



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LESLYENE MARIA DE FREITAS

ESCURECIMENTO, COMPOSIÇÃO CENTESIMAL, QUALIDADE CULINÁRIA E
ANÁLISE SENSORIAL DE VARIEDADES CRIOULAS DE FEIJÃO-CAUPI SOB
DIFERENTES TEMPOS DE ARMAZENAMENTO

FORTALEZA

2023

LESLYENE MARIA DE FREITAS

ESCURECIMENTO, COMPOSIÇÃO CENTESIMAL, QUALIDADE CULINÁRIA E
ANÁLISE SENSORIAL DE VARIEDADES CRIOULAS DE FEIJÃO-CAUPI SOB
DIFERENTES TEMPOS DE ARMAZENAMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia do Centro de Ciências
Agrárias, departamento de Fitotecnia da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de Bacharela em
Agronomia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cândida Hermínia
Campos de Magalhães.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F936e Freitas, Leslyene Maria de.
Escurecimento, composição centesimal, qualidade culinária e análise sensorial de variedades crioulas de feijão-caupi sob diferentes tempos de armazenamento / Leslyene Maria de Freitas. – 2023.
58 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2023.
Orientação: Profa. Dra. Cândida Hermínia Campos de Magalhães.
1. Vigna unguiculata (L.) Walp. 2. Qualidade nutricional. 3. Análise sensorial. I. Título.
CDD 630
-

LESLYENE MARIA DE FREITAS

ESCURECIMENTO, COMPOSIÇÃO CENTESIMAL, QUALIDADE CULINÁRIA E
ANÁLISE SENSORIAL DE VARIEDADES CRIOULAS DE FEIJÃO-CAUPI SOB
DIFERENTES TEMPOS DE ARMAZENAMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia do Centro de Ciências
Agrárias, departamento de Fitotecnia da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do título de Bacharela em
Agronomia.

Aprovada em: 05/12/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Cândida Hermínia Campos de Magalhães (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Ana Kelly Firmino da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ma. Luana Lima Guimarães Alencar
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

À mãezinha, Marlene.

À minha mãe, Núbia.

Às minhas tias, Gyslane e Gysleiwe.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, livramentos e conquistas.

À minha família, em especial, Marlene, Núbia, Gyslane, Gysleiwe e Gisele.

À Universidade Federal do Ceará (UFC), pelas experiências e por ter se tornado minha segunda casa durante todos esses anos. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão e manutenção da bolsa, possibilitando a realização deste trabalho.

À Profa. Cândida Magalhães, pela oportunidade dada a mim, confiança, orientação técnica, apoio e ensinamentos durante a minha graduação.

Aos participantes da banca examinadora Dra. Ana Kelly, Doutoranda Luana Lima e Prof. Dr. Paulo Henrique pelo tempo, pelas colaborações e sugestões.

Aos amigos feitos na graduação que se tornaram minha família, por todo carinho, companheirismo e apoio para enfrentar as adversidades vividas ao longo da graduação, tornando a caminhada mais leve, em especial à Érika Beatriz, Ivo Rodrigues, Gabriel Greca, Renan Gomes, Ítalo Magalhães, Emanuel Magalhães, Matheus Medeiros, Paulo Marcelo, Ramony Kelly, Valéria Barbosa, Marcela Agostinho e Lenildo Carlos.

Ao meu companheiro de vida, José Pontes, pela parceria diária, pelo apoio incondicional e por me proporcionar vivências que fazem a vida valer a pena ser vivida.

À equipe NUMERG por toda ajuda no decorrer deste trabalho e pelos bons momentos partilhados durante esses anos, em especial à Ângela Pessoa, Érika Beatriz, Eveline Lima, Jesimiel Vianna, Paulo Marcelo e Teresa Karen.

À professora Raquel Miranda pela disponibilização da estrutura do Laboratório de Bioquímica e Fisiologia de Frutos, bem como as suas alunas Luana, Camila e Karolayne, pelos ensinamentos e parceria nas análises.

Ao professor Paulo Henrique, pela grande colaboração com a pesquisa e disponibilização da estrutura dos Laboratórios do curso de Gastronomia, bem como aos seus alunos Vinícius Quintino e Luana Cavalcante.

Às equipes do Laboratório de Biomateriais e do Laboratório de Carnes e Pescados pela parceria e auxílio nas análises.

A todos que, de alguma forma, ajudaram e contribuíram para realização deste trabalho e para a minha formação. Meu muito obrigada.

“Na corrida dessa vida é preciso entender que você vai rastejar, que vai cair, vai sofrer e a vida vai lhe ensinar que se aprende a caminhar e só depois a correr”. (Bráulio Bessa).

RESUMO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é consumido como grãos verdes ou grãos secos e apresenta-se como componente importante da dieta básica em meios rurais e urbanos, principalmente no Nordeste. Além disso, tem importância cultural, social e econômica para a agricultura familiar. Dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho avaliar variedades crioulas de feijão-caupi, cultivadas em comunidades tradicionais do Estado do Ceará, quanto ao escurecimento, caracterização centesimal, qualidade culinária e perfil sensorial (testes CATA, RATA e aceitabilidade dos grãos). O trabalho foi realizado em laboratórios da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, no qual foram avaliadas quatro variedades crioulas e duas cultivares testemunhas. Os dados da atividade enzimática, composição centesimal, qualidade culinária e análise sensorial foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. O teste Q de Cochran foi realizado para o teste CATA, na análise sensorial, para identificar diferenças significativas entre as amostras, e as comparações múltiplas entre as médias, utilizando o procedimento de McNemar (Bonferroni) a 5% de significância. A atividade da enzima polifenoloxidase (PPO) não foi afetada pelo tempo de armazenamento nos genótipos Epace 10 e Urbano. Quanto à peroxidase (PER), aumentou com o passar dos seis meses de armazenamento. Os seis genótipos em questão possuem alto conteúdo proteico (22,01-23,10%), energético (60,11-63,12%) e baixo teor de gordura (1,24-1,41%). Quanto à qualidade culinária, a variedade crioula Paulistinha teve uma maior capacidade de hidratação do grão tanto antes como após o cozimento. O tempo de cocção de 30 minutos foi o melhor que se adaptou às variedades. Na análise sensorial, a cultivar Epace 10 e a variedade crioula Rabo de cobra tiveram maiores destaques e apresentaram as maiores médias de aceitação pelos julgadores, por outro lado, a cultivar BRS Potengi obteve uma baixa aceitação sensorial. A variedade Rabo de cobra pode ser levada adiante em programas de melhoramento participativo nas comunidades tradicionais do Estado do Ceará.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* (L.) Walp; qualidade nutricional; análise sensorial.

ABSTRACT

The cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) is consumed as green or dry grains. It is an important component of the basic diet in rural and urban areas, especially in the Northeast region of Brazil. Moreover, it holds cultural, social, and economic significance for family agriculture. Thus, the objective of this work was to evaluate landraces of cowpea, cultivated in traditional communities in the State of Ceará, regarding browning, proximate characterization, culinary quality and sensory profile (CATA, RATA and grain acceptability tests). The work was carried out in laboratories at the Federal University of Ceará (UFC), Campus of Pici, in which four landraces and two control cultivars were evaluated. The data on enzymatic activity, proximate composition, culinary quality and sensory analysis were subjected to analysis of variance and the means were compared using the Tukey test at 5% significance. The Cochran's Q test was performed for the CATA test, in the sensory analysis, to identify significant differences between the samples, and multiple comparisons between the means, using the McNemar (Bonferroni) procedure at 5% significance. The activity of the enzyme polyphenol oxidase (PPO) was not affected by storage time in the Epace 10 and Urbano genotypes. As for peroxidity (PER), it increased over six months of storage. The six genotypes in question have high protein content (22.01-23.10%), energy content (60.11-63.12%) and low fat content (1.24-1.41%). Regarding culinary quality, the Creole Paulistinha variety had a greater hydration capacity of the grain both before and after cooking. The 30-minute cooking time was the best that adapted to the varieties. In the sensory analysis, the cultivar Epace 10 and the Creole variety Rabo de cobra stood out the most and presented the highest acceptance averages by the judges, on the other hand, the cultivar BRS Potengi obtained a low sensory acceptance. The Rabo de cobra variety can be taken forward in participatory breeding programs in traditional communities in the State of Ceará.

Keywords: *Vigna unguiculata* (L.) Walp.; nutritional quality; sensory analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1– Disposição das amostras na bandeja para os provadores.....	31
Figura 2 – Amostras no tempo 0 e 6 de armazenamento.....	35
Gráfico 1 – Estimativa de médias para o parâmetro cinzas para os genótipos de feijão-caupi.	38
Gráfico 2 – Médias do peso de grão (g) dos genótipos de feijão-caupi após 8 horas de hidratação.....	40
Gráfico 3 – Médias do peso do grão (g) dos genótipos de feijão-caupi após o cozimento.	41
Gráfico 4 – Médias do tempo de cocção de 15 e 30 minutos quanto ao peso dos grãos após o cozimento.	42
Gráfico 5 – Representação das amostras e termos descritivos nas duas primeiras dimensões da análise de componentes principais.	45
Gráfico 6 – Resultados para a intensidade do teste RATA.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Informações nutricionais do feijão-caupi em 100 g	21
Tabela 2 – Identificação dos genótipos de feijão-caupi e produção obtida na área de multiplicação após beneficiamento e padronização da umidade.....	26
Tabela 3 – Atributos e termos descritivos utilizados no teste CATA/RATA.	32
Tabela 4 – Quadrados médios e coeficientes de variação (CV%) para as variáveis polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (PER) de genótipos de feijão-caupi durante seis meses de armazenamento.	34
Tabela 5 – Polifenoloxidase e peroxidase dos seis genótipos de feijão-caupi durante seis meses de armazenamento. Média ± Desvio Padrão.	35
Tabela 6 – Estimativa de médias e coeficiente de variação (CV) da composição centesimal de seis genótipos de feijão-caupi.....	37
Tabela 7 – Resumo da ANOVA: quadrados médios e coeficiente de variação (%) para a variável peso do grão após o cozimento dos seis genótipos de feijão-caupi e dois tempos de cocção.	40
Tabela 8 – Teste de médias para cada atributo sensorial e aceitação global (escala hedônica de 9 pontos*), nos seis genótipos de feijão-caupi.	43
Tabela 9 – Resultado do teste CATA com comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de McNemar (Bonferroni) e o teste de Cochran (n=100), dos genótipos de feijão-caupi.	44
Tabela 10 – Resumo da ANOVA no teste RATA.....	58
Tabela 11 – Resultados para a intensidade dos termos RATA para comparação de médias entre os seis genótipos de feijão-caupi.	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOAC	<i>Association of Official Analytical Chemists</i>
CATA	<i>Check-All-That-Apply</i>
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
IAL	Instituto Adolfo Lutz
pH	Potencial hidrogeniônico
PER	Peroxidase
PPO	Polifenoloxidase
RATA	<i>Rate-All-That-Apply</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFC	Universidade Federal do Ceará

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Grau Celsius
ha	Hectares
%	Porcentagem
Kg	Kilogramas
t	Toneladas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 Importância do feijão-caupi	18
3.2 Variedades crioulas	19
3.3 Composição centesimal do feijão-caupi.....	19
3.4 Qualidade culinária de grãos do feijão-caupi	21
3.5 Análise sensorial	22
3.6 Escurecimento de grãos de feijão	24
4 MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 Análises enzimáticas	26
4.2 Composição centesimal	27
4.3 Avaliação da qualidade culinária.....	30
4.4 Análise sensorial	30
4.5 Análise dos dados.....	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 Análises enzimáticas	34
5.2 Composição centesimal	37
5.3 Qualidade culinária	39
5.4 Análise sensorial	42
6 CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS	50
APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	56
APÊNDICE B - FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL	57
APÊNDICE C – RESUMO DA ANOVA NO TESTE RATA	58

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] constitui-se em um dos principais componentes da dieta alimentar nas regiões Nordeste e Norte do Brasil (OLIVEIRA *et al.*, 2021). Segundo dados fornecidos pela Conab (2023a), somando-se os três períodos de safra, o feijão-caupi atingiu uma produção de 3.069 mil toneladas, sendo 2,6% superior ao volume colhido na safra passada 2020/21.

O cultivo do feijão-caupi ocorre principalmente por alguns motivos: tem importante papel na complementação da renda, diversificação de cultivos e segurança alimentar das populações (FEITOSA *et al.*, 2015). Na agricultura familiar, as variedades crioulas de feijão-caupi têm importância econômica, nutricional, social e cultural. Tais variedades são como um legado para os agricultores, pois são passadas de geração em geração ou podem ser trocadas entre as famílias dentro da comunidade rural.

No Brasil, o feijão-caupi é cultivado, principalmente, para a produção de grãos secos e verdes (FREIRE FILHO *et al.*, 2005). É uma boa fonte de proteínas, carboidrato, vitaminas e minerais (XIONG *et al.*, 2016). Apesar disso, o feijão-caupi possui alguns fatores negativos como a presença de substâncias antinutricionais (taninos, inibidores de proteases, fatores de flatulência e lectinas), a consistência do tegumento e tempo de cocção do grão (MARTÍNEZ *et al.*, 1995; HUGHES *et al.*, 1996; UZOGARA & OFUYA, 1992). Por isso, o cozimento do feijão-caupi é necessário, já que ele é responsável pela inativação de fatores antinutricionais e assegura ao produto a textura, o sabor, o aroma e a coloração necessários para que o grão possa ser aceito na dieta humana (LAM-SANCHEZ *et al.*, 1990).

O consumidor prefere alimentos de rápido preparo e, por isso, os grãos de feijão-caupi devem apresentar reduzido tempo de cocção para atender a essa demanda. Entretanto, devido ao armazenamento prolongado e inadequado, especialmente em países de clima tropical, os grãos ficam suscetíveis ao fenômeno de endurecimento conhecido como ‘hard-to-cook’ (HTC) (difícil de cozinhar) (MARTIN-CABREJAS *et al.*, 1997). Tal defeito provoca aumento no tempo de cozimento, redução na qualidade nutricional e ainda, modificações indesejáveis na cor e textura estando relacionado principalmente com prolongada estocagem, altas temperaturas e umidade (KIGEL, 1999). Os grãos endurecidos são menos aceitos pelos consumidores e causam importantes perdas (GARCIA & LAJOLO, 1994).

Além do tempo de cocção e endurecimento dos grãos, o escurecimento destes após a colheita é outro fator que deprecia o valor dos grãos secos a serem comercializados. Esses fatores estão de alguma forma associados, isso ocorre porque assim que o feijão é colhido, inicia-se o processo de escurecimento enzimático do tegumento com consequente

endurecimento do grão. A atividade das enzimas peroxidase (PER) e polifenoloxidase (PPO) faz com que ocorra a oxidação de compostos fenólicos, resultando no escurecimento e endurecimento do grão (WHITEHEAD & SWARDT, 1982).

