtropical (b).

552

553

554

555

556

557

558

559

560

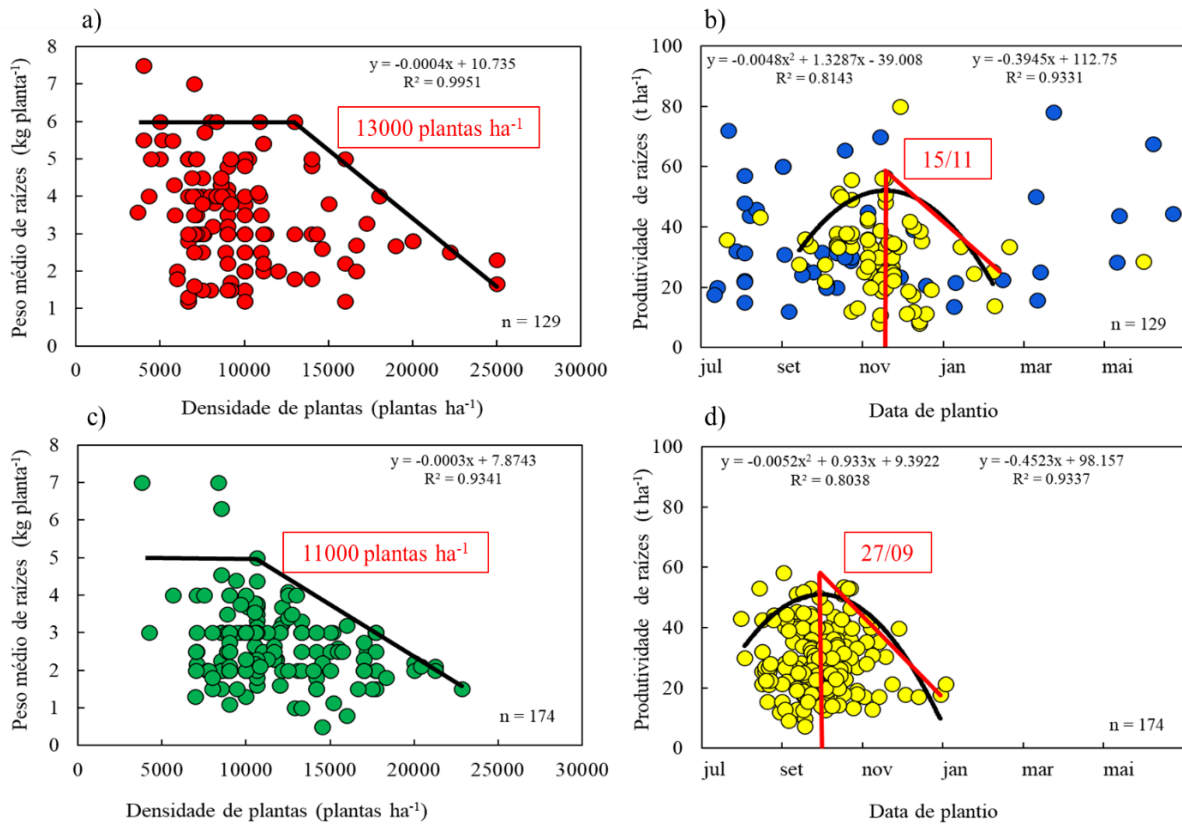
561

562

563

564





565

566 **Figura I-6.** Peso de raízes ( $kg\ planta^{-1}$ ) em relação a densidade de plantas ( $plantas\ ha^{-1}$ ), onde  
 567 os círculos vermelhos representam as lavouras avaliadas no ambiente tropical (a) e os círculos  
 568 verdes as lavouras no ambiente subtropical (c). Produtividade de raízes ( $t\ ha^{-1}$ ) em relação a  
 569 data de plantio, onde os círculos amarelos representam as lavouras sem irrigação e círculos  
 570 azuis representam as lavouras com irrigação no ambiente tropical (b) e subtropical (d). Linha  
 571 sólida preta representa a função limite.

572

573

574

575

576

577

578

579 **Tabela I-1.** Médias das variáveis avaliadas nas lavouras de mandioca de mesa e média do tercil de alta produtividade (AP) e baixa produtividade  
580 (BP) no ambiente tropical e subtropical do Brasil; a diferença entre AP e BP ( $\Delta$ ) foi testada por teste t e teste de Wilcoxon (quando a distribuição  
581 se desviou da normalidade), com significância de  $p < 0,1$  (\*),  $p < 0,05$  (\*\*) ou  $p < 0,01$  (\*\*\*)).

Variável	Unidade	Ambiente Tropical				Ambiente Subtropical				
		Total (n)	Tercil de AP (n)	Tercil de BP (n)	$\Delta$	Total (n)	Tercil de AP (n)	Tercil de BP (n)	$\Delta$	
Caracterização da propriedade	Área da propriedade	ha	<b>27.7 (126)</b>	26.5 (42)	24.9 (45)	1.2	<b>28.5 (22)</b>	39.1 (9)	17.4 (8)	21.7
	Área agricultável	ha	<b>19.3 (120)</b>	19.9 (43)	17.1 (41)	2.8	<b>21.8 (22)</b>	31.2 (9)	13.8 (8)	17.4
	Área arrendada	ha	<b>15.1 (30)</b>	14.5 (11)	15.0 (10)	-0.5	<b>22.8 (6)</b>	35.3 (3)	4.0 (3)	31.3
	Área com mandioca	ha	<b>3.5 (97)</b>	2.9 (39)	2.2 (31)	0.7	-	-	-	-
	Área da lavoura avaliada	ha	<b>2.5 (120)</b>	2.2 (42)	1.7 (42)	0.5	<b>0.9 (174)</b>	0.7 (59)	1.1 (57)	-0.4
	Renda anual oriunda da mandiocultura	%	<b>39.9 (106)</b>	42.7 (37)	29.2 (35)	13.5	<b>21.3 (13)</b>	31.2 (4)	22.5 (6)	8.7
Produtividade	Produtividade	t ha <sup>-1</sup>	<b>32.7 (129)</b>	48.9 (44)	18.7 (45)	30.2 ***	<b>30.0 (174)</b>	42.3 (59)	18.2 (57)	24.1 ***
	Peso de raízes	kg planta <sup>-1</sup>	<b>3.5 (129)</b>	4.2 (44)	2.5 (45)	1.7 ***	<b>2.6 (174)</b>	3.3 (59)	2.0 (57)	1.3 ***
Manejo	Idade do mandiocal que deu origem as r	meses	<b>12.0 (115)</b>	12.2 (40)	11.5 (39)	0.7	-	-	-	-
	Comprimento da maniva	cm	<b>17.5 (113)</b>	18.6 (37)	17.0 (40)	1.6	<b>11.6 (16)</b>	12.9 (7)	10.4 (5)	2.5
	Gemas por maniva	número	<b>6.0 (116)</b>	5.0 (40)	6.0 (39)	-1.0	<b>5.0 (165)</b>	5.0 (56)	5.0 (54)	0.00
	Data de plantio com irrigação	dd/mm	<b>19/08 (54)</b>	12/08 (18)	26/07 (20)	17	-	-	-	-
	Data de plantio sem irrigação	dd/mm	<b>13/10 (75)</b>	23/10 (26)	25/10 (25)	-2.0 **	<b>26/09 (174)</b>	26/09 (59)	27/09 (57)	-1
	Densidade de manivas	1000 manivas ha <sup>-1</sup>	<b>11.5 (129)</b>	13.8 (44)	10.6 (45)	3.2	<b>13.7 (174)</b>	15.7 (59)	11.9 (57)	3.8
	Densidade de plantas	1000 plantas ha <sup>-1</sup>	<b>9.8 (129)</b>	12.7 (44)	8.2 (45)	4.5 ***	<b>11.8 (174)</b>	13.7 (59)	9.7 (57)	4 ***
	Estabelecimento de plantas	%	<b>86.0 (129)</b>	91.0 (44)	81.0 (45)	10.0	<b>86.0 (174)</b>	88.0 (59)	83.0 (57)	5
	Espaçamento entre linhas	m	<b>1.1 (129)</b>	1.0 (44)	1.2 (45)	-0.2 ***	<b>1.0 (174)</b>	1.0 (59)	1.1 (57)	-0.1 ***
	Espaçamento entre plantas	m	<b>0.9 (129)</b>	0.8 (44)	0.9 (45)	-0.1 **	<b>0.8 (174)</b>	0.7 (59)	0.8 (57)	-0.1 ***
	N (adubação mineral de base)	kg ha <sup>-1</sup>	<b>16.6 (54)</b>	15.7 (14)	11.5 (21)	4.2	<b>12.9 (38)</b>	7.5 (9)	13.4 (16)	-5.9
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (adubação mineral de base)	kg ha <sup>-1</sup>	<b>76.8 (54)</b>	59.6 (14)	63.6 (21)	-4.0	<b>56.3 (38)</b>	37.8 (9)	60.3 (16)	-23
	K <sub>2</sub> O (adubação mineral de base)	kg ha <sup>-1</sup>	<b>39.1 (54)</b>	34.6 (14)	26.4 (21)	8.2	<b>53.1 (38)</b>	33.7 (9)	55.2 (16)	-22
	N (adubação mineral de cobertura)	kg ha <sup>-1</sup>	<b>33.4 (46)</b>	27.8 (13)	38.6 (17)	-11 *	<b>44.9 (30)</b>	57.9 (7)	44.0 (9)	13.9
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (adubação mineral de cobertura)	kg ha <sup>-1</sup>	<b>16.7 (8)</b>	14.9 (4)	15.0 (1)	-0.1	<b>34.1 (7)</b>	51.2 (2)	40.0 (3)	11.2
	K <sub>2</sub> O (adubação mineral de cobertura)	kg ha <sup>-1</sup>	<b>35.8 (32)</b>	28.8 (10)	40.6 (8)	-18	<b>37.1 (12)</b>	66.2 (2)	23.1 (4)	43.1
Adubação de cobertura	DAP	<b>63.0 (44)</b>	66.0 (13)	62.0 (17)	4.0	<b>64.4 (18)</b>	48.7 (4)	56.7 (6)	-8	
Ciclo	meses	<b>9.5 (129)</b>	10.1 (44)	8.6 (45)	1.5 **	<b>6.9 (174)</b>	6.8 (59)	6.9 (57)	-0.1	

**Tabela suplementar.** Caracterização das propriedades rurais e manejo das lavouras de mandioca de mesa avaliadas no ambiente tropical e subtropical do Brasil e as diferenças entre as lavouras de alta produtividade (AP) e baixa produtividade (BP).

Variáveis	Ambiente Tropical (n = 129)			Ambiente Subtropical (n = 174)		
	Total	Tercil de AP	Tercil de BP	Total	Tercil de AP	Tercil de BP
<b>Objetivo de cultivo</b>						
Apenas subsistência	11%	2%	5%	30%	16%	7%
Comercialização	89%	32%	29%	70%	18%	26%
<b>Principais modos de comercialização</b>						
Com casca	71%	25%	21%	18%	3%	10%
Descascada/minimamente processada	19%	6%	9%	40%	11%	10%
<b>Principais destinos de comercialização</b>						
Venda direta	39%	11%	16%	43%	13%	14%
Supermercado	16%	8%	4%	8%	0%	4%
Agroindústria	4%	1%	3%	14%	6%	5%
Ceasa	15%	3%	3%	2%	0%	2%
<b>Mandiocultura como renda principal</b>	19%	14%	5%	1%	0%	1%
Contrata mão de obra	52%	17%	16%	6%	1%	2%
Lavoura avaliada em área arrendada	23%	9%	9%	1%	0%	1%
<b>Armazena ramas</b>	63%	26%	16%	54%	18%	19%
<b>Cultivar</b>						
Polpa branca	49%	13%	20%	76%	23%	28%
Polpa amarela/creme	47%	19%	15%	12%	6%	2%
<b>Faz tratamento químico das manivas</b>	8%	2%	2%	-	-	-
<b>Preparo do solo</b>						
Convencional com camalhão	9%	2%	3%	42%	13%	12%
Convencional sem camalhão	75%	27%	26%	49%	17%	18%
Plantio direto	9%	3%	2%	2%	1%	0%
<b>Plantio</b>						
Covas	68%	26%	27%	-	-	-
Sulco	26%	8%	7%	-	-	-
<b>Faz análise do solo</b>	19%	7%	3%	21%	4%	9%
<b>Realiza adubação</b>	63%	19%	22%	52%	16%	19%
<b>Aplica calcário</b>	31%	12%	9%	23%	3%	9%
<b>Realiza irrigação</b>	42%	14%	16%	-	-	-
<b>Faz dessecação</b>	5%	3%	2%	33%	12%	7%
<b>Aplica Pré-emergente</b>	12%	8%	2%	7%	3%	3%
<b>Manejo de plantas daninhas na pós emergência</b>						
Apenas capina	71%	24%	25%	44%	14%	14%
Capina+químico	17%	6%	8%	7%	4%	0%
<b>Teve ocorrência de doenças</b>	8%	2%	4%	5%	1%	3%
<b>Teve ocorrência de pragas</b>	29%	11%	10%	10%	5%	3%
<b>Aplicou fungicida</b>	2%	0%	1%	2%	0%	1%
<b>Aplicou inseticida</b>	15%	5%	4%	12%	6%	2%

## 3.2 ARTIGO II

(Será submetido a revista Pesquisa Agropecuária Brasileira)

## 1 **Manejo de plantas daninhas na cultura da mandioca de mesa no Rio Grande do Sul**

2

3 **Resumo** – A mandioca é considerada a principal cultura da agricultura familiar. O manejo  
4 inadequado das plantas daninhas é um dos principais fatores que contribuem para a baixa  
5 produtividade da cultura. O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho da mandioca de  
6 mesa em diferentes manejos de plantas daninhas no Rio Grande do Sul. Os experimentos  
7 foram conduzidos nas safras 2019/20 e 2020/21, em Cachoeira do Sul, Santa Maria, Santo  
8 Ângelo, Hulha Negra e Não-Me-Toque. Nestes, foram avaliados cinco manejos de plantas  
9 daninhas: sem controle (testemunha), capina manual, pré-emergente + capina manual, pré-  
10 emergente + 3 aplicações de herbicida de contato e pré-emergente + 1 aplicação de herbicida  
11 de contato. As variáveis analisadas foram: número de folhas, estatura, massa fresca de raiz  
12 comercial, não comercial, raízes tuberosas e massa seca de raízes tuberosas. Controlar as  
13 plantas daninhas aumentou 75 a 99% da produtividade da mandioca de mesa no Rio Grande  
14 do Sul. Nos locais com maior incidência de invasoras a capina manual obteve a maior  
15 produtividade, seguido do manejo com pré-emergente + capina manual. O uso de pré-  
16 emergente + 3 aplicações de herbicida de contato, apresentaram resultados semelhantes ao  
17 manejo com pré-emergente + capina manual quando a incidência de invasoras foi menor.

18

19 **Termos para indexação:** *Manihot esculenta* Crantz, aipim, herbicida, capina manual

20

## 21 **Weed management in sweet cassava crop in Rio Grande do Sul**

22

23 **Abstract** – Cassava is considered the main family farming crop. Inadequate weed  
24 management is one of the main factors that contribute to low crop productivity. The objective  
25 of this study was to evaluate the performance of sweet cassava under different weed  
26 management in Rio Grande do Sul. The experiments were conducted in the 2019/20 and

27 2020/21 harvests, in Cachoeira do Sul, Santa Maria, Santo Ângelo, Hulha Negra and Não-  
28 Me-Toque. In these, five weed managements were evaluated: without control (control),  
29 manual weeding, pre-emergent + manual weeding, pre-emergent + 3 applications of contact  
30 herbicide and pre-emergent + 1 application of contact herbicide. The variables analyzed were:  
31 number of leaves, height, fresh mass of commercial and non-commercial roots, tuberous roots  
32 and dry mass of tuberous roots. Controlling weeds increased the yield of sweet cassava in Rio  
33 Grande do Sul by 75 to 99%. In places with a higher incidence of weeds, manual weeding  
34 obtained the highest yield, followed by management with pre-emergent + manual weeding.  
35 The use of pre-emergent + 3 applications of contact herbicide showed similar results to  
36 management with pre-emergent + manual weeding when the incidence of invasives was  
37 lower.

38

39 **Index terms:** *Manihot esculenta* Crantz, cassava, herbicide, manual weeding

40

41

## Introdução

42

43 A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é considerada a principal cultura da  
44 agricultura familiar, com grande importância na segurança e soberania alimentar (Bezerra,  
45 2014). Entre todas as culturas, a mandioca é considerada a de maior eficiência biológica como  
46 fonte de energia (Nassar, 2006). O Brasil é o 5º maior produtor mundial com 18,4 milhões  
47 de toneladas (Faostat, 2023) e o Rio Grande do Sul é o 5º maior produtor nacional, com 0,8  
48 milhões de toneladas (IBGE, 2023). Apesar da 5ª posição entre os melhores produtores, os  
49 níveis de produtividade de mandioca no Brasil e no Rio Grande do Sul são baixos  
50 (aproximadamente 15 t ha<sup>-1</sup>) em comparação a produtividade atingida em alguns  
51 experimentos no Brasil, de 33 t ha<sup>-1</sup> (Tironi et al., 2015) e do potencial de produtividade

52 encontrado por Visses et al. (2018) que variou de 44,8 a 66,9 t ha<sup>-1</sup> no Brasil. Tendo em vista,  
53 a estimativa de aumento da demanda mundial de alimentos em 50% até 2050, é necessário  
54 melhorar a produtividade das culturas, principalmente de culturas que compõem a base  
55 alimentar em países menos desenvolvidos, como a mandioca.

56 Segundo Albuquerque et al. (2008), o manejo inadequado das plantas daninhas é um  
57 dos principais fatores que contribuem para a baixa produtividade da cultura da mandioca no  
58 Brasil. Devido a rusticidade da cultura, por vezes o controle de plantas daninhas é  
59 negligenciado (Silva et al., 2012), pois este representa 45% do custo de produção da cultura,  
60 especialmente com a mão de obra destinada as capinas manuais e mecânicas (Peressin, 2013).  
61 Fermont et al. (2009) também atribuíram o manejo de plantas daninhas como um dos  
62 principais fatores de manejo que causam a grande lacuna de produtividade da cultura na  
63 África. Além de prejudicar a produtividade, a incidência das plantas daninhas também  
64 interfere na qualidade das raízes, aumentando os danos na colheita e a deterioração pós-  
65 colheita (Peressin, 2013), principalmente, na produção da mandioca de mesa.

66 A intensidade da competição varia com a duração do período de convivência e estágio  
67 da cultura (Silva et al., 2007). Para sistematizar a interferência de plantas daninhas, Pitelli &  
68 Durigan (1984) estabeleceram três períodos: período total de prevenção à interferência  
69 (PTPI), período anterior à interferência (PAI) e período crítico de prevenção a interferência  
70 (PCPI). De acordo com Silva et al. (2012) para a região Centro-Sul, valores para PAI, PCPI e  
71 PTPI variam de 25 a 60, 25 a 120 e 75 a 120 dias, respectivamente. Em estudo realizado na  
72 Nigéria, Alabi et al. (2004) recomendam deixar a cultura livre da interferência dos 35 aos 77  
73 dias após o plantio. Biffe et al. (2010) relataram como período crítico até 82 dias após plantio,  
74 porém há variação de acordo com os locais e condições.

75 A interferência de plantas daninhas na cultura da mandioca ocorre pela competição por  
76 água, luz e nutrientes (Alves Filho et al. 2015, Werle et al. 2021), podendo ocasionar perdas

77 de até 90% na produtividade e dificuldade operacional da colheita (Kintché et al.2017). A  
78 capina manual ainda é o método de controle de plantas daninhas mais utilizado nas lavouras  
79 de mandioca (Silva et al., 2012). No entanto, devido dificuldade de mão de obra, esse método  
80 de controle tem sido complementado com o controle químico e cultural. Existem no mercado  
81 brasileiro 12 princípios ativos com ação herbicida registrados para a cultura da mandioca e  
82 apenas um herbicida para uso em pós-emergência da cultura (Brasil, 2023). Assim, torna-se  
83 cada vez mais importante avaliar as estratégias de manejos que maximizem a produtividade  
84 de raízes. Neste sentido, o trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho da mandioca de  
85 mesa em diferentes manejos de plantas daninhas no Rio Grande do Sul.

86

## 87 **Material e Métodos**

88

### 89 **Área de estudo, delineamento experimental e manejo**

90

91 Os experimentos foram conduzidos no Rio Grande do Sul (RS), durante as safras  
92 2019/20 e 2020/21, nas cidades de Cachoeira do Sul, Santa Maria, Santo Ângelo, Hulha  
93 Negra e Não-Me-Toque (Tabela 1). Locais onde, conforme a classificação climática de  
94 Köppen o clima é do tipo Cfa.

95 As condições meteorológicas durante os experimentos foram verificadas nas estações  
96 meteorológica de referência (EMR) do INMET (Tabela1). Na safra 2019/20, durante a  
97 condução do experimento em Santo Ângelo (out-abr) a temperatura média do ar (Tmed) foi  
98 de 24,7 °C, com radiação solar média (Rad) de 22,5 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> e precipitação acumulada de  
99 983 mm (Figura 1). Em Santa Maria e Cachoeira do Sul, a Tmed e a Rad foram de 23 °C e 21  
100 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente, já a precipitação acumulada foi de 992 mm para Santa Maria  
101 (out-abr) e de 1172,6 mm para Cachoeira do Sul (out-mai) (Figura 1). Ambos os locais



102 tiveram alta precipitação nos meses de outubro e novembro, em Santa Maria e Cachoeira do  
103 Sul, no mês de outubro o acumulado foi superior a 400 mm e em Santo Ângelo, nos meses de  
104 outubro e novembro o somatório da precipitação também foi maior que 400 mm (Figura 1).  
105 Nos meses de fevereiro a abril a precipitação foi baixa, principalmente nos dois últimos meses  
106 (Figura 1).

107 Na safra 2020/21, em Não-Me-Toque (out-abr) a Tmed, Rad e precipitação acumulada  
108 foram de 21,2 °C, 20,7 MJ m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> e 752 mm, valores semelhantes aos registrados em Hulha  
109 Negra (Figura 1). Para Santa Maria e Cachoeira do Sul, de outubro a abril, a Tmed, Rad e  
110 precipitação acumulada foram de 23,2 °C, 17,3 MJ m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> e 590 mm, respectivamente  
111 (Figura 1). Ao contrário do ano anterior, as precipitações acumuladas foram menores e, de  
112 maneira geral, apenas janeiro teve boas precipitações (Figura 1). Nos meses de outubro,  
113 novembro, fevereiro, março e abril, em média, as chuvas foram escassas (Figura 1).

114 A classificação do solo em cada local do ensaio está descrita na Tabela 1, de acordo  
115 com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS, 2018). A adubação de base e de  
116 cobertura foram realizadas conforme a análise de solos de cada local, seguindo o manual de  
117 adubação e calagem (2016). O preparo do solo foi realizado de forma convencional, com uma  
118 gradagem em torno de 5-3 dias antes do plantio. A cultivar Vassourinha foi selecionada para o  
119 estudo, pois é a cultivar de mandioca de mesa, atualmente, mais plantada no Rio Grande do  
120 Sul (>80%). O plantio foi manual, com uma manivas-sementes de 5 a 7 gemas, na  
121 profundidade de 5 cm.

122

### 123 ***Ensaio I – Safra 2019/20***

124

125 O delineamento experimental empregado foi de blocos casualizados em esquema  
126 bifatorial 3×5, caracterizado por três locais: Cachoeira do Sul, Santa Maria e Santo Ângelo e

127 cinco manejos de plantas daninhas: sem controle (testemunha), capina manual (CM), pré-  
128 emergente + capina manual (PCM), pré-emergente + 3 aplicações de herbicida de contato  
129 (PE3) e pré-emergente + 1 aplicação de herbicida de contato (PE1), com quatro repetições. Na  
130 capina manual (CM) o objetivo foi manter a parcela livre da interferência de plantas daninhas.  
131 A aplicação do pré-emergente (Clomazona, 1500 g de i.a. ha<sup>-1</sup>) foi realizada no momento do  
132 plantio, sendo este herbicida pré-emergente indicado para o controle de gramíneas. A capina  
133 manual e aplicação de herbicida de contato nos manejos CM, PCM e PE3 foram quando as  
134 plantas estavam com 10-15, 25-30 e 40-45 folhas, já para o manejo PE1 a aplicação de  
135 herbicida foi com 15-20 folhas. A aplicação do herbicida de contato (Paraquate, 300 g de i.a.  
136 ha<sup>-1</sup>) foi com jato dirigido nas plantas daninhas. O espaçamento entre plantas e linhas foi de  
137 0,8 x 0,8 m, com 4 linhas de 6,4 m de comprimento, totalizando 20,5 m<sup>2</sup> por parcela.

138

### 139 *Ensaio II – Safra 2020/21*

140

141 O delineamento experimental empregado foi de blocos casualizados em esquema  
142 bifatorial 4×5, caracterizado por quatros locais: Hulha Negra, Não-Me-Toque, Santa Maria e  
143 Cachoeira do Sul e cinco manejos de plantas daninhas: sem controle (testemunha), capina  
144 manual (CM), pré-emergente + capina manual (PCM), pré-emergente + 3 aplicações de  
145 herbicida de contato (PE3) e pré-emergente + 1 aplicação de herbicida de contato (PE1), com  
146 quatro repetições. Na capina manual (CM) o objetivo foi manter a parcela sempre livre da  
147 interferência de plantas daninhas. A aplicação do pré-emergente (Flumioxazina, 50 g do i.a.  
148 ha<sup>-1</sup>) foi realizada no momento do plantio e este herbicida pré-emergente é indicado para o  
149 controle de folhas larga. A capina manual e aplicação de herbicida de contato nos manejos  
150 CM, PCM e PE3 foram quando as plantas estavam com 10-15, 25-30 e 40-45 folhas, já para o  
151 manejo PE1 a aplicação de herbicida foi com 15-20 folhas. A aplicação do herbicida de

152 contato (Diquate, 500 g i.a. ha<sup>-1</sup>) foi com jato dirigido nas plantas daninhas. O espaçamento  
153 entre plantas e linhas foi de 0,8 x 0,8 m, com 5 linhas de 8,0 m de comprimento, totalizando  
154 32,0 m<sup>2</sup> por parcela.

