



**Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Matemática**

Bacharelado em Estatística

**EFEITO DE DIFERENTES DOSAGENS
DO ADUBO ORGÂNICO À BASE DE
CASCA DE MARACUJÁ NA CULTURA
DA MANDIOCA NO CERRADO**

Giulia Maria Da Costa Segato

Uberlândia-MG

2026

Giulia Maria Da Costa Segato

**EFEITO DE DIFERENTES DOSAGENS
DO ADUBO ORGÂNICO À BASE DE
CASCA DE MARACUJÁ NA CULTURA
DA MANDIOCA NO CERRADO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do Curso de Bacharelado em Estatística como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Estatística.

Orientador: Profa. Dra Patrícia Ferreira Paranaíba

**Uberlândia-MG
2026**



**Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Matemática**

Coordenação do Curso de Bacharelado em Estatística

A banca examinadora, conforme abaixo assinado, certifica a adequação deste trabalho de conclusão de curso para obtenção do grau de Bacharel em Estatística.

Uberlândia, ____ de _____ de 20____

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra Patrícia Ferreira Paranaíba

Prof Dr José Waldemar da Silva

Profa. Dra Mirian Fernandes Carvalho Araújo

**Uberlândia-MG
2026**

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho à minha família: esposo e filhos, meus maiores incentivadores. Presença constante em minha vida. Obrigada pela compreensão nos momentos que tive de me ausentar e pela boa receptividade da volta.

Agradeço à Deus pela força concedida em todos os momentos desta jornada.

À Universidade Federal de Uberlândia, Câmpus Santa Mônica, pela oportunidade.

Aos professores, pela amizade, orientação e por acreditar no desenvolvimento deste trabalho.

À minha orientadora Patricia Ferreira Paranaíba.

À banca Examinadora pelas contribuições.

À colega e amiga Thainá Faustina Silva, muito obrigada é pouco para lhe agradecer.

À todos os demais que não foram citados, mas que de forma direta ou indireta contibuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

"A verdade não é monopólio de ninguém; é patrimônio comum das inteligências".
(Leonel França)

RESUMO

Na busca por alternativas sustentáveis e de baixo custo para a adubação da mandioca, foram utilizados resíduos agroindustriais, como a casca de maracujá, visando à melhoria da fertilidade do solo no Cerrado. O adubo à base de casca de maracujá constitui um substrato orgânico facilmente incorporado e absorvido pelo solo, sendo analisada como principal variável a produtividade das raízes tuberosas. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento da cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) quanto ao peso e ao número das raízes, com a aplicação de diferentes dosagens de adubo orgânico produzido a partir da casca de maracujá (*Passiflora edulis*). O experimento foi realizado no município de Uberlândia, Minas Gerais, utilizando cinco tratamentos correspondentes às doses de adubo orgânico (0%, 10%, 20%, 30% e 40%), em Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), com o objetivo de controlar a variabilidade entre as unidades experimentais. Os resultados demonstraram que o uso do adubo orgânico influenciou positivamente o desenvolvimento da cultura da mandioca, sendo que a dose de 30% apresentou o melhor desempenho agrônômico. Conclui-se que o uso da casca de maracujá como adubo orgânico constitui uma alternativa viável, sustentável e eficiente para o cultivo da mandioca, promovendo o aproveitamento de resíduos agroindustriais e contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis.

Palavras-chave: Mandioca; Adubo orgânico; Casca de maracujá; Sustentabilidade.

ABSTRACT

In the search for sustainable and low-cost alternatives for cassava fertilization, agro-industrial residues such as passion fruit peel were used, aiming to improve soil fertility in the Cerrado region. The fertilizer based on passion fruit peel constitutes an organic substrate that is easily incorporated and absorbed by the soil, with the productivity of tuberous roots being analyzed as the main variable. This study aimed to evaluate the development of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in terms of root weight and number, with the application of different dosages of organic fertilizer produced from passion fruit peel (*Passiflora edulis*). The experiment was carried out in the municipality of Uberlândia, Minas Gerais, using five treatments corresponding to the doses of organic fertilizer (0%, 10%, 20%, 30%, and 40%), in a Randomized Block Design (RBD), in order to control variability among experimental units. The results showed that the use of organic fertilizer positively influenced cassava development, with the 30% dose presenting the best agronomic performance. It is concluded that the use of passion fruit peel as an organic fertilizer is a viable, sustainable, and efficient alternative for cassava cultivation, promoting the use of agro-industrial residues and contributing to more sustainable agricultural practices.

Keywords: Cassava; Organic fertilizer; Passion fruit peel; Sustainability.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	I
Lista de Tabelas	II
1 Introdução	1
2 Fundamentação Teórica	3
2.1 A importância da mandioca	3
2.2 Adubação orgânica	4
2.3 Clima	5
2.4 Delineamento em blocos casualizados	5
2.4.1 Parcelas perdidas	6
3 Metodologia	7
3.1 Descrição do experimento	7
3.2 Análise da raiz	9
3.3 Avaliação da temperatura e precipitação pluviométrica	9
3.4 Análises estatísticas	11
4 Resultados	12
5 Conclusões	16
Referências Bibliográficas	17

LISTA DE FIGURAS

3.1	Etapas do desenvolvimento da cultura da mandioca: (a) seleção das manivas, (b) crescimento vegetativo e (c) produtividade das raízes.	8
3.2	Precipitação Máxima, Temperatura Média e Umidade Média em Uberlândia no ano de 2024.	10
4.1	Gráfico de ajuste cúbico dos dados observados	14

LISTA DE TABELAS

3.1	Precipitação média mensal em Uberlândia, MG	10
4.1	Peso médio da mandioca, em quilogramas.	12
4.2	Número das raízes da mandioca.	12
4.3	Análise de variância para a variável peso.	13
4.4	Análise de variância para a variável número de raízes.	15

1. INTRODUÇÃO

Eleita pela Organização das Nações Unidas (ONU) como o alimento mais importante do século [14], a mandioca, nativa da América do Sul é cultivada em mais de 100 países tropicais e subtropicais e serve como base de alimentação de mais de 800 milhões de pessoas no mundo [6].