Esse processo é gradativo, acumulativo e irreversível. O armazenamento em condições ambiente aumenta o escurecimento do tegumento sendo influenciado pela alta umidade, alta temperatura e período de armazenamento (BRACKMANN *et al.*, 2002). Grãos escuros e endurecidos necessitam de maior tempo para cozimento e apresentam mudanças negativas na textura, sabor e valor nutricional (LIMA *et al.*, 2014).

Estudos demonstram que a composição química dos genótipos de feijão-caupi pode variar devido à manipulação genética, práticas agronômicas, manejo pós-colheita e de armazenamento, idade das sementes e no processamento aplicado na preparação das sementes para consumo humano (UZOGARA, 1992). Portanto, a avaliação de aspectos bioquímicos e relativos à qualidade tecnológica para cozimento do produto (grão) comercializado de cada nova cultivar obtida por melhoramento genético é importante, pois assim, obtém-se dados sobre o comportamento dos grãos quanto à variação do teor proteico, fração lipídica e outros parâmetros bioquímicos (CASTÉLLON *et al.*, 2003).

São poucos os trabalhos que avaliam variedades crioulas de feijão-caupi para a qualidade nutricional e culinária, além destas representarem grande riqueza em termos de diversidade genética para caracteres agronômicos, podem também apresentar grande diversidade quanto às características relativas à composição química dos grãos, ou seja, a aspectos relativos à qualidade nutricional bem como a qualidade culinária. Estas variedades são genótipos que podem ser utilizados no processo de melhoramento participativo junto aos agricultores para o desenvolvimento de novas cultivares a serem comercializadas por estes e pela comunidade rural, agregando assim, valor às suas variedades locais a partir do conhecimento mais aprofundado de suas características não somente agronômicas, mas principalmente, nutricionais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar variedades crioulas de feijão-caupi, cultivadas em comunidades tradicionais do Estado do Ceará, quanto ao escurecimento, caracterização centesimal, qualidade culinária e análise sensorial.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a atividade enzimática dos grãos em variedades crioulas de feijão-caupi em diferentes tempos de armazenamento;
- Analisar a variabilidade genética existente entre variedades crioulas de feijão-caupi para qualidade nutricional e culinária dos grãos;
- Avaliar a qualidade culinária e realizar análise sensorial em variedades crioulas de feijão-caupi para identificar possível aceitação dos genótipos quanto à cor, aparência, textura, aroma e sabor.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Importância do feijão-caupi

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] é uma planta herbácea, dicotiledônea, pertencente à ordem Fabales, família Fabaceae, tribo Phaseoleae, gênero *Vigna* (PADULOSI; NG, 1997). É a cultura herbácea anual mais cultivada em regiões tropicais secas do planeta (BOUKAR *et al.*, 2019).

É considerado uma das culturas alimentares mais importantes do mundo devido à sua qualidade nutricional que fornece nutrientes como proteínas, ferro, zinco e vitaminas e, combinado com o arroz, constitui a base da alimentação da população brasileira, além de ser um dos produtos agrícolas de grande valor econômico (COSTA *et al.*, 2006). Além de fazer parte da dieta humana e trazer esses benefícios para os consumidores, possui alta versatilidade em relação à farinha, sendo utilizada nas mais diversas formulações alimentícias, como pães, cookies, hambúrguer e biscoitos (OLIVEIRA, 2021).

Além dos fatores alimentícios, a cultura tem seu apelo agrônomo, principalmente pelo seu ciclo fenológico considerado mais curto e que possibilita ao produtor adequar melhor o seu plantio dentro de uma janela menor, sem ter que renunciar à produção de outros grãos ainda no mesmo ano-safra (CONAB, 2023b).

De uma forma geral, o feijão é uma cultura que apresenta uma grande plasticidade fenotípica e isso proporciona à espécie adaptar a sua fisiologia ou morfologia de acordo com as condições do ambiente em que é cultivada (CONAB, 2023b). Isso proporciona o seu cultivo em diferentes locais do mundo, sendo os principais produtores: Mianmar, Índia, Brasil, China, Tanzânia, Uganda, Estados Unidos, México, Quênia e Burundi (FAOSTAT, 2021), e os principais importadores são Índia, China, Bangladesh, Estados Unidos e Egito (COÊLHO, 2021).

No Brasil, na safra de 2022, a produção total de feijão-caupi foi de 561 mil toneladas, colhidas em 1.204,8 mil hectares, com uma produtividade média de 466 kg/ha. Nesta mesma safra, a produção de feijão-caupi na região Nordeste foi de 387,2 mil toneladas, o que representa 69% da produção do país. Entre os estados nordestinos, o Ceará se destaca por apresentar a maior área plantada (346,5 mil hectares), porém, registra uma das menores produtividades do país (190 kg/ha), muito abaixo da média nacional (CONAB, 2023c).

Dentre os fatores que ocasionam o baixo rendimento do feijão-caupi na região Nordeste, em especial no Ceará, estão a utilização de baixo nível tecnológico, irregularidades das chuvas e o emprego de cultivares pouco adaptadas às condições de cultivo (MATOS FILHO *et al.*, 2009). A tendência atual é o incremento do uso de alta tecnologia na cultura, o

que tem levado a uma procura maior por cultivares altamente produtivas e bem adaptadas às condições regionais de cultivo, sendo este, objetivo principal dos programas de melhoramento (SANTOS *et al.*, 2014).

3.2 Variedades crioulas

Conforme a Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes de Mudas e dá outras providências: “Cultivar local, tradicional ou crioula é uma variedade desenvolvida, adaptada ou produzida por agricultores familiares, assentados da reforma agrária ou indígenas, com características fenotípicas bem determinadas e reconhecidas pelas respectivas comunidades e que, a critério do MAPA (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento), são considerados também descritores socioculturais e ambientais, não se caracterizam como semelhantes às cultivares comerciais” (BRASIL, 2003).

As variedades crioulas de feijão-caupi são na maioria originadas da África, as quais evoluíram e se adaptaram às diferentes condições ambientais onde são cultivadas hoje e apresentam importantes características agrônômicas que devem ser preservadas (BOEF, 2007). Tais variedades apresentam ampla variabilidade genética, sendo motivo de muitos estudos por constituírem fonte de genes para a obtenção de variedades. Por apresentarem essa ampla variabilidade quando comparadas às variedades melhoradas modernas, estas variedades manifestam maior estabilidade e segurança nos rendimentos dos agricultores familiares, sendo por isto, as preferidas por estes (SEVILLA GUZMÀN, 2005).

Sendo assim, a agricultura familiar do semiárido nordestino tem como herança cultural, resgatar, conservar e multiplicar a diversidade das sementes crioulas para o uso próprio, e por isso, os agricultores familiares têm a consciência de que precisam conservar as sementes de variedades crioulas para o seu próprio desenvolvimento (BARBOSA *et al.*, 2010).

3.3 Composição centesimal do feijão-caupi

O consumo do feijão-caupi proporciona vários benefícios à saúde, pois apresenta na sua composição elementos que conseguem preencher as principais recomendações para a saúde como o aumento do consumo de fibras, ferro, amido e outros carboidratos complexos e, diminuição no consumo de lipídios e sódio (GEIL; ANDERSON, 1994).

Dessa forma, a composição centesimal de um alimento refere-se à porcentagem em massa de seus cinco componentes principais que são: água, cinzas, proteínas, lipídios e carboidratos. Essa composição é determinada levando em consideração que o alimento é

composto somente por estes cinco componentes e, desse modo, a soma das percentagens destes componentes totaliza 100% (TOGNON, 2012).

Na maioria dos alimentos, a água é o principal componente presente. É nela que estão dissolvidas a maioria das outras substâncias nutrientes encontradas nos alimentos. Na composição centesimal de um alimento, a água refere-se ao teor de umidade e é determinada por meio da secagem deste alimento, medindo-se de forma indireta, o peso de água perdido durante este processo (FENNEMA *et al.*, 2010).

As cinzas de um alimento abrangem a parte inorgânica do alimento, ou seja, a fração mineral do alimento, a qual é formada pelos micros e macronutrientes como potássio, cálcio, fósforo, cloreto, alumínio, manganês, sódio, magnésio, ferro, cobre, zinco, entre outros, que são fundamentais na dieta humana, pois são necessários para a manutenção de condições metabólicas saudáveis (SILVA, 1990; ZAMBIAZI, 2010).

Nos alimentos, as proteínas apresentam funções estruturais e enzimáticas, e são nutricionalmente importantes, pois são consideradas fontes dos aminoácidos essenciais, isto é, aqueles que o organismo humano não consegue produzir e necessitam ser adquiridos por meio da dieta. Além disso, as proteínas são macromoléculas formadas pela união de aminoácidos e se diferenciam de acordo com os tipos, quantidades e modos de encadeamento dos aminoácidos (TOGNON, 2012).

Os lipídios são compostos orgânicos energéticos, contendo ácidos graxos essenciais ao organismo humano e atuam como transportadores das vitaminas. Os lipídios são substâncias insolúveis em água, solúveis em solventes orgânicos, como éter, clorofórmio, acetona, dentre outros, e desempenham papel importante na qualidade dos alimentos, pois contribuem com atributos como textura, sabor, nutrição e densidade energética (AOAC, 2005; FENNEMA *et al.*, 2010).

Os carboidratos constituem um conjunto de substâncias (formadas por carbono, hidrogênio e oxigênio) que atuam como fornecedores diretos de energia para o organismo humano. Nos grãos cereais, em geral, o principal carboidrato é o amido, um polissacarídeo de glicose formado pela junção de dois outros polissacarídeos, denominados amilose e amilopectina (TOGNON, 2012).

A composição centesimal do grão de feijão é bastante variável, podendo alterar de acordo com a variedade, origem, localização, clima, condições ambientais, tipo de solo, armazenamento, processamento e modificações genéticas (AFONSO, 2010). Pode-se observar as informações nutricionais do feijão-caupi na Tabela 1.

Tabela 1 – Informações nutricionais do feijão-caupi em 100 g

Componente	Valor
Umidade	12,7 g
Cinzas	2,88 g
Proteínas	20,2 g
Lipídios	2,37 g
Carboidrato total	61,9 g

Fonte: TBCA (2023).

O feijão-caupi constitui-se uma excelente fonte de proteínas (23-25% em média), carboidratos (62%, em média) vitaminas e minerais e baixa quantidade de gordura (teor de óleo de 2%, em média) (FROTA *et al.*, 2008). Sendo assim, inserir o feijão na dieta humana é vantajoso, já que do ponto de vista nutricional, esse alimento possui componentes e substâncias necessárias ao funcionamento do organismo humano.

Bezerra *et al.* (2019), avaliando a composição centesimal de grãos crus e cozidos de oito cultivares de feijão-caupi, encontraram resultados, nos grãos crus, para a umidade variando de 7,12-11,32%, cinzas 3,20-5,31%, lipídios 0,49-1,09%, proteínas 20,66-26,06% e carboidratos 60,33-66,28%, já nos grãos cozidos, a umidade variou de 66,97-68,15%, cinzas de 0,95-1,26%, lipídios 0,31-0,88%, proteínas 7,48-11,88% e carboidratos 18,79-22,84%. Considerando este fato, o processo de cozimento afetou a composição centesimal dos grãos de feijão-caupi, provocando aumento no teor de umidade e diminuição nos teores de proteína, carboidratos e valor energético, em comparação aos grãos crus, sendo esses nutrientes transferidos para o caldo de cocção. Entretanto, apesar das alterações provocadas pelo cozimento na composição centesimal dos grãos de feijão-caupi, eles preservaram elementos e características nutricionais importantes que tornam seu consumo benéfico do ponto de vista nutritivo e funcional.

3.4 Qualidade culinária de grãos do feijão-caupi

A qualidade culinária do feijão refere-se aos seus atributos sensoriais, propriedades tecnológicas, como absorção de água antes e após o cozimento, tempo de cozimento, cor do tegumento, entre outros (BENTO *et al.*, 2021).

No mercado consumidor, busca-se por variedades de feijões que apresentam baixo tempo na hora do cozimento devido à economia do gás de cozinha e, conseqüentemente, no gasto energético. Além disso, o consumo de feijão-caupi precisa de tratamento térmico, assim

como outras leguminosas, para inativar os fatores antinutricionais, melhorar a digestibilidade e a palatabilidade (FROTA, 2008).

Considerando este fato, o cozimento do feijão-caupi torna-se a etapa de preparo mais importante, pois além de inativar os fatores antinutricionais (BARAMPANA; SIMARD, 1995), ainda assegura os aspectos necessários para que este possa ser aceito na dieta humana, como: a textura, o sabor, o aroma e a coloração (LAM-SANCHEZ *et al.*, 1990).

Carvalho *et al.* (2011), avaliando o tempo de cozimento de cinco cultivares de feijão-caupi, observaram que a cultivar BRS Guariba apresentou o menor tempo de cozimento em panela comum sem imersão (23 minutos) e, em panela comum com imersão, a BRS Tumucumaque apresentou o menor tempo (13 minutos). A BRS Aracê apresentou o menor tempo de cozimento em panela de pressão sem imersão (11 minutos) e a BRS Guariba exibiu o menor tempo de cozimento (2 min) quando cozida em panela de pressão com imersão. Freire Filho *et al.* (2011) salientaram que o tempo de cozimento das cultivares de feijão-caupi, lançadas pelo programa de melhoramento genético da Embrapa, tiveram uma variação de 13 a 20 minutos. Bertoldo *et al.* (2009) afirma que genótipos que apresentam grãos com rápido cozimento proporcionam economia de tempo e de energia na vida dos consumidores.

Lam-Sanchez *et al.* (1990) afirmam que a hidratação dos grãos é influenciada pela umidade inicial deles pois, quanto mais baixa, menor será a relação de hidratação. Em estudo realizado por Ávila *et al.* (2014) em que se avaliou a influência do tempo de armazenamento na qualidade tecnológica dos feijões comum e caupi, o tempo de cocção do feijão comum com um mês de armazenamento foi, em média, 40 minutos, com um coeficiente de hidratação de 197,14%, aos doze meses, o tempo de cocção foi, em média, de 1 hora e 40 minutos com um coeficiente de hidratação de 169,61%. Quanto ao feijão caupi, o tempo de cocção foi de 13 minutos com coeficiente de hidratação de 192,60% para os grãos armazenados a um mês, e, 19 minutos de cocção para o grão armazenado por doze meses, apresentando um coeficiente de hidratação de 188,40%.

Almeida (2014) sugere que as determinações da capacidade de hidratação dos grãos antes do cozimento podem ser um bom indicativo do tempo de cocção. Sendo assim, o menor tempo de cocção está diretamente relacionado à rápida absorção de água dos grãos.

