



# Milho-pipoca de diferentes variedades de polinização aberta: Caracterização nutricional, bioativa e física dos grãos e sensorial de suas pipocas

Popcorn from different open-pollinated varieties: Nutritional, bioactive, and physical characterization of the grains and sensory characteristics of their popcorn

T. S. Costa<sup>1</sup>; E. R. Nascimento<sup>2</sup>; Y. M. V. Lembrance<sup>1</sup>; A. T. Amaral Júnior<sup>3</sup>;  
S. H. Kamphorst<sup>3</sup>; C. M. Vasconcelos<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Vegetal, Universidade Vila Velha, Vila Velha-ES, Brasil

<sup>2</sup>Laboratório de Biotecnologia de Alimentos, Curso de Nutrição, Universidade Vila Velha, Vila Velha-ES, Brasil

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Vegetal, Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro-RJ, Brasil

\*chrismileib@yahoo.com.br

(Recebido em 29 de maio de 2025; aceito em 30 de março de 2026)

Esse trabalho avaliou as características nutricionais, bioativas e físicas de grãos de milho-pipoca e sensoriais das pipocas. Foram realizadas análises de 16 variedades de polinização aberta (VPA) de milho-pipoca de diferentes ciclos de seleção, quanto à composição nutricional, compostos fenólicos, atividade antioxidante, cor instrumental, capacidade de expansão (CE) e rendimento, considerando a conversão de milho para pipoca. Análise sensorial (teste de aceitação associado ao *Check-all-that-apply* - CATA) foi realizada com as pipocas. Dentre as VPA de ciclo único ou ciclo zero, Barao de Vicoso, Popsint e UNB2-C0 destacaram-se com maior teor de umidade (> 11%), CE (> 22 mL/g) e rendimento (> 80%), além de estarem entre as amostras mais aceitas e bem avaliadas pelo CATA. Para os diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2, os ciclos intermediários (3, 4 e 5) apresentaram menor variação nas análises realizadas, além de elevada CE (> 27 mL/g) e rendimento (> 83%), e boa avaliação pelo CATA. Na análise sensorial, as pipocas receberam escores entre os termos “indiferente” e “gostei ligeiramente”. Houve diferença das pipocas ( $p \leq 0,05$ ) apenas para os termos: sem cheiro, tamanho grande, textura murcha, textura crocante, dura, sabor de pipoca e cor amarela. Os resultados demonstram o potencial benéfico das VPA de milhos-pipoca quanto as propriedades nutricionais e bioativas. Tais resultados associados às características físicas e a aceitação sensorial, são capazes de auxiliar no desenvolvimento de estratégias que maximizem os benefícios do uso das VPA de diferentes ciclos de seleção do milho-pipoca, intencionando atrair de formas mais assertivas seu consumidor.

Palavras-chave: ciclos de seleção, cultivares, teste de aceitação.

This study evaluated the nutritional, bioactive, and physical characteristics of popcorn maize, as well as the sensory properties of the popcorn. Analyses were conducted on 16 open-pollinated varieties (OPVs) of popcorn maize from different selection cycles, assessing nutritional composition, phenolic compounds, antioxidant activity, instrumental color, expansion capacity (EC), and yield, considering the conversion of maize into popcorn. Sensory analysis (acceptance test combined with *Check-all-that-apply* - CATA) was performed with the popcorn. Among the single-cycle or cycle zero OPVs, Barao de Vicoso, Popsint, and UNB2-CO stood out, presenting higher moisture content (>11%), EC (>22 mL/g), and yield (>80%), in addition to being among the most accepted and best-rated samples in the CATA evaluation. For the different selection cycles of the UNB2 OPV, the intermediate cycles (3, 4, and 5) showed lower variability in the analyses performed, in addition to high EC (>27 mL/g) and yield (>83%), along with favorable CATA evaluations. In the sensory analysis, the popcorn samples received scores between “indifferent” and “liked slightly.” Significant differences in the popcorn ( $p \leq 0.05$ ) were observed only for the attributes: no aroma, large size, soggy texture, crunchy texture, hardness, popcorn flavor, and yellow color. The results demonstrate the beneficial potential of popcorn OPVs regarding their nutritional and bioactive properties. These findings, combined with physical characteristics and sensory acceptance, can support the development of strategies to maximize the benefits of using OPVs from different selection cycles of popcorn maize, aiming to more effectively attract consumers.

Keywords: selection cycles, cultivars, acceptance test.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o milho-pipoca é um alimento muito apreciado e consumido, e está associado, principalmente, a momentos de lazer e a salas de cinema [1]. O milho-pipoca também possui compostos associados a diversos benefícios a saúde [2]. No entanto, apesar de bastante apreciado no Brasil, o milho-pipoca ainda tem seu cultivo restringido a pequenas áreas e, uma boa parte da pipoca encontrada no mercado é importada. Uma das principais causas desse cenário é a pouca oferta de cultivares de alta qualidade [3].

Entretanto, dois fatores principais têm proporcionado uma importante mudança nesse cenário nacional: o aumento de parcerias entre produtores e empresas empacotadoras do grão, já que esse fato incentiva um aumento no número de produtores desse grão no país; e o aumento da produção do milho usando ou não do melhoramento genético da cultura, o que permite a disponibilidade de matérias-primas mais adaptadas [4].

Varietades de polinização aberta (VPA) são desenvolvidas a partir do cruzamento de milhos crioulos, outros VPA ou híbridos. As plantas são cultivadas de maneira próxima, de modo que possam se cruzar aleatoriamente no campo, garantindo maior variabilidade genética entre elas [5]. Diferente das variedades, para a ocorrência de híbridos, é necessário que ocorram cruzamentos forçados entre diferentes plantas do milho, que podem ser linhagens, variedades ou até mesmo outros híbridos [6]. Em geral, VPA apresentam menor potencial de rendimento de grãos em relação aos híbridos. Contudo, a conservação das VPA é importante, pois as mesmas constituem fonte de variabilidade genética que pode ser explorada na busca de genes que confirmam tolerância a estresses ou resistência a doenças. Além disso, as VPA constituem-se em alternativa ao uso de híbridos, principalmente por agricultores que não possuem capital para adquirir sementes híbridas [7].

Em relação à composição nutricional, ainda que a maior porção do milho seja composta de carboidratos e proteínas, existem nesses alimentos diversas outras substâncias de interesse para a saúde humana, como compostos com atividade antioxidante, anticancerígena e anti-inflamatória, que podem ser explorados [8].

Os compostos fenólicos são a forma mais comum de bioativos no milho, destacando-se os flavonoides e ácidos fenólicos. Atribui-se a esses compostos fenólicos do milho atividade antioxidante e antirradical, atividade anticancerígena, atividade metabólica, inibição de enzimas e até mesmo efeito antidiabético. Além disso, uma função significativa dos flavonoides é a de conferir a forte coloração do milho [9, 10].

Desse modo, o aumento da preocupação com doenças como diabetes, obesidade, doenças cardiovasculares e outras síndromes metabólicas têm incentivado estudos para o desenvolvimento de novas variedades de milho-pipoca com propriedades nutricionais e funcionais incrementadas [11].

