

**AGROTEC**Revista Agropecuária Técnica  
Since 1981

ISSN impresso 0100-7467 - ISSN online 2525-8990

AGRARIAN SCIENCE AND TECHNOLOGY

## Características tecnológicas do arroz vermelho variedade Maranhão em diferentes métodos de cocção

Carlos Dornelles Ferreira Soares<sup>1</sup>, Shara Regina Borges<sup>1</sup>, Pedro Henrique Menezes<sup>2,3</sup>, Normando Ribeiro-Filho<sup>1</sup>, Marcia Roseane Targino De-Oliveira<sup>1</sup>

### Resumo

Avaliar as cocções do arroz é essencial para a indústria de alimentos e bebidas, pois permite otimizar a qualidade sensorial, o rendimento e a eficiência do processo, atendendo às preferências dos consumidores e exigências do mercado. Este trabalho caracterizou os grãos de arroz vermelho variedade maranhão, quanto às dimensões, teor de amilose, temperatura de gelatinização e comportamento durante a cocção em diferentes métodos. As amostras foram analisadas em laboratório utilizando-se colorimetria, espectrofotometria, dispersão alcalina e testes de cocção com panela convencional, elétrica e micro-ondas. Observou-se que os grãos polidos pertencem à classe longo fino, enquanto os integrais à classe longo. Ambos apresentaram baixo teor de amilose e alta temperatura de gelatinização. O tempo mínimo de cocção foi de 18 min para os grãos polidos e 40 min para os integrais, sendo que os grãos integrais apresentaram melhor rendimento em micro-ondas, e os polidos, em panela elétrica. Finalmente, o grau de beneficiamento e o método de cocção influenciam significativamente o desempenho culinário do arroz vermelho Maranhão.

**Palavras-chave:** Caracterização físico-química, teor de amilose, temperatura de gelatinização.

### Abstract

Evaluating rice cooking performance is essential for the food and beverage industry, as it allows for the optimization of sensory quality, yield, and process efficiency, while meeting consumer preferences and market demands. This study characterized red rice grains of the Maranhão variety in terms of grain dimensions, amylose content, gelatinization temperature, and cooking behavior using different methods. Samples were analyzed in the laboratory using colorimetry, spectrophotometry, alkali dispersion, and cooking tests with conventional, electric, and microwave ovens. The results showed that the polished grains fall into the long slender category, while the whole grains are classified as long. Both types exhibited low amylose content and high gelatinization temperature. The minimum cooking time was 18 minutes for polished grains and 40 minutes for whole grains, with the latter showing better yield when cooked in a microwave, and the former performing best in an electric rice cooker. Ultimately, the degree of milling and cooking method significantly influence the culinary performance of Maranhão red rice.

**Keywords:** physicochemical characterization, amylose content, gelatinization temperature.

Submetido em 22/01/2022;

<sup>1</sup> Laboratório de Tecnologia de Produtos Agropecuários, Departamento de Solos e Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico Educacional do Amazonas, Prédio CCTI - Avenida Glaycon de Paiva, nº 1820, Bairro Mecejana, CEP: 69.304-560, Boa Vista, Roraima

<sup>3</sup> Sincro Ambiental e Topografia, R. Srg. Azevedo, 56 B - Aeroporto, Boa Vista - RR, 69310-128

E-mail: normandofilho@cca.ufpb.br (Autor correspondente)

## Introdução

O arroz vermelho, tradicionalmente cultivado e consumido em diversas regiões do Brasil, especialmente no Nordeste, destaca-se tanto pelo seu valor cultural quanto nutricional. Com pericarpo avermelhado, esse tipo de arroz pertence ao grupo dos pigmentados, apresentando maior teor de compostos bioativos, como antocianinas, fibras e minerais, em comparação ao arroz branco polido (Deng et al., 2013; Devi & Badwaik, 2022; Mbanjo et al., 2020). No contexto regional, especialmente nos estados da Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Ceará, o arroz vermelho da variedade Maranhão constitui uma iguaria típica, sendo consumido tanto como prato principal quanto como acompanhamento em preparações tradicionais, como o “arroz de leite” (Pereira et al., 2009). Além de seu papel na segurança alimentar, o arroz vermelho representa uma importante fonte de renda para agricultores familiares, destacando-se também como produto funcional devido ao seu perfil nutricional diferenciado (Dirceu et al., 2001).

A qualidade do arroz é determinada por um conjunto de atributos físico-químicos que influenciam diretamente seu desempenho culinário e aceitabilidade sensorial. Entre esses atributos, destacam-se as dimensões dos grãos, a composição química do endosperma, o tipo de amido presente, a cor, o teor de umidade e a integridade dos grãos após o processamento (Castro et al., 1999; FAO, 2004). No caso do arroz vermelho, esses parâmetros tornam-se ainda mais relevantes, pois a presença do pericarpo pigmentado confere características nutricionais superiores, mas também pode alterar o tempo de cocção, a textura final e o rendimento. Além disso, diferenças entre o grão integral e o polido influenciam a capacidade de absorção de água e o tempo necessário para atingir a textura ideal. Compreender essas propriedades permite um melhor aproveitamento do produto, tanto na indústria quanto na alimentação doméstica.

Dois fatores cruciais na determinação da qualidade culinária do arroz são o teor de amilose e a temperatura de gelatinização. O teor de amilose influencia diretamente a textura dos grãos após o cozimento, sendo que grãos com baixo teor tendem a apresentar maior coesão e pegajosidade, enquanto aqueles com teor elevado resultam em grãos mais soltos (Martin & Fitzgerald, 2002; Xie et al., 2008). Já a temperatura de gelatinização está relacionada à quantidade de calor necessária para que o amido absorva água e se torne macio, sendo um indicativo importante do tempo de cocção (Paiva et al., 2014). Esses parâmetros, embora muitas vezes negligenciados em avaliações convencionais, são fundamentais para definir o potencial de aplicação

do arroz em diferentes preparações gastronômicas e na padronização do produto pela indústria.

A caracterização físico-química e culinária do arroz vermelho é essencial para atender às exigências de um mercado consumidor cada vez mais atento à qualidade nutricional e sensorial dos alimentos (Devi & Badwaik, 2022). Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo investigar o comportamento de cocção da variedade comercial de arroz vermelho Maranhão nas condições polido e integral, considerando parâmetros como teor de amilose, tempo de cocção e rendimento em diferentes métodos de preparo. Os resultados fornecem dados técnicos relevantes para a indústria de alimentos, especialmente para o desenvolvimento de novos produtos, otimização de processos de cocção e instruções de embalagem. Além disso, contribuem para a valorização de uma variedade típica brasileira, promovendo seu uso consciente e qualificado. A análise comparativa entre grãos integrais e polidos amplia as possibilidades de aproveitamento da matéria-prima, considerando perfis de consumidores distintos, preenchendo lacunas no conhecimento técnico-científico e oferecendo subsídios práticos para o setor produtivo e políticas de incentivo ao consumo de alimentos regionais e funcionais (Pereira et al., 2009; Castro et al., 1999; FAO, 2004).