3.5 Análise sensorial

A análise sensorial é definida como sendo uma disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características de alimentos e materiais que são percebidas pelos órgãos da visão, olfato, gosto, tato e audição (IAL, 2008). Tal análise é realizada em função das respostas que são transmitidas pelos indivíduos às várias sensações

que se originam de reações fisiológicas e são resultantes de certos estímulos, gerando a interpretação das propriedades intrínsecas aos produtos. Para isto, é preciso que haja entre as partes, indivíduos e produtos, contato e interação. O estímulo é medido por processos físicos e químicos e as sensações por efeitos psicológicos. As sensações produzidas podem dimensionar a intensidade, extensão, duração, qualidade, gosto ou desgosto em relação ao produto avaliado (IAL, 2008).

Na análise sensorial podem-se realizar diversos testes, dentre os quais destacam-se: testes discriminativos (triangular, duo-trio, ordenação, comparação pareada e comparação múltipla ou diferença do controle), testes descritivos [perfil de sabor, perfil de textura, análise descritiva quantitativa (ADQ) e o de tempo-intensidade] e testes afetivos (preferência, aceitação por escala hedônica, aceitação por escala ideal e intenção de compra) (IAL, 2008).

Sendo assim, pode-se fazer o uso da análise sensorial para avaliar várias características de um determinado produto, tais como mudanças na matéria-prima, nos processos de fabricação, no tempo de prateleira, análises de armazenamento, dentre outras, além da preferência e aceitabilidade do produto pelo mercado consumidor (ISAAC *et al.*, 2012).

3.5.1 Check-all-that-apply (CATA) e Rate-all-that-apply (RATA)

Visando ter um vínculo direto com os consumidores, novas técnicas no campo da análise sensorial surgiram e têm ganhado cada vez mais espaço. O teste CATA consiste em frases e/ou declarações utilizadas pelos provadores para marcar quantas opções sejam necessárias para expressar sua opinião sobre o produto analisado (ARES *et al.*, 2015; JAEGER *et al.*, 2015; VALENTIN *et al.*, 2012).

A CATA é uma metodologia descritiva, curta, flexível e pode ser aplicada aos consumidores de modo que não necessite treinar previamente os avaliadores. A metodologia CATA foi desenvolvida devido a necessidade de criar um método que fosse confiável e rápido para a caracterização sensorial de produtos, visto que, nas indústrias alimentícias, encontra-se dificuldades na aplicação rotineira de análises descritivas para o desenvolvimento de produtos e processos de alteração (HENRIQUE; DELIZA; ROSENTHAL, 2015).

Os dados obtidos pela técnica CATA estão diretamente relacionados à percepção das características dos produtos pelos provadores, com isso, podem contribuir com informações auxiliares no momento de maximizar a aceitação dos produtos pelo mercado consumidor, sendo possível saber quais atributos são detectados pelos consumidores e sua relação com a aceitação global ou preferência do produto (DOOLEY *et al.*, 2010).

Em relação à quantidade de provadores necessários para realizar o teste CATA, Alcântara e Freitas-Sá (2018) verificaram que embora não haja investigação suficiente que indique um número adequado de participantes, um estudo com relevância estatística deve provavelmente considerar o uso de 100 consumidores ou mais.

Belusso *et al.* (2016) utilizaram o CATA para desenvolvimento de nuggets de peixe e concluíram que o uso dessa técnica ao mesmo tempo com a escala hedônica e análise de correspondência, permitiu a compreensão da aceitação e de atributos sensoriais relativos a esse produto. Já no estudo realizado por Henrique, Deliza e Rosenthal (2015), de caracterização sensorial de presuntos cozidos utilizando o CATA, segundo os resultados obtidos, as amostras estavam bem caracterizadas em termos de propriedades sensoriais e hedônicas, podendo concluir que, através da técnica CATA, os consumidores puderam perceber as diferenças entre as amostras. Garruti (2013) em estudos realizados com descritores de aroma em novas variedades de pimenta biquinho utilizando o CATA, concluíram que as novas variedades desenvolvidas eram mais aromáticas que o produto atualmente comercializado no Brasil.

Por outro lado, a técnica *Rate-All-That-Apply* (RATA) é uma variação da metodologia CATA. Com uma lista de termos pré-especificados, os consumidores indicam se esses termos se aplicam ou não a um determinado produto e, caso se apliquem, classificam sua intensidade. Por exemplo, em uma escala de 3 pontos podem ser usados como âncoras os termos "baixo", "médio" e "alto" (VIDAL *et al.*, 2015; MEYNERIS *et al.*, 2016; ARES, 2015).

Comparando a técnica CATA com a técnica RATA, esta tem potencial para melhorar a descrição e a discriminação da amostra (VIDAL *et al.*, 2015; GIACALONE; HEDELUND, 2016).

3.6 Escurecimento de grãos de feijão

A coloração do tegumento dos grãos do feijão está entre os principais atributos sensoriais que definem sua qualidade culinária. Sendo assim, o escurecimento dos grãos do feijão afeta diretamente seu valor comercial, no qual sofre uma desvalorização na procura pelos consumidores e uma queda no seu preço, uma vez que a coloração do tegumento é usada como parâmetro para classificar aquele feijão como novo ou velho, ou seja, de baixa qualidade culinária (BENTO *et al.*, 2021).

As alterações na coloração dos grãos decorrem de efeitos do ambiente e de reações químicas e/ou enzimáticas nas sementes (BASSINELLO *et al.*, 2003). Além disso, essas alterações são frequentemente associadas ao genótipo do grão, indicando que as variedades têm

uma predisposição genética para escurecimento mais rápido ou mais lento quando armazenadas (BENTO *et al.*, 2021).

Em estudos realizados com feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) associam o escurecimento dos grãos às atividades das enzimas peroxidase (EC 1.11.1.7) e polifenoloxidase (EC 1.10.3.1) (BENTO *et al.*, 2021; LIMA *et al.*, 2014; REIS *et al.*, 2021), fazendo necessário, investigações a esse respeito para feijão-caupi.

Lima *et. al* (2014), avaliando a influência do uso de embalagem à vácuo no escurecimento de grãos de feijão comum e a atividade das enzimas peroxidase (PER) e polifenoloxidase (PPO) durante o armazenamento por um período de oito meses em condições ambiente, observaram alta atividade da PER no primeiro dia de armazenamento, indicando que o escurecimento dos grãos é iniciado desde a colheita e que aumenta durante o armazenamento. A atividade da PER nos grãos mantidos em embalagem comercial foi superior à dos outros tratamentos desde o segundo mês até o final do armazenamento ($843,6 \text{ U g de farinha}^{-1}\text{min}^{-1}$) e nos grãos embalados à vácuo, apresentaram menor atividade ao final do período de armazenamento ($368,6 \text{ U g de farinha}^{-1}\text{min}^{-1}$). A queda na atividade da PER nos grãos mantidos em embalagem à vácuo pode ser explicada pela baixa disponibilidade de oxigênio, impedindo desta forma a oxidação dos fenólicos. Enquanto na PPO, em grãos embalados à vácuo, a sua atividade diminuiu até o quarto mês de armazenamento devido à baixa disponibilidade de oxigênio, o mesmo não foi observado para a embalagem comercial e sem vácuo. Assim, esses autores concluíram que a utilização da embalagem à vácuo pode ser uma alternativa, com vantagem econômica, na diminuição das atividades enzimáticas e, portanto, no escurecimento dos grãos.

O escurecimento de grãos sob armazenamento é um processo acumulativo e irreversível, (LIMA *et al.*, 2014). Assim, há uma carência por cultivares que atendam às exigências dos consumidores e que não tenham seu valor comercial muito afetado pelo armazenamento (ARAÚJO, 2022).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Variedades utilizadas e local do experimento

Foram utilizadas seis variedades, sendo quatro variedades crioulas de feijão-caupi e duas cultivares comerciais (T1 e T3), provenientes do BAG-Caupi da Universidade Federal do Ceará (UFC) (Tabela 2). As sementes foram multiplicadas em campo, no período de setembro a dezembro de 2022, no setor de horticultura da UFC, sendo realizado todos os tratamentos culturais enquanto o experimento estava em campo.

Após a colheita foi determinado o teor de umidade dos grãos pelo método da estufa a 105°C (BRASIL, 2009). Após esse procedimento, a umidade dos grãos foi padronizada para 12% (Tabela 2). Os grãos foram acondicionados em embalagens de polietileno de 18 µm, hermeticamente fechadas com o auxílio de seladora, contendo 0,5 kg de grãos em condições ambiente (25 °C ± 5 °C e 55% ± 15%).

Tabela 2 – Identificação dos genótipos de feijão-caupi e produção obtida na área de multiplicação após beneficiamento e padronização da umidade

Identificação	Nome do genótipo	Código de acesso	Massa (Kg)
T1	EPACE 10	CE-873	7,32
T2	Urbano	CCB001	4,75
T3	BRS Potengi	CE-975	5,82
T4	Abacate	CCB004	0,88
T5	Rabo de Cobra	CCB005	6,16
T6	Paulistinha	CCB013	6,00

Fonte: autora (2023).

4.2 Análises enzimáticas

As variáveis foram realizadas no Laboratório de Bioquímica e Fisiologia de Frutos da UFC e analisadas em triplicatas a cada dois meses, com a primeira avaliação acontecendo após a colheita (tempo 0) e as demais aos dois (tempo 2), quatro (tempo 4) e seis meses (tempo 6) de armazenamento do feijão. Em cada período foi avaliada a atividade enzimática da polifenoloxidase (PPO) e da peroxidase (PER).

No ensaio enzimático da PPO e PER, as amostras foram trituradas com o auxílio de um moedor de café (modelo Di Grano-Cadence) até formar uma fina farinha. A extração enzimática da PPO foi realizada segundo a metodologia de Sojo *et al.* (1998) com modificações, e a da PER foi realizada segundo a metodologia de Cembrawska-Lech *et al.* (2015). Para cada extrato foi realizada a quantificação de proteínas pelo método de Bradford (1976).

4.2.1 Polifenoloxidase (PPO)

Para a extração enzimática da PPO, foi utilizado 3g de farinha e adicionaram-se 10 mL de tampão fosfato 0,01M contendo triton x-100 4% (pH 6,0), e 0,1 g de polivinilpirrolidona (PVP). Em banho de gelo, homogeneizou-se manualmente, com o auxílio de almofariz e pistilo, por 5 minutos. O homogenato foi centrifugado a 10.000g por 20 minutos a 4 °C. Depois de centrifugado, recolheu-se o sobrenadante e, posteriormente, foi incubado em banho-maria a 37 °C por 10 minutos. Passado esse período de incubação, o material foi centrifugado novamente nas mesmas configurações. Após isso, o sobrenadante foi filtrado usando papel Whatman nº 1 e usado como extrato enzimático.

A determinação da atividade da PPO foi realizada segundo a metodologia de Sojo (1998) com modificações. Na microplaca, utilizaram-se 80 µL de tampão fosfato 0,01M contendo triton x-100 4% (pH 6,0), 100 µL do extrato enzimático e 10 µL de pirocatecol. Em seguida, incubou-se a microplaca por 30 minutos a 30 °C e, posteriormente, seguiu-se com a leitura em espectrofotômetro (Synergyx Mx, Biotek, Estados Unidos) a 395 nm.

4.2.2 Peroxidase (PER)

Para a extração enzimática da PER, foi utilizado 3 g de farinha com adição de 10 mL de tampão fosfato 0,01M contendo EDTA 0,1mM (pH 7,0), e 0,1 g de polivinilpirrolidona (PVP). Em banho de gelo, homogeneizou-se manualmente, com o auxílio de almofariz e pistilo, por 3 minutos. O homogenato foi centrifugado a 6400g por 20 minutos a 4 °C. Depois de centrifugado, o sobrenadante foi filtrado usando papel Whatman nº 1 e usado como extrato enzimático.

A determinação da atividade da PER foi realizada segundo a metodologia Urbanek *et al.* (1991) com modificações. Na microplaca, adicionou-se 90 µL de tampão fosfato 0,01M contendo EDTA 0,1mM (pH 7,0), 50 µL de guaiacol 0,02M, 50 µL de peróxido de hidrogênio 60mM e 10µL do extrato enzimático e 10 µL de pirocatecol. Em seguida, incubou-se a microplaca por 10 minutos a 30 °C e, posteriormente, seguiu-se com a leitura em espectrofotômetro a 470 nm.

4.3 Composição centesimal

Após a colheita dos grãos, foi feita a moagem destes para obtenção da farinha, sendo esta acondicionada em potes de vidro, em torno de 150 g. As análises de composição centesimal (determinação de umidade, cinzas, proteínas e lipídios) dos genótipos foram realizadas em triplicata e realizadas no Laboratório de Carnes e Pescados da UFC.

4.3.1 Umidade

O teor de umidade foi determinado por gravimetria a 105 °C em estufa de secagem, com circulação de ar, de acordo com a AOAC (2005). Foram pesadas 4 g da amostra homogeneizada, em cápsula de porcelana previamente calcinada e tarada. Posteriormente, as amostras foram transferidas para a estufa de secagem a 105 °C por 16 horas, em seguida, transferidas para um dessecador por 30 minutos para resfriamento até atingir a temperatura ambiente e após esse período, foram pesadas. Feito isso, o teor de umidade em porcentagem, então, foi obtido pela seguinte fórmula:

$$\text{Umidade (\%)} = [(P1 - P2) / P1 - P0] * 100$$

Onde, P1 = peso da cápsula + amostra úmida; P2 = peso da cápsula + amostra seca; P0 = peso da cápsula.

4.3.2 Cinzas

A determinação de cinzas foi feita por incineração a 550 °C em forno-mufla, seguindo a metodologia de AOAC (2005). Inicialmente, pesou-se aproximadamente 4g da amostra em cadinhos previamente calcinados e tarados, e depois foram transferidos para a mufla, onde aumentou-se a temperatura gradualmente até atingir 550 °C, durante 2 horas. Após esse período, o material foi resfriado no dessecador até atingir a temperatura ambiente e o teor de cinzas, dado em porcentagem, foi obtido pela seguinte equação:

$$\text{Cinzas (\%)} = [(P1 - P0) / P2 - P0] * 100$$

Onde: P1 = peso do cadinho + amostra incinerada; P0 = peso do cadinho; P2 = peso do cadinho + amostra úmida.

4.3.3 Proteínas

A quantificação de proteínas foi obtida com base na determinação do nitrogênio orgânico, utilizando-se de um destilador de nitrogênio, seguindo o método de Micro-Kjeldahl, segundo AOAC (2005). Tal método baseia-se na transformação do nitrogênio da amostra em sulfato de amônia a qual, posteriormente, é fixada em solução ácida e titulada. Este método divide-se em três etapas principais: a digestão, destilação e titulação.

Foi pesado 0,2 g da amostra em papel filtro e transferido para o balão de digestor, sendo adicionados 7 mL de ácido sulfúrico e 2 g da mistura catalítica (composta de sulfato de potássio (K₂SO₄) e sulfato de cobre (CuSO₄ a 9:1). Seguindo a etapa de digestão, após três horas de fervura do ácido sulfúrico, a solução apresentou-se com uma cor azul-esverdeada, estando livre de material não digerido. Em seguida, o digestor foi desligado e o balão com a amostra

permaneceu esfriando por aproximadamente quinze minutos. Após essa etapa, o digerido foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL e aferiu-se o volume com água destilada.