Sendo assim, para que as VPAs sejam direcionadas ao benefício da saúde humana e interesse dos consumidores, é necessário compreender suas características, considerando suas origens e até mesmo, ciclos de produção. A possibilidade de que essas diferenças influenciem diretamente na composição nutricional do milho e nas características físicas e sensoriais da pipoca gerou o presente estudo, que traçou os perfis de 16 variedades de polinização aberta de milho-pipoca, de modo a nortear para a produção de genótipos mais favoráveis ao consumo e saúde humana, atrelando tais benefícios a um alto rendimento dos milhos-pipoca e aceitação sensorial.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material vegetal

Amostras de 16 variedades de polinização aberta (VPA) de milho-pipoca, de ciclo único e também de diferentes ciclos de seleção, foram cedidas pelo Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal da Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), no ano de 2020, conforme discriminado abaixo:

- VPA BARAO DE VICOSA, Ciclo único, cultivada em Viçosa/MG, originária da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

- VPA BOYA 462, Ciclo único, cultivada na Colômbia, originária da International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), localizado no México.
- VPA BOZM 260, Ciclo único, cultivada na Bolívia, originária da CIMMYT.
- VPA PARA 172, Ciclo único, cultivada no Paraguai, originária da CIMMYT.
- VPA POPSINT, Ciclo único, população sintética.
- VPA URUG 298, Ciclo único, cultivada no Uruguai, originária da CIMMYT.
- VPA UNB2-C0, Ciclo zero, cultivada em Campos/RJ, originária da Universidade de Brasília (UNB).
- VPA UNB2-C1 a UNB2-C10, representa do 1º ao 10º ciclo de produção, cultivada em Campos/RJ, originária da Universidade de Brasília (UNB). Amostra UNB2-C6 não foi recebida.

## 2.2 Delineamento experimental

O experimento foi realizado em duas etapas distintas:

A 1ª etapa foi realizada com os grãos de milho-pipoca seguindo um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) considerando 7 parcelas (6 variedades de ciclo único e 1 variedade de ciclo zero) avaliadas em 3 repetições, totalizando assim 21 unidades experimentais. As 10 variedades de diferentes ciclos de seleção também foram avaliadas em 3 repetições, mas de forma quantitativa, totalizando 30 unidades experimentais.

Todas as variedades foram avaliadas em relação à composição nutricional, teor de compostos fenólicos, capacidade antioxidante e cor instrumental.

A 2ª etapa foi realizada com os grãos após submetê-los ao processo de expansão. A capacidade de expansão e rendimento foram avaliados seguindo um DIC com 3 repetições, da mesma forma anterior, considerando as variáveis qualitativas (variedades de ciclo único e 1 variedade de ciclo zero) e quantitativas (diferentes ciclos de seleção). Nessa etapa os milhos-pipoca foram também avaliados sensorialmente por meio dos testes sensoriais de grupo de foco e aceitação associado ao *Check-All-That-Apply* (CATA), seguindo um Delineamento em Blocos Casualizados Incompletos (DBCI).

Para obtenção da pipoca, os grãos de milho foram estourados em pipoqueira elétrica Mondial® PopFlix, sem o uso de óleo, por cerca de 10 minutos.

## 2.3 Composição nutricional

O teor de umidade foi determinado a partir da secagem dos grãos em estufa a 105 °C até obtenção de peso constante; resíduos minerais (cinzas) por incineração em mufla a 550 °C; lipídios totais por extração pelo método de Goldfish; proteínas pelo método de Kjeldahl, utilizando fator de conversão de 5,75; e, o teor de carboidratos foi obtido por diferença [12]. Já o valor calórico total determinou-se aplicando os valores de conversão de Atwater, que considera 1 grama de carboidratos equivalente a 4 kcal, assim como proteínas, enquanto 1 grama de lipídios corresponde a 9 kcal [13].

## 2.4 Compostos fenólicos e capacidade antioxidante

Para o preparo do extrato, pesou-se um 1 g de amostra de milho triturado em moinho de bola (Marconi), adicionou 10 mL de metanol 60% sob agitação manual e constante até completa solubilização. Levou-se a mistura obtida até a centrífuga a 3500 rpm por 10 minutos e, em seguida, o sobrenadante foi coletado em tubo Falcon® de 50 mL, cujo volume foi completado até 15 mL com água deionizada [14].

Para determinação de compostos fenólicos, foram pipetados 20 µL de cada extrato em microplaca e 80 µL de reagente de Folin Ciocalteu 20%. Após 4 minutos, adicionou-se 100 µL de Carbonato de Sódio 7,5%. Após 2 horas, leu-se a absorbância a 765 nm em espectrofotômetro SpectraMax® 190. A análise do branco foi realizada com água substituindo o extrato [15, 16]. Utilizou-se uma curva analítica de ácido gálico ( $y = 0,2393x - 0,0614$ ;  $R^2 = 0,9821$ ) preparada a partir de concentrações de 0,625 a 15 µg.mL<sup>-1</sup> de ácido gálico, para expressar os resultados em miligramas equivalentes de ácido gálico por grama de amostra.

Na determinação da capacidade antioxidante, utilizou-se dois radicais: o radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH) e o radical ácido 2,2-azino-bis(3-etilbenzotiazolína-6-sulfônico (ABTS).

No método com radical DPPH foram pipetados 20 µL de cada extrato em microplaca adicionados de 280 µL de solução contendo o radical DPPH. Após 60 minutos de incubação ao abrigo de luz, realizou-se a leitura em espectrofotômetro SpectraMax® 190 a 517 nm. A análise do branco foi realizada com metanol 60% [15].

No método com radical ABTS, 30 µL de cada extrato foram pipetados em uma microplaca e adicionados de 270 µL de solução contendo o radical ABTS. Após 6 minutos de incubação ao abrigo de luz, realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro SpectraMax® 190 a 734 nm. A análise do branco foi realizada com metanol 60% [17, 18].

Os resultados de DPPH e ABTS foram expressos por meio da porcentagem da capacidade de eliminação do radical (I%) calculada pela equação  $I\% = [(Abs\ branco - Abs\ amostra) * 100] / Abs\ branco$ , sendo que Abs representa a absorbância, em nm [17, 19].

## 2.5 Cor instrumental

A determinação de cor instrumental foi realizada utilizando-se um colorímetro triestímulo trabalhando com D65 (luz do dia, 6.500 K) a partir de leitura direta das amostras. Registrou-se os valores da reflectância das coordenadas de cromaticidade  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (tonalidades de vermelho a verde) e  $b^*$  (tonalidades do amarelo para o azul), empregando-se a escala correspondente a marca do colorímetro [20, 21].

Após leitura das coordenadas de cromaticidade, calculou-se o valor de chroma ( $C^* = \text{raiz}(a^2 + b^2)$ ) e o ângulo Hue ( $H^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ ), onde chroma indica o nível de saturação ou intensidade da cor, enquanto o ângulo Hue indica a cor observável, considerando as coordenadas “a” e “b” [22].