A mandioca (*Manihot Esculenta Crantz*) constitui o segundo alimento energético (atrás apenas do arroz) para praticamente 1 bilhão de pessoas principalmente nos países em desenvolvimento. Cerca de 100 países produzem mandioca, sendo que o Brasil participa com 5,7% da produção [7].

A mandioca é conhecida também, nas diferentes regiões do país, pelos nomes populares: aipim, macaxeira, uaipi, castelinha, mandioca-doce, entre outros. O tubérculo se desenvolve bem em solos pouco férteis, requer poucos insumos para o cultivo e tem boa tolerância à seca e aos ataques esporádicos de pragas [17].

A região Norte, lidera a produção de mandioca com 36,1% da safra nacional, seguida pela região Sul com 22,1% [8]. Vários produtos podem ser obtidos da mandioca, como farinha, polvilho e fécula, muito utilizados na culinária brasileira e especialmente na culinária mineira. O custo médio de produção da mandioca varia entre R\$ 3.000,00 e R\$ 4.000,00 por hectare, considerando as etapas de preparo do solo, plantio, tratamentos culturais e colheita, além dos gastos com adubos, herbicidas e mão de obra. No cerrado da região do município de Uberlândia, no qual está localizado o sítio onde foi realizado o experimento, devido as condições climáticas colhe-se as mandiocas com aproximadamente 12 meses do plantio.

Devido à extensão do Brasil, as condições ideais para o plantio de mandioca não coincidem nos mesmos meses em todas as regiões. Nas condições dos cerrados, a época ideal de plantio é nos primeiros meses do período chuvoso, ou seja, de setembro a janeiro.

O cultivo da mandioca se populariza entre produtores rurais em Uberlândia, dispensa irrigação contínua e se adapta bem ao clima da cidade, com expansão de 25% em dois anos, segundo Secretaria de Agricultura de Minas Gerais.

Em 12 de fevereiro de 2026, conforme dados da Ceasa Uberlândia (MG), a caixa de mandioca extra com 25 quilos foi comercializada a R\$ 50,00, sendo 20% maior do que o ano anterior que foi de R\$ 40,00 [4]. Segundo dados do IBGE, por meio da Produção Agrícola Municipal (PAM), o município de Uberlândia registrou uma produção de aproximadamente 5.040 toneladas de mandioca na última safra oficialmente registrada [1].

O maracujá, fruto típico do Brasil e cultivado em todo o território nacional, possui em sua

casca um grande percentual de albedo, um polissacarídeo rico em pectina, substância formadora de gel em contato com a água. O consumo do maracujá gera resíduo, pois em agroindústrias que faz o seu processamento, aproveita-se apenas a polpa que representa aproximadamente 20% do fruto. Este resíduo pode vir a se tornar um passivo ambiental. Em algumas regiões ou agroindústrias específicas este resíduo tem sido utilizado para alimentação de bovinos [5].

Como qualquer ser vivo, o ser humano retira recursos do meio ambiente para prover sua subsistência e devolve as sobras novamente ao ambiente. Naturalmente, as sobras se decompõem e são absorvidas por outros organismos de modo que nada se perde, mas em quantidades excessivas e dispostos em locais inadequados, contaminam o solo causando poluição [3].

As sobras do fruto do maracujá, especificamente a casca, pode ser utilizada para adubar o solo. Diante disso, propõe-se o seu aproveitamento no solo, enriquecendo-o e funcionando como adubo orgânico capaz de se transformar em uma espécie de hidrogel natural em contato com a água. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial da casca de maracujá como adubo orgânico no cultivo da mandioca no Cerrado, buscando uma alternativa sustentável e de baixo custo para a melhoria da fertilidade do solo e da produtividade da cultura. O estudo teve como finalidade analisar o efeito de diferentes doses desse resíduo agroindustrial no desenvolvimento e na produção da mandioca, contribuindo para o aproveitamento de resíduos orgânicos e para práticas agrícolas mais sustentáveis na região do Cerrado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados os principais aspectos relacionados ao estudo, destacando-se a importância da cultura da mandioca para a produção agrícola, bem como o uso da adubação orgânica como alternativa sustentável para a melhoria da fertilidade do solo. Também serão apresentados os fatores climáticos que influenciam o desenvolvimento da cultura e discutidos os procedimentos adotados na análise experimental, incluindo o tratamento de parcelas perdidas, visando garantir a confiabilidade dos resultados obtidos.

Antes da realização da análise de variância, os dados obtidos no experimento com a cultura da mandioca foram submetidos à verificação dos pressupostos estatísticos exigidos para a aplicação da Análise de Variância (ANAVA). Entre esses pressupostos, destaca-se a normalidade dos resíduos, que foi avaliada por meio do Teste de Shapiro–Wilk e a homogeneidade de variâncias avaliado pelo Teste de Bartlett.

O teste de Shapiro–Wilk é amplamente utilizado em análises estatísticas para verificar se um conjunto de dados apresenta distribuição aproximadamente normal. Nesse teste, considera-se como hipótese nula que os dados seguem uma distribuição normal. Assim, quando o valor de p é maior que o nível de significância adotado (geralmente 5%), não se rejeita a hipótese nula, indicando que os dados atendem ao pressuposto de normalidade.

No presente estudo, o teste foi aplicado aos resíduos das variáveis analisadas, como peso das raízes e produtividade da mandioca, com o objetivo de verificar a adequação dos dados ao modelo estatístico utilizado. A confirmação da normalidade dos resíduos permitiu a aplicação da análise de variância e do teste F para avaliar possíveis diferenças entre os tratamentos relacionados às proporções de adubo orgânico aplicadas no cultivo da mandioca.

2.1 A IMPORTÂNCIA DA MANDIOCA

A mandioca (*Manihot Esculenta*) é uma cultura importante no Brasil, especialmente no Cerrado devido à sua adaptabilidade e resistência à seca. No entanto, a produtividade da mandioca pode ser influenciada pela fertilidade do solo. A aplicação de adubos orgânicos é uma prática sustentável que pode melhorar a fertilidade do solo e aumentar a produtividade da mandioca [9].