Na destilação, usou-se um erlenmeyer que foi adaptado ao conjunto do destilador de tal forma que a boca de saída do condensador ficasse imersa na solução. Em seguida, adicionou 10 mL da amostra digerida, 10mL de hidróxido de sódio a 40% e 4 gotas de fenolftaleína no aparelho. Após a ebulição, toda a amônia da amostra foi transportada por arraste a vapor para o erlenmeyer, o qual continha 20 mL de ácido bórico (H_3BO_3) a 4% e 3 gotas da solução indicadora (vermelho de metila e vermelho de bromocresol), para fixar o nitrogênio da amostra. A análise é conduzida conforme o manual de operação do equipamento.

Na etapa da titulação, o nitrogênio total da amostra foi quantificado por meio de titulação com uma solução de ácido clorídrico 0,01M de fator conhecido, até obter a passagem de cor verde para róseo, indicando o fim da reação. O teor de proteína bruta, dado em porcentagem, foi determinado utilizando-se da seguinte equação:

$$\text{Proteínas (\%)} = (V_a - V_b) * N * 0,014 * F * f * 100 / (P_a / 10)$$

Onde: V_a = volume de HCl gasto na titulação da amostra; V_b = volume de HCl gasto na titulação do branco; N = normalidade do HCl; F = fator de conversão do nitrogênio em proteína (6,25); f = fator de padronização do HCl; P_a = peso da amostra.

4.3.4 Lipídios

A determinação da fração lipídica foi realizada em extrator intermitente de Soxhlet, utilizando o hexano como solvente (AOAC, 2005). Foi utilizado amostras com a umidade já retirada, as quais foram pesadas e transferidas para os cartuchos de celulose e posteriormente, tampados com algodão e colocados no condensador a fim de instalar os mesmos no extrator de gordura. Com o extrator conectado ao balão receptor de gordura, foram colocados, inicialmente, em torno de 100mL de hexano no compartimento que continha os cartuchos.

A extração se deu por um período de 24 horas. Finalizada a extração, o conjunto extrator foi desconectado adequadamente, o hexano restante do extrator foi recolhido. Em seguida, os cartuchos foram retirados e as amostras já desengorduradas foram descartadas. Os balões receptores, contendo a gordura das amostras, foram levados para secagem em estufa a 105 °C, por 30 minutos. Passado este tempo, o material foi transferido para o dessecador para resfriar à temperatura ambiente, uma vez resfriado, os balões contendo a gordura das amostras, foram pesados e registrados. O teor de lipídios presente nas amostras foi determinado pela seguinte fórmula:

$$\text{Lipídios (\%)} = (P_2 - P_0) * 100 / P_1$$

Onde: P0 = peso do frasco seco e tarado; P1 = peso da amostra; P2 = peso do frasco com a fração lipídica.

4.3.5 Carboidratos

A determinação de carboidratos foi realizada por diferença, subtraindo-se de 100 a soma dos teores de lipídios, proteínas, umidade e cinzas, sendo expresso o valor final em porcentagem.

4.4 Avaliação da qualidade culinária

A avaliação da qualidade culinária foi realizada no Laboratório do Curso de Gastronomia da UFC e foi feita em duas etapas, sendo avaliado a capacidade de absorção e o tempo de cocção dos grãos. Para isso, foram pesadas amostras de 50g de grãos de feijão e, os mesmos, foram embebidos com 100 mL de água à temperatura ambiente durante 8 horas a fim de hidratar o grão, tudo feito em triplicata. Após 8 horas, os grãos foram removidos totalmente da água e foram submetidos à pesagem a fim de observar o ganho de peso, o qual foi considerado como a quantidade de água absorvida.

Após a pesagem, os grãos foram submetidos a dois tempos de cozimento, sendo o primeiro o tempo de 15 minutos e o segundo, de 30 minutos. O cozimento ocorreu em panela de inox com fundo triplo, em fogão de indução. Os grãos foram colocados para cozimento em 600 mL de água, ainda em temperatura ambiente e, após iniciar a fervura, marcou-se o tempo. Durante o cozimento, a temperatura ficou entre os 95°- 98 °C. Depois de cozido, a equipe que estava à frente do cozimento, friccionaram os grãos entre os dedos para poder sentir a textura do grão, a qual variou de pouco firme, firme, macia e bem macia.

4.5 Análise sensorial

O teste de aceitação sensorial, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Ceará, sob parecer nº 4.729.905, foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos e Bebidas do Instituto de Cultura e Arte (ICA) da UFC, em condições de iluminação, ruídos e temperatura controladas, no período compreendido entre 10:00 e 15:00.

Foram recrutados cerca de 100 provadores não treinados, entre alunos, professores e funcionários da UFC, após o consentimento dos participantes por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice A), recrutou-se candidatos que dispunham de tempo, gozavam de boa saúde, que gostavam de feijão e que tinham capacidade de avaliar as amostras.

Foi aplicado um questionário com várias sessões, dentre elas, sessões iniciais com dados de identificação, idade, sexo, além da investigação do perfil de consumo de feijão. As demais sessões eram referentes às amostras em si.

As amostras de feijão servidas para os provadores foram refogadas em óleo de soja, alho e sal, mantendo-se sob fervura, em panela de fundo triplo, até atingir 30 minutos de cozimento. As seis amostras foram dispostas em copos de plásticos de 50 mL, na quantidade de 30 g cada, codificadas com números aleatórios de três dígitos seguindo delineamento prévio e balanceado (Figura 1). Foram servidas mornas, em uma bandeja de isopor branca, acompanhadas de um copo de água potável, para que entre uma amostra e outra, o resíduo fosse tirado. Os provadores foram alocados em cadeiras individuais, em ambiente de luz de cor branca, onde recebiam as amostras e eram instruídos sobre o procedimento da análise sensorial. A ficha de análise sensorial utilizada para avaliar atributos como cor, aparência, aroma, textura, sabor e aceitação global, constava de uma escala hedônica de nove pontos, variando de 1 (desgostei muitíssimo) a 9 (gostei muitíssimo) (MEILGARD; CIVILLE; CARR, 2006), e para a intensidade destes atributos, atribuiu-se um grau de intensidade, o qual variou de 1 (pouquíssimo) a 5 (muitíssimo). A ficha da análise sensorial está apresentada no Apêndice B.

Figura 1 – Disposição das amostras na bandeja para os provadores.



Fonte: autora (2023).

4.5.1 Testes descritivos *Check-All-That-Apply* e *Rate-All-That-Apply*

Junto ao teste de aceitação, os provadores responderam ao questionário do teste *Check-All-That-Apply* (CATA), que apresentou termos descritivos relacionados às características sensoriais das amostras (cor, aparência, aroma, textura e sabor) (Tabela 3).

Tabela 3 – Atributos e termos descritivos utilizados no teste CATA/RATA.

Cor	Aparência	Aroma	Textura	Sabor
<ul style="list-style-type: none"> Heterogênea 	<ul style="list-style-type: none"> Uniforme Desuniforme Grão quebrado 	<ul style="list-style-type: none"> Característico de feijão Estranho 	<ul style="list-style-type: none"> Massenta Macia Firme Casca residual após mastigação 	<ul style="list-style-type: none"> Doce Salgado Amargo Característico de feijão Estranho

Fonte: autora (2023).

Durante o teste CATA, os provadores foram orientados a marcar os itens que melhor justificavam os termos escolhidos para aquelas amostras. A frequência de uso de cada termo foi contabilizada por somatório de acordo com metodologia de Vidal *et al.* (2015).

O teste *Rate-All-That-Apply* (RATA) foi utilizado para quantificar os descritores marcados, usando escala numérica de intensidade (1-pouquíssimo até 5-muitíssimo) (ARES *et al.*, 2014).

4.6 Análise dos dados

Na análise da atividade enzimática, realizou-se o teste de normalidade Shapiro Wilk e, posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial simples (6 genótipos x 4 tempos de armazenamento). Posteriormente, realizou-se o teste de comparação de médias por Tukey a um nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa computacional Rstudio (R CORE TEAM, 2023).

Para as análises de composição centesimal, avaliou-se a normalidade dos dados obtidos e, posteriormente, foram submetidos à ANOVA e às comparações entre as médias dos parâmetros estudados. Para o comparativo de médias, utilizou-se do teste de Tukey a um nível de 5% de significância. Para a qualidade culinária, os dados foram submetidos à ANOVA. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial simples (6 genótipos 2 tempos de cocção). Posteriormente, realizou-se o teste de comparação de médias por Tukey a um nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas pelo programa computacional Rstudio (R CORE TEAM, 2023).

A análise estatística para os dados da análise sensorial foi realizada por XLSTAT (2018) para Windows (Adinsoft, Paris, França). Para a ANOVA, aplicou-se o teste F, e para a comparação de médias, o teste de Tukey a 5% de probabilidade. O teste Q de Cochran, foi

realizado para o teste CATA para identificar diferenças significativas entre as amostras, e as comparações múltiplas entre as médias, utilizando o procedimento de McNemar (Bonferroni), também se aplicou a análise de componentes principais para este teste. Para o teste RATA, elaborou-se um gráfico aranha para melhor visualização dos dados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análises enzimáticas

A atividade das enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (PER) tiveram seus dados submetidos ao teste de normalidade Shapiro Wilk. Apenas PER apresentou anormalidade no conjunto de dados avaliados, sendo necessário sua transformação em log (Y). A atividade da enzima PPO teve interação significativa entre os genótipos (G) e os tempos de armazenamento (T) ($p < 0,05$). Já PER apresentou efeitos significativos dos fatores G e T isoladamente (Tabela 4).

Tabela 4 – Quadrados médios e coeficientes de variação (CV%) para as variáveis polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (PER) de genótipos de feijão-caupi durante seis meses de armazenamento.

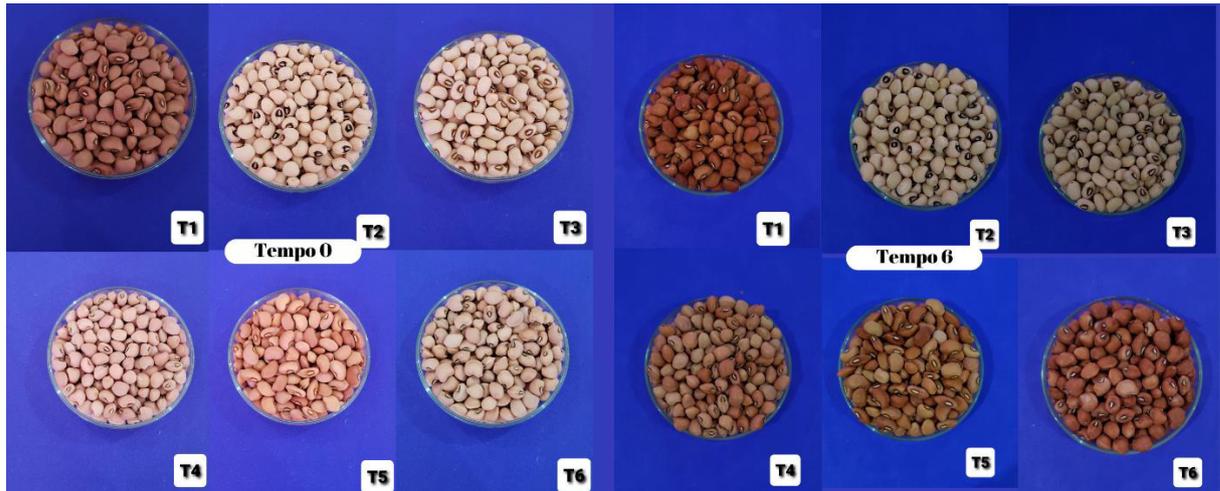
Fontes de variação	Quadrados médios	
	PPO	PER
Genótipo (G)	1.27*	0.20*
Tempo (T)	11.22 ns	1.36*
G x T	1.186*	0.03 ns
CV (%)	35.41	27.01

Legenda: *significativo ao nível de 5% de probabilidade, ns não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Fonte: autora (2023).

Avaliando atividade enzimática da PPO, o armazenamento por 2 e 6 meses dos grãos dos genótipos BRS Potengi, Abacate, Rabo de Cobra e Paulistinha, resultaram em maior atividade para essa enzima. No entanto, os grãos do genótipo Paulistinha armazenados por 6 meses, resultaram em atividades significativamente maiores para a enzima PPO e, visualmente (Figura 2)

, observou-se no momento de fazer a farinha desses grãos, que tal genótipo teve um escurecimento acentuado ao sexto mês de armazenamento (Tabela 5). O que é explicado pelo fato de o escurecimento dos grãos ser proporcional ao tempo em que ele é armazenado, principalmente com grãos mulatos, sendo que tal processo se inicia com o início da colheita (Lima *et al.*, 2014). Contudo, isso é variável a depender do genótipo pois, foi observado que genótipos como Epace 10 (mulato) e Urbano (branco), o tempo de armazenamento não afetou a atividade da enzima PPO em seus grãos, podendo concluir que nesses dois genótipos, a atividade da PPO não foi afetada pelo tempo de armazenamento.

Figura 2 – Amostras no tempo 0 e 6 de armazenamento.



Fonte: autora (2023).

Tabela 5 – Polifenoloxidase e peroxidase dos seis genótipos de feijão-caupi durante seis meses de armazenamento. Média \pm Desvio Padrão.

Genótipo	Tempo (meses)	Polifenoloxidase – PPO (UA min ⁻¹ .mg ⁻¹ P.)	Peroxidase – PER (UA min ⁻¹ .mg ⁻¹ P.)
Epace 10	0	2.75 \pm 0.66 aA	0.68 \pm 0.03 Cc
	2	1.96 \pm 0.44 bA	1.03 \pm 0.13 Cb
	4	1.93 \pm 0.60 aA	0.88 \pm 0.05 Cb
	6	2.64 \pm 0.54 aA	1.37 \pm 0.12 Ca
Urbano	0	0.92 \pm 0.06 aA	0.63 \pm 0.04 BCc
	2	2.60 \pm 1.58 abA	1.22 \pm 0.38 BCb
	4	1.54 \pm 0.37 aA	0.99 \pm 0.01 BCb
	6	1.75 \pm 0.33 aA	1.43 \pm 0.23 BCa
BRS Potengi	0	0.67 \pm 0.07 bB	0.76 \pm 0.09 Cc
	2	2.54 \pm 1.70 abA	0.99 \pm 0.17 Cb
	4	1.05 \pm 0.15 aAB	1.06 \pm 0.04 Cb
	6	2.59 \pm 0.34 aA	1.34 \pm 0.12 Ca
Abacate	0	0.98 \pm 0.31 abC	0.99 \pm 0.09 Ac
	2	3.50 \pm 1.12 abA	1.30 \pm 0.09 Ab
	4	1.73 \pm 0.40 aBC	1.36 \pm 0.22 Ab
	6	3.11 \pm 0.36 aAB	1.66 \pm 0.17 Aa
Rabo de cobra	0	0.90 \pm 0.31 bC	0.93 \pm 0.20 Abc
	2	3.92 \pm 1.08 aA	1.39 \pm 0.27 ABb
	4	1.41 \pm 0.29 aBC	1.06 \pm 0.05 ABb
	6	2.63 \pm 0.38 aAB	1.54 \pm 0.06 Aba
Paulistinha	0	1.79 \pm 0.85 abB	0.94 \pm 0.10 ABCc
	2	2.70 \pm 1.17 abAB	1.00 \pm 0.21 ABCb
Paulistinha	4	1.61 \pm 0.87 aB	1.13 \pm 0.10 ABCb
	6	3.63 \pm 0.67 aA	1.61 \pm 0.17 ABCa

PPO: Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si no tempo de armazenamento; médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si os genótipos dentro dos tempos de armazenamento. Teste Tukey – $p < 0,05$; PER: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula os genótipos não diferem entre si; médias

seguidas pela mesma letra minúscula os tempos de armazenamento não diferem entre si. Teste Tukey – $p < 0,05$; Fonte: autora (2023).