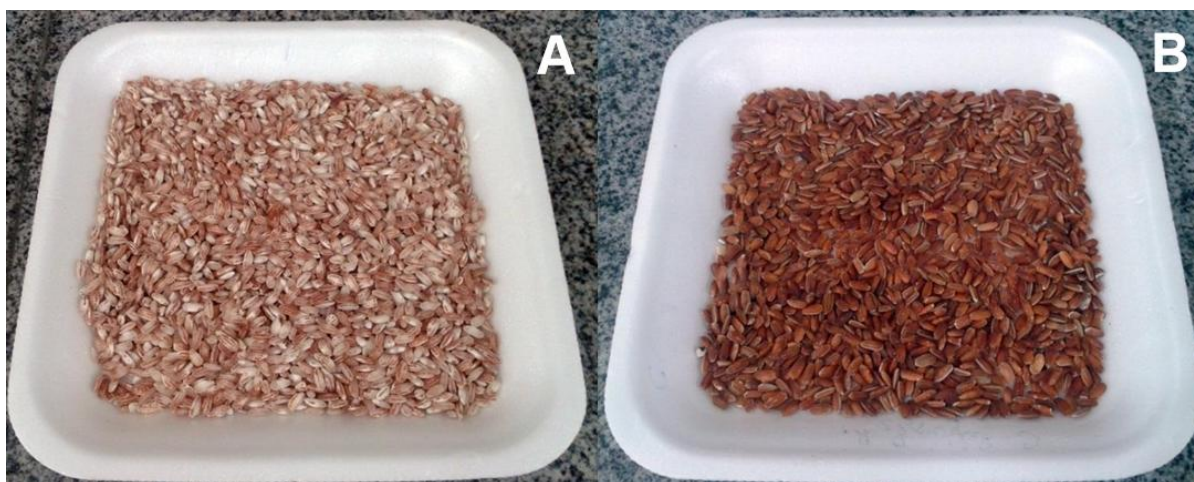
## 2. Material E Métodos

### 2.1. Amostra

O material de trabalho constituiu-se de arroz vermelho da variedade Maranhão, também chamada de “Amarelão” pelos produtores locais, devido a cor amarela da sua casca. Foram coletados cerca de 6 kg de arroz nos estados integral e polido diretamente da agroindústria do município de Santana dos Garrotes. O arroz vermelho variedade Maranhão polido possui ranhuras vermelhas (Figura 1A); Enquanto, o arroz integral possui cobertura vermelha por toda sua superfície (Figura 1B). Os dois tipos de amostras, polida e integral, foram acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao Laboratório de Tecnologia de Produtos Agropecuários do CCA-UFPB, onde foram submetidas a análises físicas, físico-químicas e aos testes de cocção.

### 2.2. Propriedades físicas

A caracterização biométrica foi realizada numa amostra composta por 100 grãos de arroz. Foram determinados o comprimento, largura, espessura e a relação comprimento/largura através de paquímetro da marca Excellent.



**Figura 1.** Grãos de arroz vermelho da variedade Maranhão mal polidos (A) e integral (B) oriundos do município de Santana dos Garrotes.

### 2.3. Parâmetros de cor

Os parâmetros instrumentais de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  foram determinados pelo uso de colorímetro (modelo CR-10 Konica Minolta), através da aproximação do sensor óptico do aparelho com ângulo de iluminação de  $8^\circ$  e visualização difusa nas amostras de arroz vermelho, dispostos sobre bandejas de isopor, a leitura foi realizada em 5 pontos diferentes. O parâmetro  $L^*$  define a claridade da cor, em que o valor zero indica cor totalmente escura e 100, totalmente clara; a coordenada de cromaticidade  $a^*$  indica a tonalidade vermelha e quando positiva indica a existência de maior teor de pigmentos vermelhos, já quando negativa aponta a inexistência destes tendendo para o verde. A coordenada  $b^*$  refere-se à tonalidade amarela, quando positiva, e azul quando negativa.

### 2.4. Características físico-químicas

#### 2.4.1. Umidade

O teor de umidade (%) foi determinado pela secagem de 1 g da amostra seca, moída e pesada em balança analítica usando cadinhos de alumínio, previamente tarados e identificados. A secagem foi conduzida em estufa a  $105^\circ\text{C}$  por 24 h. A umidade foi determinada utilizando a equação  $U = (mi - mf) / mi$ ; onde,  $Mbs$  é o teor de umidade (g de  $\text{H}_2\text{O}$ /g de pó seco),  $mi$  é um peso inicial da amostra e  $mf$  é um peso final da amostra, seguindo as recomendações Brasil (2008).

#### 2.4.2. Teor de amilose

A concentração da fração amilose do amido foi determinada por meio de técnica colorimétrica, segundo a metodologia desenvolvida por Martínéz e Cuevas (1989). Utilizou-se como

indicador a solução iodo/iodeto de potássio e o complexo formado medido por espectrofotômetro no visível a um comprimento de onda  $= 590\text{nm}$ . Em 100 mg de amostra, previamente seca e moída manualmente, adicionou-se 1 mL de álcool etílico 96% e 9 mL de solução de Hidróxido de sódio (NaOH) 1,0N. Colocou-se em banho-maria a  $100^\circ\text{C}$  por 9 minutos para gelatinizar o amido. Após atingir temperatura ambiente, transferiu-se para balão volumétrico de 100 mL, completou-se o volume com água destilada e homogeneizou-se. De cada um dos balões que continham as amostras de amido gelatinizado, tomaram-se alíquotas de cinco mililitros com uma pipeta volumétrica, transferiu-se para balões de 100 mL e acidificou-se com 1 mL de ácido acético 1 N. Acrescentaram-se 2 mL do indicador de iodo, que ao reagir com o amido formou-se um complexo de coloração azul escura; homogeneizou-se e esperaram-se trinta minutos sob proteção da luz, à temperatura ambiente. A leitura foi efetuada no espectrofotômetro, UV/visível, marca FEMTO, mod. 600S, à 590 nm, em duas repetições.