A mandioca possui um ciclo que pode variar de 8 a 24 meses com variações na produtividade de raízes e na quantidade percentual de amido [18]. Dependendo da variedade e das condições edafoclimáticas da região de plantio. São consideradas variedades precoces aquelas que têm o

ciclo entre 10 a 14 meses após o plantio, semiprecoces, têm o ciclo entre 14 a 16 meses e as tardias possuem o ciclo maior que 18 meses [12].

A mandioca é uma cultura de grande importância socioeconômica no Brasil, especialmente em regiões tropicais e subtropicais. No município de Uberlândia, localizado no Triângulo Mineiro, em Minas Gerais, as condições climáticas são, em geral, favoráveis ao cultivo da mandioca, dada a predominância do clima tropical do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, caracterizado por verões quentes e chuvosos e invernos secos.

É importante destacar que, apesar da mandioca ser uma cultura rústica e tolerante a períodos de seca moderada, a sua produtividade pode ser significativamente reduzida quando cultivada fora das condições ideais de clima e solo. Além disso, práticas de preparo adequado do solo, espaçamento correto entre plantas e controle de plantas daninhas são fundamentais para o sucesso do cultivo.

Para a região de Uberlândia-MG, recomenda-se o plantio da mandioca no início do período chuvoso, preferencialmente entre os meses de outubro e novembro, aproveitando as condições favoráveis de temperatura e a disponibilidade hídrica características do Cerrado mineiro.

2.2 ADUBAÇÃO ORGÂNICA

A adubação orgânica consiste na aplicação de materiais de origem vegetal ou animal ao solo com a finalidade de melhorar suas propriedades físicas, químicas e biológicas. A incorporação de matéria orgânica favorece a agregação das partículas do solo, aumenta a capacidade de retenção de água e estimula a atividade microbiana, fatores essenciais para a manutenção da fertilidade em regiões tropicais [15]. Além disso, os adubos orgânicos atuam como fonte gradual de macro e micronutrientes, contribuindo para a nutrição equilibrada das plantas [11].

Em solos do Cerrado, que geralmente apresentam baixa fertilidade natural e baixos teores de matéria orgânica, o uso de adubação orgânica torna-se ainda mais relevante. A utilização de resíduos agroindustriais como fertilizantes, além de reduzir custos de produção, promove a reciclagem de nutrientes e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas [10]. Dessa forma, a adubação orgânica representa uma alternativa viável para sistemas produtivos mais sustentáveis e economicamente eficientes.

A adubação orgânica tem sido apontada como uma alternativa sustentável para melhorar a fertilidade do solo e aumentar a produtividade da mandioca. A incorporação de resíduos orgânicos ao solo contribui para o aumento da matéria orgânica, melhoria da estrutura do solo e maior disponibilidade de nutrientes para as plantas, favorecendo o desenvolvimento da cultura.

Estudos têm demonstrado que a aplicação de adubos orgânicos pode melhorar a estrutura do solo, aumentar a biodiversidade microbiana e promover o crescimento e desenvolvimento das plantas. Além disso, a utilização desses fertilizantes pode reduzir a dependência de fertilizantes químicos e minimizar os riscos de contaminação do solo e da água[2].

Algumas culturas, como a da mandioca requer em tempo de escassez de água, nos períodos

de seca, a irrigação da lavoura para garantir mesma produtividade. O uso da casca do maracujá no solo em forma de adubo orgânico, como tipo hidrogel pode auxiliar no desenvolvimento e produção das manivas das mandiocas, restando umidade no solo, em absorção lenta pelo solo deste substrato, ou seja, da pectina existente na casca do maracujá.

2.3 CLIMA

Uberlândia localiza-se no cerrado, cujo clima é caracterizado por uma estação seca e uma estação chuvosa bem definidas. A estação seca ocorre durante os meses de inverno (junho a setembro) quando a precipitação é baixa ou inexistente. A estação chuvosa ocorre durante os meses de verão (outubro a março) quando a precipitação é mais intensa.

A temperatura média anual em Uberlândia varia entre 20°C e 24°C, valores considerados ideais para o desenvolvimento da mandioca, que apresenta bom crescimento em faixas de temperatura entre 20°C e 32°C. Temperaturas inferiores a 15°C podem retardar o crescimento da planta, enquanto valores extremos acima de 35°C podem afetar negativamente o desenvolvimento radicular.

A água doce é um recurso finito e os suprimentos acessíveis estão se tornando cada vez menos abundantes. O aumento populacional, da renda e os impactos das mudanças climáticas devem exacerbar a questão da escassez de água o que já é uma realidade em muitas partes do planeta. Encontrar soluções sustentáveis é dificultado pelas demandas energéticas, de irrigação e outros usos da água, para se obter, armazenar, produzir água de boa qualidade garantindo abastecimento de cidades e suas populações.

A precipitação média anual da região gira em torno de 1.500 mm, com maior concentração entre os meses de outubro e março, correspondendo à estação chuvosa. Este período é considerado o mais apropriado para o plantio da mandioca, pois garante a umidade necessária para o enraizamento e o estabelecimento inicial das plantas. O início das chuvas, especialmente entre outubro e novembro, é a melhor época para a implantação da lavoura, pois proporciona condições adequadas de umidade do solo e temperatura para a brotação das manivas.

2.4 DELINEAMENTO EM BLOCOS CASUALIZADOS

O experimento foi conduzido utilizando o Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), método amplamente empregado em experimentos agrônômicos quando há necessidade de controlar a variabilidade existente na área experimental. Nesse delineamento, as unidades experimentais são agrupadas em blocos relativamente homogêneos, de forma que as diferenças entre blocos representem fontes de variação não controladas, como características do solo, relevo ou umidade. Dentro de cada bloco, os tratamentos são distribuídos aleatoriamente, garantindo que todos os tratamentos estejam presentes em cada bloco.

Sempre que não houver homogeneidade das condições experimentais usa-se o controle local, estabelecendo subambientes homogêneos (blocos) e, instalando em cada um deles, todos os

tratamentos igualmente repetidos. Utiliza-se os três princípios básicos da experimentação: Repetição, Casualização e Controle Local [2].