Ao analisar o tempo, os genótipos mantiveram inalterada sua atividade enzimática para a PPO após serem armazenados por 4 e 6 meses, apresentando níveis idênticos. No entanto, nos tempos de armazenamento 0 e 2, os genótipos Epace 10 e Rabo de cobra destacaram-se com os níveis mais elevados de atividade para essa enzima. Na ocasião do tempo 0, a Epace 10 exibiu a maior atividade, enquanto no tempo 2 foi o Rabo de cobra que apresentou o nível mais elevado.

No que diz respeito à atividade da peroxidase, o genótipo Abacate demonstrou níveis superiores em comparação com Epace 10 e BRS Potengi, os quais, por sua vez, exibiram valores mínimos. Foi notável também que o armazenamento por 6 meses induziu uma atividade significativamente maior dessa enzima em todos os genótipos, seguindo do tempo 4 e 2 que tiveram atividade intermediárias, e o tempo 0 onde observou menor atividade da PER.

De um modo geral, com exceção dos genótipos Epace 10 e Urbano, a PPO teve um comportamento de aumentar no tempo 2 (2 meses de armazenamento), diminuir no tempo 4 (4 meses de armazenamento) e tornar a aumentar no tempo 6 (6 meses de armazenamento). Quanto à PER, observou-se que a atividade enzimática aumentou com o passar dos 6 meses de armazenamento, tendo um comportamento oposto ao que foi observado por Lima *et al.* (2014), em feijão carioca (*Phaseolus vulgaris*), onde os autores observaram uma queda acentuada na atividade da PER ao longo do armazenamento dos grãos. Este fato pode ter ocorrido pela disponibilidade de oxigênio liberado através das trocas gasosas realizadas pela população de insetos-praga presente na embalagem, pois os grãos não foram tratados quimicamente antes de serem embalados, sendo observado o surgimento, a partir do tempo 2, do inseto *Callosobruchus maculatus*. Além disso, a presença desses insetos ocasionou danos a nível celular nos grãos, gerando um estresse nestes grãos, conseqüentemente, tem-se um aumento na produção do peróxido de hidrogênio, rompimento das células destes grãos, ocasionando a liberação de enzimas como a peroxidase. Ou seja, os danos nos grãos podem desencadear um estresse nestes, resultando na produção adicional de enzimas de defesa em resposta ao estresse.

Os genótipos Urbano e BRS Potengi, por apresentar coloração branca, visualmente, não apresentaram escurecimento significativo ao longo dos seis meses de armazenamento

quando comparado com os demais genótipos mulatos, corroborando com o que foi observado por Araújo (2022).

5.2 Composição centesimal

Todas as variáveis centesimais tiveram significância pelo teste F ($p < 0,05$), evidenciando que há diferenças entre estes genótipos para tais variáveis. A partir disso, foi feito o teste de comparação de médias para observar o comportamento dos seis diferentes genótipos em cada variável estudada (Tabela 6).

Tabela 6 – Estimativa de médias e coeficiente de variação (CV) da composição centesimal de seis genótipos de feijão-caupi.

	Umidade (%)	Lipídios (%)	Proteínas (%)	Carboidratos (%)
Epace 10	11.31a	1.24d	22.93a	60.76c
Urbano	11.13a	1.41a	23.10a	60.11d
BRS Potengi	9.85c	1.24d	22.01b	63.12a
Abacate	9.87c	1.33b	22.4b	61.97b
Rabo de Cobra	10.06b	1.34b	22.30b	62.03b
Paulistinha	10.24b	1.28c	22.11b	62.05b
CV (%)	1.21	1.28	0.63	0.29

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: autora (2023).

Com relação aos resultados obtidos para a umidade, estes variaram de 9,85 a 11,31%, sendo a cultivar Epace 10 e a variedade Urbano apresentando o maior teor de umidade, 11,31 e 11,13%, respectivamente, e diferindo-se estatisticamente das demais. Já a cultivar testemunha (BRS Potengi) e a variedade Abacate não diferiram estatisticamente entre si e obtiveram as menores médias (9,85 e 9,87, respectivamente), demonstrando uma maior estabilidade e menor sensibilidade dos grãos à deterioração, quando comparadas as demais. Além de umidade, a variedade Urbano diferiu estatisticamente das demais apresentando o maior teor lipídico, cerca de 1,41 %, valores dentro da faixa já estudada por Carvalho *et al.* (2012), que verificaram uma variação de 1,20% a 1,40%. Apesar de ter obtido o maior valor, ainda assim, considera-se baixo, pois geralmente os feijões apresentam um baixo conteúdo de lipídios em comparação a outros macronutrientes (RAMÍREZ-CÁRDENAS, 2006).

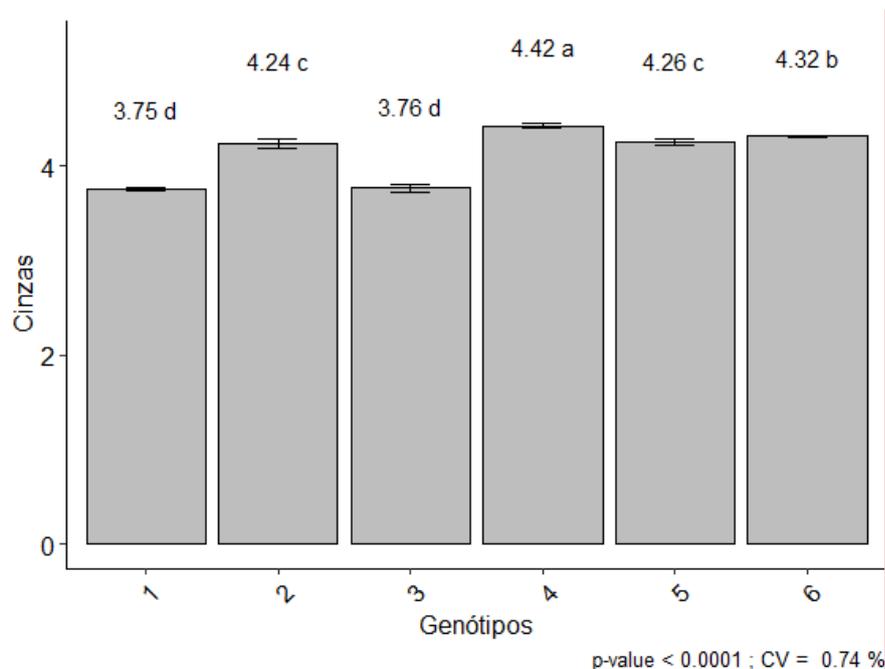
Os teores de proteínas da cultivar testemunha BRS Potengi e das variedades Abacate, Rabo de cobra e Paulistinha não diferiram estatisticamente entre si, sendo agrupadas

no mesmo grupo. Sendo assim, como essas variedades crioulas não diferiram da cultivar testemunha (BRS Potengi), pode-se sugerir que sejam levadas adiante em outras pesquisas a fim de investigar os demais nutrientes presentes nestes grãos de feijão-caupi, a exemplo do ferro que é muito importante no combate à anemia, principalmente em crianças. A cultivar Epace 10 e variedade Urbano obtiveram as maiores médias, 22,9% e 23,1%, respectivamente, diferindo-se estatisticamente das demais, entretanto, não diferiram entre si. Segundo Carvalho *et al.* (2012), em feijão-caupi o conteúdo de proteínas totais varia de 20 a 30%. Com isso, as proteínas são um dos principais componentes dos feijões (SATHE, 2002) e são uma boa alternativa à dieta humana, pois é fonte importante de proteína de origem vegetal.

No que se refere ao teor de carboidratos, a cultivar testemunha (BRS Potengi) diferiu estatisticamente das demais, obtendo o maior valor (63,1%). Quando comparada com as demais, as variedades crioulas, de uma forma geral, apresentaram elevados teores de carboidratos, não diferindo entre si, com exceção da variedade Urbano, que obteve o menor valor (60,1%). O elevado teor de carboidratos nos grãos de feijão-caupi já era esperado, uma vez que apresenta um teor médio de 62% (FROTA *et al.*, 2008). Dessa forma, o feijão-caupi, apresenta-se como boa fonte de energia para os seres humanos.

Para o parâmetro cinzas, não foi realizada a análise de variância, devido a não normalidade dos dados, porém, fez-se o teste de Kruskal-Wallis, mostrando que houve diferença entre os tratamentos ($p < 0,05$) (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Estimativa de médias para o parâmetro cinzas para os genótipos de feijão-caupi.



Genótipos: 1 (Epace 10), 2 (Urbano), 3 (BRS Potengi), 4 (Abacate), 5 (Rabo de cobra), 6 (Paulistinha). Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade. Fonte: autora (2023).

O genótipo Abacate apresentou maior teor de cinzas (4,42%), diferindo estatisticamente dos demais genótipos, seguido do genótipo Paulistinha (4,32%), em contrapartida, as cultivares Epace 10 e BRS Potengi apresentaram os menores valores, sendo formado um grupo entre elas, concluindo que as variedades crioulas, de uma forma geral, apresentaram os melhores valores de cinza. Esse parâmetro é importante, pois indica uma maior quantidade de resíduo inorgânico, que é constituído principalmente de minerais, como potássio, cálcio, fósforo, cloreto, alumínio, manganês, sódio, magnésio, ferro, cobre, zinco, entre outros (MESQUITA *et al.*, 2007; RAMÍREZ-CÁRDENAS *et al.*, 2008; ZAMBLIAZI, 2010). Assim, a presença de uma maior quantidade de minerais em grãos de feijão-caupi, pode ajudar a melhorar a qualidade nas dietas das famílias, principalmente das famílias de classes sociais mais baixas.

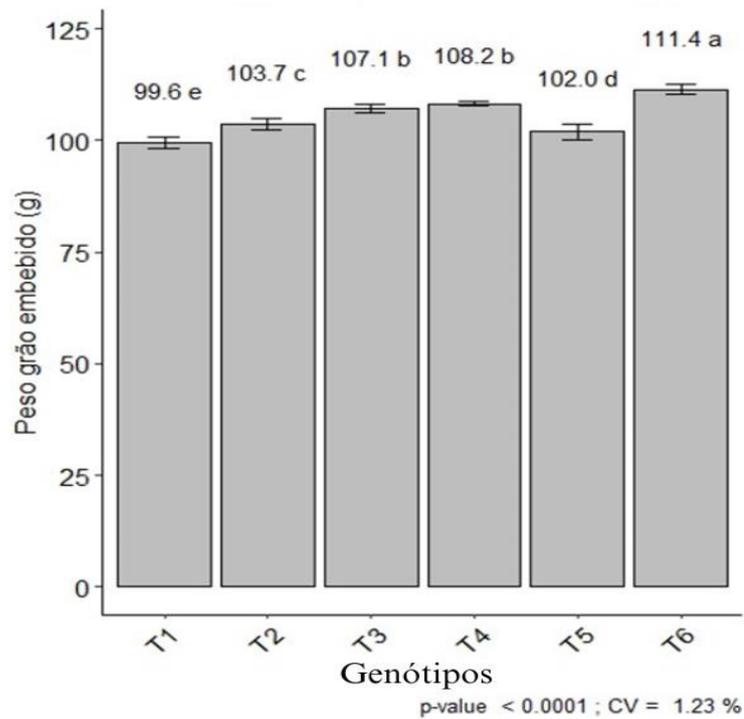
5.3 Qualidade culinária

5.3.1 Capacidade de absorção dos grãos

O peso médio do grão embebido apresentou amplitude variando de 99,60 g a 111,40 g. O genótipo Paulistinha teve a maior média, indicando uma maior capacidade de hidratação do grão após 8 horas de molho. Já o genótipo Epace 10, teve uma menor capacidade de absorção (Gráfico 2). É válido lembrar que todos os genótipos começaram, antes da hidratação, com o peso de 50 g, sendo observado uma absorção de 100% com o passar das 8 horas.

Estas diferenças entre os genótipos podem estar associadas à rigidez do tegumento (menor espaços intracelulares), aderência dos cotilédones (deposição de pectatos de cálcio na lamela média), elasticidade, porosidade e propriedades coloidais na absorção de água pelos grãos dos diferentes genótipos (ESTEVEZ *et al.*, 2002; PUJOLA *et al.*, 2007).

Gráfico 2 – Médias do peso de grão (g) dos genótipos de feijão-caupi após 8 horas de hidratação.



Genótipos: 1 (Epace 10), 2 (Urbano), 3 (BRS Potengi), 4 (Abacate), 5 (Rabo de cobra), 6 (Paulistinha). Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: autora (2023).

5.3.2 Tempo de cocção dos grãos

A análise de variância conjunta revelou que teve diferenças estatísticas ($p < 0,01$) quanto ao efeito de genótipos e tempo de cocção, mas não para a interação G x T (Tabela 7). A detecção do efeito significativo para a fonte de variação genótipos evidencia que os genótipos apresentaram comportamentos distintos quanto ao peso de grão após o cozimento. Para o tempo de cocção, que foi de 15 minutos e 30 minutos, observam-se diferenças estatísticas ($p < 0,05$).