155

## 156 **Variáveis avaliadas**

157

158 Para avaliar a incidência de plantas daninhas, antes do primeiro e último manejo de  
159 plantas daninhas, foram realizadas as coletas de plantas daninhas por meio de um quadrado de  
160 0,5 x 0,5 m, lançado aleatoriamente na parcela. As plantas daninhas foram seccionadas rente  
161 ao solo, colocadas na estufa a 60°C até peso constante para obtenção da massa seca de plantas  
162 daninhas em cada manejo (Tabela 2).

163 Em ambos os ensaios foram avaliadas no momento da colheita (8 meses após plantio)  
164 as variáveis de desenvolvimento: número de folhas (NF) e estatura de plantas (estatura, em  
165 cm). As variáveis de produtividade avaliadas foram: massa fresca de raiz comercial (RC),  
166 massa fresca de raiz não comercial (RNC), massa fresca de raízes tuberosas, RC+RNC  
167 (MFRT), massa seca de raízes tuberosas (MSRT), em toneladas por hectare (t ha<sup>-1</sup>).

168 As avaliações foram realizadas em 4 plantas por parcela, o NF foi contado em todas as  
169 hastes e ramificações e a estatura é a medição do solo até a última folha aberta da haste  
170 principal da planta (haste maior). As raízes tuberosas foram classificadas em raízes comerciais  
171 (RC) e não comerciais (RNC). RC foi considerada quando a raiz apresentou comprimento  
172 maior que 10 cm e o diâmetro maior que 2 cm e RNC foi considerada quando a raiz possui o  
173 comprimento menor que 10 cm e o diâmetro entre 1 e 2 cm (Schons, et al., 2009). As plantas  
174 colhidas foram levadas ao laboratório, onde as raízes tuberosas, foram separadas em RC e  
175 RNC e pesadas separadamente em balança de precisão para obter a massa fresca (RC e RNC),  
176 onde o somatório dos pesos de RC e RNC nos informa a massa fresca de raiz tuberosa

177 (MFRT), após, as raízes tuberosas foram levadas para a estufa a 60°C até peso constante, a  
178 fim de obter a massa seca de raízes tuberosas (MSRT).

179

## 180 **Análises estatísticas**

181

182 Os dados foram analisados quanto a aderência dos resíduos a distribuição normal e a  
183 homogeneidade das variâncias residuais, por meio dos testes de Shapiro-Wilk ( $p < 0,05$ ) e  
184 Bartlett ( $p < 0,05$ ). Para o ensaio I, os resíduos não apresentaram distribuição normal para as  
185 variáveis RNC e MSRT, assim foram procedidas transformações nos dados por meio da  
186 família Box-cox (Box & Cox, 1964), o qual indicou as transformações  $\sqrt{(Y+0,5)}$  e  $\sqrt{(Y+0,5)}$   
187 como sendo as mais adequadas. Para o ensaio II, os resíduos não apresentaram distribuição  
188 normal para as variáveis RNC, MFRT e MSRT, sendo necessário proceder novamente  
189 transformações nos dados, por meio da família Box-cox (Box & Cox, 1964), a qual indicou às  
190 transformações  $1/\sqrt{(Y+0,5)}$ ,  $1/\sqrt{(Y+0,5)}$  e  $\sqrt{(Y+0,5)}$ , como sendo a mais adequada para às  
191 variáveis.

192 Contornada a violação dos pressupostos estatísticos, os dados foram submetidos a  
193 análise de variância (ANOVA) para determinação dos possíveis efeitos de tratamentos e  
194 interação. Quando verificado efeito significativo pelo teste F ( $p < 0,05$ ), foram procedidas as  
195 devidas análises complementares, sendo aplicado o teste de Skott Knott ( $p < 0,05$ ). As análises  
196 foram realizadas e os gráficos confeccionados com o auxílio do software R (R core Team,  
197 2019), utilizando os pacotes ExpDes (Ferreira et al., 2021), MASS (Venables & Ripley,  
198 2002), ggplot2 (Wickham, 2016) e cowplot (Wilke, 2020).

199

200

## **Resultados e Discussão**

201

202 *Ensaio I – Safra 2019/20*

203

204 De acordo com a ANOVA houve interação significativa Local × Manejo para as  
205 variáveis massa fresca de raízes tuberosas (MFRT), massa seca de raízes tuberosas (MSRT),  
206 massa fresca de raiz não comercial (RNC), número de folhas (NF) e estatura (Tabela 3). Para  
207 massa fresca de raiz comercial (RC) foi verificada significância para os efeitos principais de  
208 Local e Manejo (Tabela 3).

209 Para as variáveis MFRT e MSRT as maiores médias foram obtidas em Santa Maria  
210 quando comparada com os outros locais (Tabela 4). Ao analisar os manejos, as maiores  
211 médias de MFRT e MSRT foram obtidas para os manejos CM e PCM, em Cachoeira do Sul.  
212 Em Santo Ângelo as menores médias foram observadas na ausência de manejo de plantas  
213 daninhas (testemunha), sendo que os demais tratamentos não diferiram entre si (Tabela 4).  
214 Para Santa Maria, não foram observadas diferenças significativas entre os manejos (Tabela 4).  
215 O número de capinas para manter as parcelas livres de interferência de plantas daninhas no  
216 manejo CM foi de 4 para Santa Maria e Cachoeira do Sul e 3 em Santo Ângelo.

217 O ensaio em Cachoeira do Sul teve a maior incidência de plantas daninhas, seguido de  
218 Santo Ângelo e por último Santa Maria (Tabela 2). Indicando que onde teve maior incidência  
219 de plantas daninhas, o manejo destas teve resposta significativa na produtividade de raízes de  
220 mandioca quando comparada a testemunha (sem controle) (Tabela 4). Corroborando com  
221 Albuquerque et al. (2012) que ressaltam a importância de manejar as plantas daninhas para o  
222 incremento da produtividade de raízes de mandioca, principalmente, onde tem maior  
223 incidência de plantas daninhas.

224 O uso do pré-emergente reduziu a incidência de plantas daninhas no início do ciclo  
225 (PCM, PE3 e P31) quando comparado aos manejos sem pré-emergente (Testemunha e CM)  
226 em todos os locais (Tabela 2). No entanto, no final do ciclo a incidência de plantas daninhas é

227 menor nos tratamentos com capina manual, independente da aplicação de pré-emergente (CM  
228 e PCM) (Tabela 4). Reafirmando os estudos de Olorunmaiye & Olorunmaiye, (2009), onde  
229 relatam que os herbicidas pré-emergentes promovem o controle inicial das plantas daninhas,  
230 no entanto, não impedem novas incidências. Ficando evidente a importância do manejo na  
231 pós-emergência da cultura.

232 O manejo com herbicida de contato se mostrou eficaz apenas nos locais com menor  
233 incidência de plantas daninhas (Santa Maria e Santo Ângelo), não diferindo do manejo com  
234 capina (CM e PCM). Já em locais com alta incidência, como em Cachoeira do Sul, o manejo  
235 com herbicida de contato na pós-emergência (PE3 e PE1) teve a MFRT menor que a com  
236 capina manual (CM e PCM) (Tabela 4). Fontes & Oliveira (2017) indicaram uma redução na  
237 produtividade de raízes de 33 e 28,5% utilizando a aplicação de herbicida em pré e pós  
238 emergência da cultura quando comparada a testemunha capinada. Uma limitação importante  
239 do manejo químico de plantas daninhas em pós-emergência na cultura é a falta de herbicidas  
240 registrados, principalmente para folhas largas (Agostinetto et al., 2002; Silva et al., 2009;  
241 Biffe et al., 2010).

242 Os resultados obtidos para RNC revelaram que as maiores médias foram obtidas em  
243 Cachoeira do Sul, para os manejos CM, PCM, PE3 e PE1, enquanto para a testemunha os  
244 maiores valores foram observados em Santa Maria, possivelmente pelo maior MFRT quando  
245 comparada aos demais locais (Tabela 4). Para Santo Ângelo e Cachoeira do Sul, a ausência de  
246 controle das plantas daninhas (testemunha), ocasionou as menores RNC (Tabela 4). A RNC  
247 acompanhou a MFRT, sendo maior em Santa Maria do que nos demais locais e maior nos  
248 manejos do que na testemunha, exceto em Santa Maria que não teve diferença entre os  
249 manejos (Tabela 4).

250 Ao analisar o efeito principal de local sobre a RC, a maior média desta variável foi  
251 verificada em Santa Maria, enquanto o cultivo em Santo Ângelo e Cachoeira do Sul

252 resultaram em menor desempenho, sem diferirem entre si (Figura 2). Analisando o efeito  
253 principal de manejo, as maiores médias de RC foram obtidas para os manejos CM e PCM,  
254 sem diferirem entre si. Em contraponto, a menor RC foi verificada para a testemunha (Figura  
255 2). A importância do controle de plantas daninhas, vai além da produtividade, pois influencia  
256 na melhoria da qualidade comercial das raízes, reduzindo os danos na colheita e a  
257 deterioração pós-colheita, o que possibilita maior tempo de comercialização (Peressin, 2013).

258 Quanto aos caracteres de desenvolvimento da cultura, os maiores valores de NF foram  
259 verificados em Santa Maria, seguido de Santo Ângelo e Cachoeira do Sul, exceto para a  
260 testemunha, que em Santo Ângelo e Cachoeira do Sul não diferiram entre si (Tabela 4). O NF  
261 se mostrou responsivo a incidência de plantas daninhas, em Santa Maria com a menor  
262 incidência de invasoras não teve diferença entre os manejos de plantas daninhas (Tabela 4). Já  
263 em Cachoeira do Sul e Santo Ângelo, com as maiores incidências, controlar as plantas  
264 daninhas apresentou diferença significativa no NF quando comparado com a testemunha  
265 (Tabela 4).

266 A menor altura de plantas foi verificada em Cachoeira do Sul, para o manejo PE1  
267 (Tabela 4). Para os demais manejos, não foram observadas diferenças significativas entre os  
268 locais (Tabela 4). Analisando os manejos em cada local de cultivo, as menores estaturas de  
269 plantas foram observadas na ausência de controle de plantas daninhas (testemunha) em  
270 Cachoeira do Sul e Santo Ângelo, para os manejos não foram observadas diferenças  
271 significativas (Tabela 4). Em Santa Maria, não foram observadas diferenças significativas  
272 entre os manejos e testemunha (Tabela 4). De acordo com Carvalho et al. (1990) o manejo  
273 inadequado das plantas daninhas reduz o crescimento de parte aérea de plantas de mandioca.  
274 Portanto, de maneira geral, não controlar as plantas daninhas reduziu o número de folhas e a  
275 estatura, que constituem a parte aérea das plantas de mandioca. Segundo Albuquerque et al.  
276 (2008), a parte aérea é de grande importância para a cultura da mandioca, pois é a responsável

277 pela absorção de luz e fornecimento de fotoassimilados às raízes. Além disso, fornece o  
278 material para propagação da cultura e para produção de silagem, usada na alimentação animal.

279

## 280 *Ensaio II – Safra 2020/21*

281

282 De acordo com a ANOVA houve interação significativa Local × Manejo para as  
283 variáveis MFRT, MSRT, RC e RNC (Tabela 5). Para as variáveis NF e estatura de plantas foi  
284 verificada significância para os efeitos principais de Local e Manejo (Tabela 5).

285 Os maiores valores de MFRT foram aferidos em Santa Maria e Não-Me-Toque, para  
286 os manejos testemunha, PCM, PE3 e PE1, sem diferirem entre locais. Para a CM apenas o  
287 cultivo em Santa Maria resultou na maior MFRT (Tabela 6). Em Santa Maria e Cachoeira do  
288 Sul, a CM resulta em maior MFRT, enquanto para os cultivos em Não-Me-Toque e Hulha  
289 Negra, as maiores médias são obtidas com os manejos PCM e CM, sem diferirem entre si  
290 (Tabela 6). O número de capinas para manter as parcelas livres de interferência de plantas  
291 daninhas no manejo CM foi de 4, 5, 6 e 4, para Santa Maria, Cachoeira do Sul, Não-Me-  
292 Toque e Hulha Negra, respectivamente.

293 As maiores incidências de plantas daninhas, foram em Hulha Negra e Cachoeira do  
294 Sul, seguido de Santa Maria e Não-Me-Toque (Tabela 2). A maior incidência de plantas  
295 daninhas em Hulha Negra, pode está associada a menor densidade de plantas estabelecidas,  
296 7297 plantas ha<sup>-1</sup> (Tabela 1), o mal estabelecimento possivelmente foi causado pela falta de  
297 precipitação nessa fase do cultivo (out-nov) (Figura 2). O arranjo de plantas para cultura da  
298 mandioca é ainda mais importante para o manejo de plantas daninhas, pois a cultura da  
299 mandioca possui crescimento inicial lento, deixando o solo descoberto, facilitando o  
300 desenvolvimento de plantas daninhas, que competem com a cultura pela água, luz, nutrientes,  
301 gás carbônico e espaço (Azevedo et al., 2006).



302 Da mesma forma que no ensaio I, o manejo com capina manual foi mais eficiente em  
303 ambos os locais. Assim como o uso do pré-emergente, que reduziu a incidência de plantas  
304 daninhas até o primeiro controle na pós-emergência, exceto em Não-Me-Toque (Tabela 2). O  
305 uso de pré-emergente em Hulha Negra e Não-Me-Toque associado a capina manual (PCM),  
306 auxiliou no controle de plantas daninhas e respondeu em MFRT (Tabela 6).

307 Para a MSRT, os manejos PCM e PE1 resultaram nas maiores médias, para os locais  
308 Não-Me-Toque, Hulha Negra e Santa Maria (Tabela 6). Para a testemunha e PE3, os maiores  
309 valores de MSRT foram verificados em Não-Me-Toque e Santa Maria. Em contraponto, para  
310 o manejo CM não foram identificadas diferenças significativas entre os locais (Tabela 6). Em  
311 Santa Maria e Cachoeira do Sul, as maiores médias de MSRT foram obtidas com o manejo  
312 CM, enquanto para Não-Me-Toque e Hulha Negra os maiores valores foram verificados para  
313 os manejos CM e PCM, sem diferirem entre si (Tabela 6). Da mesma forma que na MFRT, a  
314 capina manual se sobressaiu em todos os locais quanto a MSRT, já os manejos utilizando  
315 herbicidas tem respostas diferentes de acordo com o local, porque além da incidência de  
316 plantas daninhas, levam em consideração as condições climáticas no momento da aplicação,  
317 espécies de plantas daninhas, entre outros fatores (Silva et al. 2012).

318 Quanto a qualidade das raízes, as maiores médias de RC foram obtidas nas cidades de  
319 Santa Maria e Não-Me-Toque, sem diferirem entre si, para os manejos testemunha, PCM,  
320 PE3 e PE1 (Tabela 6). Para o manejo CM, a maior RC foi verificada em Santa Maria. Essa  
321 maior produtividade e qualidade de raízes em Santa Maria e Não-Me-Toque é a resposta,  
322 principalmente, da menor incidência de plantas daninhas nesses dos locais. Analisando os  
323 manejos em cada local, os maiores valores de RC foram obtidos para o manejo CM em  
324 Cachoeira do Sul e Santa Maria. Para Não-Me-Toque e Hulha Negra as maiores médias de  
325 RC foram obtidas com o manejo PCM e CM, seguindo a mesma análise da MFRT.

326 Para a variável RNC os cultivos em Santa Maria e Não-Me-Toque resultaram nas  
327 maiores médias para os manejos testemunha, CM, PE3 e PE1. Para o manejo PCM não foram  
328 observadas diferenças significativas entre os locais. Em Não-Me-Toque, não foram  
329 verificadas diferenças significativas entre os manejos, para a RNC. Em Cachoeira do Sul, os  
330 manejos CM e PCM resultaram nas maiores médias de RNC, enquanto para o cultivo em  
331 Hulha Negra os maiores valores foram observados com os manejos CM, PCM e PE1. Já para  
332 Santa Maria, o manejo testemunha ocasionou a menor RNC, e os demais manejos não  
333 diferiram entre si.

334 Ao analisar os efeitos principais de Local e Manejo sob as variáveis estatura de plantas  
335 e número de folhas da mandioca, as maiores médias foram verificadas em Não-Me-Toque,  
336 enquanto as menores médias foram obtidas em Hulha Negra e Cachoeira do Sul, sem  
337 diferirem entre si (Figura 3). Além disso, os manejos CM e PCM resultam nas maiores  
338 estaturas e números de folhas. Na ausência de manejo de plantas daninhas (testemunha),  
339 foram verificados os menores valores de estatura e número de folhas, porém sem diferir do  
340 manejo PE1 para NF. Dentre os fatores bióticos, as plantas daninhas são consideradas um dos  
341 principais fatores que interferem no desenvolvimento e na produtividade dessa cultura.  
342 Todavia, o grau de interferência das plantas daninhas nas culturas depende de fatores ligados  
343 à própria cultura, à comunidade infestante, ao ambiente e ao período em que elas convivem  
344 (Silva et al., 2007). Por isso, nos locais com menos infestação de plantas daninhas, obteve-se  
345 os maiores NF e estatura, assim como, entre os manejos, a capina manual, associada ou não  
346 ao herbicida pré-emergente foi superior aos demais manejos.

347 Em suma, tanto para o Ensaio I quanto para o Ensaio II, quando se compara,  
348 principalmente, a MFRT da testemunha com os manejos de controle, ocorre o incremento de  
349 produtividade quando há controle de plantas daninhas. No Ensaio I e II, quanto maior a  
350 incidência de plantas daninhas, o manejo com CM, que em média foram 4 capinas, apresentou

351 melhores resultados. No Ensaio I, o manejo PCM foi superior aos manejos PE3 e PE1, em  
352 Cachoeira do Sul, já nos demais locais, não tiveram diferenças entre PCM, PE3 e PE1 pois  
353 tinham menor incidência de plantas daninhas. Ficou evidenciado que quanto maior a  
354 incidência de plantas daninhas menor a resposta a herbicidas em pós-emergência, aplicando 3  
355 ou 1 vez durante o ciclo. No Ensaio II isso se confirma, nos locais com menor incidência de  
356 plantas daninhas o PCM não diferiu do CM. Já os manejos PE3 e PE1 tiveram as piores  
357 respostas principalmente nos locais com maior incidência de plantas daninhas.

358

### 359 **Conclusão**

360

361 Fazer o manejo adequado de plantas daninhas na cultura da mandioca no Rio Grande  
362 do Sul quando tiver alta incidência de plantas daninhas aumentará de 76 a 99% a massa fresca  
363 de raízes tuberosas.

364 A capina manual foi o manejo que obteve as maiores produtividades, em massa fresca  
365 de raízes tuberosas, principalmente onde houve maior infestação de plantas daninhas. O uso  
366 de herbicidas pré-emergentes associado a capina na pós-emergência da cultura, também gerou  
367 resultados satisfatórios nos ambientes com maior infestação de plantas daninhas no Rio  
368 Grande do Sul.

369 O manejo com herbicida pré-emergente associado a herbicida de contato em pós-  
370 emergência da cultura, apresentou bons resultados em áreas com menor infestação de plantas  
371 daninhas no Rio Grande do Sul. No entanto, é necessário mais estudos, com diferentes  
372 herbicidas de pré e pós emergência da cultura da mandioca,

373 A capina manual apresentou os melhores resultados quanto ao número de folhas e  
374 estatura de planta, fundamentais para a determinação da parte aérea, produtividade de raízes  
375 tuberosas, e material propagativo da cultura.

376

377

## Referências Bibliográficas

378

379 AGOSTINETTO, D. et al. Seletividade de herbicidas latifolicidas aplicados à mandioca em  
380 pós-emergência. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v.3, n.1, p.39-44, 2002.

381 ALABI, B. S. et al. Manual control of thorny mimosa (*Mimosa invisa*) in cassava (*Manihot*  
382 *esculenta*). **Weed Technol.**, v. 18, n. 1, p. 77-82, 2004.

383 ALBUQUERQUE, J. A. A. et al. Interferência de plantas daninhas sobre a produtividade da  
384 mandioca (*Manihot esculenta*). *Planta Daninha*, v. 26, n. 2, p. 279-289, 2008.

385 ALBUQUERQUE, J. A. A. et al. Desenvolvimento da cultura de mandioca sob interferência  
386 de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 30, n. 1, p. 37-45, 2012a.

387 ALVES FILHO P. et al. Resposta da cultivar de mandioca roxinha à adubação NPK. *Revista*  
388 *Raízes e Amidos Tropicais* 11: 1-7, 2015.

389 AZEVÊDO, C. L. L. et al. Levantamento de plantas daninhas na cultura da mandioca, em um  
390 ecossistema semi-árido do Estado da Bahia. *Magistra*, v. 12, n. 1/2, 2000.

391 BEZERRA, F. P. A. Declínio da produção de mandioca: os impactos econômicos no  
392 município de Santa Isabel, estado do Pará. **Agroecossistemas**, Pará, v. 6, n. 1, p. 17-41, 2014.

393 BIFFE, D. F. et al. Avaliação de herbicidas para dois cultivares de mandioca. *Planta Daninha*,  
394 v. 28, n. 4, p. 807-816, 2010.

395 BOX, G.E.P.; COX, D.R. Na analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical*  
396 *Society: Serie B (Methodological)*, v.26, p. 211-243, 1964.

397 BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Coordenação-Geral de  
398 Agrotóxicos e Afins. Disponível  
399 em:<[http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 20  
400 jun. 2023

401 CARVALHO, J. E. B. et al. Período crítico de competição das plantas daninhas com a cultura  
402 da mandioca em três ecossistemas do Nordeste brasileiro. **R. Bras. Mandioca**, v. 9, n. 1, p.  
403 29-40, 1990.

404 FERMONT, A. M. et al. Closing the cassava yield gap: an analysis from small holder farms  
405 in East Africa. **Field Crops Research**, [S.l.], v.112, p. 24–36, 2009.

406 FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D.A. ExpDes.pt: Pacote  
407 Experimental Designs. R package version 1.2.2, 2021.

408 FONTES, J.R. OLIVEIRA, I. J. Controle químico de plantas daninhas nas culturas da  
409 macaxeira e da mandioca em Terra Firme. Circular tecnica 67. Manaus: Embrapa Amazonas  
410 Ocidental, 2017. P.6. (Circular Técnica 67).

411 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção  
412 Agrícola. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em: 20 jun.  
413 2023.

414 KINTCHÉ, K. et al. Cassava yield loss in farmer fields was mainly caused by low soil  
415 fertility and suboptimal management practices in two provinces of the Democratic Republic  
416 of Congo. **European Journal of Agronomy**, 89, 107–123, 2017.

417 NASSAR, N. M. A. Mandioca: opção contra a fome. Estudos e lições no Brasil e no  
418 mundo. **Ci. Hoje**, v. 39, n. 231, p. 30-36, 2006.

419 PERESSIN, V.A. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da mandioca**.  
420 Campinas: Instituto Agronômico, Editora IAC, 2013. 54p.

421 PITELLI, R. A.; DURIGAN, J. C. Terminologia para períodos de convivência e de controle  
422 das plantas daninhas em culturas anuais e bianuais. In: CONGRESSO DE LA  
423 ASSOCIACION LATINO AMERICANA DE MALEZAS, 18., 1984, Belo  
424 Horizonte. **Resumos...** Belo Horizonte: Asociacion Latinoamericana de Malezas, 1984. p. 37-  
425 38.

426 OLORUNMAIYE, P. M.; OLORUNMAIYE, K. S. Effect of integrated weed management  
427 on weed control and yield components of maize and cassava intercrop in a southern Guinea  
428 savanna ecology of Nigeria. *Australian Journal of Crop Science*, v.3, n.3, p. 129-136, 2009.

429 SCHONS, A., et al. Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e  
430 consorciado: crescimento, desenvolvimento e produtividade. **Bragantia**, 68, 165-177. 2009.

431 SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG:  
432 Universidade Federal de Viçosa, 2007. p. 17-62.

433 SILVA, A. F. et al. Produção de diferentes cultivares de mandioca em sistema  
434 agroecológico. **R. Bras. Eng. Agríc. Amb.**, v. 13, n. 1, p. 33-38, 2009

435 SILVA, D.V. et al. **Manejo de plantas daninhas na cultura da mandioca**, Viçosa-MG, v.  
436 30, n. 4, p. 901-910, 2012.