O modelo estatístico associado ao DBC pode ser representado por:

$$X_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij} \quad (2.1)$$

Onde:

X_{ij} = valor observado na parcela que recebeu o tratamento i no bloco j ;

m = média da população ;

t_i = efeito do tratamento i aplicado na parcela i ;

b_j = efeito do bloco j em que se encontra a parcela;

e_{ij} = efeito dos fatores não controlados na parcela

Paralelamente, foi estimada a parcela perdida em decorrência do consumo acidental de parte da plantação por uma vaca. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R. [16]

2.4.1 PARCELAS PERDIDAS

Em experimentos agrícolas conduzidos em DBC, pode ocorrer a perda de parcelas experimentais devido a fatores não controlados, como ataque de pragas, falhas no plantio, morte de plantas ou erros operacionais. A ausência dessas observações compromete a análise de variância, pois o modelo estatístico pressupõe dados completos e balanceados.

Para contornar esse problema, utiliza-se a técnica de estimação de parcelas perdidas, que consiste em substituir o valor ausente por uma estimativa calculada a partir das demais observações do experimento. Essa estimativa é obtida de forma a minimizar o erro experimental e permitir a continuidade da análise estatística[2].

Considerando um experimento em DBC com I tratamentos e J blocos, com perda de uma parcela correspondente ao tratamento i no bloco j , O valor estimado $\hat{x}$ pode ser obtido pela expressão: $\hat{x}$ pode ser obtido pela expressão [2]:

$$\hat{x}_{ij} = \frac{IT_i + JB_j - G}{(I - 1)(J - 1)} \quad (2.2)$$

em que:

I = número de tratamentos do experimento,

T = soma das parcelas existentes no tratamento que teve a parcela perdida,

J = número de blocos do experimento, (2.3)

B = soma das parcelas existentes no bloco que teve a parcela perdida,

G = soma de todas as parcelas existentes no experimento.

3. METODOLOGIA

Nesta seção foram apresentados os procedimentos utilizados para a condução do experimento e para a análise dos dados obtidos. Inicialmente foi descrito o experimento, incluindo o local de realização, o delineamento experimental em blocos casualizados e os tratamentos aplicados que foram as diferentes doses de adubo orgânico à base de casca de maracujá no cultivo da mandioca. Em seguida foi apresentada a forma de avaliação das raízes tuberosas, considerando as variáveis relacionadas ao desenvolvimento e à produtividade da cultura. Por fim, foram descritos os dados climáticos utilizados no estudo, especialmente temperatura e precipitação pluviométrica, bem como os procedimentos estatísticos empregados para a análise dos resultados.

3.1 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado em área rural do município de Uberlândia, MG, em Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), com cinco repetições. As parcelas foram constituídas por cinco linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas a 1,0 m, perfazendo uma área total de 25 m^2 .

O experimento consistiu em tratamentos com diferentes doses de adubo orgânico aplicados à cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). O delineamento foi utilizado para controlar a variabilidade do solo na área experimental, garantindo maior precisão na comparação dos tratamentos.

A bordadura foi utilizada para minimizar interferências causadas por fatores externos, como variações de luminosidade, vento, competição entre plantas e efeitos de borda provenientes de áreas adjacentes ao experimento. Dessa forma, as plantas localizadas nas bordas funcionaram como uma zona de proteção, garantindo que as parcelas úteis representem melhor as condições reais do tratamento aplicado. Assim, apenas as plantas localizadas na área central das parcelas são consideradas para a coleta de dados e análise estatística, aumentando a confiabilidade e a precisão dos resultados obtidos.

As covas para o plantio das manivas de mandioca foram abertas manualmente, com dimensões aproximadas de 30 cm de comprimento, 30 cm de largura e 30 cm de profundidade, visando proporcionar espaço adequado para o desenvolvimento inicial do sistema radicular. Em cada cova foi realizada a mistura do solo com o adubo orgânico à base de casca de maracujá, de acordo com os tratamentos estabelecidos no experimento. As proporções utilizadas foram de 0%, 10%, 20%, 30% e 40% de adubo orgânico em relação ao volume total do substrato presente

na cova. Para cada tratamento, o adubo foi previamente misturado ao solo retirado da própria cova, garantindo uma distribuição homogênea do material orgânico antes da colocação das manivas. Posteriormente, as manivas foram posicionadas nas covas e cobertas com a mistura de solo e adubo correspondente a cada tratamento.

A variedade escolhida para este experimento foi a de ciclo precoce com ciclo entre 10 a 14 meses após o plantio. A escolha do cultivo da mandioca, se dá ao fato de que a plantação de mandioca não exige grandes recursos tecnológicos, ser rentável aos produtores e não exigir uma área muito grande para produção e ser um produto de consumo considerável e apreciado pela população, bem como seus derivados.



(a) Seleção das manivas



(b) Crescimento vegetativo



(c) Produtividade da raiz

Figura 3.1: Etapas do desenvolvimento da cultura da mandioca: (a) seleção das manivas, (b) crescimento vegetativo e (c) produtividade das raízes.

Observa-se na Figura 3.1 etapas importantes do desenvolvimento da cultura da mandioca durante a condução do experimento. Inicialmente, destacou-se a seleção das manivas utilizadas no plantio, procedimento fundamental para garantir a uniformidade das plantas no campo experimental. As manivas foram selecionadas a partir de hastes saudáveis, bem desenvolvidas e livres de pragas e doenças, favorecendo uma brotação uniforme e um bom estabelecimento inicial da cultura (Figura 3.1.a).

Observou-se também, (Figura 3.1.b), o crescimento vegetativo das plantas ao longo do ciclo de desenvolvimento. Esse crescimento foi caracterizado pelo aumento da altura das plantas, emissão de ramos e expansão da área foliar, fatores diretamente relacionados às condições ambientais e à disponibilidade de nutrientes no solo, influenciadas pelas diferentes proporções de adubo orgânico aplicadas.

Por fim, observa-se (Figura 3.1.c) a produtividade da cultura, evidenciando o desenvolvimento e a formação das raízes tuberosas da mandioca. A avaliação da produtividade foi realizada por meio da colheita e análise da massa das raízes (Kg), possibilitando a comparação entre os diferentes tratamentos de adubação orgânica à base de casca de maracujá.