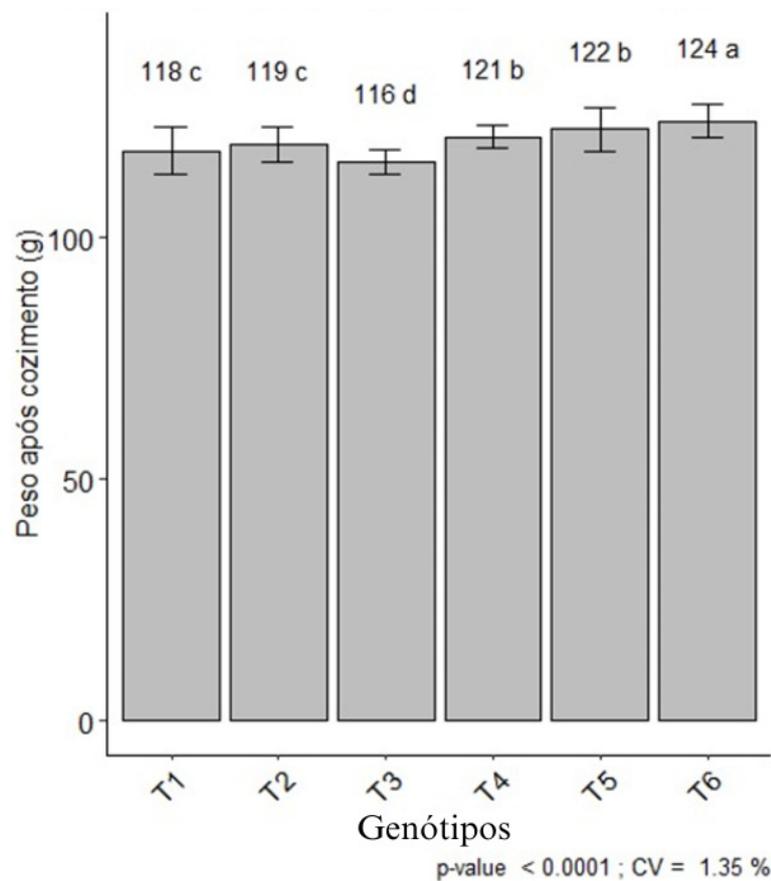
Tabela 7 – Resumo da ANOVA: quadrados médios e coeficiente de variação (%) para a variável peso do grão após o cozimento dos seis genótipos de feijão-caupi e dois tempos de cocção.

Fontes de variação	Quadrados médios
Genótipo (G)	56,86**
Tempo de cocção (T)	302,76**
G x T	1,11 ns
Média	120,03
CV %	1,35

Legenda: **significativo ao nível de 1% de probabilidade, ns não significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Fonte: autora (2023).

O peso médio do grão após o cozimento apresentou amplitude variando de 116 g a 124 g (Gráfico 3). O genótipo 6 (Paulistinha) teve a maior média, assim como na variável peso do grão embebido. Ou seja, pode-se concluir que o genótipo 6 (Paulistinha), mesmo após o cozimento, ainda tem maior capacidade de absorção.

Gráfico 3 – Médias do peso do grão (g) dos genótipos de feijão-caupi após o cozimento.

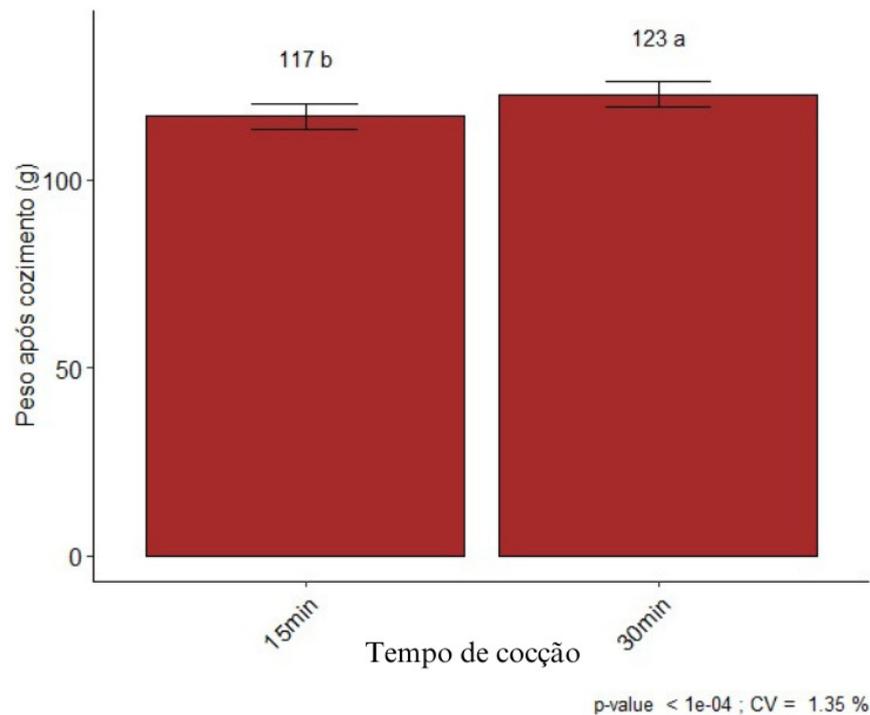


Genótipos: 1 (Epace 10), 2 (Urbano), 3 (BRS Potengi), 4 (Abacate), 5 (Rabo de cobra), 6 (Paulistinha). Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Fonte: autora (2023).

Durante o cozimento, o tegumento do feijão continua o processo de absorção de água. Segundo Bezerra *et al.* (2019), alguns estudos apontam a existência de uma proporção inversa entre o tempo de cozimento e a absorção de água, e quanto maior a capacidade de absorção menor o tempo de cocção. Deste modo, os teores de água absorvidos variam de genótipo para genótipo, segundo as propriedades e características dos tegumentos (permeabilidade e composição), composição química, temperatura de cocção (a absorção aumenta com a temperatura) e condições fisiológicas das cultivares (CAMPOS *et al.*, 2010).

Quanto ao tempo de cocção, observa-se que o tempo de 30 minutos obteve a maior média (Gráfico 4) quanto ao peso médio do grão após o cozimento, indicando que à medida que aumentou o tempo de cocção, aumentou o peso. Nas observações feitas no momento do cozimento dos grãos, viu-se que a textura dos grãos, no tempo de 30 minutos, era mais macia quando comparada a textura no cozimento de 15 minutos, a qual variou de firme, pouco firme, macia. Apenas o genótipo Abacate que obteve a textura macia tanto no tempo de 15 minutos como no tempo de 30 minutos.

Gráfico 4 – Médias do tempo de cocção de 15 e 30 minutos quanto ao peso dos grãos após o cozimento.



Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: autora (2023).

Em estudo realizado por Ávila *et al.* (2014) em que se avaliou a influência do tempo de armazenamento na qualidade tecnológica dos feijões comum e caupi, ao comparar os dois feijões, esses autores observaram que o feijão-caupi apresentou uma melhor absorção de água e pouca variação no seu tempo de cozimento, em que no primeiro mês de armazenamento seu tempo de cocção foi de 19 minutos e, após doze meses de armazenamento, teve um acréscimo de apenas 6 minutos., ao contrário do feijão comum que absorveu pouca água após prolongado armazenamento, com expressivo aumento de 1 hora em seu tempo de cocção.

5.4 Análise sensorial

A avaliação sensorial foi realizada com 53 mulheres e 47 homens, provadores, não treinados, com idades entre 18 e 65 anos, que avaliaram as seis amostras de feijão-caupi. Os atributos de cor, aparência, aroma, textura, sabor e aceitação global foram significativos a 5% de significância ($p < 0,05$). A partir disso, foi feito o teste de comparação de médias para os atributos entre os genótipos. No geral, as amostras foram classificadas quanto aos atributos entre os termos “gostei moderadamente”, “gostei ligeiramente” e “nem gostei e nem desgostei”, valores 7, 6 e 5 correspondentes na escala hedônica (1 - desgostei muitíssimo, 9 - gostei muitíssimo), respectivamente (Tabela 8).

Tabela 8 – Teste de médias para cada atributo sensorial e aceitação global (escala hedônica de 9 pontos*), nos seis genótipos de feijão-caupi.

	Cor	Aparência	Aroma	Textura	Sabor	Aceitação global
Epace 10	7.7 a	7.6 a	7.4 a	7.6 a	7.6a	7.6 a
Rabo de cobra	7.7 a	7.7 a	6.8 b	7.4 a	7.2 a	7.2 ab
Urbano	5.8 b	5.9 b	6.5 bc	7.2 a	7.0 ab	6.7 bc
Paulistinha	6.0 b	5.6 b	6.3 bc	6.3 b	6.3 bc	6.2 cd
Abacate	5.8 b	5.3 b	6.5 bc	6.3 b	6.2 c	6.0 cd
BRS Potengi	5.7 b	5.8 b	6.1 c	6.4 b	6.0 c	5.9 d

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$). Fonte: autora (2023).

Pode-se observar que os genótipos Epace 10 e Rabo de cobra diferem entre si somente para o atributo “aroma”. Assim, segundo os provadores, esses dois genótipos apresentaram características sensoriais semelhantes e foram igualmente aceitos. Entretanto, o genótipo Epace 10 em todos os atributos foi o que mais se aproximou do termo “gostei muito”, o qual corresponde ao valor 8 na escala hedônica. Já o genótipo BRS Potengi não foi bem aceito entre os provadores e, em todos os atributos, seus valores médios se aproximaram do termo “gostei ligeiramente”, o qual corresponde ao valor 6 na escala hedônica, ou seja, teve uma aceitação considerada mediana, isso pode ser justificado pelo fato de não se consumir tantos grãos brancos no Estado do Ceará.

5.4.1 Check-All-That-Apply (CATA)

Dos 15 termos usados para descrever as amostras, seis apresentaram diferenças significativas a 5% de probabilidade pelo teste Q de Cochran ($p < 0,05$), sendo eles: “uniforme”, “desuniforme”, “grão quebrado”, “aroma característico de feijão”, “doce” e “característico de feijão”. Para os termos “cor heterogênea”, “aroma estranho”, “massenta”, “macia”, “firme”, “casca residual após a mastigação”, “salgado”, “amargo” e “estranho”, os p-valores foram maiores que 0,05, indicando que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos nesses termos (Tabela 9)

Tabela 9 – Resultado do teste CATA com comparações múltiplas pareadas utilizando o procedimento de McNemar (Bonferroni) e o teste de Cochran (n=100), dos genótipos de feijão-caupi.

Atributos	Genótipos						Teste de Cochran
	Epace 10	Urbano	BRS Potengi	Abacate	Rabo de cobra	Paulistinha	p-valores
Cor heterogênea*	0,82 a	0,80 a	0,79 a	0,87 a	0,85 a	0,88 a	0.051
Uniforme*	0,99 c	0,94 abc	0,95 bc	0,85 ab	0,98 c	0,83 a	<0,0001
Desuniforme*	0,76 a	0,77 a	0,82 ab	0,91 b	0,75 a	0,89 ab	<0,0001
Grão quebrado*	0,80 ab	0,80 ab	0,84 ab	0,89 b	0,73 a	0,88 b	<0,0001
Aroma característico de feijão*	0,980 a	0,91 a	0,90 a	0,96 a	0,99 a	0,95 a	0.007
Aroma estranho ^{ns}	0,70 a	0,74 a	0,76 a	0,75 a	0,71 a	0,74 a	0.354
Massenta ^{ns}	0,87 a	0,87 a	0,87 a	0,88 a	0,86 a	0,85 a	0.953
Macia ^{ns}	0,93 a	0,97 a	0,96 a	0,91 a	0,94 a	0,94 a	0.321
Firme ^{ns}	0,92 a	0,83 a	0,85 a	0,87 a	0,88 a	0,87 a	0.097
Casca residual após mastigação ^{ns}	0,88 a	0,85 a	0,88 a	0,88 a	0,83 a	0,88 a	0.489
Doce*	0,78 a	0,78 a	0,86 a	0,81 a	0,79 a	0,85 a	0.037
Salgado ^{ns}	0,86 a	0,84 a	0,83 a	0,84 a	0,83 a	0,81 a	0.678
Amargo ^{ns}	0,73 a	0,72 a	0,73 a	0,75 a	0,75 a	0,75 a	0.750
Característico de feijão*	0,99 a	0,96 a	0,91 a	0,970a	0,96 a	0,98 a	0.025
Estranho ^{ns}	0,73 a	0,72 a	0,74 a	0,75 a	0,69 a	0,73 a	0.435

Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Q de Cochran. ns: indica que não existiram diferenças significativas ($p > 0,05$); * indica diferença significativa a ($p \leq 0,05$). Fonte: autora (2023).

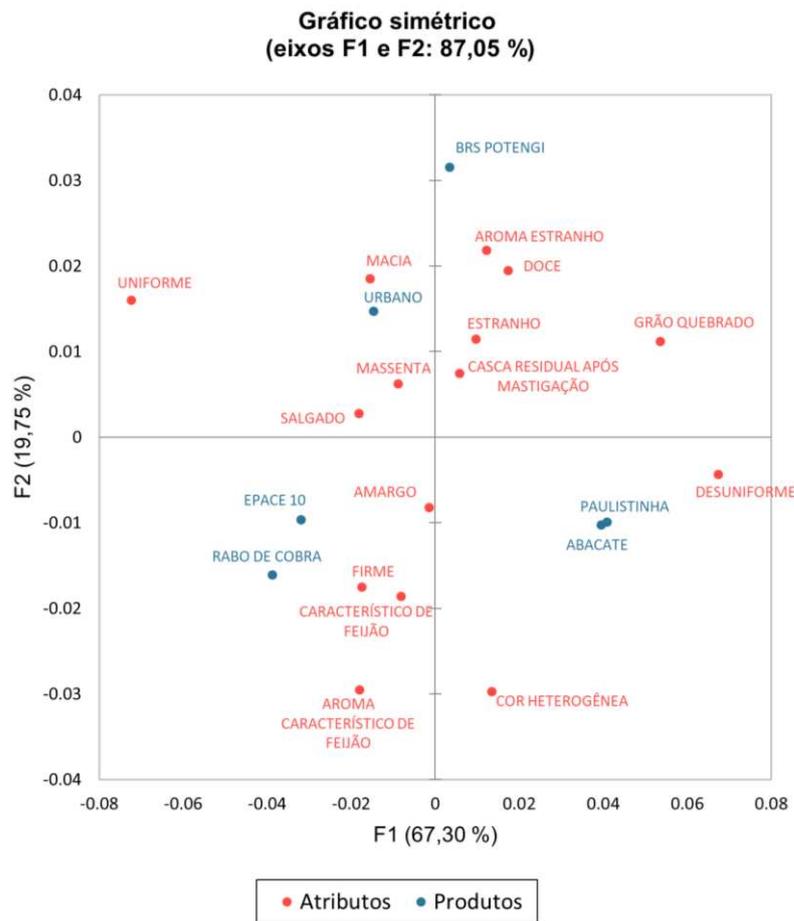
O teste de Cochran compara amostras independentemente para cada atributo a um nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Para cada amostra é apresentado a proporção de marcações (1) para todos os provadores para cada combinação de amostras e atributos, portanto,

uma proporção elevada representa que o atributo é frequentemente marcado pelos provadores para a amostra em questão.

De acordo com os resultados obtidos para o CATA (Tabela 9), todos os termos obtiveram frequência de citação maior que zero, ou seja, todos os termos foram usados, apesar de que alguns foram mais frequentemente que outros. Os termos “uniforme”, “aroma característico de feijão” e “característico de feijão” apresentaram as maiores médias (valores mais próximos de 1), de forma a serem considerados os que melhor representam as amostras, conforme a percepção dos provadores. Os termos mais utilizados são os que mais caracterizam as amostras, por isso devem ser levados em consideração no momento de recomendar determinado genótipo.