437 VENABLES, W.N.; RIPLEY, B.D. *Modern Applied statistics with S*. 4ª edição. Springer,  
438 New York. 2002.

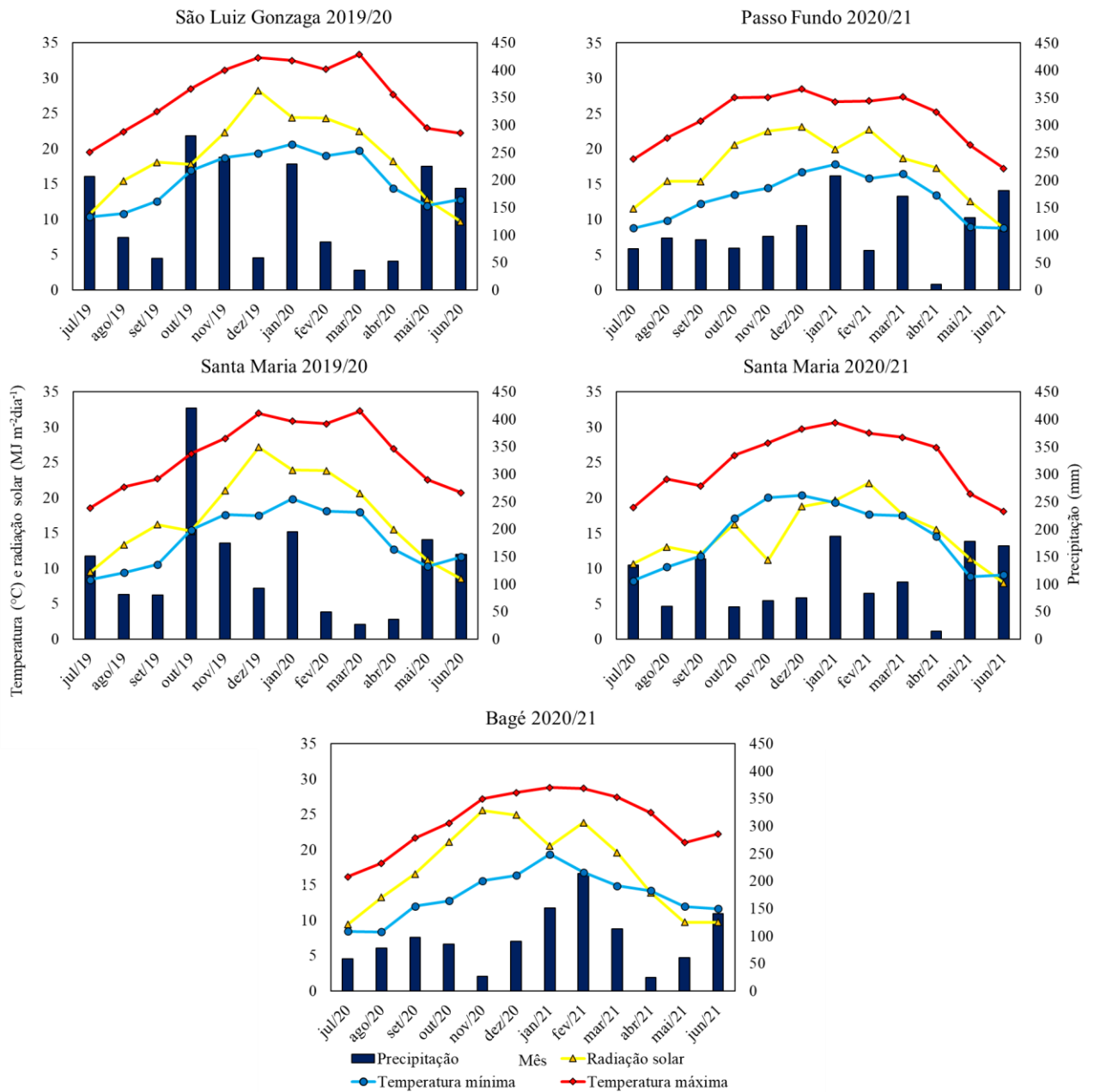
439 VISSÉS, F. D. A.; SENTELHAS, P. C. Yield gap of cassava crop as a measure of food  
440 security - an example for the main Brazilian producing regions. **Food security**, [S. l.], n.10, p.  
441 1191–1202, 2018.

442 WERLE, I. S. et al. Technology Levels in Cassava Cultivation Alter Phytosociology of  
443 Weeds. *Hortscience* 56: 787-794. 2021.

444 WICKHAM, H. *Ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer-Verlag, New York,  
445 2016.

446 WILKE, C. O. *Cowplot: Streamlined plot theme and plot annotations for ‘ggplot2’*. R  
447 package version 1.1.1, 2020.





449

450 **Figura II-1.** Temperatura máxima e mínima, radiação solar e precipitação durante as safras  
 451 2019/20 e 2020/21, em São Luiz Gonzaga (representando Santo Ângelo), Santa Maria  
 452 (representando Santa Maria e Cachoeira do Sul), Passo Fundo (representando Não-Me-  
 453 Toque) e Bagé/RS (representando Hulha Negra).

454

455

456

457 **Tabela II-1.** Informações quanto ao ano, local, data de plantio e colheita, densidade de  
 458 plantas finais, tipo de solo e município que foi resgatado os dados meteorológicos para a  
 459 caracterização climática durante a condução dos ensaios.

Ano Agrícola	Local	Data de plantio	Data de colheita	Densidade de plantas (pl ha <sup>-1</sup> )	Tipo de solo	Estação meteorológica INMET
2019/20	Santa Maria	07/10/19	29/04/20	13880	Argissolo Vermelho	Santa Maria
2019/20	Cachoeira do Sul	09/10/19	20/05/20	13184	Argissolo Bruno A.	Santa Maria
2019/20	Santo Ângelo	01/10/19	05/05/20	13184	Latossolo Vermelho	São Luiz Gonzaga
2020/21	Santa Maria	12/10/20	10/05/21	13578	Argissolo Vermelho	Santa Maria
2020/21	Cachoeira do Sul	16/10/20	14/05/21	10156	Argissolo Bruno A.	Santa Maria
2020/21	Hulha Negra	17/10/20	15/05/21	7297	Planossolo Háptico	Bagé
2020/21	Não-Me-Toque	12/09/20	10/04/21	13146	Latossolo Vermelho	Passo Fundo

460

461 **Tabela II-2.** Massa seca das plantas daninhas antes do primeiro manejo de plantas daninhas  
 462 na pós-emergência da cultura da mandioca e antes da colheita

Ano agrícola	Local	Data da coleta	g m <sup>-2</sup> de plantas daninhas				
			Testemunha	CM	PCM	PE3	PE1
2019/20	Santa Maria	19/11/2019	8	8	12	12	12
		29/04/2020	151	32	78	19	109
	Cachoeira do Sul	07/11/2019	59	59	40	40	40
		15/05/2020	305	11	23	76	145
	Santo Ângelo	11/11/2019	52	52	15	15	15
		05/05/2020	799	51	64	183	373
2020/21	Santa Maria	23/11/2020	28	30	11	10	9
		25/01/2021*	414	24	39	379	579
	Cachoeira do Sul	01/12/2020	185	171	160	107	133
		15/03/2021*	618	49	124	392	466
	Hulha Negra	23/12/2020	260	260	167	194	166
		06/02/2021*	532	23	6	179	321
	Não-Me-Toque	05/12/2020	44	3	33	24	28
	-	-	-	-	-	-	-

463 *Nota:* sem controle (testemunha), capina manual (CM), pré-emergente + capina manual  
 464 (PCM), pré-emergente + 3 aplicações de herbicida de contato (PE3) e pré-emergente + 1  
 465 aplicação de herbicida de contato (PE1).

466 \*Coleta antes do último manejo de plantas daninhas.

467



468 **Tabela II-3.** Resumo da análise de variância e significância do quadrado médio do erro, para  
 469 as fontes de variação (FV) e coeficiente de variação (CV), para os caracteres de crescimento e  
 470 produtividade da cultura da mandioca.

FV	GL	NF	Estatuta	RC	RNC	MFRT	MSRT
Bloco	3	2988	1643*	12	0.350	37	0.210
Local	2	189098*	1619*	2138*	2.514*	1951*	7.841*
Manejos	4	10861*	6894*	252*	2.920*	456*	3.713*
Local x Manejos	8	3759*	1085*	30	1.019*	64*	0.570*
Resíduo	42	1418	476*	20	0.239	27	0.149
CV (%)		17.56	15.82	31.12	23.66	27.67	16.04

471 *Nota:* GL; graus de liberdade; NF: número de folhas; Estatuta: estatura de plantas (cm); RC:  
 472 massa fresca de raiz comercial (t ha<sup>-1</sup>); RNC: massa fresca de raiz não comercial (t ha<sup>-1</sup>);  
 473 MFRT: massa seca de raízes tuberosas (t ha<sup>-1</sup>); MSRT: massa seca de raízes tuberosas (t ha<sup>-1</sup>);  
 474 \*Efeito significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

475  
476  
477  
478  
479  
480  
481  
482  
483  
484  
485  
486  
487  
488  
489  
490  
491  
492  
493  
494  
495

496 **Tabela II-4.** Caracteres de crescimento e componentes produtivos da mandioca cultivada em  
 497 três locais e submetida a cinco manejos de plantas daninhas.

Local	Manejo				
	Testemunha	CM	PCM	PE3	PE1
MFRT					
Santo Ângelo	0.202 bB	20.509 bA	15.810 bA	14.220 bA	11.880 bA
Cachoeira do Sul	0.240 bC	21.529 bA	21.616 bA	12.360 bB	12.209 bB
Santa Maria	28.490 aA	33.627 aA	32.913 aA	30.245 aA	25.412 aA
MSRT					
Santo Ângelo	0.125 bB	6.213 bA	5.078 bA	4.451 bA	4.033 bA
Cachoeira do Sul	0.130 bC	7.521 bA	7.367 bA	4.258 bB	3.731 bB
Santa Maria	8.08 aA	10.249 aA	10.256 aA	9.989 aA	8.397 aA
RNC					
Santo Ângelo	0.092 bB	4.298 bA	3.335 bA	2.683 bA	3.375 bA
Cachoeira do Sul	0.108 bB	9.292 aA	7.927 aA	7.462 aA	7.347 aA
Santa Maria	3.890 aA	3.094 bA	4.079 bA	4.696 bA	2.780 bA
NF					
Santo Ângelo	102.458 bB	237.875 bA	225.562 bA	218.125 bA	202.875 bA
Cachoeira do Sul	66.275 bB	153.075 cA	156.550 cA	140.950 cA	117.250 cA
Santa Maria	327.562 aA	307.875 aA	338.250 aA	321.708 aA	299.812 aA
Estatura					
Santo Ângelo	80.229 aB	166.625 aA	171.625 aA	159.375 aA	156.479 aA
Cachoeira do Sul	93.437 aB	159.312 aA	151.000 aA	123.062 aA	117.562 bA
Santa Maria	117.563 aA	142.562 aA	140.687 aA	145.292 aA	144.250 aA

498 *Nota:* sem controle (testemunha), capina manual (CM), pré-emergente + capina manual  
 499 (PCM), pré-emergente + 3 aplicações de herbicida de contato (PE3) e pré-emergente + 1  
 500 aplicação de herbicida de contato (PE1)

501 \*Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas comparando os locais na coluna e,  
 502 maiúsculas comparando os manejos na linha, não diferem entre sí, pelo teste de Scott Knott a  
 503 5% de probabilidade de erro.

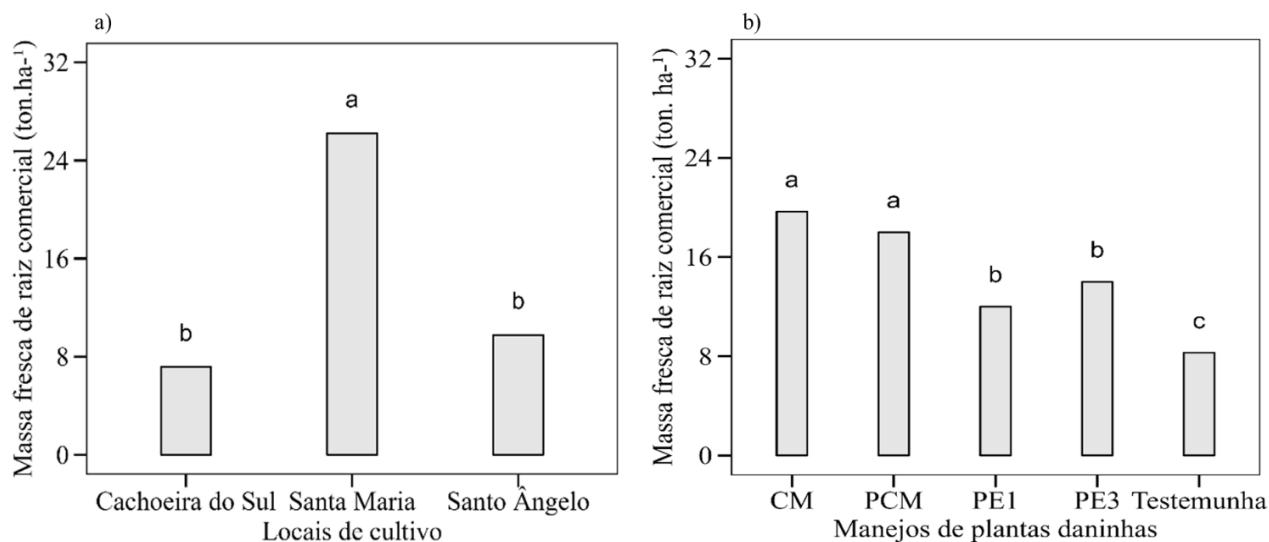
504

505

506

507

508



509

510 **Figura II-2** Massa fresca de raiz comercial da mandioca, cultivada em três locais (a) e

511 cultivada sob cinco manejos de plantas daninhas (b), durante a safra agrícola 2019/2020. Sem

512 controle (Testemunha), capina manual (CM), pré-emergente + capina (PCM), pré-emergente

513 + herbicida de contato (PE3) e pré-emergente + 1 aplicação de herbicida de contato (PE1).

514 \*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Skott Knott

515 a 5% de probabilidade de erro.

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526 **Tabela II-5.** Resumo da análise de variância e significância do quadrado médio do erro, para  
 527 as fontes de variação (FV) e coeficiente de variação (CV), para os caracteres de crescimento e  
 528 componentes de rendimento da cultura da mandioca.

FV	GL	NF	Estatura	RC	RNC	MFRT	MSRT
Bloco	3	9626*	3235*	3.794*	0.039*	3.602*	1.347*
Local	3	117901*	52467*	19.112*	0.688*	22.291*	5.214*
Manejos	4	38781*	5923*	25.432*	0.380*	26.443*	9.644*
Local x Manejos	12	3315	540	1.341*	0.053*	1.254*	0.447*
Resíduo	57	2490	404	0	0.010	0.373	0.188
CV (%)		24.37	14.98	20.91	14.34	18.33	20.06

529 *Nota:* GL; graus de liberdade; NF: número de folhas Estatura: estatura de plantas (cm); RC:  
 530 massa fresca de raiz comercial (t ha<sup>-1</sup>); RNC: massa fresca de raiz não comercial (t ha<sup>-1</sup>);  
 531 MFRT: massa seca de raízes tuberosas (t ha<sup>-1</sup>); MSRT: massa seca de raízes tuberosas (t ha<sup>-1</sup>).  
 532 \*Efeito significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.  
 533

**Tabela II-6.** Caracteres de crescimento e componentes produtivos da mandioca cultivada em três locais e submetida a cinco manejos de plantas daninhas, safra 2020/2021.

Local	Manejo				
	Testemunha	CM	PCM	PE3	PE1
			MFRT		
Não-Me-Toque	6.401 aC	25.989 bA	27.566 aA	17.19 aB	13.432 aC
Cachoeira do Sul	0.169 bC	24.853 bA	11.892 bB	2.241 bC	0.501 cC
Hulha Negra	0.540 bC	10.934 cA	13.220 bA	4.337 bB	5.268 bB
Santa Maria	6.891 aD	37.849 aA	26.359 aB	19.023 aC	12.129 aC
			MSRT		
Não-Me-Toque	2.215 aB	8.596 bA	8.950 aA	5.528 aB	4.582 aB
Cachoeira do Sul	0.023 bC	7.754 bA	3.665 bB	0.742 bC	0.153 bC
Hulha Negra	0.189 bC	7.494 bA	10.492 aA	2.009 bB	3.295 aB
Santa Maria	2.567 aC	13.589 aA	9.013 aB	7.071 aB	4.251 aC
			RC		
Não-Me-Toque	4.605 aD	22.967 bA	25.536 aA	16.012 aB	12.008 aC
Cachoeira do Sul	0.000 bC	23.579 bA	10.176 bB	1.919 bC	0.226 cC
Hulha Negra	0.425 bC	9.703 cA	11.927 bA	3.956 bB	4.49 bB
Santa Maria	5.610 aC	33.957 aA	22.793 aB	17.001 aB	10.328 aC
			RNC		
Não-Me-Toque	1.796 aA	3.022 aA	2.031 aA	1.278 aA	1.424 aA
Cachoeira do Sul	0.169 bB	1.273 bA	1.716 aA	0.321 bB	0.274 cB
Hulha Negra	0.115 bC	1.231 bA	1.293 aA	0.381 bB	0.778 bA
Santa Maria	1.280 aB	3.892 aA	3.566 aA	2.022 aA	1.801 aA

*Nota:* Sem controle (testemunha), capina manual (CM), pré-emergente + capina (PCM), pré-emergente + 3 aplicações de herbicida de contato (PE3) e pré-emergente + 1 aplicação de herbicida de contato (PE1)

\*Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas comparando os locais na coluna e, maiúsculas comparando os manejos na linha, não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade de erro.

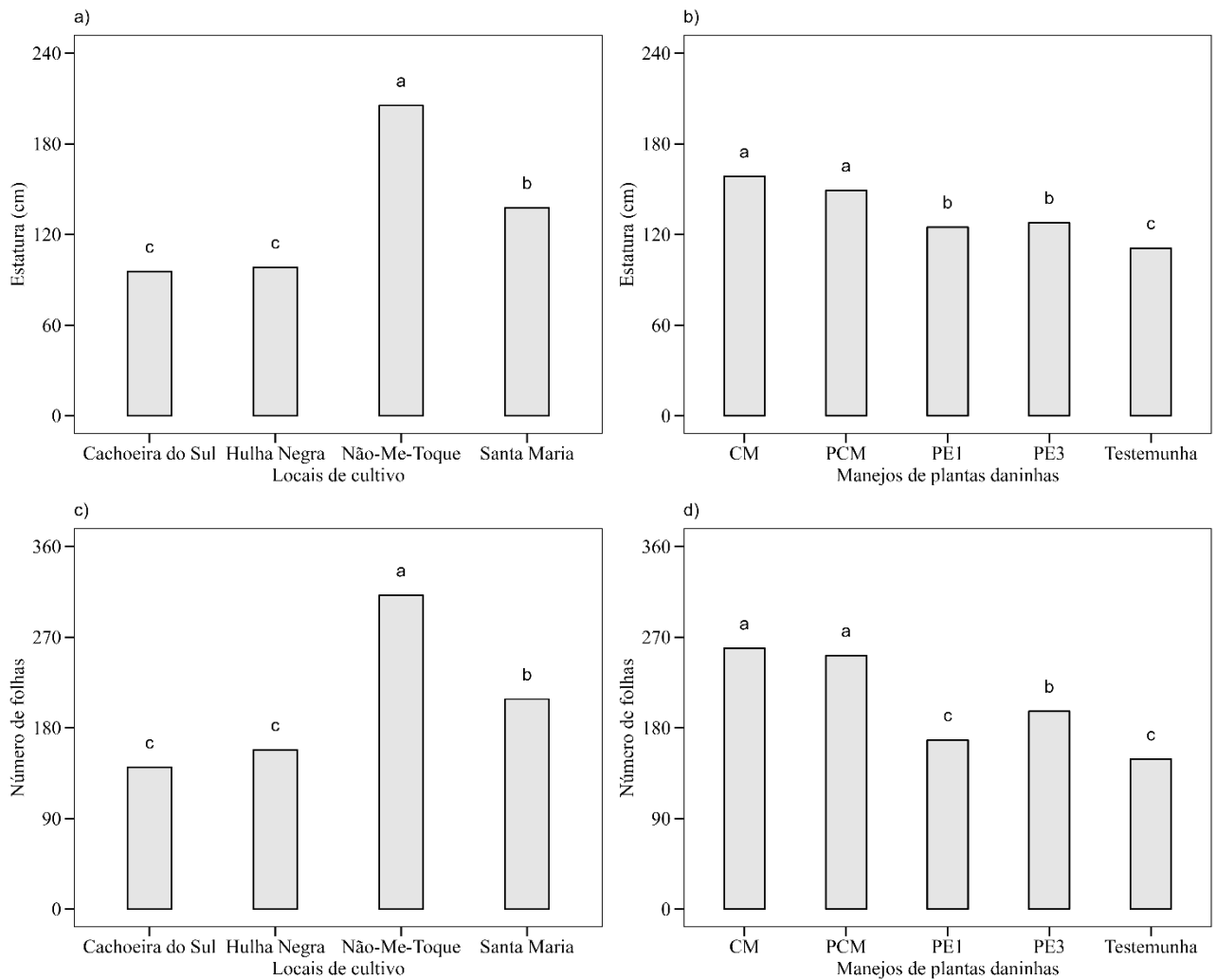


Figura II-3. Estatura de planta (a e b) e número de folhas (c e d) de mandioca cultivada em quatro locais (a e c) e submetida a cinco manejos de plantas daninhas (b e d) safra 2020/2021. Sem controle (Testemunha), capina manual (CM), pré-emergente + capina (PCM), pré-emergente + 3 aplicações de herbicida de contato (PE3) e pré-emergente + 1 aplicação de herbicida de contato (PE1).

\*Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Skott Knott a 5% de probabilidade de erro.

## 4 DISCUSSÃO GERAL

O cultivo de mandioca no Brasil está presente em grande parte das propriedades rurais. Visto a grande diversidade de níveis tecnológicos, é de extrema importância entender as diferenças entre locais. Ao analisarmos o ambiente tropical e subtropical, apesar de clima, solo e manejo diferentes, tem em comum fatores que limitam a produtividade da cultura da mandioca de mesa, como a densidade de plantas e a data de plantio, fatores que não envolvem um custo elevado. A cultura da mandioca é de grande valor agregado, possui excelentes qualidades nutricionais e assume um papel socioeconômico importante nos países em desenvolvimento, como o Brasil.

A identificação dos diferentes níveis das lavouras e os fatores que estão limitando a produtividade em cada nível, permite ações focadas em ajustar as práticas de manejo mais limitantes em cada local. A lacuna de produtividade no ambiente tropical é de 34,2 e no ambiente subtropical é de 27,4 t ha<sup>-1</sup>. A densidade de plantas e data de plantio juntos são responsáveis por 87 e 84% da produtividade da mandioca de mesa, no ambiente tropical e subtropical, respectivamente. A densidade de plantas ótima foi de 13 mil plantas ha<sup>-1</sup> e 11 mil plantas ha<sup>-1</sup>, para o ambiente tropical e subtropical, respectivamente. A data de plantio ótima é de até 15 de novembro para o ambiente tropical e até 27 de setembro para o ambiente subtropical. Manter a lavoura livre de plantas daninhas retorna em um aumento de 75 a 99% de produtividade, sendo a capina manual o manejo com maior produtividade de raízes e parte aérea, seja ela associada ou não ao herbicida pré-emergente. O uso do herbicida pré-emergente, ajudou na supressão de plantas daninhas no início do ciclo, que além de ser crítico para a cultura, também auxilia na diminuição da mão de obra.

Embora o Brasil esteja entre os maiores produtores mundiais, a carência de incentivos e estudos com a cultura da mandioca ainda é um desafio, implicando na redução da área plantada com mandioca. Ao mesmo tempo, os produtores que seguem com o cultivo, buscam cada vez mais soluções, práticas de manejo para melhorar a produtividade, assim como de cultivares que oportunizem benefícios, sejam eles nutricionais ou facilidade na produção e processamento. Sendo assim, os resultados apresentados neste estudo, possibilitará, mesmo em um cenário de redução ou estagnação da área plantada de mandioca no Brasil, que os produtores possam maximizar a sua produção na área cultivada atualmente.

## 5 CONCLUSÃO GERAL

A lacuna de produtividade média da mandioca de mesa deste estudo foi de 34,2 t ha<sup>-1</sup> e 27,4 t ha<sup>-1</sup>, representando 51 e 48% do potencial de produtividade para o ambiente tropical e subtropical, respectivamente. As principais práticas que limitam a produtividade no ambiente tropical são: densidade de plantas, data de plantio, arrendamento e irrigação. Já no ambiente subtropical são: densidade de plantas, data de plantio, espaçamento entre linhas e dessecação. A densidade de plantas ótima foi de 13 mil plantas ha<sup>-1</sup> e 11 mil plantas ha<sup>-1</sup>, para o ambiente tropical e subtropical, respectivamente. A data de plantio ótima é de até 15 de novembro para o tropical e até 27 de setembro para o ambiente subtropical. Atingindo produtividade média de 73% do potencial de produtividade, que é a média de produtividade das lavouras de alta produtividade em ambos os ambientes. O incremento na produção de mandioca, na atual área de cultivo, seria de 40% para o ambiente subtropical e de 54% para o ambiente tropical.