Esta curva foi obtida utilizando-se diversas diluições de amilose pura comercial e seguindo um procedimento similar ao realizado com as amostras de arroz, ainda de acordo com Martínéz e Cuevas (1989). Inicialmente foram pesados 40 mg de amilose e colocados em balões de 100 mL. Foram seguidos os mesmos passos realizados para gelatinizar o amido das amostras de arroz. Depois de gelatinizado o amido e completado o volume do balão, foram pipetadas alíquotas de 1, 2, 3, 4 e 5 mL e transferidas para os balões de 100 mL, obtendo-

se cinco diluições da solução padrão. Em seguida foram colocados 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; e 1 mL de ácido acético respectivamente e 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 e 2 mL de solução de iodo. Foram completados os balões com água destilada, agitados e deixados em repouso por 30 minutos, ao abrigo da luz. Utilizando-se o espectrofotômetro em comprimento de onda 590 nm, foi lida a absorbância de cada uma das diluições da solução padrão. Para a construção da curva padrão, colocou-se no eixo x (abscissa) a concentração de amilose das diluições e no eixo y, os valores da absorbância. A equação de reta obtida através da curva é do tipo linear e relaciona a absorbância lida (y) com a concentração dos padrões (x). Por meio da equação de reta da curva padrão, pôde-se calcular a concentração de amilose de cada amostra, por meio da seguinte equação:

$$C = (\text{Abs} \pm b/a) \times \text{Fd.}$$

Onde, C = concentração em mg mL<sup>-1</sup>; b = coeficiente angular, a = coeficiente linear, Fd = fator de diluição igual a 20.

O último passo consistiu na leitura dos valores de absorbância das amostras e estimou-se o conteúdo de amilose por meio da multiplicação do valor de absorção de cada amostra pelo fator de conversão que foi obtido ao elaborar a curva padrão. Entre cada leitura, passou-se o branco para zerar o equipamento. De acordo com os teores de amilose e compostamento pós cocção, o arroz foi classificado como: teor de amilose de 28 a 32 % (alto teor de amilose, com características de seco, solto e duro), teor de amilose de 23 a 27% (intermediário teor de amilose, com características de seco, solto e macio), teor de amilose de 11 a 22% (baixo teor de amilose, com características de Pegajoso e macio)(Martínez e Cueva, 1989).

#### 2.4.3. Temperatura de Gelatinização (TG)

A TG foi obtida por processo de dispersão alcalina de acordo com metodologia desenvolvida pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT (1989). Foram separados 10 grãos de arroz vermelho, inteiros e com boa aparência, nas duas condições de beneficiamento. Os mesmos foram colocados em caixas plásticas, de aproximadamente 5 cm de diâmetro, adicionou-se 10 mL de hidróxido de Potássio (KOH) a 1,7% e transferiu-se para estufa retilínea FANEM, à 30°C por 23 horas. O resultado foi calculado multiplicando-se o número de grãos pelo respectivo grau de

dispersão alcalina, somados e divididos por dez e posteriormente interpretados. A interpretação do resultado do teste de temperatura de gelatinização foi realizado usando o método de dispersão alcalina. As temperatura de gelatinização se classificam como alta (de 74 a 80°C), intermediária (de 69 a 73°C) e baixa (de 63 a 68°C). A TG ALTA envolve três graus de gelatinização incluindo grau 1 (Grão de arroz inalterado), grau 2 (Grão inchado mas sem perder o formato), e grau 3 (grão inchado, com fissuras leves (levemente desintegrado) e duro ao ser tocado). A TG Intermediária envolve dois graus incluindo grau 4 (grão um pouco aberto (em uma das laterais), envolvido por um halo esbranquiçado, e macio ao toque) e grau 5 (Grão totalmente aberto, algumas vezes formando uma massa dispersa ao seu redor. Finalmente, a TG baixa envolve dois graus incluindo grau 6 (grão quase que totalmente desintegrado, sendo que dificilmente se observa sua forma), e grau 7 (Grão totalmente desintegrado, sendo que, frequentemente se observa unicamente os embriões).

## 2.5. Qualidade culinária

### 2.5.1. Tempo mínimo de cocção

Realizou-se a determinação do tempo mínimo de cocção (TMC) da variedade em estudo nas duas condições de beneficiamento, através de adaptações feitas na metodologia proposta por Bassinello et al. (2004). Utilizou-se 4 g do arroz cru que foram postos juntamente com 135 mL água destilada em béquer de 200 ml, em chapa aquecedora a 100°C. Após dez minutos em ebulição constante retiraram-se 10 grãos de arroz, espalhando-os sobre uma placa de vidro e pressionando-os firmemente com placas menores, sendo a amostragem retirada a cada 10 minutos até que os grãos estivessem totalmente transparentes.

### 2.5.2. Testes de cocção

Os testes de cocção com o arroz vermelho foram realizados por três diferentes métodos incluindo teste de panela, teste em panela elétrica, e teste em micro-ondas. Os testes foram montados tomando como base as recomendações contidas na embalagens de arroz comerciais. Antes de submeter o arroz vermelho ao processo de cocção, a influência da tempo de maceração do arroz e volume de água utilizado para maceração foram avaliados. A maceração foi realizada colocando-se 150 g de arroz (1 xícara) em um becker. A quantidade de água adicionada e o tempo de maceração foram selecionadas da seguinte forma:

- Tempo de maceração (TM): 15-45 min
- Volume de água (VA): (mL): 500 - 700 mL

O software STATISTICA 5.0® foi utilizado para criar um projeto de superfície de resposta de 7 pontos com base nas faixas de TM e VA, acima. As macerações foram realizadas usando as 7 combinações diferentes de TM - VA de acordo com o planejamento experimental. A ordem das corridas foi totalmente randomizada dentro do planejamento experimental.

### 2.5.2.1. Cocção de panela



Figura 2: Teste de cocção em panela (A), panela elétrica (B) e Microondas (C).

### 2.5.2.2. Cocção em panela elétrica

O teste foi realizado segundo metodologia proposta por Martínéz e Cuevas (1989), com adaptações feitas pelo Laboratório de Grãos e Subprodutos da Embrapa Arroz e Feijão (Brasil, 2010). Para o cozimento do arroz foram utilizados 1 xícara de chá arroz (150 g) e as quantidades de água pré-estabelecidos (Tabela 5) utilizando panela elétrica da marca Mondial 700w. O tempo de cocção foi obtido entre a diferença de minutos do início da evaporação da água pela válvula de vapor (Figura 2B) e do encerramento da cocção, quando o *led* “cozinhar” desligou e o *led* “aquecer” da panela foi aceso. Logo após, esperou-se a contagem de 5 minutos para abrir a panela e retirar a amostra para a avaliação dos resultados.