O Gráfico 5 mostra a representação das seis amostras e dos quinze termos nas duas primeiras dimensões da análise de correspondência a qual foi realizada sob a tabela de frequências, usando distâncias qui-quadrado. As duas primeiras dimensões, juntas, explicam 87,05% da variância entre os dados experimentais, com 67,30% e 19,75% para a primeira e segunda dimensão, respectivamente.

Gráfico 5 – Representação das amostras e termos descritivos nas duas primeiras dimensões da análise de componentes principais.



Fonte: autora (2023).

5.4.2 *Rate-All-That-Apply (RATA)*

Os resultados da ANOVA demonstraram que existe diferenças estatisticamente entre os genótipos avaliados, com exceção dos termos “massenta”, “casca residual após a mastigação”, “salgado” e “amargo” (Tabela 10 APÊNDICE C). Para os termos que foram significativos, foi feita a comparação de médias, pelo teste de Tukey a 5% de significância para verificar diferenças ou similaridades entre os genótipos dentre os termos empregados e, a intensidade que foi atribuída em cada termo (Tabela 11 – Resultados para a intensidade dos termos RATA para comparação de médias entre os seis genótipos de feijão-caupi.).

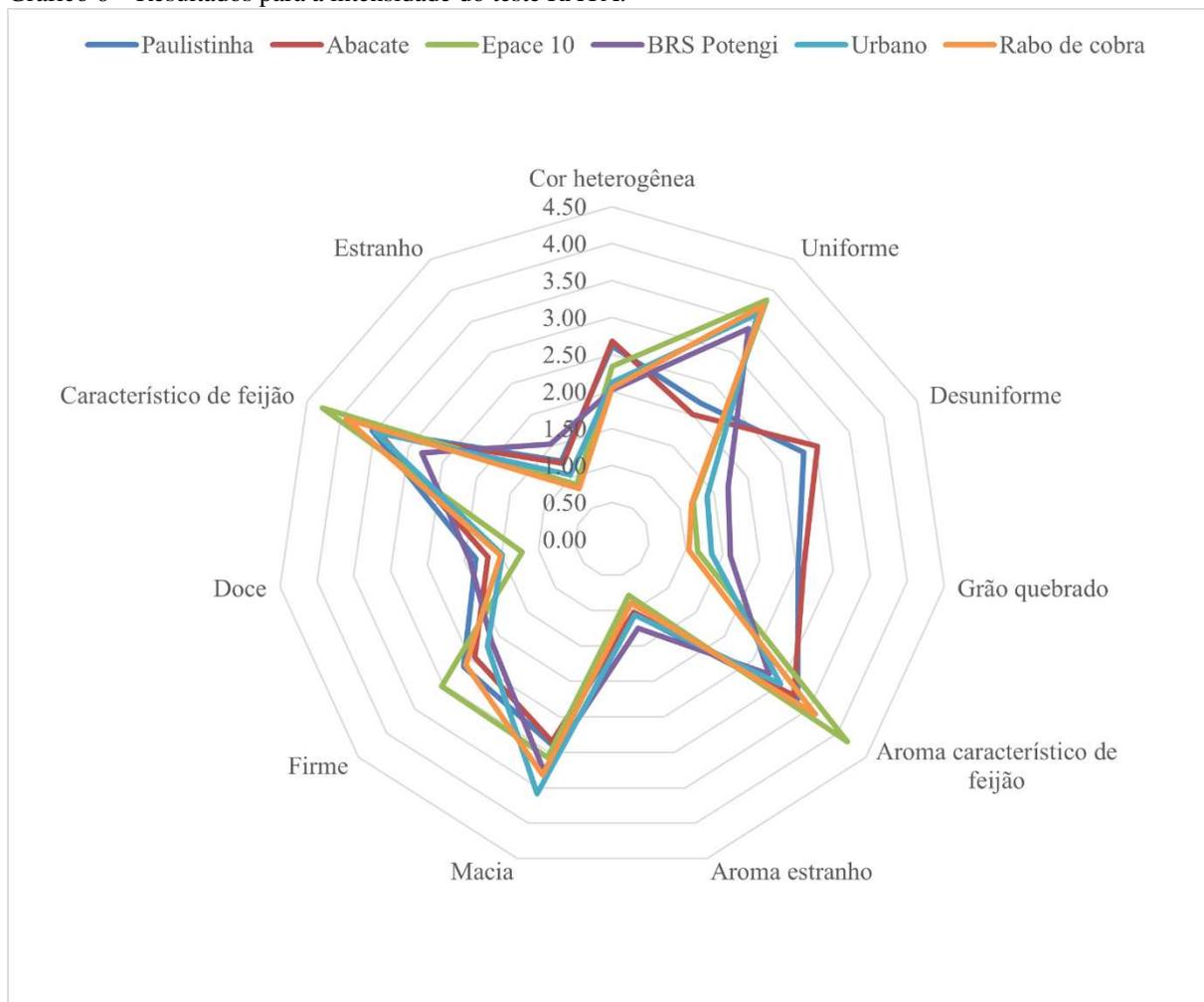
Tabela 11 – Resultados para a intensidade dos termos RATA para comparação de médias entre os seis genótipos de feijão-caupi.

Atributos	Cor heterogênea	Uniforme	Desuniforme	Grão quebrado	Aroma característico de feijão	Aroma estranho	Macia	Firme	Doce	Característico de feijão	Estranho
Paulistinha	2.61ab	2.19a	2.83b	2.52c	3.29ab	1.05ab	2.89a	2.63ab	1.85b	3.54b	1.26ab
Abacate	2.68b	2.00a	3.03b	2.60c	3.23ab	1.03ab	2.85a	2.44a	1.68ab	3.43b	1.22ab
Epace 10	2.34ab	3.84b	1.20a	1.16ab	4.18c	0.79a	3.07ab	3.03b	1.22a	4.27c	0.88a
BRS Potengi	2.02a	3.39b	1.71a	1.60b	2.78a	1.25b	3.26ab	2.13a	1.93b	2.81a	1.53b
Urbano	2.12ab	3.62b	1.40a	1.35ab	2.99a	1.07ab	3.58b	2.21a	1.49ab	3.49b	1.04a
Rabo de cobra	2.05ab	3.76b	1.17a	1.04a	3.61b	0.90ab	3.32ab	2.59ab	1.51ab	3.92bc	0.82a

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Fonte: autora (2023).

A partir dos resultados, foi feito um gráfico aranha para uma melhor visualização dos atributos que mais representam as amostras (genótipos) (Gráfico 6).

Gráfico 6 – Resultados para a intensidade do teste RATA.



Fonte: autora (2023).

Em relação a cor heterogênea, o genótipo Abacate tem maior nota (2.68), seguido do genótipo Paulistinha (2.61), ao contrário dos demais genótipos. Neste atributo, o genótipo BRS Potengi (2.02) apresentou nota baixa, sugerindo que a cor segue a homogeneidade.

Quanto ao atributo uniformidade dos grãos, os genótipos Epace 10 (3.84) e Rabo de cobra (3.76) obtiveram as maiores notas, ou seja, esses genótipos têm maior uniformidade dos grãos. Esse resultado é interessante pois aponta que mesmo após o cozimento, a aparência uniforme dos grãos continua e isso é levado em consideração na hora do consumidor comprar, visto que há preferência por grãos mais uniformes. Por outro lado, os genótipos Abacate e Paulistinha foram os únicos que apresentaram aparência desuniforme dos grãos.

O Epace 10 foi considerado o que mais tinha aroma característico de feijão (4.18) do que os demais. Nesse atributo, alguns provadores relataram sentir aroma de camarão para o

Rabo de cobra, isso mostra-se interessante pois ele pode ser uma alternativa para compor dietas vegetarianas/vegas, uma vez que o feijão é uma boa fonte de proteínas de origem vegetal.

O Epace 10 e o Rabo de cobra apresentaram as maiores notas de intensidade para o atributo sabor característico de feijão, (4.27 e 3.92, respectivamente) e pode-se concluir que ambos tiveram as maiores aceitação global.

O feijão-caupi tem grande importância no país, tanto como alimento quanto como gerador de emprego e renda e conservação da agrobiodiversidade (FREIRE FILHO, 2011). Além disso, é rico em proteínas, minerais e fibras, e constitui-se um componente alimentar básico das populações rurais e urbanas das regiões Norte e Nordeste (OLIVEIRA *et al*, 2021).

Portanto, há uma grande importância em suceder estudos com a cultura do feijão-caupi, para que a cultura continue exercendo o seu papel socioeconômico, atendendo os requisitos no mercado e atendendo aos valores nutritivos recomendados.

6 CONCLUSÃO

Há atividade enzimática tanto para a polifenoloxidase (PPO) como para a peroxidase (PER) nos diferentes tempos de armazenamento, concluindo que o processo de escurecimento se inicia desde a colheita dos grãos.

Os seis genótipos em questão possuem alto conteúdo proteico, energético e baixo teor de gordura. Entretanto, as variedades crioulas Abacate, Rabo de cobra e Paulistinha, que têm grãos mulatos e são preferíveis no Estado do Ceará, têm destaque e pode-se sugerir que sejam levadas adiante em programas de melhoramento.

Quanto à qualidade culinária, a variedade crioula Paulistinha teve uma maior capacidade de hidratação do grão tanto antes como após o cozimento. O tempo de cocção de 30 minutos foi o melhor que se adaptou às variedades.

Quanto à análise sensorial, a cultivar Epace 10 e a variedade crioula Rabo de cobra tiveram maiores destaques e foram as mais aceitas entre os provadores, por outro lado, a cultivar BRS Potengi não foi bem aceita.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, S. M. E. **Caracterização físico-química e atividade antioxidante de novas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária, 2010.
- ALCÂNTARA, M.; FREITAS-SÁ, D. G. C. Metodologias sensoriais descritivas mais rápidas e versáteis – uma atualidade na ciência sensorial. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 21, p. 1-12, 2018.
- ALMEIDA, Fernando da Silva. **Desempenho agrônômico e qualidade tecnológica de cultivares de feijão-caupi em função da época de semeadura em Uberaba-MG**. 2014. xiv, 68 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Método n° 923.03, item 9.2.39, p. 46 – ICP. 18ª edição. Official Methods of Analysis of AOAC International. **AOAC International**, Gaithersburg, MD. 18ª edição, 3ª revista. 2005.
- ARAÚJO, L. B. R. **Recomendação de linhagens de feijão-caupi quanto à produtividade e escurecimento dos grãos para região semiárida**. 2022. 61 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.
- ARES, G. *et al.* List length has little impact on consumers visual attention to CATA questions. **Food Quality and Preference**, [s.l], v. 42, p. 100-109, jun., 2015.
- ÁVILA, B. P. *et al.* Influência tempo de armazenamento na qualidade tecnológica dos feijões comum e caupi. (2014).
- BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R.E. Effects of soaking, cooking and fermentation on composition, in-vitro starch digestibility and nutritive value of common beans. **Plant Foods for Human Nutrition**, Alemanha, v. 48, n. 4, p. 349-365, 1995.
- BARBOSA, F. R. S.; RIBEIRO, G. G.; DIAS, M. S.; ASSUNÇÃO, H. F.; RIBEIRO, D. D. Banco de sementes: autonomia para o pequeno produtor do sudoeste goiano. **Cadernos de Agroecologia**, v. 5 n.1, p.2, 2010.
- BASSINELLO, P. Z. *et al.* Aceitabilidade de três cultivares de feijoeiro comum. **Comunicado técnico 66**. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, 2003.
- BELUSSO, A. C. *et al.* Check all that apply (CATA) as an instrument for the development of fish products. **Food Sci. Technol.**, Campinas, v. 36, n. 2, p. 275-281, abr./jun., 2016
- BENTO, J. A. C. *et al.* Factors affecting the cooking quality of stored carioca beans (*Phaseolus vulgaris*). **Italian Journal of Food Science**, v. 33, n. 4, p. 43–56, 11 out. 2021.
- BERTOLDO, J. G. *et al.* Tempo de cozimento de grãos de feijão em função de doses de fósforo no plantio e do tempo de armazenamento. **Biotemas, Florianópolis**, v. 22, n. 1, p. 39-47, 2009.

- BEZERRA, M. J. *et al.* Composição química de oito cultivares de feijão-caupi. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Paraíba, v. 14, n.1, p.41-47, 2019.
- BOEF, W. S. Biodiversidade e agrobiodiversidade. In: BOEF, W. S.; THIJSSSEN, M.; OGLIARI, J. B.; STHAPIT, B. R. (Org.) **Biodiversidade e agricultores: fortalecendo o manejo comunitário**. Porto Alegre: L&PM, 2007. cap. 2, p. 36-40.
- BOUKAR, O. *et al.* Cowpea (*Vigna unguiculata*): Genetics, genomics and breeding. **Plant Breeding**, v. 138, n. 4, p. 415–424, 2019.
- BRACKMANN, A. *et al.* Conservação de três genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) do grupo carioca em armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, v.32, p.911-915, 2002.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1– 2, p. 248–254, 1976.
- BRASIL. Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes de Mudanças e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2003.
- BRASIL. Regras para análise de sementes. 1. ed. Brasília, DF: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009.
- CAMPOS, E. S.; ALVES, J. M. A.; UCHÔA, S. C. P.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SANTOS, C. S. V. Características morfológicas e físicas de grãos secos e hidratados de cinco cultivares de feijão-caupi. **Revista Agroambiente**, v.4, n.1, p.34-41, 2010.
- CARVALHO, J. M. L. *et al.* Tempo de cozimento de cultivares de feijão-caupi. **IV reunião de biofortificado**, Teresina, 2011.
- CARVALHO, A. F. *et al.* Nutritional ranking of 30. Brazilian genotypes of cowpeas including determination of antioxidant capacity and vitamins. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.26, n.1-2, p.81-88, 2012.
- CASTÉLLON, R. E. R. *et al.* Composição elementar e caracterização da fração lipídica de seis cultivares de caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 149-153, 2003.
- CEMBRAWSKA-LECH, D., KOPROWSKI, M., KĘPCZYŃSKI, J. Germination induction of dormant *Avena fatua* caryopses by KAR1 and GA3 involving the control of reactive oxygen species (H₂O₂ and O₂) and enzymatic antioxidants (superoxide dismutase and catalase) both in the embryo and the aleurone layers. **Journal of plant physiology**, v. 176, p. 169-179, 2015.
- COELHO, J. D. Feijão: produção e mercados. **Caderno Setorial Etene Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil**, ano 5, n.197, dez. 2021.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Boletim da safra de grãos. Safra 2022/23. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em 07 de julho de 2023a.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Séries históricas. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=30>. Acesso em 07 de julho de 2023b.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 12 décimo segundo levantamento. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em 17 de outubro de 2023c.

COSTA, G.; QUEIROZ-MONICI, K.; REIS, S.; OLIVEIRA, A. Chemical composition, dietary fiber and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. **Food Chemistry**, v. 94, n.3, p.327-330, 2006.