Manter a lavoura livre de plantas daninhas aumentou 75 a 99% da produtividade da mandioca de mesa no Rio Grande do Sul. A capina manual foi o manejo que obteve as maiores produtividades, principalmente onde houve maior infestação de plantas daninhas. O uso de herbicidas pré-emergentes associado a capina na pós-emergência da cultura, também gerou resultados satisfatórios nos ambientes com maior infestação de plantas daninhas no Rio Grande do Sul. O manejo com herbicida pré-emergente associado a herbicida de contato em pós-emergência da cultura, apresentou bons resultados em áreas com menor infestação de plantas daninhas no Rio Grande do Sul. No entanto, é necessário mais estudos, com diferentes herbicidas de pré e pós emergência da cultura da mandioca,



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADIELE, J. G. et al. Towards closing cassava yield gap in West Africa: Agronomic efficiency and storage root yield responses to NPK fertilizers. **Field Crops Research**, 253 (107820), 2020
- ADIELE, J. G. et al. A recalibrated and tested LINTUL-Cassava simulation model provides insight into the high yield potential of cassava under rainfed conditions. **European Journal of Agronomy**, 124(126242), 2021.
- AKSENOVA, N. P. et al. Hormonal regulation of tuber formation in potato plants. **Russian Journal of Plant Physiology**, v.59, p.451-466, 2011.
- ALLEM, A. C. The primary gene pool of cassava (*Manihot esculenta* Crantz subspecies *esculenta*, *Euphorbiaceae*). **Euphytica**, v. 120, n. 1, p. 127-132, 2001
- ALVES, A.A.C. Fisiologia da Mandioca. In: SOUZA, L.S. et al. (Eds.). **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, p.138-169, 2006.
- AMORIM, S.L. et al. Intoxicações por plantas cianogênicas no Brasil. **Ciência Animal**, v.16, p.17-26, 2006.
- BAAFI, E.; SAFO-KANTANKA, O. Agronomic Evaluation of Some Local Elite and Released Cassava Varieties in the Forest and Transitional Ecozones of Ghana. 32–36, 2008.
- BATTISTI, R. et al. Soybean Yield Gap in the Areas of Yield Contest in Brazil. **International Journal of Plant Production**, 12, 159–168, 2018.
- BATTISTI, R. et al. Assessment of soybean yield with altered water-related genetic improvement traits under climate change in Southern Brazil. **European Journal of Agronomy**, 83, 1–14, 2017.
- BEZERRA, F. P. A. Declínio da produção de mandioca: os impactos econômicos no município de Santa Izabel, estado do Pará. **Agroecossistemas**, Pará, v. 6, n. 1, p. 17-41, 2014.
- BORGES, J. M., et al. Yield potential of Cassava Crop in a function of planting date in a subtropical environment. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, 19(3), 263–269, 2020.
- BYJU, G. et al. Site-Specific Nutrient Management for Cassava in Southern India. **Agronomy Journal**, 22, 2016.
- CARDOSO JÚNIOR, N. dos S. et al. Efeito do nitrogênio sobre o teor de ácido cianídrico em plantas de mandioca. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.27, p.603-610, 2005.
- CARVALHO, P. C. L.; FUKUDA, W. M. G. Estrutura da Planta e Morfologia, In: Aspectos socioeconômicos e Agronômicos da Mandioca. **Embrapa**, Cruz das Almas, Bahia. 1 Ed. Cap. 6, p. 113-125, 2006.

CHAWEEWAN, Y.; TAYLOR, N. Anatomical assessment of root formation and tuberization in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Tropical Plant Biology**, v.8, p.1-8. 2015.

CHETTY, C.C. et al. Empowering biotechnology in southern Africa: establishment of a robust transformation platform for the production of transgenic industry-preferred cassava. **New Biotechnology**, v. 30, p. 136–143, 2013.

DERAL/SEAB, **Previsão de Safras**. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/deral/safras>

DRÓS, J. M. Administrando os avanços da soja: Dois cenários da expansão do cultivo de soja na América do Sul. 2004.

DUARTE JUNIOR, A. J. et al. Rice yield potential as a function of sowing date in southern Brazil. **Agronomy Journal**, 113, 1523–1534, 2021.

EDREIRA, J. I. R. et al. Assessing causes of yield gaps in agricultural areas with diversity in climate and soils. **Agricultural and Forest Meteorology**, [S.l.], v. 247, p. 170-180, 2017.

EKE-OKORO O. N.; NJOKU, D. A review of cassava development in Nigeria from. 1940-2010. 7(1), 59–65, 2012.

EVANS, L. T. **Crop evolution, adaptation, and yield**. 1993.

EZUI, K. S. et al. Simulating drought impact and mitigation in cassava using the LINTUL model. **Field Crops Research**, 219, 256–272, 2018.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Produzir mais com menos: Mandioca, um guia para a intensificação sustentável da produção**. 2013. 24 p. Disponível em: < <http://www.fao.org/ag/save-and-grow/cassava/pt/index.html>>. Acesso em: 20 jun 2023.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Produção global de mandioca**. Roma, 2023. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

FAGUNDES, L. K. et al. Desenvolvimento vegetativo em diferentes hastas da planta de mandioca em função da época de plantio. **Ciência Rural**, v.39, p.657-663, 2009.

FERMONT, A. M. et al. Closing the cassava yield gap: an analysis from small holder farms in East Africa. **Field Crops Research**, [S.l.], v.112, p. 24–36, 2009.

FRANCISCO, P. R. N. et al. Aptidão climática da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 4, p.1651-1661, 2017.

FUKAI, S.; HAMMER, G. L. A simulation modelo of the growth od the cassava crop and its use to estimate cassava productivity in Northern Australia. **Agricultural Systems**, v.23, p.237-257, 1987.

FUKUDA, W. M. G.; IGLESIAS, C.; SILVA, S. de O. e. Melhoramento de mandioca. **Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura**, 2003. 53 p.

GABRIEL, L. F. et al. Simulating cassava growth and yield under potential conditions in Southern Brazil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 106, n. 4, p. 1119-1137, 2014.

GRABLE, A.R.; SIEMER, E.G. Effects of bulk density aggregate size and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corn roots. **Soil Science Society of America Journal**, v.32, p.18-186, 1968.

GRASSINI, P. et al. High yield irrigated maize in the Western U.S. Corn Belt: II. Irrigation management and crop water productivity. **Field Crops Research**. [S.l.], v. 120, p. 133–144, 2011

GRASSINI, P. et al. Drivers of spatial and temporal variation in soybean yield and irrigation requirements in the western US Corn Belt. **Field Crops Research**, 163, 32–46, 2014.

GRASSINI, P. et al. How good is good enough? Data requirements for reliable crop yield simulations and yield-gap analysis. **Field Crops Research**, [S.l.], v. 177, p. 49–63, 2015.

GRASSINI, P. et al. Soybean yield gaps and water productivity in the western U.S. Corn Belt. **Field Crops Research**, [S.l.], v.179, p. 150-163, 2015.

HEILMAYR, R. et al. Brazil's Amazon Soy Moratorium reduced deforestation. **Nature Food**, 1(12), 801–810, 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

JARVIS, A. et al. Is Cassava the Answer to African Climate Change Adaptation? **Tropical Plant Biology**, v.5, p.9-29, 2012.

JOSEPH, T.; YEOH, H.H.; LOH, C.S. Linamarin content and genetic stability of cassava plants derived by somatic embryogenesis. **Euphytica**, v.120, p.7-13, 2001.

KEATING, B.A.; EVENSON, J.B. Effect of soil temperature on sprouting and sprout elongation of stem cuttings of cassava. **Field Crops Research**, v.2, p.241–252, 1979.

KINTCHÉ, K. et al. Cassava yield loss in farmer fields was mainly caused by low soil fertility and suboptimal management practices in two provinces of the Democratic Republic of Congo. **European Journal of Agronomy**, 89, 107–123, 2017.

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

LÉOTARD, G. et al. Phylogeography and the origin of cassava: new insights from the northern rim of the amazonian basin. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 53, n. 1, p. 329-334, 2009.

LIMA, A. G. et al. Produtividade de mandioca avaliada sobre adubação fosfatada e a adubação de cobertura. **Pubvet**, v. 12, n.8, p.1-4, 2018.

- LOBELL, D. B.; CASSMAN, K. G.; FIELD, C. B. Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. **Annual Review of Environment and Resources**, [S.l.], v. 34, n. 1, p. 17–204, 2009.
- LORENZI, J.O. et al. Teor de ácido cianídrico em variedades de mandioca cultivadas em quintais do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.52, p.1-5, 1993.
- MATTOS, P. L. P.; CARDOSO, E. M. R. **Cultivo de mandioca para o estado do Pará**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA, (Comunicado Técnico, 13), 2003.
- MATTHEWS, R. B.; HUNT, L. GUMCAS: um modelo que descreve o crescimento da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Field Crops Research**, v.36, p.69-84, 1994.
- MARIN, F. R. et al. Prospects for Increasing Sugarcane and Bioethanol Production on Existing Crop Area in Brazil. *BioScience*, 66(4), 2016.
- MERLOS, F. A. et al. Potential for crop production increase in Argentina through closure of existing yield gaps. **Field Crops Research**, 184, 145–154, 2015.
- MEZETTE, T.F. et al. Seleção de clones-elite de mandioca de mesa visando a características agronômicas, tecnológicas e químicas. **Bragantia**, v.68, p.601-609, 2009.
- MONTEIRO, L. A.; SENTELHAS, P. C. Calibração e teste de um modelo agrometeorológico para estimativa da produtividade da soja em diferentes regiões brasileiras. *Acta Scientiarum - Agronomy*, 36(3), 265–272, 2014.
- MONZON, J.P. et al. Fostering a climate-smart intensification for oil palm. **Nature Sustainability**, v.4, p.595–601, 2021.
- NASSAR, N. M. A. Wild cassava, *Manihot* spp.: Biology and potentialities for genetic improvement. **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, n. 1, p. 201-212, 2000.
- NOERWIJATI, K.; BUDIONO, R. Yield and Yield Components Evaluation of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Clones in Different Altitudes. *Energy Procedia*, 65, 155–161, 2015.
- NELSON, G. C. et al. **Food security, farming, and climate change to 2050: Scenarios, Result, Policy Options**. International Food Policy Research Institute, Washington, 2010, 155 p.
- NTAWURUHUNGA, P. et al. Evaluation of advanced cassava genotypes in Uganda. **African Crop Science Journal**, 14, 17–25, 2006.
- OBIERO, H. M. Multiplicação acelerada da mandioca e distribuição de materiais de plantio no oeste do Quênia. In: Programa de Emergência para Combater o Pandemia do Mosaico da Mandioca na África Oriental e Central. **Procedimentos do 5º Reunião Regional de Partes Interessadas**, p.15-23, 2004.
- PHONCHAROEN, P. et al. Growth rates and yields of cassava at different planting dates in a tropical savanna climate. **Scientia Agricola**, 76(5), 376–388, 2019.

RIBAS, G. G. et al. Assessing yield and economic impact of introducing soybean to the lowland rice system in southern Brazil. **Agricultural Systems**, 188, 103036, 2021.

RIBEIRO, M. N. O. et al. Anatomia foliar de mandioca em função do potencial para tolerância à diferentes condições ambientais. **Ciência Agrônoma**, v.43, n.2, p.354-361, 2012.

ROSENTHAL, D. M. et al. Cassava about-FACE: Greater than expected yield stimulation of cassava (*Manihot esculenta*) by future CO<sub>2</sub> levels. **Global Change Biology**, v.18, p.2661-2675, 2012.

SÁNCHEZ, T. Evaluación de 6000 variedades de yuca. Cali: CIAT, 2004.

SCHONS, A., et al. Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e consorciado: crescimento, desenvolvimento e produtividade. **Bragantia**, 68, 165-177. 2009.

SCHLENKER, W.; LOBELL, D. B. Robust negative impacts of climate change on African agriculture. **Environmental Research Letters**, v.5, p.1-8, 2010

SCHWENGBER, D. R. **Indicações técnicas para o cultivo da mandioca em Roraima**. Embrapa Roraima, Boa Vista, Roraima, 25p. (Circular Técnica 08), 2002.

SENTELHAS, P. C. et al. The soybean yield gap in Brazil - Magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. *Journal of Agricultural Science*, 153(8), 1394–1411, 2015.

SOPHEAP, U.; PATANOTHAI, A.; AYE, T. M. Unveiling constraints to cassava production in Cambodia: An analysis from farmers yield variations. 6. 2012.

SOUZA, A. P. et al. Tansley review Rooting for cassava: insights into photosynthesis and associated physiology as a route to improve yield potential. 50–65, 2017.

STRASSBURG, B. B. N et al. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. **Global Environmental Change**, 28(1), 84–97, 2014.

STUART, A. M. et al. Yield gaps in rice-based farming systems: Insights from local studies and prospects for future analysis. **Field Crops Research**, [S. l.], v. 194, p. 43–56, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. – Porto Alegre: Artmed, 2016.

TAGLIAPIETRA, E. L. et al. Biophysical and management factors causing yield gap in soybean in the subtropics of Brazil. *Agronomy Journal*, 113(2), 1882–1894, 2021.

TAGLIAPIETRA, B. L. et al. **Mandioca para Alimentação Humana e Animal**. Santa Maria, [s.n], 2019. 104p.

TAYLOR, H.M.; ROBERSON, G.M.; PARKER, J.J. Soil strength-root penetration relations to medium to coarse-textured soil materials. *Soil Science*, v.102, p.18-22, 1966.

- TIMSINA, J. et al. Can Bangladesh produce enough cereals to meet future demand? **Agricultural Systems**, 163, 36–44, 2018.
- TIRONI, L. F. et al. Desempenho de cultivares de mandioca em ambiente subtropical. **Bragantia**, Campinas, v. 74, p. 58-66, 2015.
- TIRONI, L. F. et al. Simanihot: a process-based model for simulating growth, development and productivity of cassava. **Engenharia Agrícola**, v.37, p. 471-483, 2017a.
- TIRONI, L. F. et al. **Ecofisiologia da Mandioca Visando Altas Produtividades**. Santa Maria: Editora GR. 2019. 136p.
- TITTONELL, P.; GILLER, K. E. When yield gaps are poverty traps: the paradigm of ecological intensification in African smallholder agriculture. **Field Crops Research**, [S. l.], v. 143, p. 76–90, 2013.
- VAN ITTERSUM, M. K.; RABBINGE, R. Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations. **Field Crops Research**, 52(3), 197–208, 1997.
- VAN ITTERSUM, M. K. et al. Yield gap analysis with local to global relevance – a review. **Field Crops Research**, [S. l.], v. 143, p. 4–17, 2013.
- VAN ITTERSUM, M. K. et al. Can sub-Saharan Africa feed itself? **Proceedings of the National academy of Sciences**, [S. l.], v. 113, n. 52, p. 14964–14969, 2016.
- VILPOUX, O. **A cadeia de mandioca no Brasil**. Campo Grande, SEBRAE - MS, 2006. 82 p.
- VISSES, F. D. A.; SENTELHAS, P. C. Yield gap of cassava crop as a measure of food security - an example for the main Brazilian producing regions. **Food security**, [S. l.], n.10, p. 1191–1202, 2018.

## **APÊNDICE 1 – EBOOK – MANDIOCA: COMO PRODUZIR MAIS E DE FORMA SUSTENTÁVEL**

Ebook desenvolvido durante o Doutorado, resultado da rede de ensaios de cultivares conduzidos na safra 2020/21 no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Além disso, mostra a aplicabilidade dos estudos de Yield Gap, a importância da identificação dos fatores de manejos que causam a perda de produtividade e a implementação a campo das práticas que maximizam a produtividade da mandioca.





Simanihot



# **MANDIOCA: COMO PRODUZIR MAIS E DE FORMA SUSTENTÁVEL**

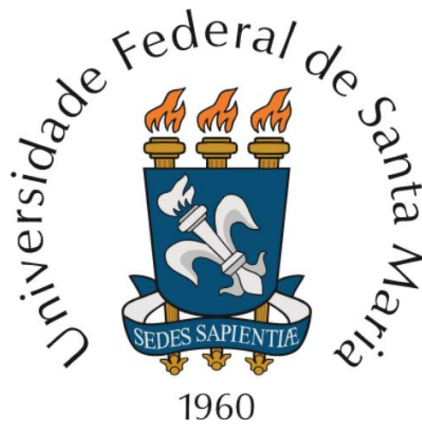
1ª EDIÇÃO – SETEMBRO 2021



JAIR MESSIAS BOLSONARO  
**Presidente da República**

MILTON RIBEIRO  
**Ministro de Estado da Educação**

WAGNER VILAS BOAS DE SOUZA  
**Secretário de Educação**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA**

PAULO AFONSO BURMANN  
**Reitor**

LUCIANO SCHUCH  
**Vice-Reitor**

**Projeto Registrado na UFSM: GAP/CCR nº 053397**

# MANDIOCA: COMO PRODUZIR MAIS E DE FORMA SUSTENTÁVEL

## CONSELHO EDITORIAL

Kelin Pribs Bexaira  
Nereu Augusto Streck  
Alencar Junior Zanon  
Charles Patrick de Oliveira de Freitas  
Guilhermi Penteado Simões  
Felipe de Andrade Tardetti  
Fabricio Vendruscolo Pinto Filho  
Daniélly Bruna Limberger  
Veronica Fuzer Guarienti  
Gilmara Peripolli Tonel  
André Müllich  
Karen Giovana Riquetta de Miranda  
Letícia Coradini Alves  
Paula de Souza Cardoso  
Alexandre Ferigolo Alves  
Luís Fernando Rodrigues de Oliveira  
Luana Fernandes Tironi  
Josemar Parise  
André Luis Vian  
Christian Bredemeier  
Amito José Teixeira  
Richard Ronan Heller  
Thais Pollon Zanatta  
José Alencar Zanon  
Naracelis Poletto  
Messias Silveira de Santana  
Mateus Potrich Bellé  
Daniel Debona





## CONSELHO EDITORIAL

Kelin Pribs Bexaira, Eng. Agrônoma, Mestra em Engenharia Agrícola, aluna de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e integrante da Equipe Simanihot.

Nereu Augusto Streck, Eng. Agrônomo, PhD, Professor do Departamento de Fitotecnia na UFSM, Coordenador da Equipe Simanihot e Pesquisador 1A CNPq.

Alencar Junior Zanon, Eng. Agrônomo, Doutor em Agronomia, Professor do Departamento de Fitotecnia na UFSM, Coordenador da Equipe Simanihot, Consultor do Fundo Latino Americano de Arroz Irrigado e Pesquisador CNPq.

Charles Patrick de Oliveira de Freitas, Eng. Agrônomo, Mestre em Agronomia, aluno de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola na UFSM e integrante da Equipe Simanihot.

Guilhermi Penteado Simões, aluno de graduação em Agronomia na UFSM e integrante da Equipe Simanihot.

Felipe de Andrade Tardetti, aluno de graduação em Agronomia na UFSM e integrante da Equipe Simanihot.

Fabrizio Vendruscolo Pinto Filho, aluno de graduação em Agronomia na UFSM e integrante da Equipe Simanihot.

Daniélly Bruna Limberger, aluna de graduação em Agronomia na UFSM e integrante da Equipe Simanihot.

Veronica Fuzer Guarienti, aluna de graduação em Agronomia na UFSM e integrante da Equipe Simanihot.

Gilmara Peripolli Tonel, aluna do Técnico em Agropecuária no Colégio Politécnico da UFSM e integrante da Equipe Simanihot.

André Müllich, aluno de graduação em Agronomia na UFSM e integrante da Equipe Simanihot.

Karen Giovana Riquetta de Miranda, aluna do curso de Tecnologia em Agronegócio na Universidade Federal de Santa Maria e integrante da Equipe Simanihot.

Letícia Coradini Alves, aluna de graduação em Agronomia na UFSM e integrante da Equipe Simanihot.

Paula de Souza Cardoso, Eng. Agrícola, Mestra em Engenharia Agrícola, aluna de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola na UFSM e integrante da Equipe Simanihot.

Alexandre Ferigolo Alves, Eng. Agrônomo, Mestre em Engenharia Agrícola, Aluno de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia na UFSM e integrante da Equipe Simanihot.



## CONSELHO EDITORIAL

Luís Fernando Rodrigues de Oliveira, Eng. Agrônomo, Extensionista Rural da Emater Regional de Santa Maria.

Luana Fernandes Tironi, Eng. Agrônoma, Doutora em Engenharia Agrícola, Extensionista Rural Nível Superior do município de Dilermando de Aguiar e integrante da Equipe Simanihot.

Josemar Parise, Eng. Agrônomo, Extensionista Rural da Emater Regional de Soledade.

André Luis Vian, Eng. Agrônomo, Doutor em Fitotecnia, Professor do Departamento de Plantas de Lavoura na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Coordenador do Grupo de Estudos em Agricultura Digital (GEAD).

Christian Bredemeier, Eng. Agrônomo, Doutor em Nutrição de Plantas/Agricultura de Precisão, Professor do Departamento de Plantas de Lavoura da UFRGS, Coordenador do Grupo de Estudos em Agricultura Digital (GEAD), Presidente da Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão e Digital e Vice-diretor Científico da Associação Brasileira de Agricultura de Precisão (AsBraAP).

Amito José Teixeira, Zootecnista, Doutor em Engenharia de Alimentos, Professor do Curso de Agronomia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Das Missões (URI) - Campus Erechim.

Richard Ronan Heller, bacharel em Administração pela Universidade de Passo Fundo (UPF), Especialista em Comércio Exterior e Agronegócio, agricultor e proprietário da Agroindústria Schmeckt Gut.

Thais Pollon Zanatta, Eng. Agrônoma, Mestre em Agronomia, Professora do curso de Agronomia do Centro de Ensino Superior Riograndense (Cesurg) e Diretora Técnica Bluagri Brasil.

José Alencar Zanon, Professor Estadual, Licenciado em Matemática e Física, Diretor da Escola Estadual de Ensino Fundamental Nossa Senhora Aparecida.

Naracelis Poletto, Eng. Agrônoma, Doutora em Fitotecnia, Professora do Instituto Federal Catarinense (IFC) - Campus Santa Rosa do Sul.

Messias Silveira de Santana, aluno de graduação em Agronomia no Instituto Federal Catarinense (IFC) - Campus Santa Rosa do Sul e integrante da equipe Simanihot.

Mateus Potrich Bellé, Eng. Agrônomo, Doutor em Engenharia Agrícola, Professor do Departamento de Ensino, Pesquisa e Extensão do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) - Campus São Carlos e Coordenador do curso Técnico em Agropecuária.

Daniel Debona, Eng. Agrônomo, Doutor em Fitopatologia, Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Campus Santa Helena e Coordenador da Equipe Protecrop.

Universidade Federal de Santa Maria  
Av. Roraima nº 1000 ,97105-900 - Cidade Universitária,  
Departamento de Fitotecnia - Prédio 77  
Bairro - Camobi, Santa Maria – RS

Contato:



SIMANIHOT



SIMANIHOT



SIMANIHOT



EQUIPESIMANIHOT

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP

M271

Mandioca: como produzir mais e de forma sustentável  
[recurso eletrônico] / Kelin Pribs Bexaira... [et al.]. –  
Santa Maria: [s.n.], 2021.

68 p. : il. color.

Disponível em PDF.

ISBN 978-65-89469-13-1

1. Mandioca 2. Alimento I. Título

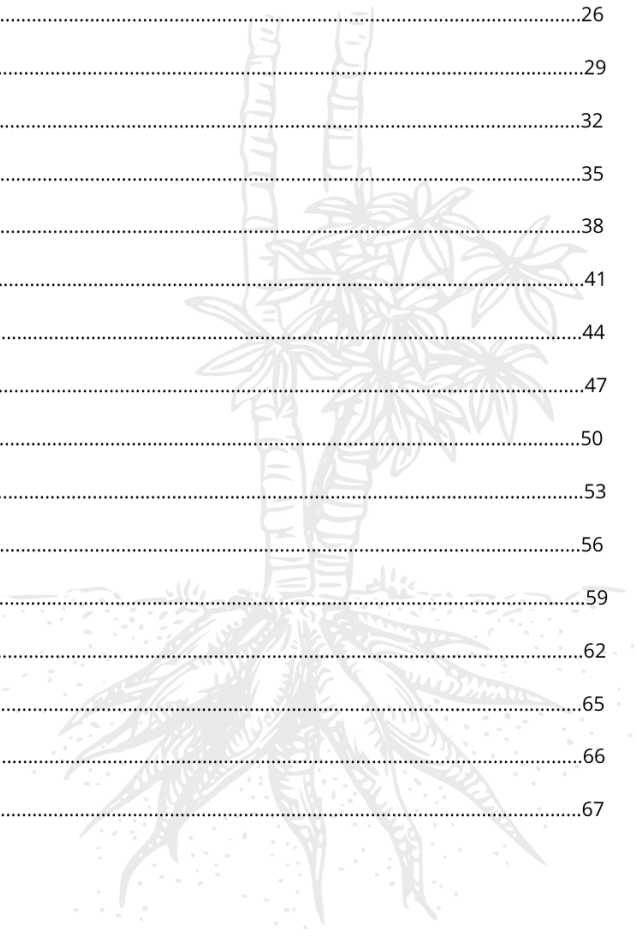
CDU 633.493

Bibliotecária responsável Trilce Morales – CRB 10/2209

**Projeto Registrado na UFSM: GAP/CCR nº 053397**

## SUMÁRIO

A EQUIPE SIMANIHOT.....	08
MANDIOCA: COMO PRODUZIR MAIS E DE FORMA SUSTENTÁVEL.....	08
POTENCIAL E LACUNA DE PRODUTIVIDADE.....	09
O PROJETO POTENCIAL E LACUNA DE PRODUTIVIDADE DE MANDIOCA NO BRASIL.....	10
REDE DE ENSAIOS DE CULTIVARES DE MANDIOCA NA SAFRA 2020/2021.....	11
CULTIVARES DE MANDIOCA NO SUL DO BRASIL.....	12
DILERMANDO DE AGUIAR/RS.....	14
TOROPI/RS.....	17
CACHOEIRA DO SUL/RS.....	20
PINHAL GRANDE/RS.....	23
TUPANCIRETÃ/RS.....	26
JÚLIO DE CASTILHOS/RS.....	29
SÃO VICENTE DO SUL/RS.....	32
JAGUARI/RS.....	35
VENÂNCIO AIRES/RS.....	38
MATO LEITÃO/RS.....	41
NÃO-ME-TOQUE/RS.....	44
SANTA MARIA/RS.....	47
ELDORADO DO SUL/RS.....	50
ERECHIM/RS.....	53
ARARANGUÁ/SC.....	56
SÃO CARLOS/SC.....	59
SANTA HELENA/PR.....	62
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
AGRADECIMENTOS.....	67



## A EQUIPE SIMANIHOT

A Equipe Simanihot é uma equipe multidisciplinar e multi-institucional de pesquisa, ensino e extensão, que desenvolve trabalhos com a cultura da mandioca, por meio de demandas regionais com foco na intensificação sustentável da agricultura. As ações de geração de conhecimento e transferência de tecnologia capitaneados pela Equipe Simanihot são baseadas na interação C x A x M x P (Cultivar x Ambiente x Manejo x Produtor).