### 2.5.2.3. Cocção em microondas

As amostras de arroz vermelho variedade Maranhão, polida e integral, foram submetidas a cocções em microondas. Três xícaras de água (600 mL) para uma xícara de arroz (150 g) foram levadas ao microondas (Consul, modelo CMS25) por 20 min (Figura 1C). Foram utilizados 150 g de arroz cru (uma xícara), combinados com as quantidades de água previamente estabelecidas no planejamento experimental. O cozimento foi realizado em refratário apropriado, sendo o tempo ajustado conforme o tipo de grão: 40 minutos para o arroz integral e 20 minutos para o arroz mal polido, ambos em potência máxima. Esse protocolo foi

O teste de panela foi realizado em panela de alumínio com dimensões de 18 cm de diâmetro e 9 cm de altura, onde adicionou-se inicialmente 500 mL de água previamente aquecida, encaminhando-se para a cocção em chama alta. Em seguida foi adicionado 150 g de arroz (1 xícara de chá), previamente lavado. Após levantar fervura, baixou-se a chama até o fogo médio. Deixou-se cozinhar com panela à meia tampa (Figura 2A) e, quando necessário, foram adicionados 150 mL de água fervente.

adaptado a partir de recomendações comerciais para o preparo de arroz integral, permitindo padronizar as condições experimentais e garantir a reprodutibilidade dos resultados.

## 2.6. Avaliação da cocção

Os parâmetros avaliados para indicar a qualidade culinária do arroz vermelho integral e polido foram: ganho de massa após a maceração, a textura e a pegajosidade, rendimento, tempo de cocção, peso dos grãos após a cocção e o consumo total de água no processo de cocção.

### 2.6.1. Rendimento específico

O rendimento de cocção foi avaliado após cozimento. As amostras foram mantidas a 30°C para esfriar por 30 min. Em seguida, foram pesadas usando balança semi-analítica. A equação  $R = Q_{\text{arroz cozido}}/Q_{\text{arroz cru}}$  (R - rendimento específico, expresso em gramas de arroz cozido por gramas de arroz cru;  $Q_{\text{arroz cozido}}$  - quantidade de arroz cozido, expresso em gramas; e  $Q_{\text{arroz cru}}$  - quantidade de arroz cru, expresso em gramas) foi utilizada para determinar o rendimento.

### 2.6.2. Textura e Pegajosidade

Após o processo de cocção, o arroz foi cuidadosamente retirado com o auxílio de uma colher e transferido para xícaras caseiras com capacidade de 150 g, preenchidas até o topo. As xícaras cheias foram então contadas para determinação do rendimento de cozimento,

expresso em percentagem, e o conteúdo foi transferido para uma bandeja. A avaliação da pegajosidade foi realizada por inspeção visual, observando-se o comportamento da massa de arroz cozido ao ser vertida da xícara sobre a superfície da bandeja. Considerou-se pegajosa a amostra que manteve o formato da xícara, enquanto amostras que se desintegraram ao serem transferidas foram classificadas como contendo grãos mais soltos. Diante do exposto, a pegajosidade (Peg) foi classificada como: ES (Extremamente Solto), MS (Muito Solto), S (Solto), LS (Ligeiramente Solto), P (Pegajoso), MP (Muito Pegajoso), ou EF (Extremamente pegajoso), seguindo recomendações da Embrapa Arroz e Feijão (Brasil, 2010). A análise da textura, separaram-se uma xícaras de arroz provenientes da camada central do recipiente. A partir desse material, foi coletada uma amostra de aproximadamente 1 g, a qual foi avaliada e classificada quanto à textura. Diante do exposto, a textura foi classificada como: EM (Extremamente Macio), M (Macio), LM (Levemente Macio), MCF (Macio com Centro Firme), LF (Levemente Firme), MF (Muito Firme), EF (Extremamente Firme), seguindo recomendações da Embrapa Arroz e Feijão (Brasil, 2010). Esse procedimento permitiu caracterizar, de forma qualitativa, aspectos sensoriais importantes do arroz após o cozimento, como coesão entre os grãos e resistência ao toque, contribuindo para a análise da aceitabilidade do produto sob diferentes condições de beneficiamento.

### 2.6.3. Tempo de cozimento

Foi considerado como tempo de cozimento o intervalo em que os grãos se apresentaram com textura macia para os tipos de cocção em teste de panela e micro-ondas. Para o teste de panela elétrica considerou-se o tempo em que o *led* foi acionado indicando que toda a água tinha sido evaporada. Considerou-se tempo de cozimento o tempo em que os grãos levaram no cozimento para ficarem com textura macia.

### 2.6.4. Adsorção total de água

Para a determinação da quantidade total de água consumida durante o processo de cocção, foi realizada a soma entre o volume de água inicial, previamente estabelecido conforme o planejamento experimental, e os volumes adicionais utilizados ao longo do cozimento até que os grãos atingissem a textura macia desejada. Esse procedimento foi aplicado tanto para os ensaios conduzidos em panela convencional quanto para aqueles realizados

em forno micro-ondas, garantindo a padronização do ponto de cocção entre os diferentes métodos. A mensuração precisa do volume total de água permitiu avaliar a eficiência hídrica do processo, fornecendo subsídios para comparar o comportamento de absorção dos grãos em diferentes condições de preparo.

### 2.7. Análise estatística

Para a análise estatística das características de coloração, umidade dos grãos crus, teor de amilose, grau de dispersão alcalina e ganho de peso após maceração, foi adotado um delineamento inteiramente casualizado (DIC), onde a variedade Maranhão foi avaliada sob duas formas de beneficiamento (polida e integral) em triplicata, onde as médias dos resultados foram submetidos ao teste Tukey usando o programa SAS (Statistical Analysis System, 1997).

### 3. Resultados e discussão

O estudo foi conduzido com arroz vermelho da variedade Maranhão, coletado em sua forma integral e polida de uma agroindústria de Santana dos Garrotes (PB). As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Tecnologia de Produtos Agropecuários (CCA/UFPB) para análises físicas (dimensões dos grãos e cor), físico-químicas (umidade, teor de amilose e temperatura de gelatinização) e testes de cocção. A biometria foi feita com paquímetro, e a cor determinada por colorímetro. O teor de amilose foi medido por espectrofotometria após reação com iodo, enquanto a temperatura de gelatinização foi avaliada via dispersão alcalina. Foram realizados testes de cocção utilizando panela convencional, panela elétrica e micro-ondas, avaliando-se tempo de cocção, textura, pegajosidade, rendimento e absorção de água. A maceração foi estudada com planejamento experimental do tipo superfície de resposta. Os dados foram analisados estatisticamente por delineamento inteiramente casualizado, com comparação de médias pelo teste de Tukey, utilizando o software SAS.