3.2 ANÁLISE DA RAIZ

Após a colheita da mandioca, as raízes foram lavadas em água corrente para remoção de impurezas e, posteriormente, submetidas às avaliações biométricas. Inicialmente, determinou-se o número de raízes por planta. Em seguida, foi obtido o peso das raízes (Kg) utilizando balança digital de precisão, sendo registrado o peso total por parcela. O número de raízes foi a contagem das mesmas, sendo utilizado como parâmetro adicional para caracterizar o desenvolvimento e a produtividade da mandioca.

O peso médio de raízes (Kg) foi determinado dividindo-se o peso total das raízes pelo número de plantas colhidas em cada parcela. Essas variáveis foram utilizadas para avaliar o desempenho da cultura sob as diferentes doses de adubo orgânico à base de casca de maracujá.

3.3 AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

A avaliação da temperatura e da precipitação pluviométrica é um fator importante para a interpretação dos resultados obtidos no experimento, uma vez que as condições climáticas exercem influência direta sobre o crescimento e o desenvolvimento da cultura da mandioca. A disponibilidade hídrica e as variações de temperatura podem afetar processos fisiológicos das plantas, como a brotação das manivas, o crescimento vegetativo e a formação das raízes tuberosas.

No bioma Cerrado, caracterizado por períodos bem definidos de seca e chuva, essas variáveis climáticas tornam-se ainda mais relevantes para o desempenho da cultura. Nesse contexto, o acompanhamento da temperatura média e da precipitação pluviométrica durante o período experimental, na região de Uberlândia, permitiu verificar se as condições ambientais foram favoráveis ao desenvolvimento da cultura e à absorção de nutrientes provenientes da adubação orgânica.

Dessa forma, a análise dessas variáveis auxiliou na interpretação dos resultados de produtividade observados entre os diferentes tratamentos, possibilitando relacionar o desempenho da cultura não apenas às doses de adubo aplicadas, mas também às condições climáticas ocorridas durante o ciclo de cultivo.

Conforme apresentado na Tabela 3.1 [13], os maiores valores registrados para precipitação ocorreram nos meses de Fevereiro (28 mm), Março (28 mm), Setembro (42 mm) e Outubro (41 mm). Os menores valores foram observados em Maio (10 mm) e nos meses de Junho, Julho e Agosto (0 mm), caracterizando período sem ocorrência de precipitações.

A temperatura média manteve-se relativamente estável ao longo do ano, variando entre 22 e 27 °C. Os meses mais quentes corresponderam a Setembro, Janeiro e Fevereiro, enquanto os meses mais frios foram Junho e Julho.

Observou-se que a precipitação se concentrou predominantemente no verão e no início da primavera, especialmente entre Fevereiro e Março e entre Setembro e Outubro.

Tabela 3.1: Precipitação média mensal em Uberlândia, MG

Mês	Precipitação Média (mm)	Temperatura Média (°C)	Umidade Média (%)
Jan	17	25	70
Fev	28	25	69
Mar	28	25	72
Abr	10	25	63
Mai	1	24	55
Jun	0	22	47
Jul	0	22	42
Ago	0	23	38
Set	42	27	30
Out	41	26	59
Nov	28	24	71
Dez	26	24	71

Os dados apresentados de precipitação máxima, temperatura média e umidade média mostraram uma tendência de concentração de chuvas nos meses de verão e início de Outono, o que é consistente com o clima do cerrado. De acordo com a Figura 3.2, pode-se observar que a temperatura média e a umidade média também mostraram uma variação sazonal, com as temperaturas e umidade mais altas nos meses de verão e mais baixas nos meses de inverno.

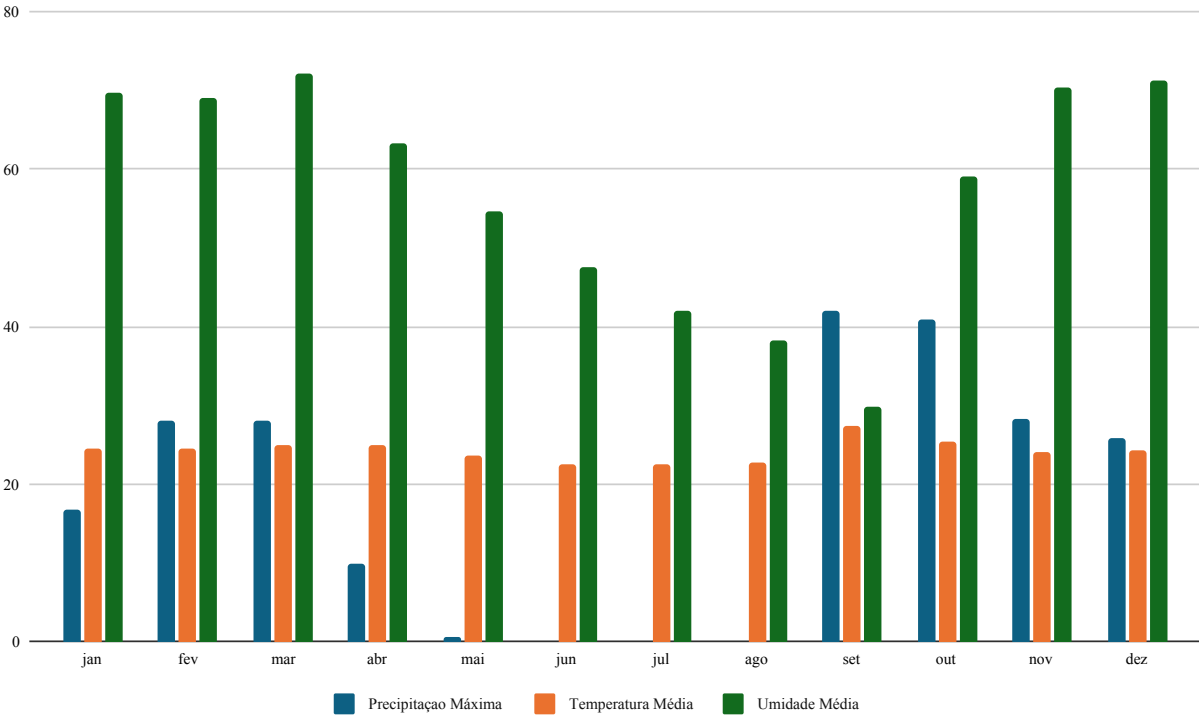


Figura 3.2: Precipitação Máxima, Temperatura Média e Umidade Média em Uberlândia no ano de 2024.