## 2.6 Capacidade de expansão e rendimento

Para obtenção da capacidade de expansão (CE) dos grãos de milho-pipoca, primeiramente pesou-se os grãos que correspondessem ao volume de 30 mL, medidos em proveta de 100 mL. Em seguida, estes foram pipocados e as pipocas obtidas foram avolumadas em proveta de 1000 mL. A relação entre a massa de 30 mL de grãos e o volume da pipoca obtida representa o índice da CE dos grãos [23]. O rendimento das pipocas foi obtido a partir da relação entre a massa inicial dos grãos e a massa de piruá obtida após pipocagem, conforme Matta e Viana (2001) [24].

## 2.7 Análise sensorial das pipocas

Os testes sensoriais foram conduzidos no Laboratório de Técnica Dietética da Universidade Vila Velha (UVV) e iniciaram após aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UVV, Brasil, sob parecer nº 5.419.861.

Para obtenção dos descritores sensoriais das pipocas, foi realizada uma sessão de grupo de foco, com duração de aproximadamente 30 minutos, em que sete avaliadores não treinados forneceram os aspectos sensoriais mais relevantes das pipocas em estudo [25]. Antes de iniciar a sessão, os participantes foram convidados a preencher um questionário com informações socioeconômicas e relacionadas ao consumo de pipoca.

Após realização da sessão e análise das informações por meio da leitura das respostas transcritas e da escuta das gravações, foi confeccionada uma lista contendo 20 termos, os quais foram utilizados para compor a lista *Check-all-that-apply* (CATA) [26]. Os termos foram: cor branca, cor amarela, grande, pequena, saudável, murcha, crocante, macia, dura, lembra isopor, sabor de pipoca, sabor residual, sem sabor, sabor intenso, presença de casca, sem cheiro, cheiro agradável, aparência desagradável, aparência agradável, lembrança afetiva.

O teste de aceitação foi realizado seguindo o DBCI [27] para os 16 tipos de milho-pipoca. A análise foi realizada por 120 julgadores não treinados (sendo 30 avaliações por amostra, 4 variedades distintas por avaliador), de ambos os sexos, consumidores do produto, recrutados entre acadêmicos, funcionários e professores da Universidade, dispostos a participarem da

avaliação. Durante as sessões, as 4 variedades de pipoca foram servidas em copos descartáveis, em ordem equilibrada e aleatória, seguindo o delineamento proposto.

Os consumidores receberam fichas de avaliação para cada amostra para registrar sua aceitação pelo produto. A aceitabilidade sensorial das pipocas em relação à impressão geral foi avaliada usando uma escala hedônica de nove pontos (1 = desgostei extremamente a 9 = gostei extremamente) [28].

A lista CATA foi acrescentada na ficha de avaliação do teste de aceitação, permitindo maiores inferências às avaliações realizadas pelos consumidores quanto ao gostar ou desgostar das pipocas [29].

## 2.8 Análise estatística

Os resultados foram avaliados quanto à sua normalidade por meio do teste de Shapiro-Wilk. Como todos foram considerados normais ( $p \geq 0,05$ ), os resultados foram analisados por análise de variância (ANOVA) e, em caso de diferença estatística em relação às variedades de ciclo único e de ciclo zero, os mesmos foram comparados pelo teste Duncan. Para as variedades de diferentes ciclos de seleção, tentou-se ajustar modelos de regressão linear ou quadrático. Para todos os testes realizados foi adotado o nível de 5% de probabilidade.

Todos os resultados foram analisados por meio do programa estatístico Statistical Analysis System (SAS University Studio Online, Cary, North Carolina), versão online.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Caracterização dos grãos de milho-pipoca

A análise da composição nutricional, teor de compostos fenólicos, atividade antioxidante e cor instrumental dos grãos do milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero está apresentado na Tabela 1.

Em relação aos constituintes nutricionais, detectou-se diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ) para umidade, cinzas e proteínas. A umidade das variedades BARÃO DE VICOSA, POPSINT e UNB2-C0 apresentaram os maiores teores, enquanto BOYA 462, BOZM 260, PARA 172 e URUG 298, estatisticamente semelhantes ( $p \geq 0,05$ ), apresentam os menores teores. Pereira e colaboradores (2014) [30] encontraram uma média de umidade de 12,25% considerando 5 marcas comerciais. Já Góis e colaboradores (2017) [31], uma média de 14,75% para outras 4 marcas comerciais de milho-pipoca. Em trabalhos de melhoramento, avalia-se que umidade ideal se encontra entre 13 e 14% para grãos após secagem, podendo chegar a 15% considerando grãos que passaram por reidratação [32].

Levando em consideração esses estudos, os teores encontrados para as VPA analisadas estão abaixo do esperado. A umidade é um dos parâmetros que impactam diretamente na capacidade de expansão (CE) dos grãos de milho-pipoca. Isso ocorre, pois, a presença de água no interior do grão permite que o mesmo se expanda ao ser submetido a uma fonte de calor com temperatura suficiente para iniciar o processo de estouro. Quantidade insuficiente de água impede expansão máxima do grão, enquanto excesso de umidade pode causar problemas no armazenamento do mesmo, tornando-o propício ao acúmulo de fungos e, posteriormente, impedindo expansão adequada do mesmo.

Tabela 1: Média e desvio padrão dos constituintes nutricionais, compostos fenólicos, capacidade antioxidante e coordenadas de cor das VPA de milho-pipoca de ciclo único ou ciclo zero.