## MANDIOCA: COMO PRODUZIR MAIS E DE FORMA SUSTENTÁVEL

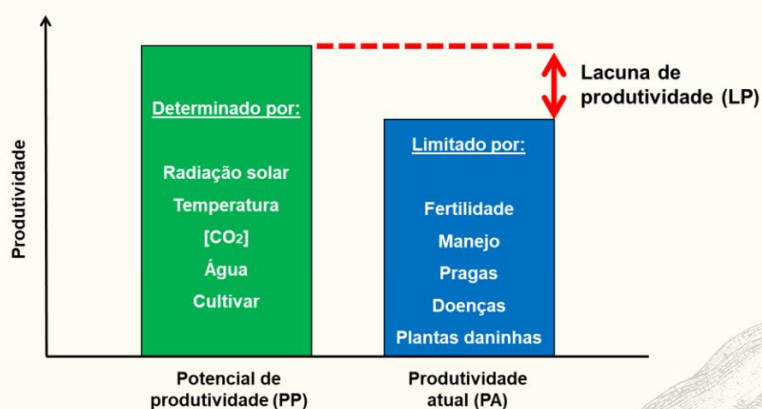
A primeira edição do livro 'Mandioca: como produzir mais e de forma sustentável' reúne um compilado dos resultados dos ensaios de cultivares de mandioca conduzidos pela Equipe Simanihot juntamente com seus parceiros na safra 2020/2021. O objetivo do livro é compartilhar resultados que possam auxiliar os produtores na escolha da cultivar de mandioca mais adequada ao seu sistema de produção, assim como, as principais práticas de manejo para maximizar a produtividade.



## POTENCIAL E LACUNA DE PRODUTIVIDADE

O potencial de produtividade em uma lavoura ocorre quando a taxa de crescimento da cultura é determinada pela **radiação solar interceptada pelo dossel, temperatura, CO<sub>2</sub> atmosférico, água e cultivar** (Evans, 1993). A cultivar é o fator que o produtor tem maior domínio para modificar em sua lavoura e o entendimento da interação cultivar x ambiente é fundamental.

A diferença entre o potencial de produtividade (PP) e a produtividade atual (PA) é conhecida como lacuna de produtividade. O manejo e a fertilidade do solo são os principais fatores que limitam a produtividade atual, portanto, é de extrema importância o conhecimento destes para produzir mais e de forma sustentável.



Adaptado de: Grassini et al, 2015; Van Ittersum and Rabbinge, 1997.



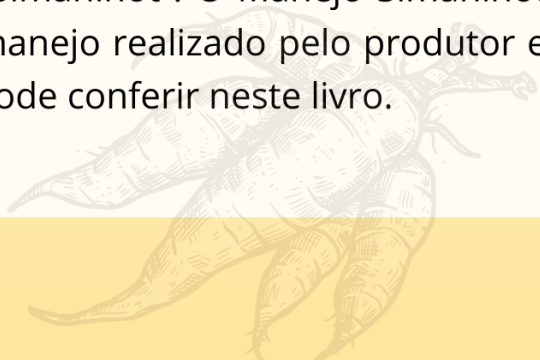


## O PROJETO POTENCIAL E LACUNA DE PRODUTIVIDADE DE MANDIOCA NO BRASIL

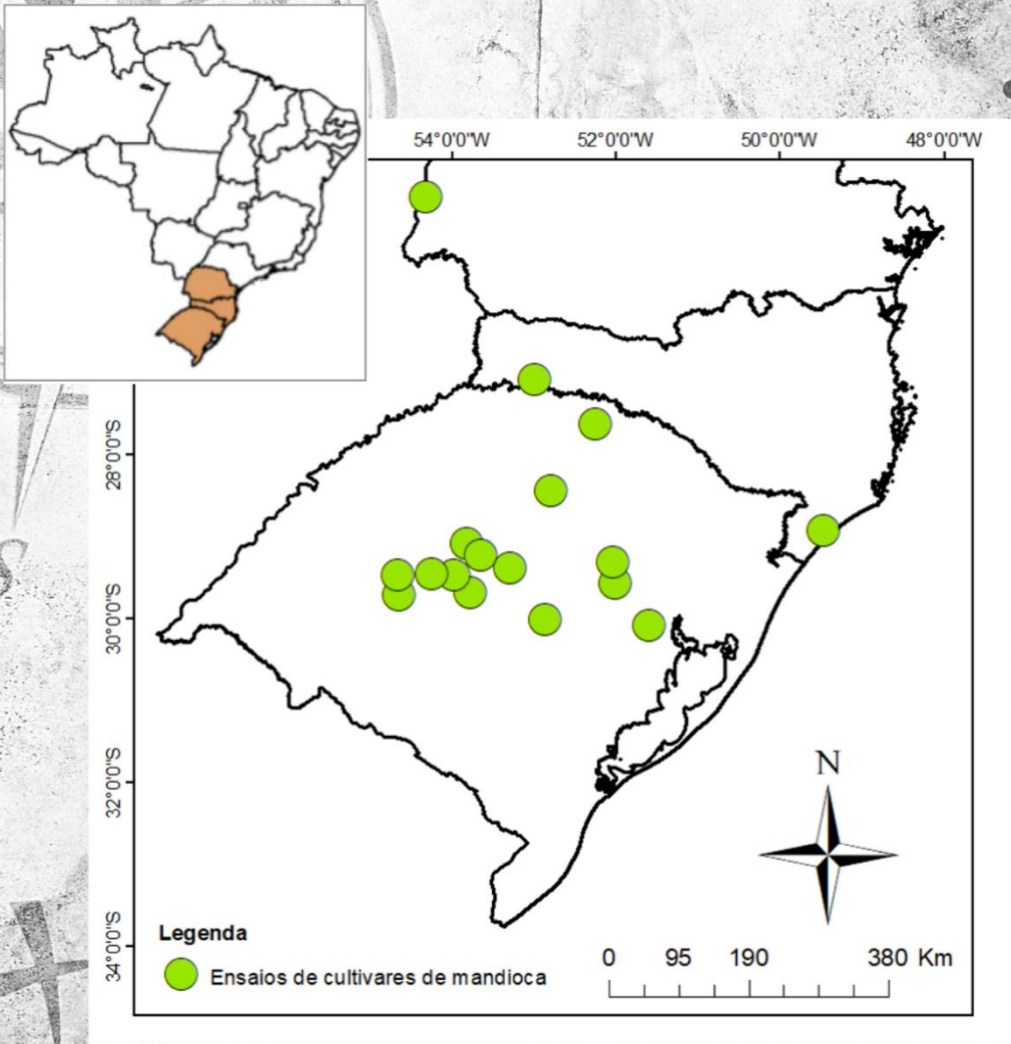
Em 2017, iniciou no Rio Grande do Sul (RS) o projeto potencial e lacuna de produtividade de mandioca, com o objetivo de determinar o potencial e a lacuna de produtividade e os principais fatores biofísicos e de manejo que estão limitando a produtividade de mandioca. Foram avaliadas mais de 200 lavouras de mandioca no RS até a safra 2019/2020.

Com isso, identificou-se que as principais práticas de manejo que estão limitando a produtividade de mandioca no RS são: **a época de plantio, a densidade de plantas, o manejo de plantas daninhas e da adubação.**

Portanto, na safra 2020/2021, foram conduzidos ensaios de cultivares de mandioca na Região Sul do Brasil aplicando o manejo para altas produtividades encontrado nas mais de 200 lavouras avaliadas desde o início do projeto e essas práticas de manejo foram chamadas de “Manejo Simanihot”. O Manejo Simanihot foi comparado com o manejo realizado pelo produtor e esses resultados você pode conferir neste livro.



## REDE DE ENSAIOS DE CULTIVARES DE MANDIOCA NA SAFRA 2020/2021



## CULTIVARES DE MANDIOCA NO SUL DO BRASIL

No mundo existem cerca de 9000 cultivares de mandioca e mais de 4500 destas são originárias do Brasil. No Rio Grande do Sul, estão presentes cerca de 90 a 100 cultivares (Tironi et al., 2019), porém, existe uma perda do nome de registro, pois os agricultores nomeiam a cultivar com uma característica morfológica, como por exemplo: pinheirinho (lembra um pinheiro), casca roxa (cor do córtex da raiz), tristeza (folhas caídas).

As cultivares Vassourinha, Aceguá, Gema de Ovo e Branca são as principais cultivares de mandioca de mesa encontradas no Sul do Brasil. As principais características de uma cultivar de mandioca de mesa são: rápido cozimento (30 minutos ou menos), sabor, textura, maciez, fácil descasque, produtividade, coloração de polpa (depende do consumidor), facilidade no arranque e tamanho da cepa na raiz.



São consideradas raízes comercializáveis quando estas apresentam comprimento maior que 10 cm e diâmetro maior que 2 cm e consideradas raízes não comercializáveis as demais raízes (Schons et al., 2009). As raízes não comercializáveis geralmente são usadas para a alimentação animal ou são trituradas para uso culinário.

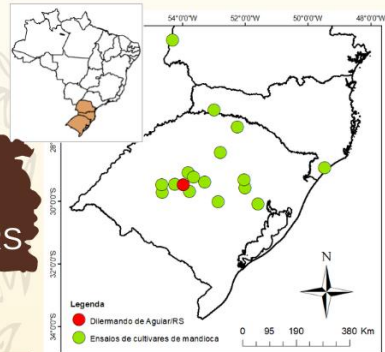
Tabela 1. Parâmetros morfológicos das principais cultivares de mandioca de mesa no Sul do Brasil.

Nome da Cultivar	Uso	Cor da haste	Nº de ramificações	Cor do pecíolo	Cor de folhas	Cor da película das raízes	Cor do córtex das raízes	Cor da polpa
<b>Vassourinha</b>	Mesa	Verde	1	Verde	Verde	Marrom	Branca	Branca
<b>Aceguá</b>	Mesa	Verde escuro	1	Bordo	Verde claro	Marrom	Rosa	Branca
<b>Gema de Ovo</b>	Mesa	Verde claro	2	Verde	Verde escuro	Marrom	Amarela	Amarela
<b>Pronta Mesa</b>	Mesa	Verde	1	Vermelho	Verde	Marrom claro	Branca	Branca
<b>Estrangeira</b>	Mesa	Verde Claro	-	Laranja	Verde	Marrom escuro	Branca	Branca
<b>São José</b>	Mesa	Verde escuro	-	Rosa	Verde escuro	Marrom	Amarela	Amarela
<b>Aipim Batata</b>	Mesa	Verde	-	Amarela	Verde	Amarela claro	Amarela	Amarela
<b>RS 13</b>	Forrageira	Verde	3	Rosa	Verde escuro	Marrom claro	Branca	Branca
<b>Pioneira</b>	Mesa Biofortificada	Verde escuro	1	Roxa	Verde escuro	Marrom escuro	Amarela	Amarela
<b>IAC 576</b>	Mesa Biofortificada	Verde	4	Rosa	Verde	Marrom claro	Amarela	Amarela
<b>BRS 399</b>	Mesa Biofortificada	Verde escuro	5	Verde	Verde escuro	Marrom	Rosa	Amarela

Fonte: Equipe Simanihot.



 **Produtor: Rubem Flores Saidelles**  
 **Município: Dilermando de Aguiar/RS**



**Plantio: 23/09/2020**



**Visita: 22/01/2021**



**Evento: 22/04/2021**





**Produtor:** Rubem Flores Saidelles



**Município:** Dilermando de Aguiar/RS

Tabela 2. Práticas de manejo realizadas no ensaio de cultivares em Dilermando de Aguiar/RS (Manejo Simanihot) e o manejo do produtor realizado na lavoura comercial.

	Manejo Simanihot	Manejo Produtor
Plantio	23/09/2020	22/09/2020
Colheita	01/05/2021	01/05/2021
Espaçamento	0,80 x 0,80 m	1,00 x 0,85 m
Adubação de base	325 kg ha <sup>-1</sup> de 05-20-20	Não
Adubação em cobertura	119 kg ha <sup>-1</sup> de ureia (45%N)	Não
Pré-emergente	Flumioxazina (50 g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Não
Nº de controle de PD	2	2
Camalhão	Não	Não

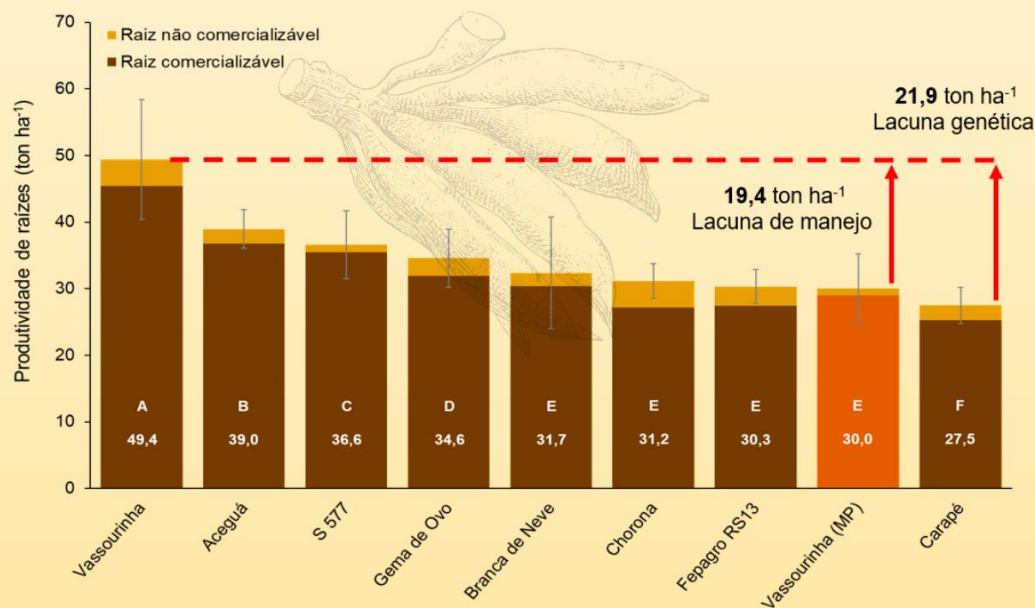


Figura 1. Produtividade de raízes comerciais e não comerciais do ensaio de cultivares de mandioca em Dilermando de Aguiar/RS. A barra laranja é a cultivar e o manejo da lavoura do produtor (MP). As letras diferentes significam que as médias diferem a 5 % de probabilidade de erro pelo teste Scott-Knott.




**Produtor:** Rubem Flores Saidelles

**Município:** Dilermando de Aguiar/RS


## Análise química do solo

Tabela 3. Análise química do solo da área em que foi conduzido o ensaio de cultivares de mandioca em Dilermando de Aguiar/RS.

Diagnóstico	Valores analíticos	Interpretação
pH	4,6	-
Saturação de Bases (%)	24,4	-
Saturação de Alumínio (%)	21,4	-
Argila (%)	15,0	Classe 4
Matéria Orgânica (%)	1,8	Baixo
CTC pH 7,0 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	9,1	Médio
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	9,0	Baixo
Potássio (mg/dm <sup>3</sup> )	60,0	Médio
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	1,3	Baixo
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	0,7	Médio

## Conclusão

Em Dilermando de Aguiar/RS, as produtividades variaram de 27,5 a 49,4 ton ha<sup>-1</sup>, apresentando uma lacuna genética de 21,9 ton ha<sup>-1</sup>. A lacuna genética é caracterizada pela diferença de produtividade entre as cultivares quando submetidas ao mesmo manejo. No entanto, o produtor já utiliza a cultivar que apresentou maior produtividade, não sendo necessária a inserção de novas cultivares para a produção de raízes. Quando comparado o manejo Simanihot com o manejo do produtor, utilizando a mesma cultivar (Vassourinha), o manejo Simanihot aumentou a produtividade em 64,7 %, ou seja, a lacuna de manejo que o produtor tem é de 19,4 ton ha<sup>-1</sup>. Portanto, para aumentar a produtividade o produtor deverá adequar práticas de manejo, tais como: aumentar a densidade de plantas (15-16 mil plantas ha<sup>-1</sup>), uso de herbicida pré-emergente e a utilização de adubação de base e de cobertura conforme a análise do solo.

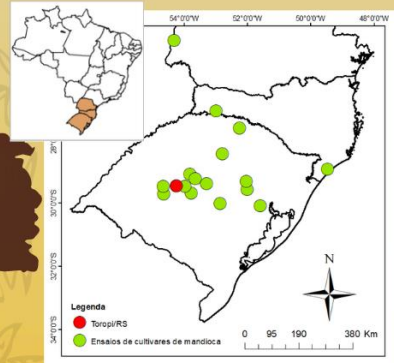
16



**Produtor:** Dalmir Daniel Moraes



**Município:** Toropi/RS



**Plantio:** 30/09/2020



**Visita:** 15/01/2021



**Colheita:** 29/04/2021







**Produtor:** Dalmir Daniel Moraes



**Município:** Toropi/RS

Tabela 4. Práticas de manejo realizadas no ensaio de cultivares em Toropi/RS (Manejo Simanihot) e o manejo do produtor realizado na lavoura comercial.

	Manejo Simanihot	Manejo Produtor
Plantio	30/09/2020	06/10/2020
Colheita	29/04/2021	29/04/2021
Espaçamento	0,80 x 0,80 m	0,99 x 0,64 m
Adubação de base	325 kg ha <sup>-1</sup> de 05-20-20	325 kg ha <sup>-1</sup> de 05-20-20
Adubação em cobertura	119,4 kg ha <sup>-1</sup> de ureia (45%N)	119,4 kg ha <sup>-1</sup> de ureia (45%N)
Pré-emergente	Flumioxazina (50 g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Não
Nº de controle de PD	2	2
Camalhão	Não	Não

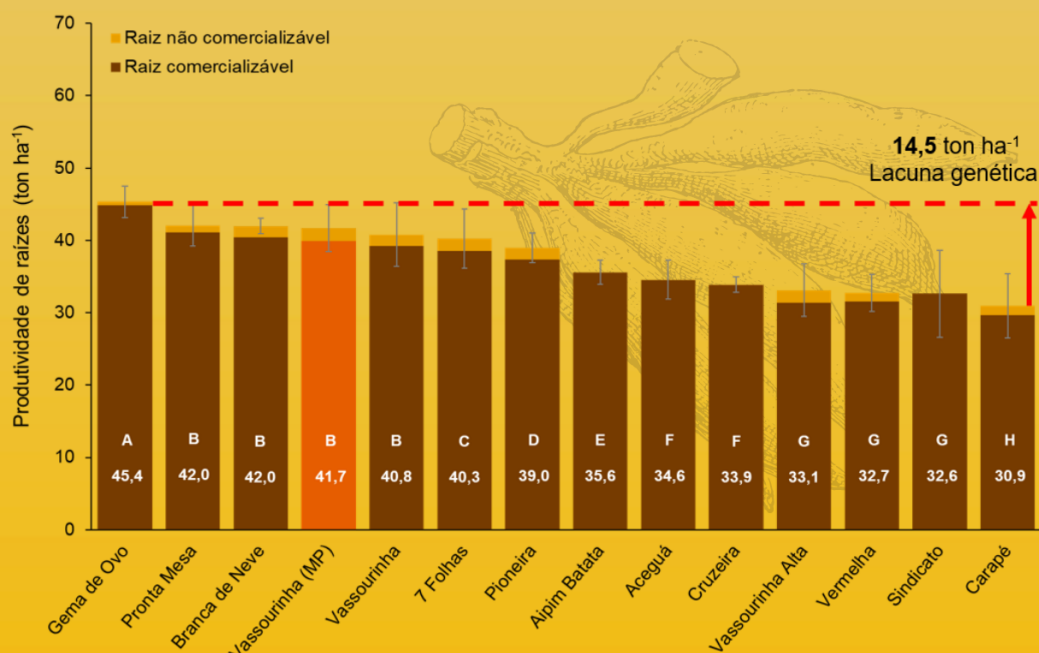
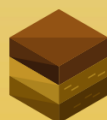


Figura 2. Produtividade de raízes comerciais e não comerciais do ensaio de cultivares de mandioca em Toropi/RS. A barra laranja é a cultivar e o manejo da lavoura do produtor (MP). As letras diferentes significam que as médias diferem a 5 % de probabilidade de erro pelo teste Scott-Knott.

**Produtor:** Dalmir Daniel Moraes**Município:** Toropi/RS



## Análise química do solo

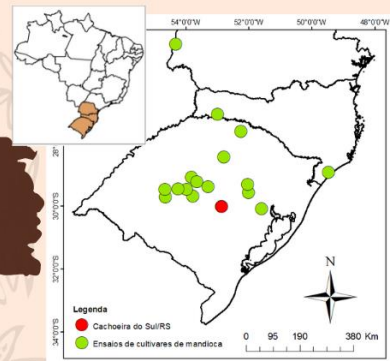
Tabela 5. Análise química do solo da área em que foi conduzido o ensaio de cultivares de mandioca em Toropi/RS.

Diagnóstico	Valores analíticos	Interpretação
pH	5,9	-
Saturação de Bases (%)	75,6	-
Saturação de Alumínio (%)	0,0	-
Argila (%)	20,0	Classe 4
Matéria Orgânica (%)	1,8	Baixo
CTC pH 7,0 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	16,0	Alto
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	9,7	Baixo
Potássio (mg/dm <sup>3</sup> )	264,0	Muito Alto
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	9,3	Alto
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	2,1	Alto

## Conclusão

Em Toropi/RS, as produtividades variaram de 30,9 a 45,4 ton ha<sup>-1</sup>, apresentando uma lacuna genética de 14,5 ton ha<sup>-1</sup>. Quando comparado o manejo Simanihot com o manejo do produtor, utilizando a mesma cultivar (Vassourinha), não apresentou diferença significativa, isto porque o manejo do produtor é similar ao manejo Simanihot. Sendo assim, para o aumento da produtividade o produtor poderá inserir outra cultivar no sistema produtivo, como a Gema de Ovo que atingiu a maior produtividade. No entanto, a escolha da cultivar depende de outros fatores além da produtividade, como a demanda do consumidor.

 **Produtor:** Luiz Ernani Macedo  
 **Município:** Cachoeira do Sul/RS



**Plantio: 13/10/2020**



**Visita: 08/02/2021**



**Colheita: 18/05/2021**







**Produtor:** Luiz Ernani Macedo



**Município:** Cachoeira do Sul/RS

Tabela 6. Práticas de manejo realizadas no ensaio de cultivares em Cachoeira do Sul/RS (Manejo Simanihot) e o manejo do produtor realizado na lavoura comercial.

	Manejo Simanihot	Manejo Produtor
Plantio	13/10/2020	10/10/2020
Colheita	18/05/2021	18/05/2021
Espaçamento	0,80 x 0,80 m	1,30 x 0,85 m
Adubação de base	325 kg ha <sup>-1</sup> de 05-20-20	150 kg ha <sup>-1</sup> de adubo orgânico
Adubação em cobertura	119 kg ha <sup>-1</sup> de ureia (45%N)	52,5 kg ha <sup>-1</sup> de ureia (45%N)
Pré-emergente	Flumioxazina (50 g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Clomazone (1500 g i.a. ha <sup>-1</sup> )
Nº de controle de PD	2	2
Camalhão	Não	Sim

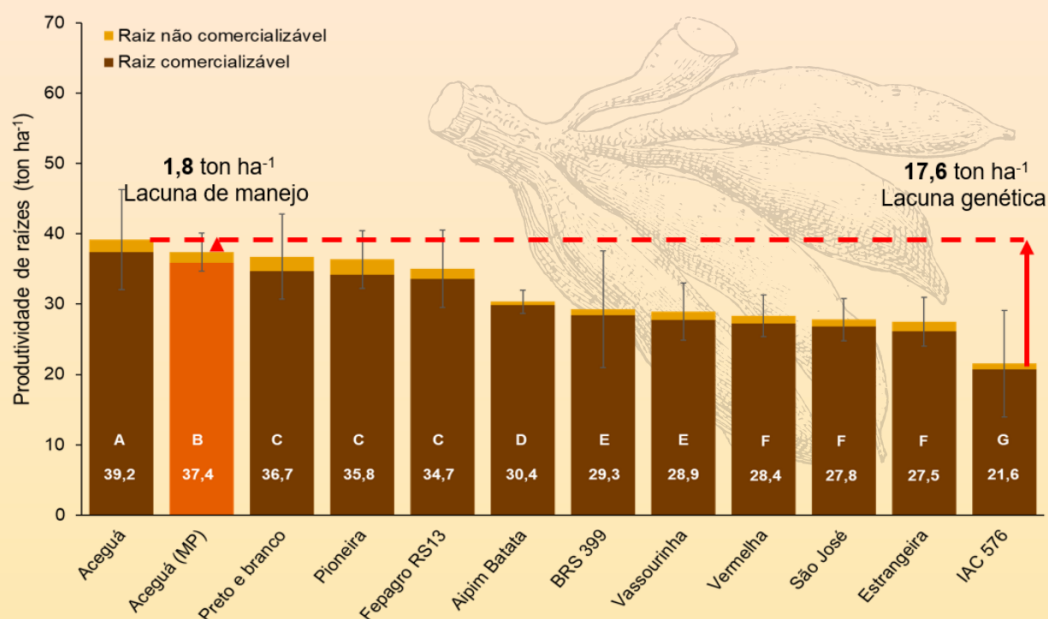


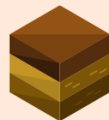
Figura 3. Produtividade de raízes comerciais e não comerciais do ensaio de cultivares de mandioca em Cachoeira do Sul/RS. A barra laranja é a cultivar e o manejo da lavoura do produtor (MP). As letras diferentes significam que as médias diferem a 5 % de probabilidade de erro pelo teste Scott-Knott.