### 3.1. Características físicas

Os parâmetros de comprimento, largura e espessura dos grãos de arroz vermelho influenciam a classificação comercial, a preferência do consumidor, o rendimento de beneficiamento e a qualidade tecnológica do produto final. Os dados revelam que houve diferença estatisticamente significativa apenas nos parâmetros de espessura e na relação comprimento/largura ( $C/L$ ) ( $p < 0,05$ ) (Tabela 1). Os grãos integrais

apresentaram maior espessura média, enquanto os mal polidos apresentaram maior relação C/L, mantendo, em ambos os casos, comprimento superior a 6,0 mm. De acordo com a Instrução Normativa Nº 06/2009 do Ministério da Agricultura, grãos com comprimento  $\geq 6,0$  mm, espessura  $\leq 1,85$  mm e relação C/L  $> 2,75$  mm podem ser classificados como da classe Longo Fino, preferida pelos consumidores brasileiros. Assim, o arroz vermelho Maranhão, quando polido, atende aos critérios para essa classificação, enquanto na forma

integral enquadra-se como da classe Longo, devido à maior espessura (Tabela 1). Comparações com outros estudos demonstram variabilidade dimensional entre cultivares e condições de cultivo, com valores de comprimento próximos ou inferiores aos observados neste estudo (Soares et al., 2012; Borges, 2011; Boêno, 2008). Dessa forma, as dimensões dos grãos da variedade Maranhão destacam seu potencial para atender às exigências do mercado, especialmente no estado mal polido.

Tabela 1: Características físicas, físico-química e qualidade culinária dos arroz vermelho variedade maranhão, polido e integral.

Características			Uni	Arroz vermelho (Maranhão)		
				Polido	Integral	
Física	Comprimento		mm	6,20 <sup>a</sup>	6,22 <sup>a</sup>	
	Largura			2,14 <sup>a</sup>	2,27 <sup>a</sup>	
	Espessura			1,14 <sup>b</sup>	1,24 <sup>a</sup>	
	Relação C/L			2,89 <sup>a</sup>	2,74 <sup>b</sup>	
	L*			39 <sup>a</sup>	27,6 <sup>b</sup>	
	a*			9,56 <sup>a</sup>	15,3 <sup>a</sup>	
	b*			21,23 <sup>a</sup>	25,3 <sup>a</sup>	
Classificação de grupo				Longo fino	Longo	
Físico-Química	Umidade		%	20,7 <sup>a</sup>	20,5 <sup>a</sup>	
	GDA			3,03 <sup>a</sup>	2,03 <sup>b</sup>	
	TG			Alta	Alta	
	Amilose		%	6,68 <sup>a</sup>	6,20 <sup>a</sup>	
Qualidade culinária	Tempo de maceração		min	36,9 <sup>a</sup>	23,5 <sup>b</sup>	
	Tempo de cocção		min	18 <sup>b</sup>	40 <sup>a</sup>	
	Ganho de massa após maceração	Tempo (min)	15	%	36,87 <sup>a</sup>	23,53 <sup>b</sup>
			30		35,40 <sup>a</sup>	30,55 <sup>b</sup>
			45		36,69 <sup>a</sup>	30,10 <sup>a</sup>
60			35,26 <sup>a</sup>		32,31 <sup>b</sup>	

GDA - Grau de Alcalinidade, TG - Temperatura de Gelatinização.

### 3.2. Cor

Os parâmetros Luminosidade (L\*) e as coordenadas de cromaticidade (a\* e b\*) são parâmetros importantes para determinar a cor de alimentos. O parâmetro L\* define a claridade da cor, em que o valor zero indica cor totalmente escura e 100, totalmente clara (Good, 2002). A coordenada de cromaticidade a\* indica a tonalidade vermelha e quando positiva indica a existência de maior teor de pigmentos vermelhos, já quando negativa aponta a inexistência destes tendendo para o verde (Fonseca et al., 2011, Silveira Filho, 2002). A coordenada b\* refere-se à tonalidade amarela, quando positiva, e azul quando negativa (Fonseca et al., 2011, Good, 2002, Silveira Filho, 2002). Os grãos de arroz vermelho da variedade Maranhão integral e polido apresentaram diferenças significativas quando a L\*,

onde os grãos polidos apresentaram maiores valores de luminosidade do que os grãos integrais ( $p < 0,05$ ) (Tabela 1). Isso ocorre devido às ranhuras nos grãos provocadas pelo beneficiamento tradicional realizado pelos produtores do Vale do Piancó, deixando parte do endosperma exposto (Borges, 2011). Por outro lado, o arroz vermelho integral apresentou maiores valores nos parâmetros de cromaticidade (a\* e b\*) do que arroz vermelho polido ( $p < 0,05$ ) (Tabela 1). Esse comportamento deve-se a presença do tegumento nos grãos integrais que contem os pigmentos avermelhados característicos dos grãos conforme (Borges, 2011).

### 3.3. Caracterização físico-química

#### 3.3.1. Umidade

A umidade dos grãos de arroz é um fator crítico

para a conservação e qualidade do produto, influenciando diretamente sua estabilidade durante o armazenamento. Resultados revelaram que os teores de umidade dos grãos de arroz vermelho da variedade Maranhão, nas formas integral e polida, com valores de 20,5% e 20,7%, respectivamente ( $p < 0,05$ ) (Tabela 1). Esses valores não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, mas estão acima do limite recomendado pela Instrução Normativa nº 06/2009 do Ministério da Agricultura, que estabelece um teor máximo de 14% para arroz beneficiado destinado à comercialização. Teores elevados de umidade, como os observados, favorecem o desenvolvimento de microrganismos e reações bioquímicas indesejadas, comprometendo a segurança e a durabilidade do produto armazenado (Ribeiro-Filho et al., 2021). A agroindústria responsável por este produto deve submeter os grãos a processos de secagem mais eficientes que possam garantir uma atividade de água abaixo de 0,25 ou avaliar as características dos grãos comercializados para avaliar quais condições de secagem e armazenamentos estes devem ser submetidos, de modo a garantir a qualidade e vida de prateleira destes produtos. Além disso, a umidade é um dos atributos que compõem a qualidade sensorial do arroz, juntamente com aparência, textura e forma dos grãos (Meilgaard et al., 1999). Portanto, o controle da umidade é essencial tanto para garantir a qualidade do produto final quanto para atender às exigências legais e mercadológicas.