Genótipo	BARÃO	BOYA 462	BOZM 260	PARA 172	POPSINT	URUG 298	UNB2-C0
Umidade (%)	11,59 ± 0,26 <sup>a</sup>	9,69 ± 0,63 <sup>b</sup>	10,22 ± 0,28 <sup>b</sup>	10,07 ± 0,43 <sup>b</sup>	11,39 ± 0,42 <sup>a</sup>	9,95 ± 0,32 <sup>b</sup>	11,11 ± 0,24 <sup>a</sup>
Cinzas (%)	1,49 ± 0,12 <sup>b</sup>	1,88 ± 0,01 <sup>a</sup>	1,60 ± 0,06 <sup>b</sup>	1,55 ± 0,07 <sup>b</sup>	1,49 ± 0,06 <sup>b</sup>	1,67 ± 0,16 <sup>b</sup>	1,53 ± 0,06 <sup>b</sup>
Lipídeos (%)	3,92 ± 1,74 <sup>a</sup>	2,56 ± 0,40 <sup>a</sup>	3,18 ± 0,97 <sup>a</sup>	3,22 ± 0,17 <sup>a</sup>	3,63 ± 0,22 <sup>a</sup>	3,59 ± 2,36 <sup>a</sup>	4,16 ± 0,56 <sup>a</sup>
Proteínas (%)	9,25 ± 0,47 <sup>a</sup>	8,88 ± 0,86 <sup>a</sup>	8,47 ± 1,80 <sup>a</sup>	8,22 ± 0,28 <sup>a</sup>	8,98 ± 0,00 <sup>a</sup>	8,21 ± 0,75 <sup>a</sup>	5,26 ± 0,77 <sup>b</sup>
CHO (%)	73,56 ± 2,41 <sup>a</sup>	76,98 ± 1,90 <sup>a</sup>	76,52 ± 0,60 <sup>a</sup>	76,68 ± 0,65 <sup>a</sup>	77,78 ± 5,32 <sup>a</sup>	76,64 ± 1,68 <sup>a</sup>	79,01 ± 2,57 <sup>a</sup>
VCT (kcal/100g)	367,26 ± 7,83 <sup>a</sup>	366,56 ± 0,54 <sup>a</sup>	368,62 ± 3,97 <sup>a</sup>	369,74 ± 2,78 <sup>a</sup>	366,65 ± 0,82 <sup>a</sup>	364,33 ± 4,14 <sup>a</sup>	370,26 ± 2,71 <sup>a</sup>
CFT (mg/100g)	121,97 ± 55,22 <sup>a</sup>	405,80 ± 5,77 <sup>a</sup>	827,13 ± 434,67 <sup>a</sup>	768,20 ± 189,13 <sup>a</sup>	102,19 ± 0,00 <sup>a</sup>	762,12 ± 463,09 <sup>a</sup>	379,47 ± 157,28 <sup>a</sup>
ABTS (I%)	23,83 ± 6,83 <sup>a</sup>	14,98 ± 0,96 <sup>a</sup>	16,68 ± 3,17 <sup>a</sup>	21,35 ± 3,13 <sup>a</sup>	21,84 ± 7,94 <sup>a</sup>	18,27 ± 6,27 <sup>a</sup>	25,09 ± 3,38 <sup>a</sup>
DPPH (I%)	21,01 ± 6,42 <sup>ab</sup>	31,98 ± 2,24 <sup>a</sup>	28,09 ± 4,14 <sup>a</sup>	13,61 ± 5,90 <sup>b</sup>	13,43 ± 3,34 <sup>b</sup>	12,15 ± 6,13 <sup>b</sup>	21,47 ± 4,07 <sup>ab</sup>
L*	58,16 ± 2,89 <sup>a</sup>	70,94 ± 0,31 <sup>a</sup>	62,05 ± 3,34 <sup>a</sup>	55,82 ± 7,40 <sup>a</sup>	57,25 ± 0,52 <sup>a</sup>	57,97 ± 5,87 <sup>a</sup>	59,15 ± 3,57 <sup>a</sup>
H*	72,10 ± 1,78 <sup>c</sup>	81,32 ± 1,28 <sup>ab</sup>	82,12 ± 0,47 <sup>a</sup>	78,29 ± 4,44 <sup>ab</sup>	74,15 ± 0,58 <sup>c</sup>	78,29 ± 2,16 <sup>ab</sup>	76,75 ± 1,65 <sup>bc</sup>
C*	28,72 ± 4,24 <sup>a</sup>	16,11 ± 2,74 <sup>c</sup>	13,54 ± 0,23 <sup>c</sup>	18,39 ± 1,73 <sup>bc</sup>	26,28 ± 2,39 <sup>a</sup>	24,49 ± 4,86 <sup>ab</sup>	26,63 ± 4,88 <sup>a</sup>

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan. CFT: compostos fenólicos totais.

Outro estudo, no entanto, encontrou que teores de umidade situados entre 10,2 e 13,4% seriam os mais adequados para obtenção do índice máximo de CE [33]. Considerando esse estudo, os grãos BOYA 462, 260, PARA 172 e URUG 298 estariam abaixo do teor de umidade ideal para uma boa CE.

Para cinzas, apenas a variedade BOYA 462 diferiu ( $p \leq 0,05$ ) das outras, apresentando o maior teor entre as amostras comparadas. Os valores encontrados estão dentro do esperado para o milho comum ( $2,33 \pm 1,33$  g) [32]. Apresentar teor de cinzas acima do esperado é um ponto positivo para as variedades, já que estudos vêm sendo realizados intencionando incrementar níveis de minerais no milho, devido aos efeitos benéficos que alguns minerais podem proporcionar ao corpo humano no curto e longo prazo [8, 34].

Para proteínas, apenas a variedade UNB2-C0 diferiu ( $p \leq 0,05$ ) das demais, apresentando a menor quantidade desse nutriente. Não houve, entre as amostras, diferença estatística ( $p > 0,05$ ) para lipídios. Tais valores indicam uma redução do teor lipídico em relação ao milho comum que pode apresentar de 4–5% de lipídeos, conforme relatado em alguns estudos de composição nutricional [30, 31, 34]. Reichert Jr. et al. (2020) [8] avaliaram a composição de algumas variedades de milho-pipoca e encontraram teores lipídicos variando entre 3,01 e 5,53%, condizentes com o esperado para milho-pipoca geneticamente melhorado. Também não houve diferença ( $p \geq 0,05$ ) para carboidratos e VCT. De acordo com Ijarotimi et al. (2012) [34] e Reichert Jr. et al. (2020) [8], pode-se esperar teor entre 75,05 e 77,50% desse constituinte no milho-pipoca. Já Ullah et al. (2010) [35] e Adeniyi e Ariwoola (2019) [36], analisaram variedades cujos teores de carboidratos variaram entre 67,56 e 74,54%. Esses achados mostram resultados bem diversos

em relação ao constituinte majoritário do milho-pipoca e, conseqüentemente, do VCT. É possível que as diferenças observadas para os carboidratos possam originar-se não somente por fatores genéticos inerente a cada variedade, como também por fatores ambientais e práticas agrônômicas realizadas para cada genótipo durante seu desenvolvimento [35].

Em relação aos compostos fenólicos, não houve diferença ( $p \geq 0,05$ ) entre os milhos-pipoca analisados. Apesar disso, nota-se valores elevados de alguns desvios-padrões (DP). Os altos DP se devem, principalmente, a falta de homogeneidade dos grãos entre as repetições de cada amostra, visivelmente notada a partir da coloração dos mesmos. Ou seja, apesar dos grãos possuírem o mesmo genótipo e serem cultivados sob as mesmas condições, existem diferenças nítidas entre os mesmos.

Não houve diferença ( $p \geq 0,05$ ) na capacidade antioxidante pelo radical ABTS entre os milho-pipoca. No entanto, pelo radical DPPH, houve ( $p \leq 0,05$ ). A determinação da capacidade sequestrante do radical ABTS está baseada na habilidade dos antioxidantes presentes na amostra em capturar esse radical, causando decréscimo da absorvância. O radical DPPH também se baseia em perda da cor e redução da absorvância após reação com amostra, porém, na presença de sequestradores de radicais, o DPPH, que é um radical livre e estável, doa elétrons, causando sua redução e perda da cor [37]. Logo, pode ser encontrada alguma diferença entre a capacidade antioxidante detectada por ambos os métodos, no entanto, espera-se também que haja coerência entre os valores.