DOOLEY, L., *et al.* The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. **Food Quality and Preference**, 21(4), p. 394-401, 2010.

ESTEVES, A. M. *et al.* Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 5, p. 999-1005, 2002.

FAOSTAT. Crops. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 17 de outubro de 2023.

FEITOSA, F. R. C.; GARITA, S. A.; ARAÚJO, R. B.; GUIMARÃES, M. A. Feijão de metro: Hortaliça-leguminosa indicada para climas quentes. **Revista Campo & Negócios**, v. 4, p. 32 – 35, 2015.

FENNEMA, O.R.; PARKIN, K.L.; DAMODARAN, S. **Química de Alimentos de Fennema**, 4ª edição, Artmed, 2010.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; BARRETO, P. D.; SANTOS, A. A. Melhoramento Genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.) Feijão-caupi: Avanços Tecnológicos. Brasília, DF: **Embrapa Informações Tecnológicas**, 2005. cap. 1, p.29-92.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. do S. da R.; RODRIGUES, E. V. **Feijão-caupi no Brasil: Produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa: CPAMN, 2011, 84p.

FROTA, K. D. M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. **Food Science and Technology**, v.28, p. 470-476, 2008.

GARCIA, E.; LAJOLO, F. M. Starch alterations in hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, n. 3, p. 612-615, 1994.

GARRUTI, D. S. Volatile profile and sensory quality of new varieties of *Capsicum chinense* pepper. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 2013.

GIACALONE, D.; HEDELUND, P. I. Rate-all-that-apply (RATA) with semi-trained assessors: an investigation of the method reproducibility at assessor-, attribute- and panel-level. **Food Quality and Preference**, [s.l], v. 51, p. 65-71, jul., 2016.

GEIL, P. B.; ANDERSON, J. W. Nutrition and health implications of dry beans: a review. **Journal of the American College of Nutrition**, v.13, n. 6, p. 549-558, 1994.

HENRIQUE, N. A.; DELIZA, R.; ROSENTHAL, A. Consumer sensory characterization of cooked ham using the check-all-that-apply (CATA) methodology. **Food Engineering Reviews**, [s.l], v. 7, n. 2, p. 265-273, jun., 2015.

HUGHES, J.S.; ACEVEDO, E.; BRESSANI, R.; SWANSON, B.G. Effects of dietary fiber and tannins on protein utilization in dry beans (*Phaseolus vulgaris*), **Food Research International**, v 29, p 331-338, 1996.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). Análise sensorial. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**, n. 1, p. 42, 2008.

ISAAC, V. *et al.* Análise sensorial como ferramenta útil no desenvolvimento de cosméticos. **Rev. Ciênc Farm Básica Apl.**, 2012; 33 (4): 479-488.

JAEGER, S. R. *et al.* Check-all-that-apply (CATA) questions for sensory product characterization by consumers: investigations into the number of terms used in CATA questions. **Food Quality and Preference**, [s.l], v. 42, p. 154-164, jun, 2015.

KIGEL, J. Culinary end nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* seeds as effected by environmental factors. **Biotechnology Agronomy Society Environment**, n. 3, n. 4, p. 205-209,1999.

LAM-SANCHEZ, A. *et al.* Efeitos da época de semeadura sobre a composição química e características físico-químicas de grão de cultivares de *Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus angularis* (Wild) Wright e *Vigna unguiculata* (L). Walp. **Alimentos e Nutrição**, v. 2, n. 1, p. 35-44, 1990.

LIMA, Z. A.R. *et al.* Embalagem à vácuo: efeito no escurecimento do feijão durante o armazenamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.9, p.1664-1670, set, 2014.

MATOS FILHO, C. H. A.; GOMES, R. L. F.; ROCHA, M. M.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. A. Potencial produtivo de progênies de feijão-caupi com arquitetura ereta de planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 2, p. 348-354, 2009.

MARTIN-CABREJAS, M. A. *et al.* Changes in physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during long-term storage. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v. 45, p. 3223-3227, 1997.

- MARTÍNEZ, A. *et al.* (A. Martínez; R. Marcos; M. T. Macarulla; J. Larralde). Growth, hormonal status and protein turnover in rats fed on a diet containing peas (*Pisum sativum* L.) as the source of protein. **Plant Foods Human Nutrition**, 47, p. 211-220, 1995.
- MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. Sensory evaluation techniques, 4 ed. **Boca Raton: CRC Press**, p. 255-312, 2006.
- MESQUITA, F. R.; CORREA, A. D.; ABREU, C. M. P.; LIMA, R. A. Z.; ABREU, A. F. B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1114-1121, 2007.
- MEYNERS, M., JAEGER, S. R.; ARES, G. (2016). On the analysis of Rate-All-That-Apply (RATA) data. **Food Quality and Preference**, 49, 1–10.
- OLIVEIRA, A. M. C. de.; MELO NETO, B.; ROCHA, M. de M.; SILVA, M. R. da.; OLIVEIRA, M. R. de. Food production based on cowpea (*Vigna unguiculata*): nutritional importance and health benefits. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 14, p. e56101416054, 2021.
- PADULOSI, S.; NG, N. Q. Origin, taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Advances in cowpea research**, p. 1-12, 1997.
- PUJOLA, M.; FARRERAS, A.; CASANAS, F. Protein and starch content of raw, soaked and cooked beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, v. 102, n. 4, p.1034-1041, 2007.
- R CORE TEAM (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.
- RAMÍREZ-CÁRDENAS, L. **Biodisponibilidade de zinco e ferro, valor nutricional e funcional de diferentes cultivares de feijão comum submetidos a tratamentos domésticos**. 2006. 171f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2006.
- RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL, A. J.; COSTA, N. M. B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 200-213, 2008. doi.org/10.1590/S0101-20612008000100029.
- REIS, R. L. M. *et al.* High temperature increases cooking time and seed darkening of common beans. **Genetics and Molecular Research**, v. 20, n. 2, 2021.
- SANTOS, J. A. S., SOARES, C. M. G., CORRÊA, A. M., TEODORO, P. E., RIBEIRO, L. P., ABREU, H. K. A. (2014). Agronomic performance and genetic dissimilarity among cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) genotypes. **Global Advanced Research Journal of Agricultural Science**, 3, 271-277.
- SATHE, S. K. Dry bean protein functionality. *Critical Reviews In Biotechnology*, v.22, n.2, p.175-223, 2002.

SEVILLA GUZMÁN, E. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável in Agroecologia – **Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília. Embrapa, 2005.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**, 2º ed. Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, 1990, 165p.

SOJO, M. Mar *et al.* Partial Purification of a Banana Polyphenol Oxidase Using Triton X-114 and PEG 8000 for Removal of Polyphenols. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 1998, 46 (12), 4924-4930.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). **Food Research Center (FoRC)**. Versão 7.2. São Paulo, 2023. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tbca>. Acesso em 19 de outubro de 2023.

TOGNON, A. L. **Quantificação e avaliação da Bioacessibilidade in vitro de micro e macroelementos em frutas, hortaliças e cereais**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, 2012.

URBANEK, H.; KUZNIAK-GEBAROWSKA, E.; HERKA, K. Elicitation of defense responses in bean leaves by *Botrytis cinerea* polygalacturonase. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 13, n.1, p. 43-50, 1991.

UZOGARA, S. G.; OFUYA, Z. M. Processing and utilization of cowpeas in developing countries: a review. **Journal Food Processing and Preservation**, v. 16, n. 2, p. 105-147, 1992.

VALENTIN, D. *et al.* Quick and dirty but still pretty good: a review of new descriptive methods in food science. **International Journal of Food Science & Technology**, [s.l], v. 47, n. 8, p. 1563-1578, ago., 2012.

VIDAL, L. *et al.* Comparison of Correspondence Analysis based on Hellinger and chi-square distances to obtain sensory spaces from check-all-that-apply (CATA) questions. **Food quality and preference**, 2015. v. 43, p. 106–112.

WHITEHEAD, C.S.; SWARDT, G.H. Extraction and activ of polyphenoloxidase and peroxidase from senescing leaves of *Protea nerifolia*. **South African Journal of Botany**, v.1, p.127-130, 1982.

XIONG, H *et al.* Genetic Diversity and Population Structure of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). **PLoS ONE** 11(8): 1-15, 2016.

ZAMBIAZI, R.C. **Análise Físico Química de Alimentos**. Pelotas: Editora Universitária/UFPEL, 202p. 2010.

APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Olá, você está sendo convidado(a) a participar como voluntário (a) em uma atividade de "Análise sensorial de grãos de variedades de feijão-caupi (feijão de corda)" de responsabilidade dos Pesquisadores Cândida Magalhães, Paulo Henrique e Leslyene Freitas, com e-mail de contato: freitaslesly61@gmail.com.

Você está recebendo um formulário cujo propósito é levantar atributos que caracterizem o produto, e avaliar a aceitação e a preferência sensorial de um produto tipo grão seco. Você não será remunerado por esta atividade, porém contribuirá para o lançamento de novos produtos no mercado.

Sua participação não é obrigatória, e, a qualquer momento, você pode retirar seu consentimento ou interromper sua participação. Dessa forma, declare seu consentimento em participar da pesquisa. Em caso de quaisquer dúvidas, pode entrar em contato com os pesquisadores através do e-mail informado.

Agradecemos sua colaboração.

APÊNDICE B - FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL

AVALIAÇÃO DA AMOSTRA

Você recebeu uma amostra de feijão de corda cozido. Primeiramente, observe a amostra e responda o quanto gostou ou desgostou da cor, aparência e aroma. Após responder, experimente o produto, e responda em relação à textura, sabor, e aceitação global.

Avalie o quanto você gostou ou desgostou da **COR** dessa amostra:*



Gostei muitíssimo () Gostei muito () Gostei () Gostei pouco () Nem gostei/Nem desgostei ()
Desgostei pouco () Desgostei () Desgostei muito () Desgostei muitíssimo

Abaixo estão listados vários termos descritivos para **COR**. OBSERVE a amostra e marque **TODOS** os termos que achar que a **CHARACTERIZAM**. E **SOMENTE** nos termos que foram marcados, indique o **GRAU DE INTENSIDADE**, variando de **POUQUÍSSIMO (1)** a **MUITÍSSIMO (5)**.

Pouquíssimo (1)	Pouco (2)	Médio (3)	Muito (4)	Muitíssimo (5)
--------------------	--------------	--------------	--------------	-------------------

Cor heterogênea 1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

Avalie o quanto você gostou ou desgostou da **APARÊNCIA** dessa amostra:*



Gostei muitíssimo () Gostei muito () Gostei () Gostei pouco () Nem gostei/Nem desgostei ()
Desgostei pouco () Desgostei () Desgostei muito () Desgostei muitíssimo

Abaixo estão listados vários termos descritivos para **APARÊNCIA**. OBSERVE a amostra e marque **TODOS** os termos que achar que a **CHARACTERIZAM**. E **SOMENTE** nos termos que foram marcados, indique o **GRAU DE INTENSIDADE**, variando de **POUQUÍSSIMO (1)** a **MUITÍSSIMO (5)**.

Pouquíssimo (1)	Pouco (2)	Médio (3)	Muito (4)	Muitíssimo (5)
--------------------	--------------	--------------	--------------	-------------------

Uniforme 1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

Desuniforme 1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

Grão quebrado 1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

Avalie o quanto você gostou ou desgostou do **AROMA** dessa amostra:*



Gostei muitíssimo () Gostei muito () Gostei () Gostei pouco () Nem gostei/Nem desgostei ()
Desgostei pouco () Desgostei () Desgostei muito () Desgostei muitíssimo

Abaixo estão listados vários termos descritivos para **AROMA**. OBSERVE a amostra e marque **TODOS** os termos que achar que a **CHARACTERIZAM**. E **SOMENTE** nos termos que foram marcados, indique o **GRAU DE INTENSIDADE**, variando de **POUQUÍSSIMO (1)** a **MUITÍSSIMO (5)**.

Pouquíssimo (1)	Pouco (2)	Médio (3)	Muito (4)	Muitíssimo (5)
--------------------	--------------	--------------	--------------	-------------------

Aroma característico de feijão 1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

Aroma estranho 1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

Avalie o quanto você gostou ou desgostou da TEXTURA dessa amostra:*



Gostei muitíssimo () Gostei muito () Gostei () Gostei pouco () Nem gostei/Nem desgostei ()

Desgostei pouco () Desgostei () Desgostei muito () Desgostei muitíssimo

Abaixo estão listados vários termos descritivos para TEXTURA. OBSERVE a amostra e marque TODOS os termos que achar que a CARACTERIZAM. E SOMENTE nos termos que foram marcados, indique o GRAU DE INTENSIDADE, variando de POUQUÍSSIMO (1) a MUITÍSSIMO (5).

Pouquíssimo (1)	Pouco (2)	Médio (3)	Muito (4)	Muitíssimo (5)
--------------------	--------------	--------------	--------------	-------------------

Massenta 1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

Macia 1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

Firme 1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

Casca residual após mastigação 1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

Avalie o quanto você gostou ou desgostou do SABOR dessa amostra:*



Gostei muitíssimo () Gostei muito () Gostei () Gostei pouco () Nem gostei/Nem desgostei ()

Desgostei pouco () Desgostei () Desgostei muito () Desgostei muitíssimo

Abaixo estão listados vários termos descritivos para SABOR. OBSERVE a amostra e marque TODOS os termos que achar que a CARACTERIZAM. E SOMENTE nos termos que foram marcados, indique o GRAU DE INTENSIDADE, variando de POUQUÍSSIMO (1) a MUITÍSSIMO (5).

Pouquíssimo (1)	Pouco (2)	Médio (3)	Muito (4)	Muitíssimo (5)
--------------------	--------------	--------------	--------------	-------------------

Doce 1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

Salgado 1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

Amargo 1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

Característico de feijão 1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

Estranho 1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()

ACEITAÇÃO GLOBAL: indique o quanto você GOSTOU ou DESGOSTOU dessa amostra:*



Gostei muitíssimo () Gostei muito () Gostei () Gostei pouco () Nem gostei/Nem desgostei ()

Desgostei pouco () Desgostei () Desgostei muito () Desgostei muitíssimo

APÊNDICE C – RESUMO DA ANOVA NO TESTE RATA

Tabela 12 – Resumo da ANOVA no teste RATA.

Atributos	Fonte de variação/ Quadrados médios
	Genótipo
Cor heterogênea*	8,30
Uniforme*	67,38
Desuniforme*	69,00
Grão quebrado*	46,83
Aroma característico de feijão*	24,58
Aroma estranho*	2,47
Massenta ^{ns}	3,88
Macia*	7,78
Firme*	10,61
Casca residual após mastigação ^{ns}	2,06
Doce*	6,83
Salgado ^{ns}	0,63
Amargo ^{ns}	0,53
Característico de feijão*	24,33
Estranho*	7,03

Legenda: *significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} não significativo pelo teste F. Fonte: autora (2023).