### 3.3.2. Grau de dispersão alcalina (GDA) e Temperatura de gelatinização (TG)

A análise do grau de dispersão alcalina (GDA) e temperatura de gelatinização (TG) é essencial para compreender o comportamento culinário e a aceitação de diferentes variedades de arroz. Os resultados revelam que houve diferença significativa no grau de dispersão alcalina entre os tratamentos (Tabela 1). Os grãos polidos apresentaram maiores valores de GDA (grau 3) do que os grãos integrais (grau 2) ( $p < 0,05$ ) (Tabela 1). Apesar de apresentarem GDA diferentes, ambos apresentam inchaços, fissuras leves e mesmo formato. No entanto, o tipo de beneficiamento não influenciou a classificação da TG, sendo a variedade Maranhão caracterizada por alta temperatura de gelatinização (74 a 80 °C) (Pereira, 2004). Essa característica implica em maior tempo e quantidade de água necessários para o cozimento (Pereira, 2004). Embora cultivares com TG intermediária sejam preferidas pelo consumidor urbano brasileiro, nas regiões produtoras e

consumidoras de arroz vermelho, como o Nordeste, há preferência por grãos que mantêm textura mais pegajosa após o cozimento (Borges, 2011). Estudos anteriores, como os de Boêno (2008) e Borges (2011), também identificaram TG alta em outras variedades de arroz vermelho. Assim, a variedade Maranhão confirma seu perfil tecnológico, com potencial para atender nichos específicos de consumo regional, onde atributos como textura e rusticidade são valorizados.

### 3.3.3. Teor de amilose

O teor de amilose é um parâmetro crucial para determinar a qualidade culinária do arroz, influenciando diretamente a textura dos grãos após o cozimento. O arroz vermelho da variedade Maranhão, nas formas polida e integral, apresentaram baixos teores de amilose, sem diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos (Tabela 1). Teores de amilose entre 8 e 22% classificam-se como baixos, resultando em grãos macios e pegajosos após o cozimento — característica desejada entre consumidores habituais de arroz vermelho (Martínez e Cuevas, 1989, Puri e Siddiq, 1983). Estudos anteriores, como os de Borges (2011) e Boêno (2008), corroboram essa tendência, relatando variações de amilose compatíveis com a faixa observada nesta variedade. Embora a variação nos teores de amilose e amilopectina não altere o valor nutricional do arroz, influencia significativamente sua aceitação sensorial (Elias et al., 2003). Além disso, o arroz vermelho tem sido associado a maior teor de ferro e zinco em comparação ao arroz branco (Pereira et al., 2007), agregando valor funcional ao produto. Portanto, a variedade Maranhão, com baixo teor de amilose, apresenta perfil tecnológico e sensorial adequado às preferências regionais, destacando-se como uma opção viável para mercados que valorizam grãos mais pegajosos e ricos em nutrientes.

## 3.4. Qualidade culinária

### 3.4.1. Tempo mínimo de cocção

O tempo de cocção é um parâmetro fundamental para a caracterização culinária e tecnológica do arroz, influenciado diretamente pelo grau de beneficiamento dos grãos. No presente estudo, observou-se que o arroz polido atingiu o ponto ideal de cocção em 18 minutos, enquanto o arroz integral exigiu um tempo significativamente maior, de 40 minutos ( $p < 0,05$ ) (Tabela 1). Nos primeiros 15 min, o arroz vermelho variedade Maranhão polido apresentou pontos brancos nos grãos, indicando amido não gelatinizado, sendo que a transparência uniforme, característica de grãos completamente

cozidos, só foi alcançada aos 18 minutos (Tabela 1). Para o arroz integral, a total transparência foi observada apenas aos 40 minutos (Tabela 1), resultado atribuído à presença das camadas externas que dificultam a penetração da água, retardando a gelatinização do amido no endosperma e, consequentemente, o amaciamento dos grãos (Bôeno et al., 2011). Os tempos de cocção determinados por este estudos estão de acordo com o comportamento de outras variedades de arroz vermelho que apresentaram tempos mínimos de cocção entre 19 e 30 min para grão polidos e integrais, respectivamente (Bassinello et al., 2004, Bôeno et al., 2011). Portanto, o tempo de cocção prolongado dos grãos integrais destaca a necessidade de ajustes no preparo doméstico e industrial, visando garantir textura adequada e aceitabilidade sensorial do produto final.

### 3.4.2. Ganho de peso após a maceração

O ganho de peso por maceração é um parâmetro importante para avaliar a capacidade de absorção de água dos grãos de arroz, influenciando diretamente seu comportamento durante o cozimento. Resultados indicam que os grãos de arroz vermelho da variedade Maranhão, quando polidos, não apresentaram diferenças estatísticas significativas no ganho de peso entre os diferentes tempos de maceração avaliados (Tabela 2). Os grãos polidos apresentaram maior ganho de peso quando a maceração ocorreu por 15 minutos, tempo suficiente para atingir a saturação hídrica. Em contraste, os grãos integrais demonstraram comportamento distinto, com ganho de peso significativamente crescente ao longo do tempo, atingindo o valor máximo após 60 min de maceração (Tabela 2). No entanto, não houve diferenças significativas entre os tempos de 30, 45 e 60 min, sugerindo que 30 minutos são suficientes para que a absorção de água pelos grãos integrais atinja seu limite (Tabela 2). Esse comportamento pode ser atribuído à presença das camadas externas no arroz integral, que atuam como barreira à entrada de água, exigindo maior tempo de hidratação. Assim, os grãos integrais da variedade Maranhão necessitam do dobro do tempo de maceração, em comparação aos grãos mal polidos, para alcançar sua máxima capacidade de absorção de água.

### 3.4.3. Rendimento específico após a cocção

#### 3.4.3.1. Teste de Panela

A avaliação do comportamento de cocção dos grãos de arroz vermelho da variedade Maranhão, considerou os parâmetros de textura, pegajosidade,

rendimento, tempo de cocção e volume total de água utilizado no preparo em panela (Tabela 2). Os dados indicaram que o arroz integral exigiu maior tempo (40–50 minutos) e volume de água ( $\geq 1000$  mL) para atingir o ponto de cocção, enquanto o arroz mal polido apresentou tempos menores (20–30 min) e menor consumo de água ( $\leq 1000$  mL) (Tabela 2). O rendimento médio dos grãos polidos foi de 175%, com valor máximo de 225% em um ensaio específico, enquanto o integral, apesar de menor rendimento médio, apresentou maior consistência devido à menor fragmentação durante o beneficiamento (Tabela 2). A textura dos grãos polidos foi geralmente classificada como macia e a pegajosidade como alta, comportamento associado ao baixo teor de amilose e alta temperatura de gelatinização (74–80 °C) (Martínez e Cuevas, 1989, Boêno, 2008, Santos et al., 2013). Apesar da subjetividade na classificação sensorial da textura, o arroz vermelho Maranhão apresenta perfil culinário compatível com a preferência regional por grãos pegajosos e de textura macia, especialmente na forma polida.