A cor dos alimentos é um atributo de grande importância comercial, pois é decisória na hora da escolha do consumidor e, conseqüentemente, para a escolha da indústria alimentícia. Nesse sentido, a determinação das coordenadas  $L^*$ ,  $H^*$  e  $C^*$  são capazes de indicar se as amostras são ou não comercialmente atrativas, já que grãos de milho-pipoca com maior intensidade da cor amarela geralmente apresentam maior aceitação [38].

As VPAs, sem diferença estatística entre si nessa coordenada para a coordenada  $L^*$ , apresentaram valores acima de 57, indicando que as amostras apresentam luminosidade ou brilho presente intermediário. A coordenada  $H^*$  apresentou diferença ( $p \leq 0,05$ ) entre as VPAs. De acordo com Ferreira e Spricigo (2017) [39], graficamente, o ângulo  $0^\circ$  indica a cor vermelha e o ângulo  $90^\circ$  indica a cor amarela, de tal modo que mesmo apresentando diferença estatística, todas as amostras encontram-se próximas à coloração amarela do sistema de cores. Para as VPA BOYA 462, BOZM 260, PARA 172 e URUG 298, que não diferem entre si ( $p \geq 0,05$ ), os ângulos  $H^*$  ficaram mais próximos de  $90^\circ$ , indicando tonalidade mais pura de amarelo. Já para as amostras BARAO, POPSINT e UNB2-C0, com menores valores de  $H^*$  ( $p \leq 0,05$ ), pode-se inferir um tom de amarelo mais avermelhado.

A coordenada  $C^*$  apresentou maiores valores ( $p \leq 0,05$ ) para as VPA BARAO, POPSINT e UNB2-C0 em comparação com as VPA BOYA 462, BOZM 260 e PARA 172. Isso indica que, as VPA com cores mais próximas do amarelo, apresentaram menor intensidade dessa tonalidade, ou seja, um amarelo mais claro. Por outro lado, as VPA de cores mais escuras apresentaram maior intensidade dessa cor, no caso, amarelo avermelhado mais intenso.

Para a análise da composição nutricional, compostos fenólicos, radicais ABTS e DPPH dos grãos de milho-pipoca UNB2 em seus diferentes ciclos de seleção realizou-se uma apresentação gráfica do comportamento de cada constituinte ao longo dos ciclos (Figura 1). Para o teor de proteínas, foi possível ajustar uma equação de regressão ( $\text{Proteína} = 5,8093 + 1,6273 \times \text{ciclo} - 0,1422 \times \text{ciclo}^2$ ), cujo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) é 0,9078, que demonstra maiores teores em ciclos intermediários.

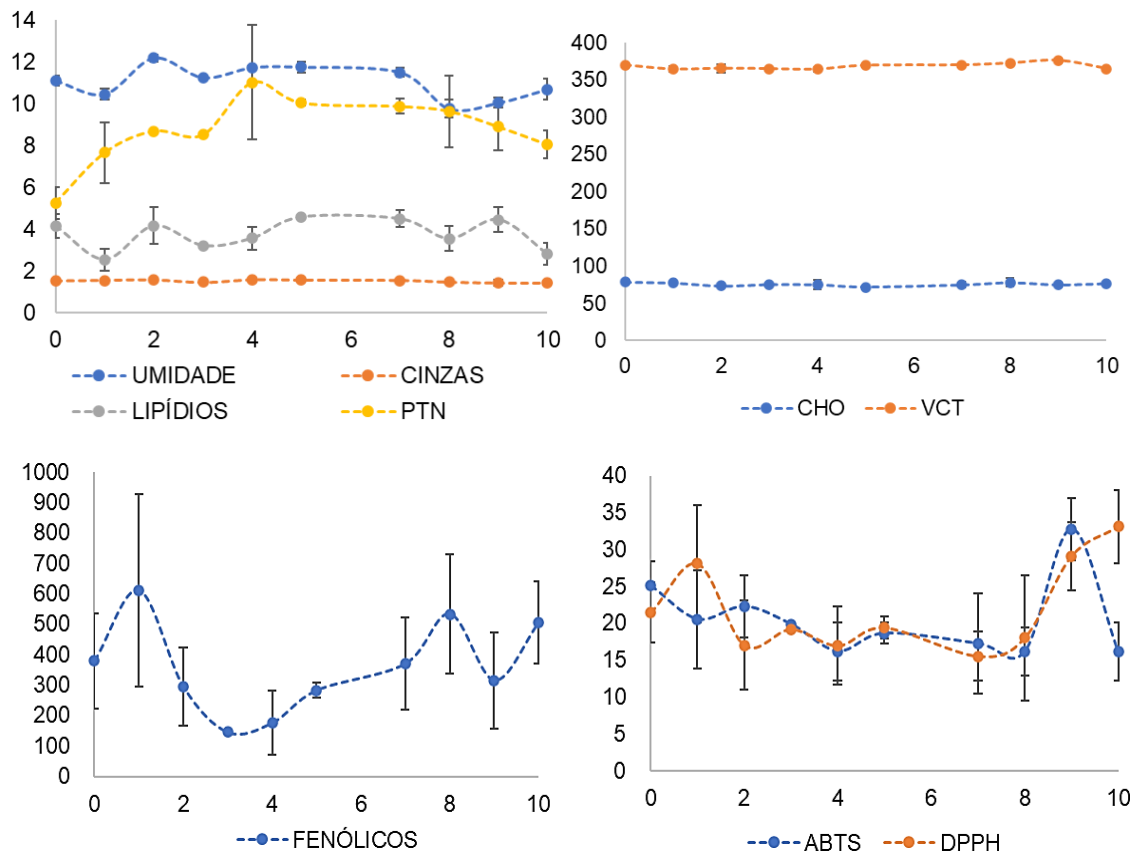


Figura 1: Comportamento dos constituintes nutricionais (g/100 g ou kcal/100 g), compostos fenólicos (mg/100 g), capacidade antioxidante pelos radicais ABTS e DPPH (I%) nos diferentes ciclos de seleção dos grãos de milho-pipoca UNB2. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra.

Existe diferença ( $p \leq 0,05$ ) entre as amostras de diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2 para os constituintes umidade, lipídios, proteínas e VCT.

É possível observar que há, especialmente para umidade, lipídios e proteínas, uma inconstância quanto a queda e elevação do teor ao longo dos ciclos. Assim, é possível que a cada ciclo de seleção, ao aumentar a expressão de alguns genes de interesse, haja alteração na expressão dos genes responsáveis por determinar o teor desses constituintes nas amostras. Mas a inconstância na presença desses constituintes, também pode ser causada por fatores externos (como condições ambientais, de plantio e de manejo), que são capazes de influenciar nesses constituintes tanto quanto fatores genéticos inerentes dessa VPA em diferentes ciclos de seleção [35].

Os ciclos de 4 até 7, tendem a se mostrar quantitativamente mais próximos e com os teores de umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos e VCT favoráveis em relação aos outros ciclos de seleção, considerando os benefícios que os mesmos podem trazer a saúde humana. Tais ciclos apresentam valores de umidade entre 11 e 12%, teor de lipídios entre 2 e 4,5%, além de teor de proteínas acima dos demais ciclos, tornando-os favoráveis a uma boa CE, com baixo teor de lipídeos e maior teor proteico.