**Produtor:** Luiz Ernani Macedo



**Município:** Cachoeira do Sul/RS



## Análise química do solo

Tabela 7. Análise química do solo da área em que foi conduzido o ensaio de cultivares de mandioca em Cachoeira do Sul/RS.

Diagnóstico	Valores analíticos	Interpretação
pH	5,0	-
Saturação de Bases (%)	36,0	-
Saturação de Alumínio (%)	6,9	-
Argila (%)	10,0	Classe 4
Matéria Orgânica (%)	0,6	Baixo
CTC pH 7,0 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	7,6	Médio
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	38,2	Muito Alto
Potássio (mg/dm <sup>3</sup> )	72,0	Alto
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	1,9	Baixo
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	0,6	Médio

## Conclusão

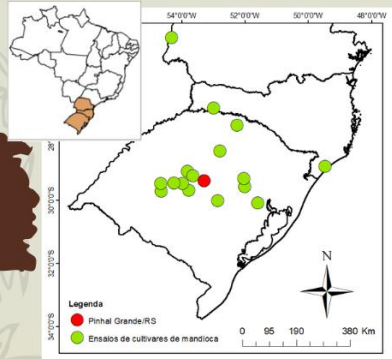
Em Cachoeira do Sul/RS, as produtividades variaram de 21,6 a 39,2 ton ha<sup>-1</sup>, apresentando uma lacuna genética de 17,6 ton ha<sup>-1</sup>. No entanto, o produtor já utiliza a cultivar que apresentou maior produtividade. Quando comparado o manejo Simanihot com o manejo do produtor, utilizando a mesma cultivar (Aceguá), a lacuna de manejo foi de 1,8 ton ha<sup>-1</sup>. Essa pequena lacuna de manejo se deve ao fato do produtor já fazer um manejo similar ao manejo Simanihot. Nesse caso, o produtor está atingindo níveis altos de produtividade, podendo inserir outras cultivares no sistema produtivo para atender novos nichos de mercado, como cultivares biofortificadas de polpa amarela (BRS 399) e cultivares forrageiras (Fepagro RS13).



**Produtor:** Lucas Somavilla



**Município:** Pinhal Grande/RS



**Plantio:** 14/10/2020



**Visita:** 14/01/2021



**Colheita:** 27/05/2021







**Produtor:** Lucas Somavilla



**Município:** Pinhal Grande/RS

Tabela 8. Práticas de manejo realizadas no ensaio de cultivares em Pinhal Grande/RS (Manejo Simanihot) e o manejo do produtor realizado na lavoura comercial.

	Manejo Simanihot	Manejo Produtor
Plantio	14/10/2020	04/09/2020
Colheita	27/05/2021	27/05/2021
Espaçamento	0,80 x 0,80 m	1,15 x 0,76 m
Adubação de base	125 kg ha <sup>-1</sup> de 05-20-20	Não
Adubação em cobertura	141,7 kg ha <sup>-1</sup> de ureia (45%N)	Não
Pré-emergente	Flumioxazina (50 g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Não
Nº de controle de PD	2	4
Camalhão	Sim	Sim

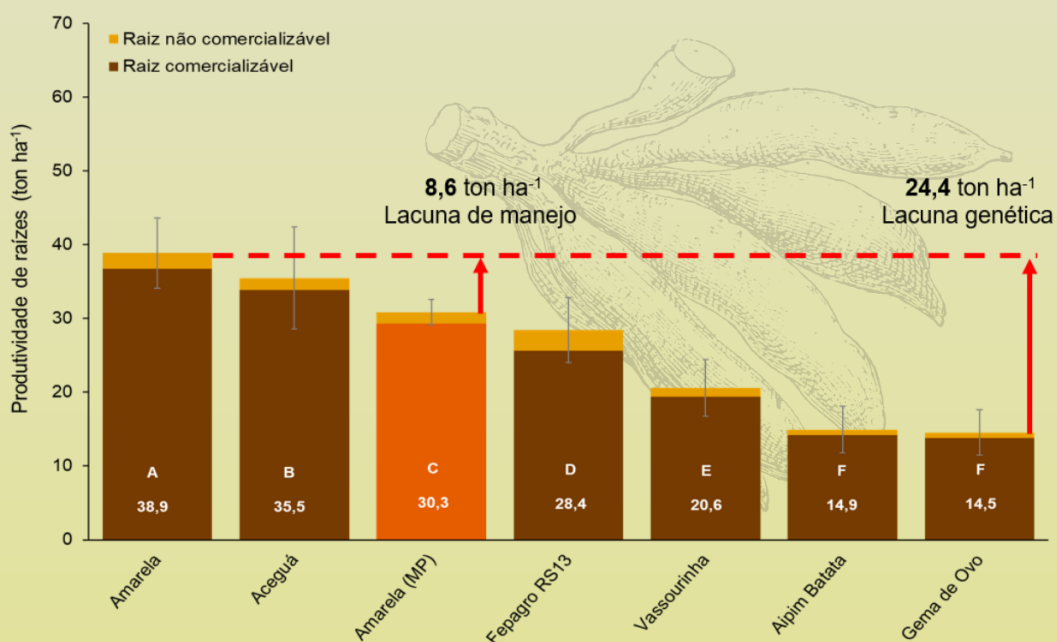


Figura 4. Produtividade de raízes comerciais e não comerciais do ensaio de cultivares de mandioca em Pinhal Grande/RS. A barra laranja é a cultivar e o manejo da lavoura do produtor (MP). As letras diferentes significam que as médias diferem a 5 % de probabilidade de erro pelo teste Scott-Knott.

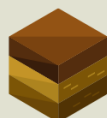
24



**Produtor:** Lucas Somavilla



**Município:** Pinhal Grande/RS



## Análise química do solo

Tabela 9. Análise química do solo da área em que foi conduzido o ensaio de cultivares de mandioca em Pinhal Grande/RS.


Diagnóstico	Valores analíticos	Interpretação
pH	4,3	-
Saturação de Bases (%)	27,2	-
Saturação de Alumínio (%)	17,9	-
Argila (%)	19,0	Classe 4
Matéria Orgânica (%)	1,4	Baixo
CTC pH 7,0 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	16,9	Alto
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	26,9	Alto
Potássio (mg/dm <sup>3</sup> )	193,0	Muito Alto
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	3,3	Médio
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	0,8	Médio

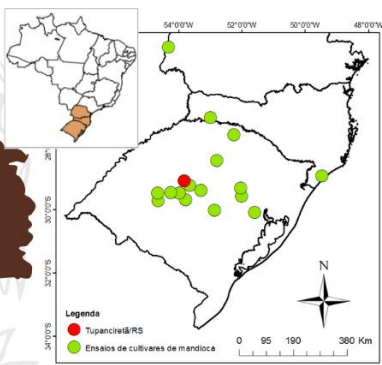
## Conclusão

Em Pinhal Grande/RS, as produtividades variaram de 14,5 a 38,9 ton ha<sup>-1</sup>, apresentando uma lacuna genética de 24,4 ton ha<sup>-1</sup>. No entanto, o produtor já utiliza a cultivar que apresentou maior produtividade. Quando comparado o manejo Simanihot com o manejo do produtor, utilizando a mesma cultivar (Amarela), a lacuna de manejo foi de 8,6 ton ha<sup>-1</sup>, ou seja, com o manejo Simanihot se teve um aumento de 28,4 % na produtividade. Portanto, para aumentar a produtividade o produtor deverá adequar práticas de manejo, tais como: aumentar a densidade de plantas (15-16 mil plantas ha<sup>-1</sup>), uso de herbicida pré-emergente e a utilização de adubação de base e de cobertura conforme a análise do solo. O uso do herbicida pré-emergente reduziu dois controles de plantas daninhas durante o ciclo.

25



 **Produtor:** Jolcimar Guilard  
 **Município:** Tupanciretã/RS



**Plantio: 22/09/2020**



**Visita: 14/01/2021**



**Colheita: 27/04/2021**





 **Produtor:** Jolcimar Guilard  
 **Município:** Tupanciretã/RS

Tabela 10. Práticas de manejo realizadas no ensaio de cultivares em Tupanciretã/RS (Manejo Simanihot) e o manejo do produtor realizado na lavoura comercial.

	Manejo Simanihot	Manejo Produtor
Plantio	22/09/2020	19/09/2020
Colheita	27/04/2021	27/04/2021
Espaçamento	0,80 x 0,80 m	1,01 x 0,86 m
Adubação de base	325 kg ha <sup>-1</sup> de 05-20-20	214,3 kg ha <sup>-1</sup> de 5-20-20
Adubação em cobertura	119,4 kg ha <sup>-1</sup> de ureia (45%N)	119,4 kg ha <sup>-1</sup> de ureia (45%N)
Pré-emergente	Flumioxazina (50 g i.a. ha <sup>-1</sup> )	S – Metolaclo (1440 g i.a. ha <sup>-1</sup> )
Nº de controle de PD	2	2
Camalhão	Sim	Não

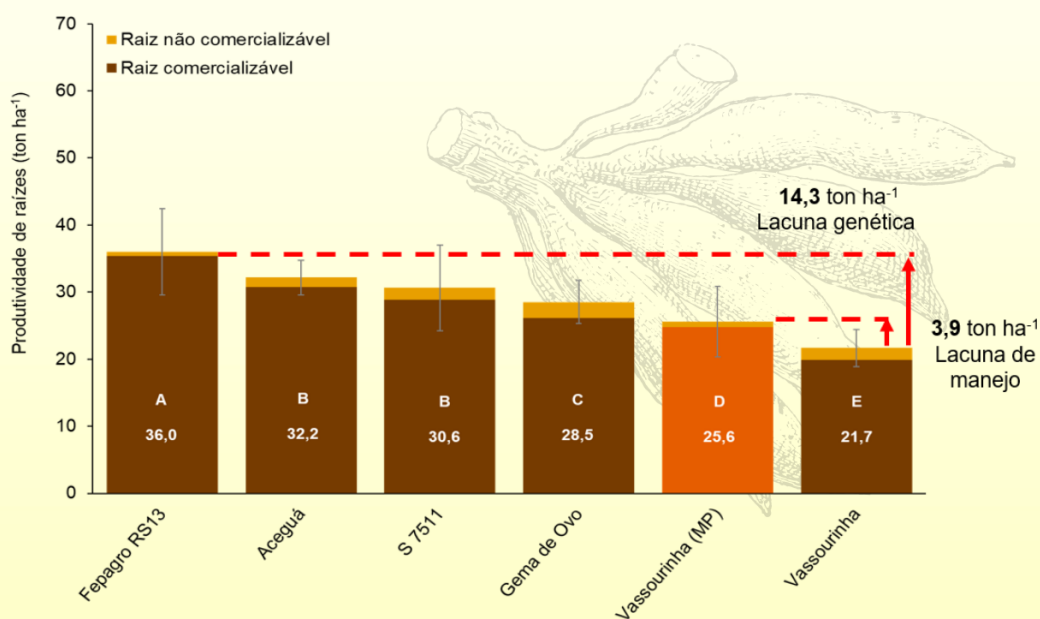
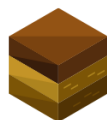


Figura 5. Produtividade de raízes comerciais e não comerciais do ensaio de cultivares de mandioca em Tupanciretã/RS. A barra laranja é a cultivar e o manejo da lavoura do produtor (MP). As letras diferentes significam que as médias diferem a 5 % de probabilidade de erro pelo teste Scott-Knott.


**Produtor:** Jolcimar Guillard

**Município:** Tupanciretã/RS


## Análise química do solo

Tabela 11. Análise química do solo da área em que foi conduzido o ensaio de cultivares de mandioca em Tupanciretã/RS.



Diagnóstico	Valores analíticos	Interpretação
pH	4,9	-
Saturação de Bases (%)	65,0	-
Saturação de Alumínio (%)	8,1	-
Argila (%)	34	Classe 3
Matéria Orgânica (%)	1,8	Baixo
CTC pH 7,0 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	8,7	Médio
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	5,9	Baixo
Potássio (mg/dm <sup>3</sup> )	62,2	Alto
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	3,7	Médio
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	1,8	Alto

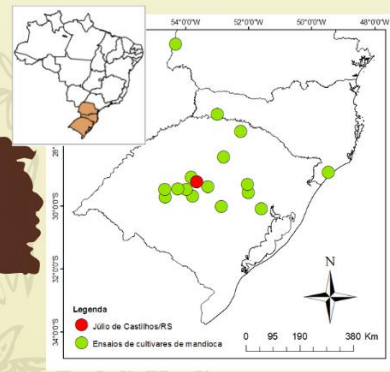
## Conclusão

Em Tupanciretã/RS, as produtividades variaram de 21,7 a 36,0 ton ha<sup>-1</sup>, apresentando uma lacuna genética de 14,3 ton ha<sup>-1</sup>. Quando comparado o manejo Simanihot com o manejo do produtor, utilizando a mesma cultivar (Vassourinha), a lacuna de manejo foi de 3,9 ton ha<sup>-1</sup>, porém, o manejo do produtor foi superior. Isso, possivelmente, se deve ao fato do ensaio de cultivares de mandioca ter sido implantado em uma área nova, ao contrário da lavoura do produtor que foi plantada em uma área de cultivo de olerícolas, com histórico de correção e adubação do solo. Além disso, o manejo do produtor é muito similar ao manejo Simanihot, portanto, para o aumento da produtividade, pode ser inserido no sistema produtivo novas cultivares, como a Fepagro RS13 (de mesa e forrageira) e Aceguá, que apresentaram as melhores produtividades.

28



 **Produtor:** Waldemar Kompler  
 **Município:** Júlio de Castilhos/RS



**Plantio: 29/09/2020**



**Visita: 14/01/2021**



**Colheita: 27/04/2021**





 **Produtor:** Waldemar Kompler  
 **Município:** Júlio de Castilhos/RS

Tabela 12. Práticas de manejo realizadas no ensaio de cultivares em Júlio de Castilhos/RS (Manejo Simanihot) e o manejo do produtor realizado na lavoura comercial.

	Manejo Simanihot	Manejo Produtor
Plantio	29/09/2020	06/10/2020
Colheita	27/04/2021	27/04/2021
Espaçamento	0,80 x 0,80 m	0,84 x 0,82 m
Adubação de base	325 kg ha <sup>-1</sup> de 05-20-20	Não
Adubação em cobertura	119,4 kg ha <sup>-1</sup> de ureia (45%N)	Não
Pré-emergente	Flumioxazina (50 g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Não
Nº de controle de PD	2	4
Camalhão	Não	Não

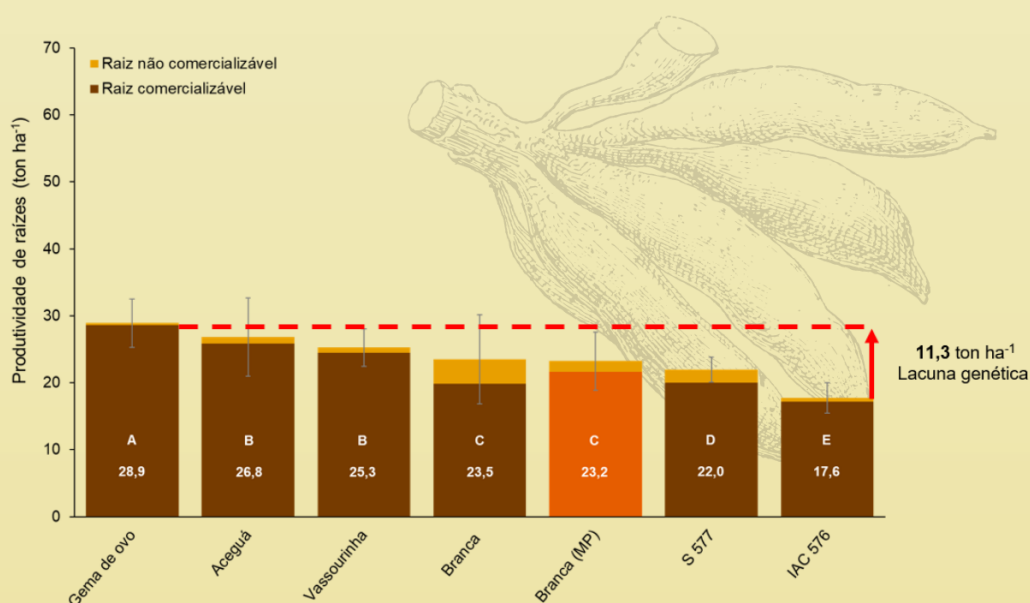


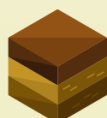
Figura 6. Produtividade de raízes comerciais e não comerciais do ensaio de cultivares de mandioca em Júlio de Castilhos/RS. A barra laranja é a cultivar e o manejo da lavoura do produtor (MP). As letras diferentes significam que as médias diferem a 5 % de probabilidade de erro pelo teste Scott-Knott.



**Produtor:** Waldemar Kompler



**Município:** Júlio de Castilhos/RS



## Análise química do solo

Tabela 13. Análise química do solo da área em que foi conduzido o ensaio de cultivares de mandioca em Júlio de Castilhos/RS.


Diagnóstico	Valores analíticos	Interpretação
pH	4,7	-
Saturação de Bases (%)	29,9	-
Saturação de Alumínio (%)	13,3	-
Argila (%)	42	Classe 2
Matéria Orgânica (%)	2,2	Baixo
CTC pH 7,0 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	17,5	Alto
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	10,8	Alto
Potássio (mg/dm <sup>3</sup> )	60,0	Baixo
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	3,3	Médio
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	1,8	Alto

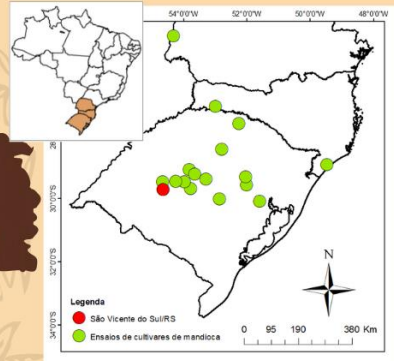
### Conclusão

Em Júlio de Castilhos/RS, as produtividades variaram de 17,6 a 28,9 ton ha<sup>-1</sup>, apresentando uma lacuna genética de 11,3 ton ha<sup>-1</sup>. Quando comparado o manejo Simanihot com o manejo do produtor, utilizando a mesma cultivar (Branca), não houve diferença significativa na produtividade de raízes. Porém, nesse ensaio de cultivares as produtividades foram penalizadas pelo grande déficit hídrico durante o ciclo. É possível observar que o uso do herbicida pré-emergente reduziu dois controles de plantas daninhas durante o ciclo. Portanto, para aumentar a produtividade, o produtor deverá adequar práticas de manejo, tais como: o uso de herbicida pré-emergente, a utilização de adubação de base e de cobertura conforme a análise do solo. Além disso, optar por cultivares mais produtivas na propriedade, como a Gema de Ovo, Aceguá e a Vassourinha.

31



 **Produtor:** Leomar Fillipin  
 **Município:** São Vicente do Sul/RS



**Plantio: 23/09/2020**



**Visita: 22/01/2021**



**Colheita: 26/04/2021**





**Produtor:** Leomar Fillipin



**Município:** São Vicente do Sul/RS

Tabela 14. Práticas de manejo realizadas no ensaio de cultivares em São Vicente do Sul/RS (Manejo Simanihot) e o manejo do produtor realizado na lavoura comercial.

	Manejo Simanihot	Manejo Produtor
Plantio	23/09/2020	20/09/2020
Colheita	26/04/2021	26/04/2021
Espaçamento	0,80 x 0,80 m	0,88 x 0,81 m
Adubação de base	525 kg ha <sup>-1</sup> de 05-20-20	893 kg ha <sup>-1</sup> de esterco de peru
Adubação em cobertura	97,2 kg ha <sup>-1</sup> de ureia (45%N)	Não
Pré-emergente	Flumioxazina (50 g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Não
Nº de controle de PD	2	2
Camalhão	Não	Não

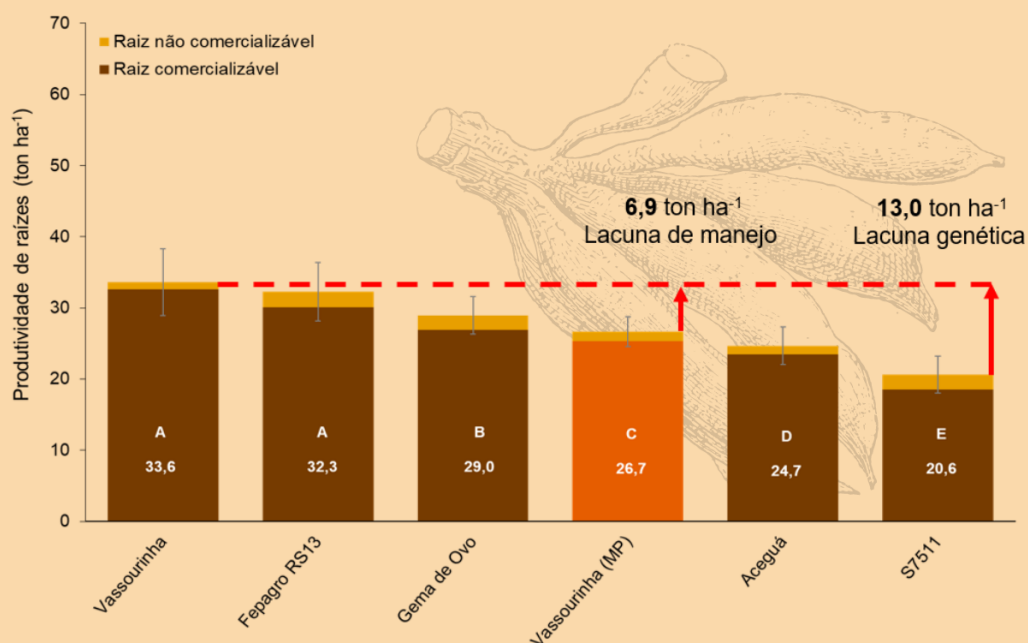


Figura 7. Produtividade de raízes comerciais e não comerciais do ensaio de cultivares de mandioca em São Vicente do Sul/RS. A barra laranja é a cultivar e o manejo da lavoura do produtor (MP). As letras diferentes significam que as médias diferem a 5 % de probabilidade de erro pelo teste Scott-Knott.





**Produtor:** Leomar Fillipin



**Município:** São Vicente do Sul/RS





## Análise química do solo

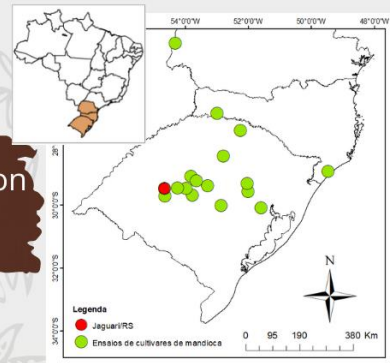
Tabela 15. Análise química do solo da área em que foi conduzido o ensaio de cultivares de mandioca em São Vicente do Sul/RS.

Diagnóstico	Valores analíticos	Interpretação
pH	5,0	-
Saturação de Bases (%)	38,4	-
Saturação de Alumínio (%)	7,9	-
Argila (%)	20	Classe 4
Matéria Orgânica (%)	1,3	Baixo
CTC pH 7,0 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	9,0	Médio
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	4,9	Muito Baixo
Potássio (mg/dm <sup>3</sup> )	56,0	Médio
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	2,0	Médio
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	1,3	Alto

## Conclusão

Em São Vicente do Sul/RS, as produtividades variaram de 20,6 a 33,6 ton ha<sup>-1</sup>, apresentando uma lacuna genética de 13,0 ton ha<sup>-1</sup>. No entanto, o produtor já utiliza a cultivar que apresentou maior produtividade. Quando comparado o manejo Simanihot com o manejo do produtor, utilizando a mesma cultivar (Vassourinha), a lacuna de manejo foi de 6,9 ton ha<sup>-1</sup>, ou seja, com o manejo Simanihot se teve um aumento de 20,5 % na produtividade. Portanto, para aumentar a produtividade, o produtor deverá adequar práticas de manejo, tais como: o uso de herbicida pré-emergente e a utilização de adubação de cobertura conforme a análise do solo.

 **Produtor:** Daguimar Zibicoski Reolon  
 **Município:** Jaguari/RS



**Plantio: 30/09/2020**



**Visita: 15/01/2021**



**Colheita: 29/04/2021**





 **Produtor:** Daguimar Zibicoski Reolon  
 **Município:** Jaguari/RS

Tabela 16. Práticas de manejo realizadas no ensaio de cultivares em Jaguari/RS (Manejo Simanihot) e o manejo do produtor realizado na lavoura comercial.