3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O experimento foi conduzido em DBC, com os tratamentos distribuídos aleatoriamente dentro de cada bloco, com o objetivo de controlar a variabilidade existente na área experimental. Esse delineamento é amplamente utilizado em experimentos agrícolas quando há heterogeneidade na área experimental, permitindo aumentar a precisão das comparações entre tratamentos [2].

Foram avaliadas as variáveis peso e número das raízes e produtividade da mandioca. Inicialmente, os dados obtidos foram submetidos à verificação dos pressupostos da ANAVA, que incluem o teste de Shapiro-Wilk para normalidade dos resíduos e o teste de Bartlett para homogeneidade das variâncias. Atendidos esses pressupostos, procedeu-se à análise de variância (ANAVA) por meio do teste F, a fim de identificar possíveis efeitos dos tratamentos.

Atendidos os pressupostos, procedeu-se à ANAVA, que consiste na decomposição da variabilidade total dos dados em fontes de variação atribuídas aos tratamentos, aos blocos e ao erro experimental. O teste utilizado para verificar a significância dos tratamentos foi o teste F, obtido pela razão entre o quadrado médio dos tratamentos (QM_{Trat}) e o quadrado médio do erro (QM_{Erro}), conforme:

$$F = \frac{QM_{Trat}}{QM_{Erro}}. \quad (3.1)$$

Na análise de variância, alguns termos são utilizados para descrever as fontes de variação e os resultados obtidos. O termo GL (graus de liberdade) refere-se ao número de valores independentes associados a cada fonte de variação no modelo estatístico. SQ (soma de quadrados) representa a quantidade total de variabilidade atribuída a cada fonte de variação, indicando o quanto cada fator contribui para a variação observada nos dados.

O QM (quadrado médio) é obtido pela razão entre a soma de quadrados e os respectivos graus de liberdade, sendo uma estimativa da variância associada a cada fonte de variação. A estatística F é calculada pela razão entre o quadrado médio do fator de interesse e o quadrado médio do resíduo, sendo utilizada para verificar se há diferenças significativas entre os tratamentos avaliados. Por fim, o p -valor corresponde à probabilidade de se observar um valor da estatística F igual ou mais extremo do que o obtido, assumindo que a hipótese nula seja verdadeira. Quando o p -valor é menor que o nível de significância adotado (geralmente 5%), conclui-se que há efeito significativo do fator avaliado. Caso o valor calculado de F for superior ao valor crítico da distribuição F, para um determinado nível de significância, conclui-se que há diferenças significativas entre os tratamentos avaliados [2]. Paralelamente, foi estimada a parcela perdida em decorrência do consumo acidental de parte da plantação por uma vaca. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R[16]. Visando avaliar o efeito de diferentes doses de adubação orgânica sobre o desenvolvimento da cultura, foram analisadas variáveis agronômicas relacionadas ao crescimento e à produtividade, permitindo identificar a resposta da cultura aos tratamentos aplicados. Como uma das variáveis analisadas é de natureza quantitativa, utilizou-se a análise de regressão para avaliar a relação entre as variáveis do estudo.

4. RESULTADOS

A Tabela 4.1 apresenta os valores do peso médio da mandioca, expressos em quilogramas, obtidos para cada tratamento dentro de cada bloco experimental. Observa-se variação nos valores entre os tratamentos e blocos, evidenciando a influência das condições experimentais e dos diferentes tratamentos aplicados sobre a variável analisada. Esses dados servirão de base para as análises estatísticas subsequentes. O valor de x_{13} foi como parcela perdida, por não apresentar nenhuma raiz.

Tabela 4.1: Peso médio da mandioca, em quilogramas.

Bloco	Tratamentos				
	1	2	3	4	5
1	3,15	2,14	x_{13}	6,20	4,295
2	0,40	0,65	1,975	4,66	0,655
3	7,71	4,01	4,54	5,09	5,69
4	3,27	10,188	1,63	10,72	2,855
5	6,135	2,825	2,01	7,40	4,845

A Tabela 4.2 apresenta o número de raízes de mandioca em função dos diferentes tratamentos avaliados, distribuídos em blocos. Observa-se variabilidade nos valores tanto entre tratamentos quanto entre blocos, evidenciando a heterogeneidade experimental, a qual é parcialmente controlada pelo delineamento em blocos casualizados. A parcela x_{13} foi perdida não apresentando portanto número de raízes.

Verifica-se que alguns tratamentos apresentaram maiores números de raízes em determinados blocos, com destaque para o bloco 1, que apresentou valores relativamente superiores em comparação aos demais. Em contrapartida, o bloco 2 apresentou os menores valores, sugerindo possível influência de fatores ambientais ou de solo nessa unidade experimental.

Tabela 4.2: Número das raízes da mandioca.

Bloco	Tratamentos				
	1	2	3	4	5
1	11	11	x_{13}	11	12
2	3	3	6	5	4
3	11	8	9	8	8
4	7	7	5	11	6
5	10	7	6	9	8

No entanto, para confirmar a existência de diferenças significativas entre os tratamentos,

faz-se necessária a realização de análise estatística apropriada, como a análise de variância. Para a variável peso, de acordo com o teste de Shapiro-Wilk($p=0,6196$) indicou normalidade dos resíduos, ao nível de 5% de significância e o teste de Bartlett($p=0,3344$) confirmou a homogeneidade das variâncias. Atendidos os pressupostos, procedeu-se a Análise de variância (ANAVA).

De acordo com a Análise de Variância (Tabela 4.3) o coeficiente de variabilidade foi de 52,32%, considerado elevado, o que indica alta variabilidade dos dados experimentais. Essa condição é comum em experimentos de natureza biológica e pode estar associada à heterogeneidade dos indivíduos avaliados ou à sensibilidade da variável resposta às condições ambientais, contribuindo para a redução da precisão experimental. Dessa forma, resultados significativos a 10% foram discutidos como tendência de efeito dos tratamentos para a variável peso.