Compostos fenólicos não variou estatisticamente ( $p > 0,05$ ), diferentemente dos radicais ABTS e DPPH, no entanto, não foi possível ajustar uma equação de regressão para nenhuma das análises avaliadas. Tal como ocorreu com as amostras de ciclo único, alto DP foi observado, sendo esse atribuído a falta de homogeneidade entre a coloração dos grãos de cada repetição da amostra.

As curvas de ABTS e DPPH oscilaram de forma distinta, sendo observado um comportamento de decaimento do percentual de inibição do radical ABTS até o ciclo 8, enquanto para o radical DPPH, tem-se um aumento no ciclo 1 e posterior decaimento até o ciclo 7. Posteriormente, tanto para ABTS quanto para DPPH, nota-se um aumento do percentual de inibição após esses ciclos, no entanto, o radical ABTS volta a reduzir no ciclo 9. Desta forma, assim como na composição nutricional, os ciclos de 3 a 8 se mostram mais estáveis em relação à atividade antioxidante e

semelhantes entre os 2 métodos realizados. Zhang et al. (2019) [40] relataram que estão presentes no milho compostos fenólicos como ácidos fenólicos, antocianinas e flavonoides e que tais substâncias possuem uma estrutura química associada ao potencial antioxidante. Diferentes quantidades das mesmas são capazes de proporcionar diferentes colorações e variação na atividade antioxidante presente nos grãos de milho-pipoca. Compreende-se, portanto, que há relação entre os compostos fenólicos e a atividade antioxidante, e esse comportamento foi mais percebido entre o teor de compostos fenólicos e radical DPPH, especialmente até o ciclo 7.

Para as coordenadas de cor, não há diferença estatística ( $p \geq 0,05$ ) nos diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2 de milho-pipoca. Os diferentes ciclos da VPA UNB2 apresentaram coordenada  $L^*$  variando de 52 a 65; o ângulo  $H^*$  entre 70 e 78; e a coordenada  $C^*$  entre 21 e 31. Tais valores indicam, respectivamente, que todas as amostras possuem luminosidade ou brilho intermediário, tonalidade amarela tendendo ao vermelho e de baixa intensidade.

Os resultados obtidos são muito importantes, pois demonstram que, mesmo após 10 ciclos de seleção, a cor, um atributo de extrema relevância para o consumidor, não alterou ( $p \geq 0,05$ ). Isso é ressaltante não apenas para uma boa aceitação sensorial, como também pela presença de compostos com atividade antioxidante, tornando tais ciclos potencialmente benéficos a saúde, podendo contribuir para a redução de riscos e agravos não transmissíveis.

### 3.2 Análises físicas das pipocas

A capacidade de expansão (CE) e o rendimento da pipoca de ciclo único ou ciclo zero está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Média e desvio padrão da capacidade de expansão (CE) e do rendimento das VPA de pipoca de ciclo único ou ciclo zero.

GENÓTIPO	CE (mL/g)	Rendimento (%)
BARÃO	26,01±4,42 <sup>a</sup>	82,61±2,81 <sup>ab</sup>
BOYA 462	6,83±1,60 <sup>c</sup>	53,98±3,68 <sup>d</sup>
BOZM 260	5,92±0,82 <sup>c</sup>	54,06±5,66 <sup>d</sup>
PARA 172	8,34±1,59 <sup>c</sup>	62,16±5,94 <sup>cd</sup>
POPSINT	27,57±1,89 <sup>a</sup>	89,57±4,19 <sup>a</sup>
URUG 298	17,10±5,56 <sup>b</sup>	71,42±9,90 <sup>bc</sup>
UNB2-C0	22,28±6,37 <sup>ab</sup>	84,52±5,36 <sup>a</sup>

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan.

As VPA que apresentaram maior CE obtiveram também maior rendimento ( $p \leq 0,05$ ), sendo elas BARAO DE VICOSA, POPSINT e UNB2-C0, em comparação as amostras BOYA 462, BOZM 260 e PARA 172. De acordo com Nobre et al. (2000) [41], 15 mL/g para CE é o valor mínimo que um produtor deve ter para comercializar seus grãos, já que abaixo desse valor o desempenho do milho é alterado e o mesmo torna-se rígido e com alto número de piruás. Seguindo esse critério, as variedades BOYA 462, BOZM 260 e PARA 172 não estão apropriadas para comercialização.

É importante ressaltar que de acordo com Instrução Normativa (IN) n° 61, publicada em dezembro de 2011 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é definido como valor mínimo para a CE do milho-pipoca 30 mL/g. Todas as pipocas do presente estudo apresentaram valores de CE inferiores a tal referência. Tal condição não impede que os grãos sejam comercializados. A Norma estabelece que, nesse caso, os grãos devem ser comercializados dentro do enquadramento “Fora de Tipo”, que não apresenta valor mínimo de CE [42].

Os resultados obtidos para CE estão diretamente relacionados aos resultados obtidos para umidade, já que as amostras que apresentaram maior umidade foram BARAO DE VICOSA, POPSINT e UNB2-C0. Tais amostras apresentaram também maiores CE. Enquanto as amostras

com menores umidades foram BOYA 462, URUG 298 e PARA 172, cujas CE também foram as menores.

Valores de CE elevadas demonstram maior qualidade da pipoca e maior rendimento. Nesse sentido, as mesmas VPA que obtiveram menores índices de expansão, apresentaram também os menores rendimentos.

A Figura 2 exibe uma apresentação gráfica do comportamento de cada parâmetro ao longo dos ciclos. Não foi possível ajustar um modelo de regressão para CE, que variou estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ).

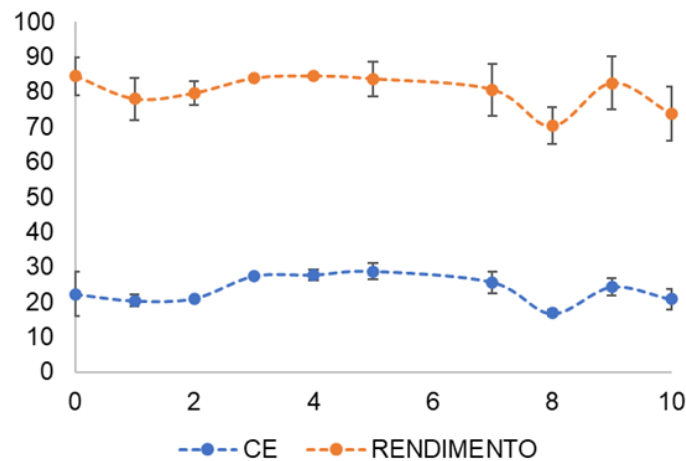


Figura 2: Capacidade de expansão (CE) e do rendimento (eixo y) nos diferentes ciclos de seleção (eixo x) dos grãos de milho-pipoca UNB2. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra.