	Manejo Simanihot	Manejo Produtor
Plantio	30/09/2020	23/09/2020
Colheita	29/04/2021	29/04/2021
Espaçamento	0,80 x 0,80 m	1,22 x 0,74 m
Adubação de base	550 kg ha <sup>-1</sup> de 05-20-20	200 kg ha <sup>-1</sup> de 05-20-20
Adubação em cobertura	94,4 kg ha <sup>-1</sup> de ureia (45%N)	Não
Pré-emergente	Flumioxazina (50 g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Não
Nº de controle de PD	4	4
Camalhão	Sim	Sim

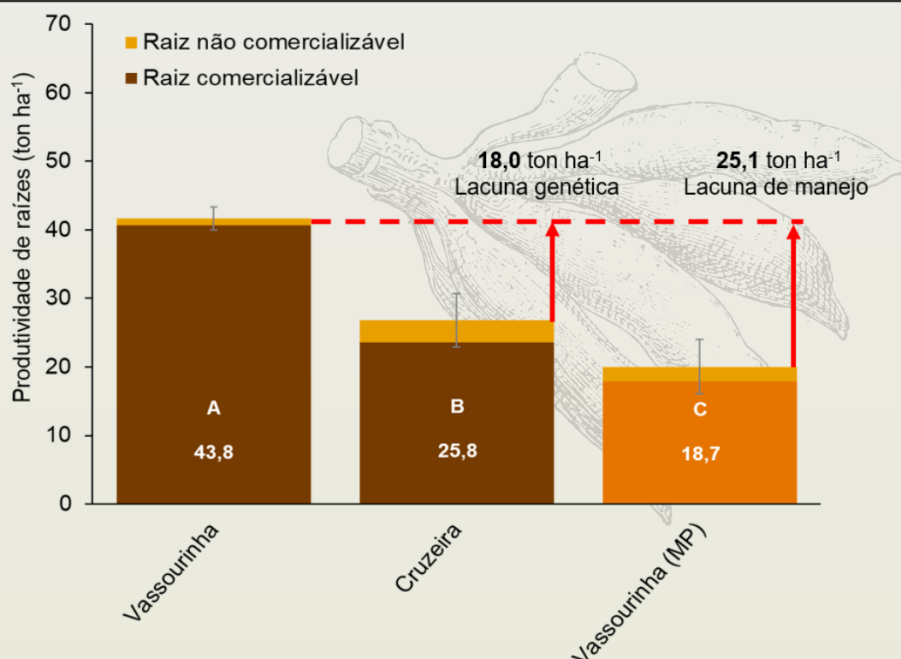


Figura 8. Produtividade de raízes comerciais e não comerciais do ensaio de cultivares de mandioca em Jaguari/RS. A barra laranja é a cultivar e o manejo da lavoura do produtor (MP). As letras diferentes significam que as médias diferem a 5 % de probabilidade de erro pelo teste Scott-Knott.

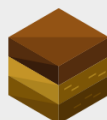




**Produtor:** Daguimar Zibicoski Reolon



**Município:** Jaguari/RS



## Análise química do solo

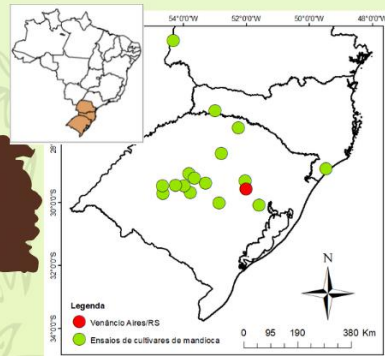
Tabela 17. Análise química do solo da área em que foi conduzido o ensaio de cultivares de mandioca em Jaguari/RS.

Diagnóstico	Valores analíticos	Interpretação
pH	3,6	-
Saturação de Bases (%)	2,8	-
Saturação de Alumínio (%)	82,7	-
Argila (%)	30,0	Classe 3
Matéria Orgânica (%)	2,2	Baixo
CTC pH 7,0 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	31,6	Muito Alto
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	7,7	Médio
Potássio (mg/dm <sup>3</sup> )	32,0	Muito Baixo
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	0,6	Baixo
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	0,2	Baixo

## Conclusão

Em Jaguari/RS, as produtividades variaram de 18,7 a 43,8 ton ha<sup>-1</sup>, apresentando uma lacuna genética de 18,0 ton ha<sup>-1</sup>. Nesse ensaio de cultivares foram plantadas nove cultivares, porém, devido à baixa qualidade das manivas apenas duas emergiram. Quando comparado o manejo Simanihot com o manejo do produtor, utilizando a mesma cultivar (Vassourinha), a lacuna de manejo foi de 25,1 ton ha<sup>-1</sup>, ou seja, com o manejo Simanihot se teve um aumento de 57,3 % na produtividade. Portanto, para aumentar a produtividade, o produtor deverá adequar práticas de manejo, tais como: maior densidade de plantas (15-16 mil plantas ha<sup>-1</sup>), o uso de herbicida pré-emergente, a utilização de adubação de cobertura conforme a análise do solo e a correção do solo, pois a saturação de alumínio está muito alta.

37



 **Produtor:** André Luis dos Santos  
 **Município:** Venâncio Aires/RS

**Plantio: 22/10/2020**



**Colheita: 05/06/2021**





**Produtor:** André Luis dos Santos



**Município:** Venâncio Aires/RS

Tabela 18. Práticas de manejo realizadas no ensaio de cultivares em Venâncio Aires/RS (Manejo Simanihot) e o manejo do produtor realizado na lavoura comercial.

	Manejo Simanihot	Manejo Produtor
Plantio	22/10/2020	27/09/2020
Colheita	05/06/2021	05/06/2021
Espaçamento	0,80 x 0,80 m	1,33 x 0,88 m
Adubação de base	325 kg ha <sup>-1</sup> de 05-20-20	300 kg ha <sup>-1</sup> de 10-18-20 5,75 m <sup>3</sup> esterco de galinha
Adubação em cobertura	119,4 kg ha <sup>-1</sup> de ureia (45%N)	112,5 kg ha <sup>-1</sup> de KCl
Pré-emergente	Flumioxazina (50 g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Flumioxazina (50 g i.a. ha <sup>-1</sup> )
Nº de controle de PD	1	2
Camalhão	Não	Não

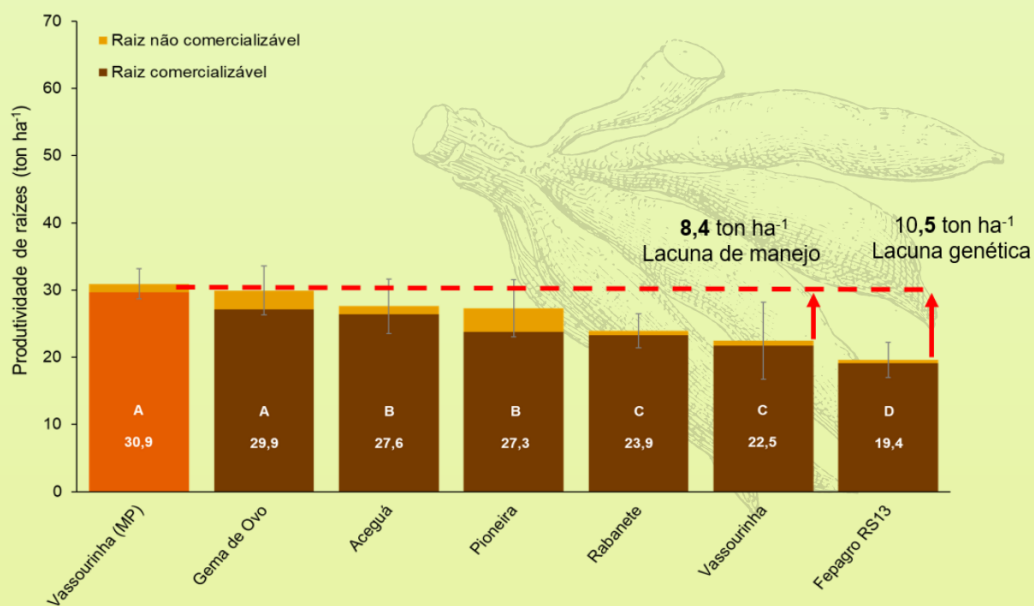


Figura 9. Produtividade de raízes comerciais e não comerciais do ensaio de cultivares de mandioca em Venâncio Aires/RS. A barra laranja é a cultivar e o manejo da lavoura do produtor (MP). As letras diferentes significam que as médias diferem a 5 % de probabilidade de erro pelo teste Scott-Knott.





**Produtor:** André Luis dos Santos



**Município:** Venâncio Aires/RS



## Análise química do solo

Tabela 19. Análise química do solo da área em que foi conduzido o ensaio de cultivares de mandioca em Venâncio Aires/RS.

Diagnóstico	Valores analíticos	Interpretação
pH	5,9	-
Saturação de Bases (%)	67,5	-
Saturação de Alumínio (%)	0,0	-
Argila (%)	56,0	Classe 2
Matéria Orgânica (%)	1,5	Baixo
CTC pH 7,0 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	8,5	Médio
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	23,7	Muito Alto
Potássio (mg/dm <sup>3</sup> )	165,0	Muito Alto
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	4,1	Alto
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	1,2	Alto

## Conclusão

Em Venâncio Aires/RS, as produtividades variaram de 19,4 a 29,9 ton ha<sup>-1</sup>, apresentando uma lacuna genética de 10,5 ton ha<sup>-1</sup>. Quando comparado o manejo Simanihot com o manejo do produtor, utilizando a mesma cultivar (Vassourinha), a lacuna de manejo foi de 8,4 ton ha<sup>-1</sup>, porém, o manejo do produtor foi melhor. Isso deve-se, principalmente, a época de plantio, pois o ensaio de cultivares foi implantado no final de outubro, fora da época preferencial de cultivo no RS, que é até final de setembro. Já a lavoura do produtor foi implantada na época preferencial, final de setembro. Isso ressalta a importância da época de plantio, pois um mês de atraso resultou em perda de produtividade de 27,2 %. Algumas cultivares, como a Gema de Ovo e Aceguá, mesmo plantadas fora da época preferencial atingiram altas produtividades, o que as conferem ótimas opções de cultivares para plantios mais tardios.

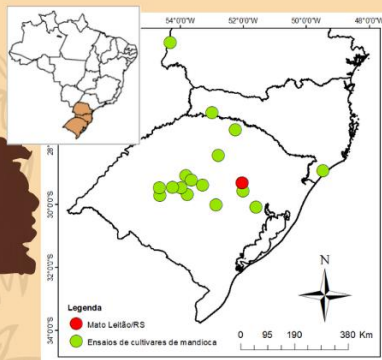
40



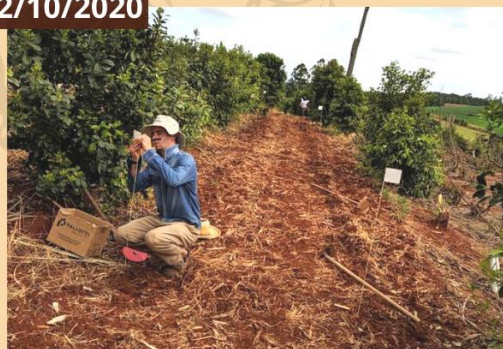
**Produtor:** Odair José Becker



**Município:** Mato Leitão/RS



**Plantio: 22/10/2020**



**Colheita: 22/06/2021**







**Produtor:** Odair José Becker



**Município:** Mato Leitão/RS

Tabela 20. Práticas de manejo realizadas no ensaio de cultivares em Mato Leitão/RS (Manejo Simanihot).

Manejo Simanihot	
Plantio	22/10/2020
Colheita	05/06/2021
Espaçamento	0,80 x 0,80 m
Adubação de base	325 kg ha <sup>-1</sup> de 05-20-20
Adubação em cobertura	Não
Pré-emergente	Não
Nº de controle de PD	2
Camalhão	Não

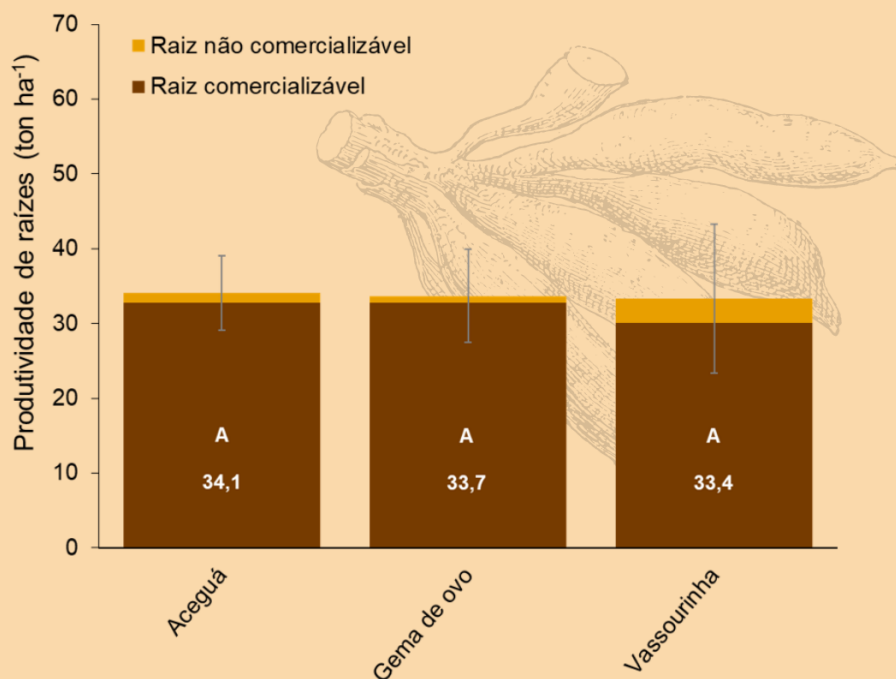


Figura 10. Produtividade de raízes comerciais e não comerciais do ensaio de cultivares de mandioca em Mato Leitão/RS. As letras diferentes significam que as médias diferem a 5 % de probabilidade de erro pelo teste Scott-Knott.



**Produtor:** Odair José Becker



**Município:** Mato Leitão/RS

### Conclusão

Em Mato Leitão/RS, as produtividades não tiveram diferença significativa e foram em média 33,7 ton ha<sup>-1</sup>. Das cinco cultivares plantadas nesse ensaio apenas três foram colhidas, pois devido a um evento extremo de vento, as outras duas cultivares acamaram e quebraram. Além disso, não foi possível colher a cultivar da lavoura do produtor, pois na ocasião da colheita do ensaio de cultivares não tinham mais plantas na lavoura do produtor. Nesse ensaio de cultivares, além do plantio ter sido realizado fora da época preferencial, não foi utilizado herbicida pré-emergente e adubação de cobertura. Sendo assim, acredita-se que é possível aumentar a produtividade com a correção dessas práticas de manejo.

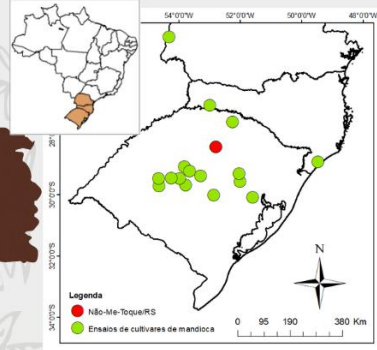




**Produtor:** Richard Heller



**Município:** Não-Me-Toque/RS



**Plantio:** 12/09/2020



**Visita:** 03/03/2021



**Colheita:** 19/04/2021




**Produtor:** Richard Heller

**Município:** Não-Me-Toque/RS

Tabela 21. Práticas de manejo realizadas no ensaio de cultivares em Não-Me-Toque/RS (Manejo Simanihot) e o manejo do produtor realizado na lavoura comercial.

	Manejo Simanihot	Manejo Produtor
Plantio	12/09/2020	09/09/2020
Colheita	19/04/2021	19/04/2021
Espaçamento	0,80 x 0,80 m	0,95 x 0,78 m
Adubação de base	100 kg ha <sup>-1</sup> de 05-20-20	Não
Adubação em cobertura	137,8 kg ha <sup>-1</sup> de ureia (45%N)	Não
Pré-emergente	Flumioxazina (50 g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Não
Nº de controle de PD	2	2
Camalhão	Não	Não

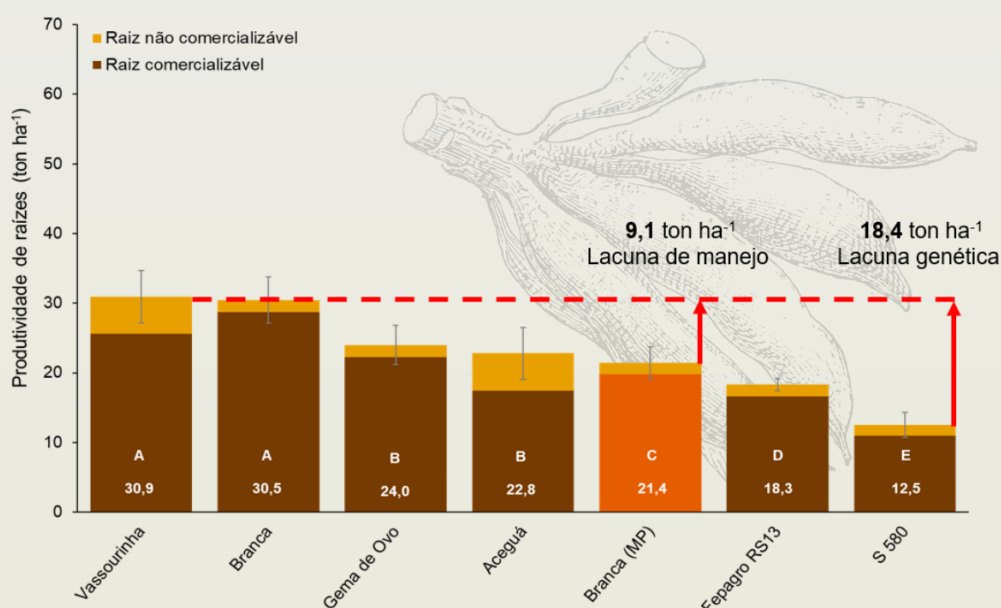


Figura 11. Produtividade de raízes comerciais e não comerciais do ensaio de cultivares de mandioca em Não-Me-Toque/RS. A barra laranja é a cultivar e o manejo da lavoura do produtor (MP). As letras diferentes significam que as médias diferem a 5 % de probabilidade de erro pelo teste Scott-Knott.





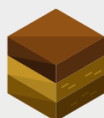
Simanihot



**Produtor:** Richard Heller



**Município:** Não-Me-Toque/RS



## Análise química do solo

Tabela 22. Análise química do solo da área em que foi conduzido o ensaio de cultivares de mandioca em Não-Me-Toque/RS.

Diagnóstico	Valores analíticos	Interpretação
pH	6,1	-
Saturação de Bases (%)	83,7	-
Saturação de Alumínio (%)	0,0	-
Argila (%)	57	Classe 2
Matéria Orgânica (%)	2,4	Baixo
CTC pH 7,0 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	17,3	Alto
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	7,1	Alto
Potássio (mg/dm <sup>3</sup> )	276,0	Muito Alto
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	9,7	Alto
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	4,0	Alto

## Conclusão

Em Não-Me-Toque/RS, as produtividades variaram de 12,5 a 30,9 ton ha<sup>-1</sup>, apresentando uma lacuna genética de 18,4 ton ha<sup>-1</sup>. Quando comparado o manejo Simanihot com o manejo do produtor, utilizando a mesma cultivar (Branca), a lacuna de manejo foi de 9,1 ton ha<sup>-1</sup>, ou seja, com o manejo Simanihot teve-se um aumento de 29,8 % na produtividade. Portanto, para aumentar a produtividade, o produtor deverá adequar práticas de manejo, tais como: o uso de herbicida pré-emergente e a utilização de adubação de base e de cobertura conforme a análise do solo. Juntamente com a cultivar Branca, a Vassourinha teve um bom desempenho, podendo ser inserida no sistema produtivo.

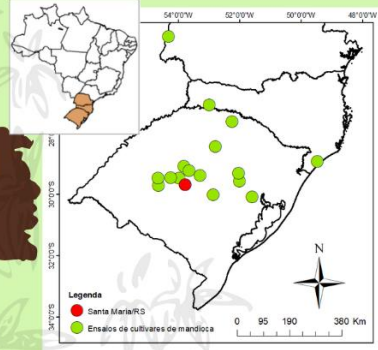
 Simanihot



**Instituição:** Universidade Federal de Santa Maria



**Município:** Santa Maria/RS



**Plantio:** 07/10/2020



**Foto:** 24/03/2021



**Colheita:** 01/07/2021





# Simanihot



**Instituição:** Universidade Federal de Santa Maria



**Município:** Santa Maria/RS

Tabela 23. Práticas de manejo realizadas no ensaio de cultivares em Santa Maria/RS (Manejo Simanihot).

Manejo Simanihot	
Plantio	07/10/2020
Colheita	01/07/2021
Espaçamento	0,80 x 0,80 m
Adução de base	325 kg ha <sup>-1</sup> de 05-20-20
Adução em cobertura	119,4 kg ha <sup>-1</sup> de ureia (45%N)
Pré-emergente	Flumioxazina (50 g i.a. ha <sup>-1</sup> )
Nº de controle de PD	4
Camalhão	Sim

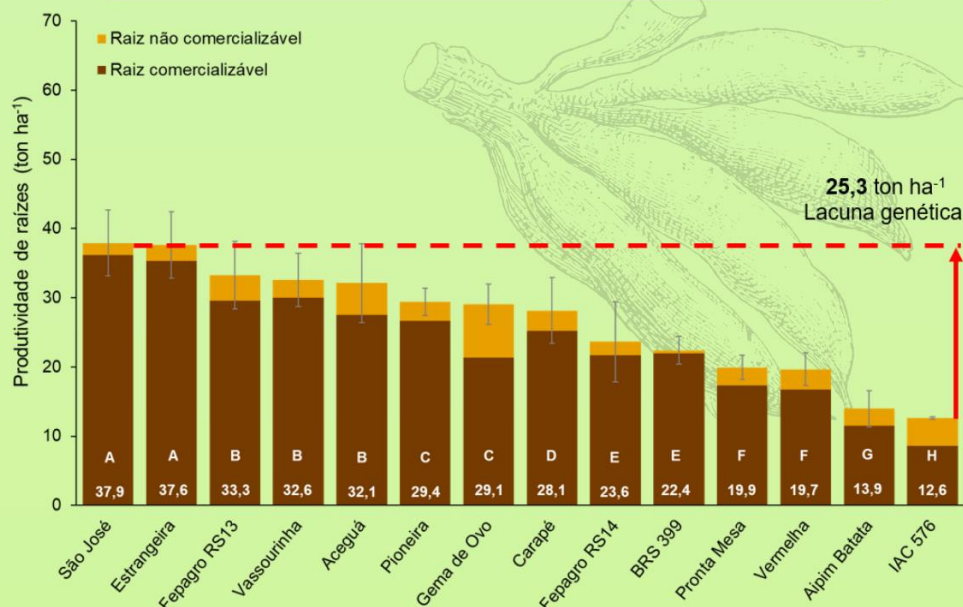


Figura 12. Produtividade de raízes comerciais e não comerciais do ensaio de cultivares de mandioca em Santa Maria/RS. As letras diferentes significam que as médias diferem a 5 % de probabilidade de erro pelo teste Scott-Knott.

48





Simanihot



**Instituição:** Universidade Federal de Santa Maria



**Município:** Santa Maria/RS



## Análise química do solo

Tabela 24. Análise química do solo da área em que foi conduzido o ensaio de cultivares de mandioca em Santa Maria/RS.

Diagnóstico	Valores analíticos	Interpretação
pH	5,6	-
Saturação de Bases (%)	55,1	-
Saturação de Alumínio (%)	0,0	-
Argila (%)	26,0	Classe 3
Matéria Orgânica (%)	1,9	Baixo
CTC pH 7,0 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	15,4	Alto
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	11,8	Alto
Potássio (mg/dm <sup>3</sup> )	128,0	Alto
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	5,4	Alto
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	2,7	Alto

## Conclusão

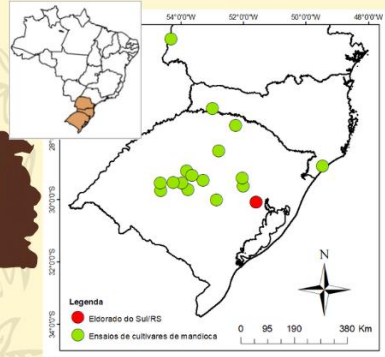
Em Santa Maria/RS, as produtividades variaram de 12,6 a 37,9 ton ha<sup>-1</sup>, apresentando uma lacuna genética de 25,3 ton ha<sup>-1</sup>. Como esse ensaio foi conduzido na instituição de ensino, não tem a comparação com o manejo do produtor, porém, é possível observar que as cultivares mais adaptadas em Santa Maria são a São José, Estrangeira, Fepagro RS13, Vassourinha e Aceguá.



**Instituição:** Universidade Federal do Rio Grande do Sul



**Município:** Eldorado do Sul/RS



**Plantio: 02/12/2020**



**Colheita: 19/04/2021**




**Instituição:** Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Município:** Eldorado do Sul/RS

Tabela 25. Práticas de manejo realizadas no ensaio de cultivares em Eldorado do Sul/RS (Manejo Simanihot).

Manejo Simanihot	
Plantio	02/12/2020
Colheita	01/06/2021
Espaçamento	0,80 x 0,80 m
Adubação de base	150 kg ha <sup>-1</sup> de 05-20-20
Adubação em cobertura	Não
Pré-emergente	Não
Nº de controle de PD	3
Camalhão	Sim

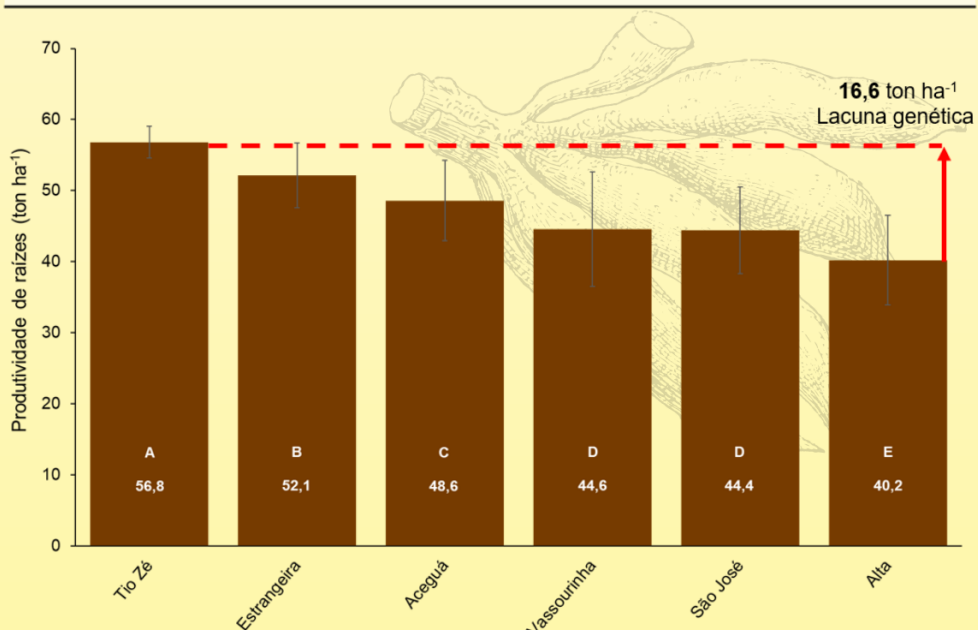


Figura 13. Produtividade de raízes do ensaio de cultivares de mandioca em Eldorado do Sul/RS. As letras diferentes significam que as médias diferem a 5 % de probabilidade de erro pelo teste Scott-Knott.