#### 3.4.3.2. Panela elétrica

A cocção em panela elétrica revela diferenças significativas no comportamento textural do arroz vermelho da variedade Maranhão, dependendo do grau de beneficiamento dos grãos. Conforme observado, o arroz integral apresenta textura levemente firme e ligeiramente solta, enquanto o arroz polido caracteriza-se por grãos macios e pegajosos, classificados respectivamente como levemente macios (LM) e macios (M) (Tabela 2). Esse padrão assemelha-se ao desempenho da cultivar BRS Primavera, que também exibiu textura macia quando cozida em panela elétrica semi-industrial (Bassinello et al., 2004). O rendimento médio dos grãos integrais foi de 100%, com variações entre 50% e 150% nos ensaios, enquanto o tempo médio de cocção foi de 30 min, com consumo médio de água de 600 mL (Tabela 2). Para os grãos polidos, o rendimento médio manteve-se em 100%; Porém, o tempo de cocção foi menor (25 min), com volume de água similar (Tabela 2). Embora os valores de rendimento diferissem dos encontrados por Santos et al. (2013), que relataram rendimento de até 200% para grãos translúcidos e gessados, os resultados corroboram com Boêno et al. (2011), que sugerem tempo de cocção igual ou superior a 30 minutos para obter grãos vermelhos totalmente cozidos, soltos e macios. Assim, o método de cocção e o grau de beneficiamento impactam diretamente na textura e rendimento do arroz vermelho Maranhão, orientando práticas adequadas para seu preparo.

Tabela 2: Rendimento específico do arroz vermelho variedade Maranhão integral e polida após ser submetido a três diferentes métodos de cocção.

Ensaio	TM (min)	VA (mL)	Arroz polido			Arroz integral		
			T.P.	P.E	M.O	T.P.	P.E	M.O
			Rendimento específico					
g de arroz cozido/g de arroz cru								
1	15	500	2,5	1,3	1,3	2,5	1,0	2,5
2	15	700	3,6	1,9	2,2	2,4	1,3	1,7
3	45	500	2,5	1,2	1,4	1,3	0,7	2,1
4	45	700	2,5	1,9	2,2	3,0	1,3	2,1
5	30	600	2,0	1,0	0,9	2,5	0,8	1,9
6	30	600	2,5	2,4	2,2	2,9	1,5	2,6
7	30	600	2,1	1,8	1,4	2,8	1,2	2,9

TM - Tempo de maceração, VA - Volume de água utilizado durante a maceração, TP: teste de panela, PE: panela elétrica, MO: micro-ondas. Rendimento específico, expresso em g de arroz cozido/g de arroz cru

### 3.4.3.3. Micro-ondas

O comportamento de cocção do arroz vermelho da variedade Maranhão difere conforme o grau de beneficiamento, refletindo nas características texturais e no rendimento dos grãos (Tabela 2). Nos ensaios realizados, o arroz integral apresentou grãos ligeiramente soltos, enquanto o arroz polido revelou-se pegajoso após o cozimento, embora geralmente exiba textura solta a levemente solta, seu consumo típico seja na forma de “arroz de leite” (Pereira, 2004). Independentemente do estado de beneficiamento, a textura foi consistentemente classificada como macia (Tabela 2). Em micro-ondas, o rendimento médio do arroz integral alcançou 150%, variando entre 125% e 175%, enquanto o arroz polido obteve rendimento médio de 75%, com máximo de 125% (Tabela 4). Resultados similares foram observados por Boêno (2008), que relatou rendimento de 175% para arroz vermelho integral da variedade MNACH0501, com textura macia e pegajosa após 38 minutos de cocção. O tempo médio de cocção diferiu significativamente entre os tipos de grãos, sendo 55 minutos para o integral e 20 minutos para o polido, com consumo de água correspondente de 1000 mL e 600 mL, respectivamente (Tabela 2). Essas variações são atribuídas às diferenças metodológicas adotadas, destacando a importância de protocolos padronizados para avaliação da qualidade culinária do arroz.

A avaliação do rendimento específico de grãos de arroz vermelho da variedade Maranhão, considerando diferentes métodos de cocção e beneficiamento, revelou variações relevantes associadas às condições de preparo. O arroz polido apresentou melhores rendimentos específicos nos tratamentos 2 (3,6 g/g, teste de panela), 8 (2,4 g/g,

panela elétrica) e nos tratamentos 2 e 4 (2,2 g/g, micro-ondas), indicando que, sob determinadas condições, esse tipo de grão pode alcançar elevada absorção de água e expansão. Por outro lado, os maiores rendimentos específicos do arroz integral foram observados nos tratamentos 4 (3,0 g/g, teste de panela), 8 (1,5 g/g, panela elétrica) e 9 (2,9 g/g, micro-ondas), demonstrando que, embora em média apresente menor rendimento que o polido, o arroz integral também pode atingir desempenho expressivo quando submetido a protocolos adequados de cocção, tempo de maceração (TM) e volume de água (VA). Essas variações reforçam a importância de se considerar a interação entre tipo de grão, método de cocção e parâmetros operacionais no planejamento de testes culinários e no desenvolvimento de produtos derivados. Como limitação, ressalta-se que os resultados obtidos se restringem à variedade Maranhão e às condições experimentais específicas. Trabalhos futuros devem explorar diferentes genótipos de arroz vermelho, analisar a influência de outros fatores tecnológicos e avaliar a aceitabilidade sensorial dos grãos cozidos. Finalmente, o rendimento específico do arroz vermelho pode ser otimizado mediante o ajuste das condições de preparo, com potencial aplicação no melhoramento de cultivares e na recomendação de práticas culinárias voltadas à valorização de alimentos funcionais e regionais.

### 4. Conclusões

O arroz vermelho da variedade Maranhão apresentou características distintas conforme o grau de beneficiamento e o método de cocção utilizado. Os grãos mal polidos foram classificados como longo fino, enquanto os integrais como longo. A variedade apresentou baixo teor de amilose e alta

temperatura de gelatinização. O tempo mínimo de cocção foi de 18 minutos para grãos mal polidos e 40 minutos para os integrais. A textura e pegajosidade dos grãos integrais variaram conforme o método de cocção, ao passo que os grãos mal polidos se mostraram consistentemente macios e pegajosos. O maior rendimento de cocção dos grãos integrais foi obtido com o uso de micro-ondas, em 55 minutos. Já os grãos mal polidos apresentaram melhor rendimento quando cozidos em panela elétrica, com tempo médio de 25 minutos. Esses resultados indicam o potencial tecnológico da variedade Maranhão e a importância da escolha adequada do método de preparo para otimizar a qualidade do produto final.