Apesar de diretamente proporcional ao rendimento, apenas a CE apresentou diferença estatística entre os diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2. Nota-se uma redução desproporcional de CE e rendimento no ciclo 8. Tal ciclo apresentou-se com menor teor de umidade, o que pode explicar sua reduzida CE, já que baixo teor de umidade faz com que o grão não seja capaz de se expandir adequadamente. Com tal capacidade reduzida, aumenta-se a massa de piraúas, o que reduz o rendimento desse grão. Os ciclos de 3 até 7 apresentaram uma tendência de maior CE.

### 3.3 Análise sensorial das pipocas

O grupo de consumidores que participou do estudo foi composto por 120 pessoas, sendo 67,3% do gênero feminino, acima de 18 anos, principalmente alunos (83,7%) e funcionários (6,7%) da UVV. A maioria era estudante de graduação (64,4%) e solteiros (73,1%). Em relação à renda familiar mensal, maior percentual dos participantes relatou receber entre 1 e 3 salários-mínimos (45,2%).

A maioria dos participantes consome pipoca com frequência de 1 a 2 vezes no mês (63,5%) e normalmente a preparam em panela com óleo (44,2%). Sobre as características de maior importância ao adquirir pipoca, os participantes responderam da seguinte forma: 60,6% consideram o sabor agradável no momento da escolha, 54,8% a marca, 51% o preço, 44,2% a textura, 26,9% a cor, 19,2% a origem/proveniência, 16,3% por considerar pipoca um alimento saudável e 12,5% consideram a embalagem. Ainda, 47,1% consideram ter um nível grande de preocupação com a saúde.

Seguido a ANOVA, realizou-se teste de comparação de médias de Duncan, conforme segue na Figura 3.

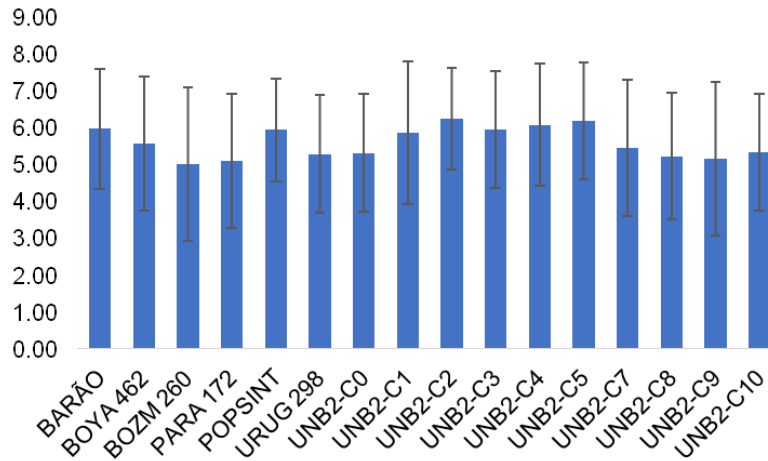


Figura 3: Média das notas (eixo y) obtidas pelas VPA (eixo x) no teste de aceitação, considerando a impressão global. As barras verticais representam o desvio-padrão de cada amostra. Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan.

As amostras obtiveram escore médio de aceitação entre 5,00 e 6,24 e, de acordo com escala hedônica de 9 pontos, estão classificadas entre os termos “indiferente” e “gostei ligeiramente”. Esses escores médios encontrados era esperado, tendo em vista que as pipocas avaliadas não foram preparadas com óleo ou temperos, o que de acordo com a resposta dos avaliadores, não é a forma que normalmente consomem.

Para melhor compreensão dos dados obtidos, elaborou-se um mapa de preferência interno das amostras de ciclo único ou ciclo zero (Figura 4A) e outro mapa de preferência interno para os diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2 (Figura 4B).

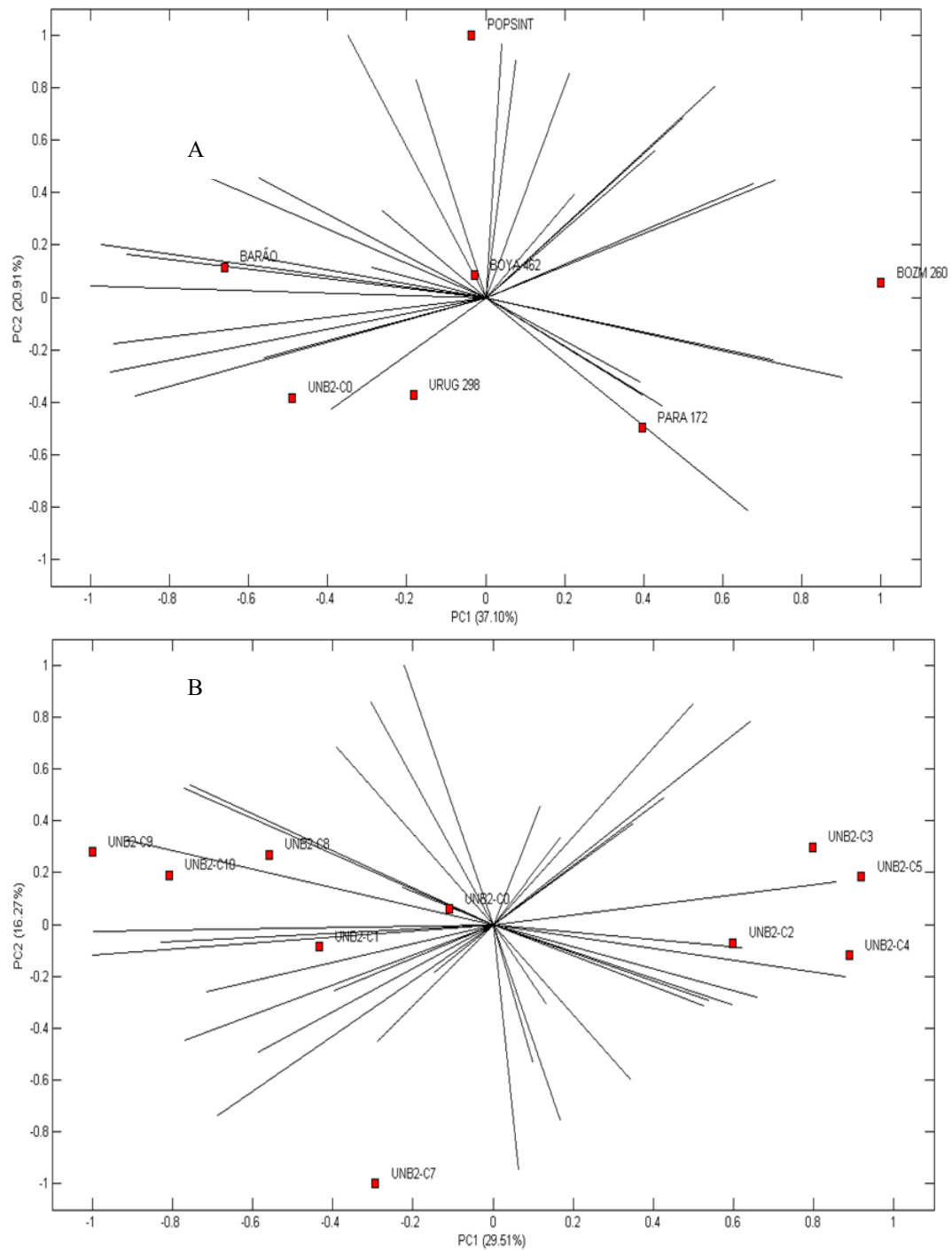


Figura 4: Mapa de preferência interno para as pipocas preparada a partir das VPA de ciclo único ou ciclo zero (A) e dos diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2 (B).