**Instituição:** Universidade Federal do Rio Grande do Sul



**Município:** Eldorado do Sul/RS

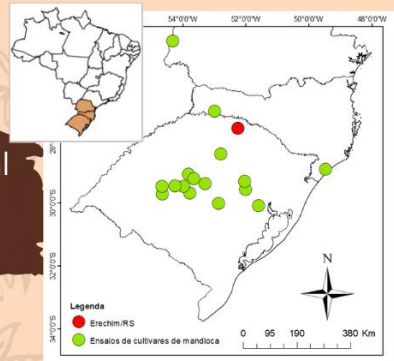
## Conclusão

Em Eldorado do Sul/RS, as produtividades variaram de 40,2 a 56,8 ton ha<sup>1</sup>, apresentando uma lacuna genética de 16,6 ton ha<sup>1</sup>. Como esse ensaio foi conduzido na instituição de ensino, não tem a comparação com o manejo do produtor. A cultivar que obteve maior produtividade foi a cultivar oriunda da região, chamada de Tio Zé.





 **Instituição:** Universidade Regional Integrada  
 **Município:** Erechim/RS



**Plantio: 15/10/2020**



**Colheita: 04/06/2021**





**Instituição:** Universidade Regional Integrada



**Município:** Erechim/RS

Tabela 26. Práticas de manejo realizadas no ensaio de cultivares em Erechim/RS (Manejo Simanihot).

Manejo Simanihot	
Plantio	15/10/2020
Colheita	04/06/2021
Espaçamento	0,80 x 0,80 m
Adubação de base	125 kg ha <sup>-1</sup> de 05-20-20
Adubação em cobertura	97,2 kg ha <sup>-1</sup> de ureia (45%N)
Pré-emergente	Flumioxazina (50 g i.a. ha <sup>-1</sup> )
Nº de controle de PD	4
Camalhão	Não

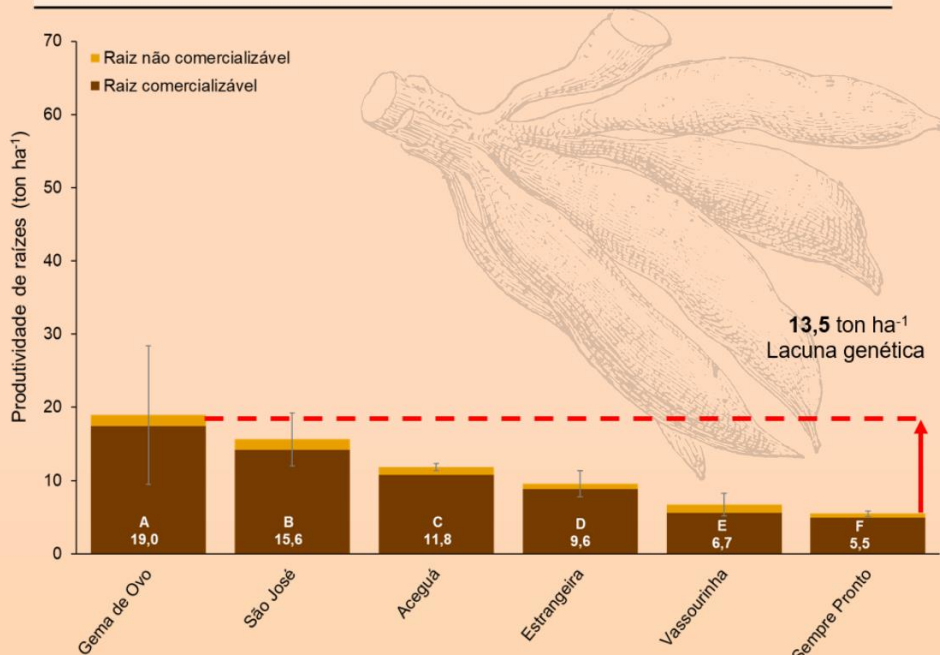


Figura 14. Produtividade de raízes comerciais e não comerciais do ensaio de cultivares de mandioca em Erechim/RS. As letras diferentes significam que as médias diferem a 5 % de probabilidade de erro pelo teste Scott-Knott.



**Instituição:** Universidade Regional Integrada



**Município:** Erechim/RS



## Análise química do solo

Tabela 27. Análise química do solo da área em que foi conduzido o ensaio de cultivares de mandioca em Erechim/RS.

Diagnóstico	Valores analíticos	Interpretação
pH	5,7	-
Saturação de Bases (%)	64,3	-
Saturação de Alumínio (%)	0,0	-
Argila (%)	60	Classe 1
Matéria Orgânica (%)	4,0	Médio
CTC pH 7,0 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	13,7	Médio
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	6,2	Alto
Potássio (mg/dm <sup>3</sup> )	127,0	Alto
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	5,6	Alto
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	2,6	Alto

## Conclusão

Em Erechim/RS, as produtividades variaram de 5,5 a 19,0 ton ha<sup>-1</sup>, apresentando uma lacuna genética de 13,5 ton ha<sup>-1</sup>. Como esse ensaio foi conduzido na instituição de ensino, não tem a comparação com o manejo do produtor. A cultivar que obteve maior produtividade foi a Gema de Ovo, seguida da São José e Aceguá. Nesse ensaio de cultivares as produtividades foram baixas, devido a deficiência hídrica que ocorreu no período do plantio-emergência e durante a acumulação de amido.





Simanihot



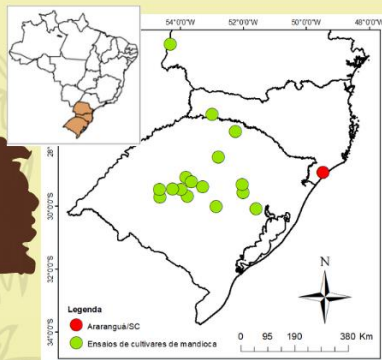
INSTITUTO FEDERAL  
Catarinense  
Campus Santa Rosa do Sul



**Produtor:** Messias de Santana



**Município:** Araranguá/SC



**Plantio:** 06/11/2020



**Colheita:** 26/06/2021





 **Produtor:** Messias de Santana  
 **Município:** Araranguá/SC

Tabela 28. Práticas de manejo realizadas no ensaio de cultivares em Araranguá/SC (Manejo Simanihot) e o manejo do produtor realizado na lavoura comercial.

	Manejo Simanihot	Manejo Produtor
Plantio	06/11/2020	17/09/2020
Colheita	26/06/2021	26/06/2021
Espaçamento	0,80 x 0,80 m	0,84 x 0,84 m
Adubação de base	325 kg ha <sup>-1</sup> de 05-20-20	Não
Adubação em cobertura	119 kg ha <sup>-1</sup> de ureia (45%N)	3x 500 kg ha <sup>-1</sup> de 12-00-12 133 kg ha <sup>-1</sup> de KCl 235 kg ha <sup>-1</sup> SFS
Pré-emergente	Flumioxazina (50 g i.a. ha <sup>-1</sup> )	Flumioxazina (50 g i.a. ha <sup>-1</sup> ) S-Metolaclo (1440 g i.a. ha <sup>-1</sup> )
Nº de controle de PD	2	2
Camalhão	Não	Não

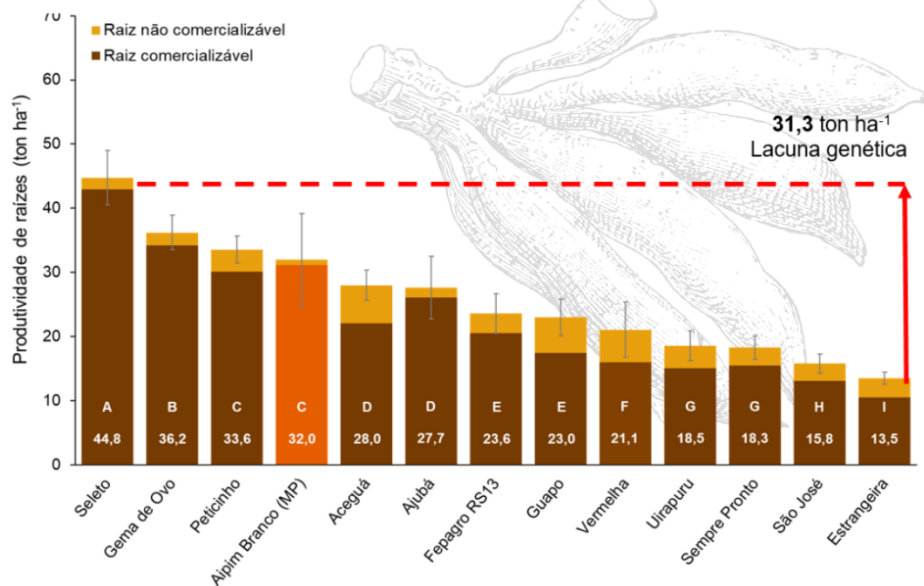


Figura 15. Produtividade de raízes comerciais e não comerciais do ensaio de cultivares de mandioca em Araranguá/SC. A barra laranja é a cultivar e o manejo da lavoura do produtor (MP). As letras diferentes significam que as médias diferem a 5 % de probabilidade de erro pelo teste Scott-Knott.



Simanihot



INSTITUTO FEDERAL  
Catarinense  
Campus Santa Rosa do Sul



**Produtor:** Messias de Santana



**Município:** Araranguá/SC



## Análise química do solo

Tabela 29. Análise química do solo da área em que foi conduzido o ensaio de cultivares de mandioca em Araranguá/SC.

Diagnóstico	Valores analíticos	Interpretação
pH	5,6	-
Saturação de Bases (%)	41,3	-
Saturação de Alumínio (%)	0,0	-
Argila (%)	7,0	Classe 3
Matéria Orgânica (%)	0,9	Baixo
CTC pH 7,0 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	6,6	Baixo
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	238,6	Muito Alto
Potássio (mg/dm <sup>3</sup> )	68	Alto
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	2,1	Médio
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	0,5	Médio

## Conclusão

Em Araranguá/SC, as produtividades variaram de 13,5 a 44,8 ton ha<sup>-1</sup>, apresentando uma lacuna genética de 31,3 ton ha<sup>-1</sup>. A cultivar da lavoura do produtor não emergiu na área do ensaio de cultivares, portanto, não tem a comparação entre o manejo Simanihot e o manejo do produtor. O manejo do produtor é similar ao manejo Simanihot, com isso é possível perceber que a cultivar utilizada pelo produtor tem um bom desempenho na propriedade, assim como, as cultivares Seleta, Gema de Ovo e Peticinho, implantadas no ensaio de cultivares.

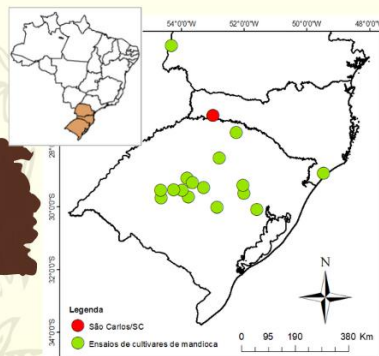




**Instituição:** Instituto Federal de Santa Catarina



**Município:** São Carlos/SC



**Visita: 16/08/2020**



**Plantio: 13/09/2020**





Simanihot



INSTITUTO FEDERAL  
Santa Catarina  
Câmpus São Carlos



**Instituição:** Instituto Federal de  
Santa Catarina



**Município:** São Carlos/SC

Tabela 30. Práticas de manejo realizadas no ensaio de cultivares em São Carlos/SC (Manejo Simanihot).

Manejo Simanihot	
Plantio	13/09/2020
Colheita	04/05/2021
Espaçamento	1,00 x 0,60 m
Adubação de base	300 kg ha <sup>-1</sup> de 02-18-18
Adubação em cobertura	180 kg ha <sup>-1</sup> de ureia (45%N)
Pré-emergente	Não
Nº de controle de PD	2
Camalhão	Não

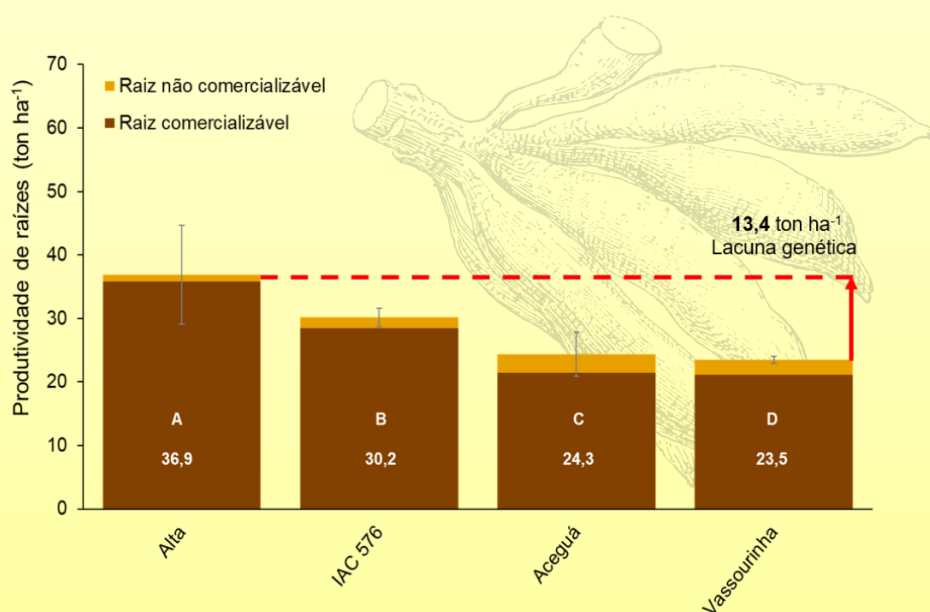


Figura 16. Produtividade de raízes comerciais e não comerciais do ensaio de cultivares de mandioca em São Carlos/SC. As letras diferentes significam que as médias diferem a 5 % de probabilidade de erro pelo teste Scott-Knott.



Simanihot



INSTITUTO FEDERAL  
Santa Catarina  
Câmpus São Carlos



**Instituição:** Instituto Federal de Santa Catarina



**Município:** São Carlos/SC

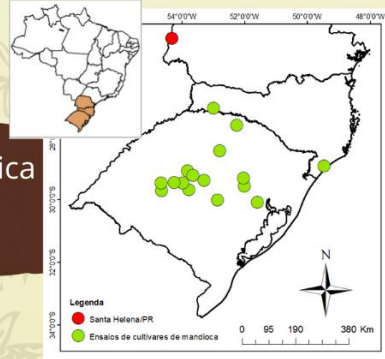
## Conclusão

Em São Carlos/SC, as produtividades variaram de 23,9 a 36,9 ton ha<sup>1</sup>, apresentando uma lacuna genética de 13,4 ton ha<sup>1</sup>. Como esse ensaio foi conduzido na instituição de ensino, não tem a comparação com o manejo do produtor. As cultivares que apresentaram maiores produtividades foram a Alta e a IAC 576.





 **Instituição:** Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
 **Município:** Santa Helena/PR



**Visita: 25/10/2020**



**Plantio: 27/10/2020**







**Instituição:** Universidade Tecnológica Federal do Paraná



**Município:** Santa Helena/PR

Tabela 31. Práticas de manejo realizadas no ensaio de cultivares em Santa Helena/PR (Manejo Simanihot).

Manejo Simanihot	
Plantio	27/10/2020
Colheita	25/06/2021
Espaçamento	0,80 x 0,80 m
Adubação de base	Não
Adubação em cobertura	Não
Pré-emergente	Flumioxazina (50 g i.a. ha <sup>-1</sup> )
Nº de controle de PD	3
Camalhão	Não

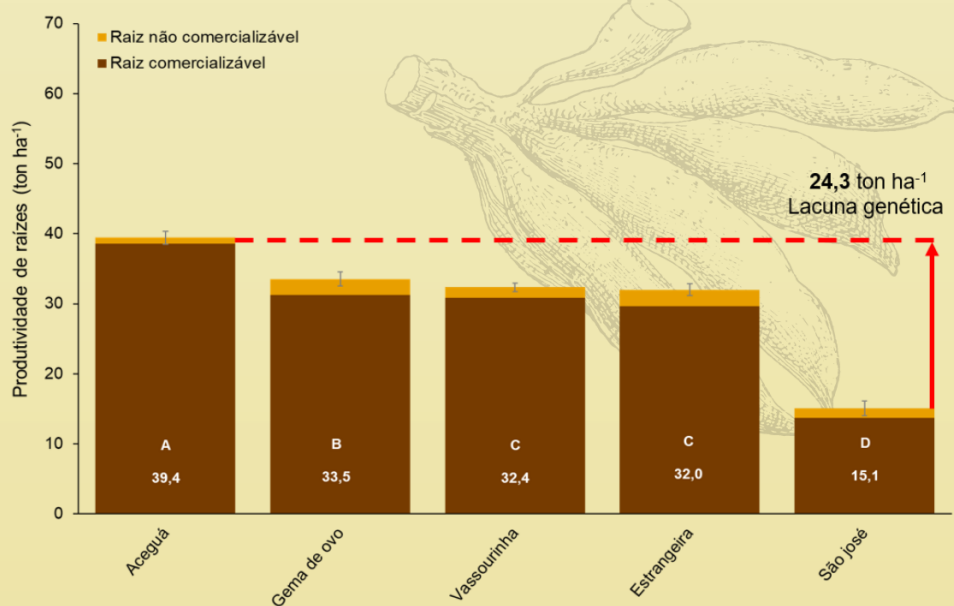


Figura 17. Produtividade de raízes comerciais e não comerciais do ensaio de cultivares de mandioca em Santa Helena/PR. As letras diferentes significam que as médias diferem a 5 % de probabilidade de erro pelo teste Scott-Knott.



**Instituição:** Universidade Tecnológica Federal do Paraná



**Município:** Santa Helena/PR



## Análise química do solo

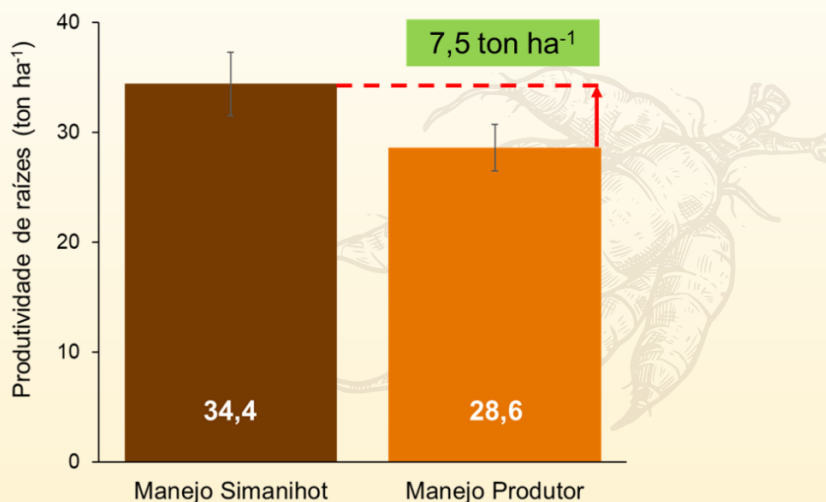
Tabela 32. Análise química do solo da área em que foi conduzido o ensaio de cultivares de mandioca em Santa Helena/PR.

Diagnóstico	Valores analíticos	Interpretação
pH	4,5	-
Saturação de Bases (%)	59,8	-
Saturação de Alumínio (%)	2,6	-
Argila (%)	-	-
Matéria Orgânica (g/dm <sup>3</sup> )	32,2	Médio
CTC pH 7,0 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	10,6	Médio
Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> )	8,35	Alto
Potássio (mg/dm <sup>3</sup> )	101,7	Médio
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	4,2	Alto
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup> )	1,9	Alto

## Conclusão

Em Santa Helena/PR, as produtividades variaram de 15,1 a 39,4 ton ha<sup>-1</sup>, apresentando uma lacuna genética de 24,3 ton ha<sup>-1</sup>. Como esse ensaio foi conduzido na instituição de ensino, não tem a comparação com o manejo do produtor. As cultivares que apresentaram maiores produtividades foram a Aceguá e a Gema de Ovo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS



O ganho médio em produtividade por meio do manejo Simanihot foi de 7,5 ton ha<sup>-1</sup> (16,8 %) em relação ao manejo utilizado pelos produtores. No Rio Grande do Sul (RS), safra 2020/2021, foram colhidos 47,6 mil hectares, com uma produtividade média de 17,7 ton ha<sup>-1</sup>, alcançando uma produção de 842,5 mil toneladas de mandioca (IBGE, 2021). Se considerarmos a adoção do manejo Simanihot (7,5 ton ha<sup>-1</sup>) pelos produtores, a produtividade média do RS aumentaria para 25,2 ton ha<sup>-1</sup>. Levando em consideração a área colhida atualmente, o RS pode produzir 1,2 milhão de toneladas na atual área cultivada, representando um **aumento de 30 % na produção gaúcha de mandioca**. Por outro lado, considerando, a produtividade de 25,2 ton ha<sup>-1</sup> alcançada com a implementação do manejo Simanihot, a atual produção de 842,5 mil toneladas no RS pode ser obtida em uma área de 33,4 mil hectares, ou seja, **14,2 mil hectares a menos, que estariam disponíveis para o cultivo de outros alimentos**, proporcionando diversificação de cultura e renda.



## AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos produtores, extensionistas da EMATER/RS-ASCAR, alunos, professores e pesquisadores que participaram da rede de ensaios de cultivares de mandioca na safra 2020/2021. Agradecemos aos produtores por acreditarem na ciência e abrirem as porteiras de suas propriedades permitindo a geração de conhecimento. Agradecemos ao CNPq pelo apoio financeiro através do projeto nº 426691/2018-0.

Em especial, agradecemos aos produtores: Rubem Flores Saidelles (Dilermando de Aguiar/RS), Dalmir Daniel Moraes (Toropi/RS), Lucas Somavilla (Pinhal Grande/RS); Jolcimar Guilard (Tupanciretã/RS); Waldemar Kompler (Júlio de Castilhos/RS); Leomar Fillipin (São Vicente do Sul/RS); Daguimar Zibicoski Reolon (Jaguari/RS); André Luis dos Santos (Venâncio Aires/RS) e ao Odair José Becker (Mato Leitão/RS). E aos extensionistas: Luana Fernandes Tironi (Dilermando de Aguiar/RS), Ezequiel Silveira da Silva e Sabrina Schünke (Toropi/RS), Flávia Kaufmann e Renato Carvalho dos Santos (Pinhal Grande/RS), José Luis da Silva (Tupanciretã/RS), Elizangela Zancan (Júlio de Castilhos/RS), Marcos Turchello (São Vicente do Sul/RS), Guilherme Becker (Jaguari/RS), Djeime Isabel Janisch (Venâncio Aires/RS) e Rudinei Pinheiro Medeiros (Mato Leitão/RS).

Esperamos que essas informações sejam multiplicadas e que possam auxiliar os produtores de mandioca do Sul do Brasil. 66





## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo Simanihot é baseado na época de plantio adequada (até final de setembro), densidade de plantas de 15-16 mil plantas por hectare, implantar a lavoura no limpo (sem plantas daninhas), uso de pré-emergente, realizar de 2 a 3 controles de plantas daninhas na pós-emergência da cultura, uso de camalhão em áreas de má drenagem, correção do solo (pH 6 a 6,5), adubação de base e de cobertura conforme a análise do solo e indicações da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (ROLAS).

A escolha da cultivar depende do desempenho produtivo e também de fatores como cozimento, facilidade no arranque, facilidade no descasque e do gosto do consumidor (coloração da polpa, maciez, sabor, textura, entre outros).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

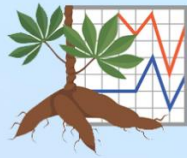
Evans, L.T. Copevolution, adaptation, and yield. Cambridge University Press, Cambridge, UK, p.283-291, 1993.

Grassini, P. et al. How good is good enough? Data requirements for reliable crop yield simulations and yield-gap analysis. *Field Crops Research*, [s. l.], v. 177, p. 49-63, 2015.

Schons, A. et al. Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e consorciado: Crescimento, desenvolvimento e produtividade. *Bragantia*, v. 68, p.155-167, 2009.

Tironi, L. F. et al. *Ecofisiologia da Mandioca Visando Altas Produtividades*. Santa Maria, 2019. 131p.

Van Ittersum, M. K. and Rabbinge, R. Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations. *Field Crops Research*, [S. l.], v. 52, p. 197-208, 1997.



# Simanihot



Convênio



GOVERNO DO ESTADO  
RIO GRANDE DO SUL  
SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E  
DESENVOLVIMENTO RURAL



E.E.E.F. NOSSA SENHORA APARECIDA