Tabela 4.3: Análise de variância para a variável peso.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	p -valor
Tratamento	4	50,864	12,7160	2,6214	0,0739
Bloco	4	53,905	13,4762	2,7782	0,0629
Resíduo	16	77,612	4,8508	—	—
Total	24	182,381	—	—	—

A análise de regressão foi utilizada para descrever e quantificar a relação entre as doses de adubo orgânico à base de casca de maracujá e as variáveis peso e número de raízes avaliadas no experimento. Esse método estatístico permite verificar a existência de relação funcional entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes, além de possibilitar a estimação da tendência de resposta da cultura às diferentes doses aplicadas.

O modelo linear não foi significativo ($p = 0,546$) e apresentou baixo coeficiente de determinação ($R^2 = 0,036$), indicando ausência de tendência linear. O modelo quadrático também não foi significativo ($p = 0,976$), não contribuindo para a explicação da variabilidade dos dados.

O modelo cúbico apresentou melhor ajuste relativo ($R^2 = 41,03\%$), com termo cúbico significativo a 10% de probabilidade ($p = 0,0651$).

A equação estimada foi:

$$\hat{y}_i = 4,43 - 0,42x + 0,03x^2 + 0,0005x^3 \quad (4.1)$$

A relação entre a dose de adubo orgânico (%) e o peso (kg) das raízes foi avaliada por meio de regressão polinomial de terceiro grau, em que x representa a porcentagem de adubo utilizada e y o peso médio das raízes (kg).

A Figura 4.1 mostra o ajuste cúbico obtido através do software R. [16]

Sugerindo que o efeito do tratamento não é linear, há um nível intermediário (por volta de 30) em que a resposta é máxima, isso indica que doses muito baixas ou muito altas não produzem o mesmo efeito positivo que uma dose intermediária, ou seja, o modelo ajudou a identificar um possível ponto ótimo de tratamento. O gráfico mostra que o ajuste cúbico

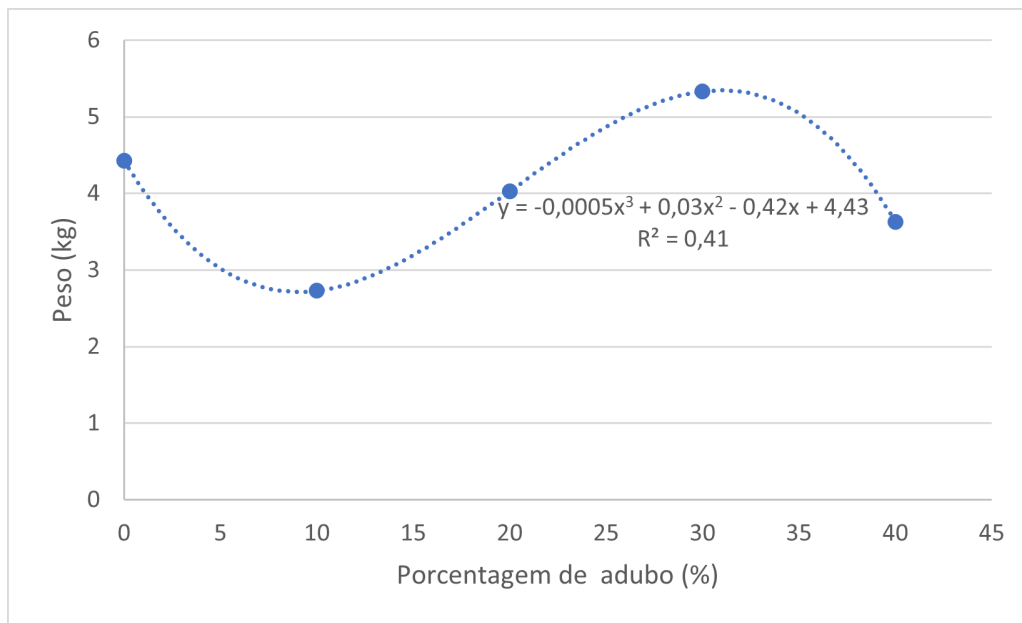


Figura 4.1: Gráfico de ajuste cúbico dos dados observados

representa bem a forma da resposta em função do tratamento. Ele revela um comportamento curvo, com mínimo e máximo, reforçando que há uma dose intermediária ótima onde o efeito é maximizado. Tal resultado evidencia que tratamentos adicionais na dose a partir desse ponto (por volta de 30), não promoveram ganhos proporcionais, podendo inclusive reduzir a variável resposta.

De modo geral os resultados indicam que os níveis de tratamento influenciam o peso, porém a resposta apresenta comportamento complexo, não sendo adequadamente descrita por modelos lineares ou quadráticos simples. A alta variabilidade observada reforça a necessidade de maior controle experimental ou aumento do número de repetições em estudos futuros, a fim de melhorar a precisão das estimativas e a capacidade explicativa dos modelos estatísticos. Assim, embora tenha sido possível identificar efeito dos tratamentos sobre a variável analisada, recomenda-se a continuidade das pesquisas, com aperfeiçoamento do delineamento experimental e avaliação de novas doses, para melhor compreensão da resposta da cultura e definição de uma recomendação afonômica mais segura e eficiente. O coeficiente de determinação obtido foi $R^2 = 0,41$, indicando que aproximadamente 41% da variação observada no peso das raízes pode ser explicada pela variação nas doses de adubo avaliadas. O maior peso ocorreu na dose de 30%. Doses muito baixas ou muito altas apresentaram menor produção.

Isso sugere uma resposta não linear da mandioca à adubação com casca de maracujá, indicando a existência de uma faixa ótima de adubação. A Figura 4.1 sugere que o efeito do tratamento não é linear, há um nível intermediário (por volta de 30) em que a resposta é máxima, isso indica que doses muito baixas ou muito altas não produzem o mesmo efeito positivo que uma dose intermediária, ou seja o modelo ajuda a identificar um possível ponto ótimo de tratamento. O gráfico mostrou que o ajuste cúbico representou bem a forma da resposta em função do tratamento, revelando um comportamento curvo, com mínimo e máximo, reforçando que há uma dose intermediária ótima onde o efeito é maximizado.