#### Declaração de Conflitos de Interesse

Os autores declaram não ter interesses financeiros ou relacionamentos pessoais conflitantes conhecidos que possam ter influenciado o trabalho relatado neste artigo.

#### Disponibilidade dos dados

Os dados serão disponibilizados mediante solicitação.

**Conflitos de interesse/Interesses conflitantes** - Os autores declaram não ter conhecimento de conflitos de interesse financeiro ou relacionamentos pessoais que possam ter influenciado o trabalho relatado neste artigo.

#### Referências

Bassinello, P. Z.; Martins, P.; Ribeiro, V. Q. Determinação do tempo mínimo de cocção em arroz. **Revista Brasileira de Arroz e Feijão**, v. 8, n. 2, p. 45–53, 2004.

Boêno, J. F. Avaliação tecnológica e culinária de arroz vermelho. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1521–1530, 2008.

Boêno, J. F.; Borges, R. C.; Silva, T. R. Caracterização físico-química de arroz vermelho integral e polido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 563–570, 2011.

Borges, R. C. Propriedades físicas e culinárias de diferentes cultivares de arroz vermelho. 2011. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

Brasil. **Métodos de análise sensorial de arroz: textura e pegajosidade**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/arroz-e-feijao>. Acesso em: 19 set. 2023.

Castro, P. R. C.; Oliveira, F. L.; Machado, A. C. Qualidade de grãos de arroz. In: Silva, J. S.; Corrêa, P. C. (Org.). **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 1999. p. 21–37.

Deng, G. F.; Xu, X. R.; Zhang, Y.; Li, D.; Gan, R. Y.; Li, H. B. Phenolic compounds and bioactivities of pigmented rice. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 53, n. 3, p. 296–306, 2013.  
<https://doi.org/10.1080/10408398.2010.529624>

Devi, L. M.; Badwaik, L. S. Variety difference in physico-chemical, cooking, textural, pasting and phytochemical properties of pigmented rice. **Food Chemistry Advances**, v. 1, p. 100059, 2022.  
<https://doi.org/10.1016/j.fca.2022.100059>

Dirceu, A.; Gilberto, F. N.; Ribeiro, V. Q.; Merotto Júnior, A.; Ribas, A. V. Arroz vermelho: Ecofisiologia e estratégias de controle. **Ciência Rural**, v. 31, p. 341–349, 2001.

Elias, M. C.; Pereira, L. S.; Melo, M. V. Influência do teor de amilose na textura de grãos de arroz. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 1, p. 12–19, 2003.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Quality characteristics of milled rice**. 2004. Disponível em: <http://www.knowledgebank.irri.org/millingprocess/index.php/ricequality-mainmenu-281/quality-characteristics-of-milled-rice-mainmenu-283>. Acesso em: 11 nov. 2018.

Fonseca, R. M.; Silva, J. R.; Almeida, P. A. Avaliação da cor em alimentos: princípios e aplicações. **Revista de Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 2, p. 210–220, 2011.

Good, N. Color measurement in food products. **Food Science and Technology**, v. 18, n. 4, p. 325–332, 2002.

Martin, M.; Fitzgerald, M. A. **Proteins in rice grains influence cooking properties**. London: Academic Press, 2002.

Martínez, C.; Cuevas, F. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz: guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad auditorial sobre el mismo tema. **Centro Internacional de Agricultura Tropical**. 3º Ed. Cali, Colômbia, 1989. 73 p.

Mbanjo, E. G. N.; Kretschmar, T.; Jones, H.; Ereful, N.; Blanchard, C.; Boyd, L. A.; Sreenivasulu, N. The genetic basis and nutritional benefits of pigmented rice grain. **Frontiers in Genetics**, v. 11, p. 229, 2020.  
<https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00229>

Meilgaard, M.; Civille, G. V.; Carr, B. T. **Sensory evaluation techniques**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 1999.

- Paiva, F. F.; Vanier, N. L.; Berrios, J. D. J.; Pan, J.; Villanova, F. D. A.; Takeoka, G.; Elias, M. C. Physicochemical and nutritional properties of pigmented rice subjected to different degrees of milling. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 35, p. 10–17, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.04.002>
- Pereira, J. A.; Bassinello, P. Z.; Cutrim, V. A.; Ribeiro, V. Q. Comparação entre características agronômicas, culinárias e nutricionais em variedades de arroz branco e vermelho. **Caatinga**, v.22, p.243-248, 2009.
- Pereira, J. A. O arroz-vermelho cultivado no Brasil. **Teresina: Embrapa Meio Norte**, 2004. 90 p.
- Pereira, J.A.; Bassinello, P.Z.; Fonseca, J.R.; Ribeiro, V.Q. Potencial genético de rendimento e propriedades culinárias do arroz-vermelho cultivado. **Caatinga**, Mossoró, Brasil, v. 20, n. 1, p. 43-48, 2007.
- Puri, H. S.; Siddiq, M. The amylose content of rice and its relation to cooking quality. **Journal of Food Science**, v. 48, n. 6, p. 1795–1797, 1983. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1983.tb11632.x>
- Ribeiro-Filho, N.; Oliveira, L. S.; Sousa, F. T. Armazenamento de arroz vermelho: efeito da umidade e condições de secagem sobre qualidade física e sensorial. **Revista Brasileira de Arroz e Feijão**, v. 25, n. 1, p. 65–73, 2021. <https://doi.org/10.25066/rbaf.v25i1.12345>
- Santos, P. R.; Costa, M. L.; Almeida, F. R. Avaliação tecnológica e culinária de arroz vermelho integral. **Revista de Tecnologia de Alimentos**, v. 33, n. 3, p. 312–320, 2013. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612013000300004>
- Silveira Filho, M. da. Caracterização de parâmetros de cor em alimentos processados. 2002. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.
- Soares, J. A.; Pereira, L. S.; Costa, M. Propriedades físico-químicas e sensoriais de cultivares de arroz vermelho. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 18, n. 3, p. 203–210, 2012.
- Xie, L.; Chen, N.; Duan, B.; Zhu, Z.; Liao, X. Impact of proteins on pasting and cooking properties of waxy and non-waxy rice. **Journal of Cereal Science**, v. 47, p. 372–379, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.11.007>