Conforme ilustrado na Figura 4.1, verificou-se a existência de um ponto de máximo local em nível intermediário do tratamento (aproximadamente 30), indicando que a resposta é maximizada nessa faixa. Tal resultado evidencia que incrementos adicionais na dose, a partir desse ponto, não promovem ganhos proporcionais, podendo inclusive reduzir a variável resposta.

Esse comportamento indica uma resposta não linear da variável peso em função dos níveis dos tratamentos com oscilações ao longo da faixa avaliada. Entretanto a significância dos desvios de regressão ($p = 0,0243$) sugere que parte da variação observada não foi completamente explicada pelo modelo, possivelmente em decorrência da elevada variabilidade experimental.

Para a variável número de raízes (Tabela 4.4), o teste de normalidade de Shapiro-Wilk apresentou valor $p = 0,277397$, não sendo significativo a 5%, o que permite assumir a normalidade dos resíduos e confirma a adequação dos pressupostos do modelo. O teste de Bartlett apresentou valor $p = 0,9282$, configurando a homogeneidade das variâncias. A Análise de Variância da (Tabela 4.4) indicou ausência de efeito significativo dos tratamentos ao nível de 5% de probabilidade ($p = 0,3574$). Por outro lado, o efeito de blocos foi significativo ($p = 0,00005$), evidenciando variabilidade entre as unidades experimentais e justificando a adoção do delineamento em blocos casualizados. O coeficiente de variação ($CV = 19,09\%$) indica precisão experimental satisfatória.

Tabela 4.4: Análise de variância para a variável número de raízes.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Tratamento	4	10,56	2.64	1.1786	0.35740
Bloco	4	122.96	30.74	13,7232	0.00005
Resíduo	16	35.84	2.24		
Total	24	169.36			

5. CONCLUSÕES

A aplicação do adubo orgânico proveniente da casca de maracujá demonstrou potencial para melhorar o desenvolvimento e a produtividade da mandioca no Cerrado de Uberlândia. Os resultados indicam que o resíduo agroindustrial pode ser utilizado como alternativa sustentável e de baixo custo, contribuindo para a fertilidade do solo e para a redução do uso de insumos químicos. Assim, seu aproveitamento apresenta viabilidade agronômica e ambiental para a cultura. O acréscimo do adubo orgânico de casca do maracujá, contribuiu para a retenção de água nas raízes de mandioca nos meses mais secos após o plantio.

Para a variável peso, verificou-se que os tratamentos influenciaram a variável analisada, embora com elevada variabilidade experimental e ajuste limitado dos modelos de regressão. Recomenda-se cautela na interpretação dos resultados e a realização de novos estudos com maior controle experimental para confirmação dos efeitos observados.

Para a variável comprimento, nas condições em que o experimento foi conduzido, os níveis do tratamento não promoveram alterações significativas na variável analisada. A utilização de resíduos de maracujá como adubo pode ser uma alternativa viável e sustentável para o cultivo de mandioca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AgroLink: *Produção Agrícola de Mandioca em Uberlândia/MG*, 2025. <https://www.agrolink.com.br/culturas/mandioca/estatistica/mg/uberlandia>, acessado em 17/02/2026.
- [2] Banzatto, D. A. e Kronka, S. N.: *Experimentação Agrícola*. FUNEP, Jaboticabal, 2013.
- [3] Barbieri, J. C.: *Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos*. Editora Saraiva. São Paul, 2015.
- [4] BR, P. A.: *Preço Mandioca Extra cx 25 kg Ceasa Uberlândia*, 2026. <https://precota.com.br/agro/grafico-preco-tabela-mandioca-extra-ceasa-uberlandia-cx-25-kg>, acessado em 17/02/2026.
- [5] Carneiro, L. C., M. Bezerra, A. M. de e M. Guedes, J. A. de: *Fabricação De Doce De Goiaba Com Aproveitamento Do Albedo Do Maracujá Amarelo*. Holos, 4:26–32, 2010. <https://doi.org/10.15628/holos.2009.342>.
- [6] Consumido Idec, I. B. de Defesa do: *Mandioca: conheça as variedades e curiosidades*, 2021. <https://idec.org.br/dicas-e-direitos/mandioca-aipim-macaxeira>.
- [7] Embrapa: *Mandioca*, 2024. <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/mandioca>.
- [8] Embrapa: *Mandioca em números*, 2024. <https://www.embrapa.br/congresso-de-mandioca-2018/mandioca-em-numeros>.
- [9] Jesus Santos, D. de, Santos, J. C. e Perin, L.: *Fertilizantes Orgânicos na Produção Sustentável no Estado de Sergipe*. Cadernos de Agroecologia – Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia, 15(2), 2020. <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/4461>.
- [10] Kiehl, E. J.: *Fertilizantes orgânicos*. Agronômica Ceres. Piracicaba, 2008.
- [11] Malavolta, E.: *Manual de nutrição mineral de plantas*. Agronômica Ceres. São Paulo, 2006.
- [12] Mattos, P. L. P. *et al.*: *Análise Numérica*. Cengage, 8ª ed., 2008.

- [13] Meteorologia INMET, I. N. de: *Normais climatológicas do Brasil 1991–2020: Uberlândia-MG*, 2021. <https://portal.inmet.gov.br/>, acessado em 18/08/2025.
- [14] Nascimento, F. e Silva, S.: *Mandioca: O alimento do século XXI*, 2023. <https://www.fsp.usp.br/sustentarea/2023/08/31/mandioca-o-alimento-do-seculo-xxi/>.
- [15] Primavesi, A.: *Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais*. Nobel. São Paulo, 2002.
- [16] R Core Team: *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2024. <https://www.R-project.org/>.
- [17] Silva Cravo, M. da, Smyth, T. J. e Souza, B. D. L. de: *Calagem E Adubação Para A Cultura Da Mandioca*. Embrapa Amazônia Oriental, pp. 63–76, 2014. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1000910/1/ApostilaMandioca.pdf>.
- [18] Takahashi, M. e Gonçalo, S.: *A cultura da mandioca*. Paranaíba: Olímpica, 2005, 116p.