Dividindo o mapa em 4 quadrantes, nota-se a formação de grupos, o qual se destaca o 2° quadrante pela presença da VPA BARÃO DE VICOSA, BOYA 462 e POPSINT, que apresentaram comportamento e aceitação semelhantes entre os avaliadores. No 1° quadrante, observa-se a VPA BOZM 260 com maior distanciamento das linhas e, portanto, menor aceitação. Esses resultados corroboram o teste de médias realizado.

Já no mapa de preferência interno das pipocas preparadas a partir dos grãos de diferentes ciclos de seleção da amostra UNB2, considera-se a divisão em 2 quadrantes, esquerdo e direito, com formação de 2 grupos, um pelas VPA de ciclo 2, 3, 4 e 5 e outro pelos demais ciclos. No entanto, ainda pode-se segmentar esse quadrante em dois grupos mais homogêneos, entre as VPA de ciclo 0, 8, 9 e 10 e VPA de ciclo 1 e 7.

Para a caracterização das pipocas, realizou-se ANOVA com todos os termos descritores presentes no teste de aceitação associado ao CATA, seguido da apresentação gráfica (Figuras 5A e 5B).

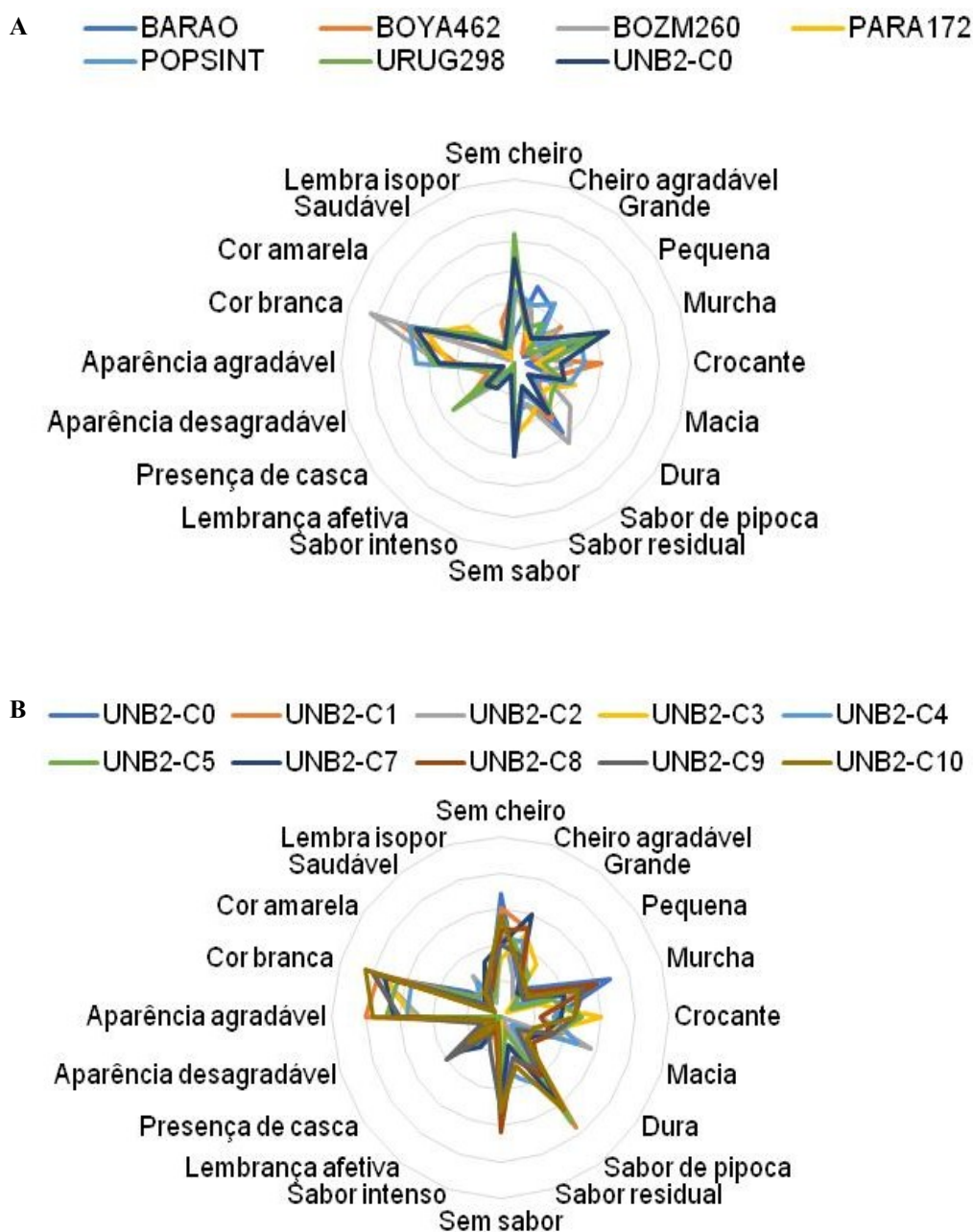


Figura 5: Perfil sensorial das pipocas obtidas a partir das VPA de ciclo único ou ciclo zero (A) e dos diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2 (B).

Houve diferença entre as amostras ( $p \leq 0,05$ ) apenas para os termos: sem cheiro, tamanho grande, textura murcha, textura crocante, dura, sabor de pipoca e cor amarela.

A análise gráfica do perfil sensorial das pipocas obtidas a partir das VPA de ciclo único ou ciclo zero indica que a URUG 298 se sobressaiu em relação as outras amostras nos descritores sem cheiro e murcha. Essa mesma amostra apresentou baixo teor de umidade o que impede que os grãos alcancem a máxima CE, podendo causar uma textura murcha na pipoca formada. Já a BOYA 462 se sobressaiu no atributo crocante, o que pode, porém, estar relacionado aos menores diâmetros das pipocas formadas por essa amostra, os quais foram percebidos de forma comparativa com as demais pipocas, compensando pelo seu baixo teor de umidade. A BARAO

DE VISCOSA destacou-se no termo sabor de pipoca. Essa amostra apresentou o maior teor de umidade e uma das maiores CE dentre as VPA estudadas, o que explica a aparência agradável, atributo destacado pelos julgadores. Além disso, essa amostra apresentou a coloração do grão mais próxima da cor natural convencional.

Nota-se que os termos mais atribuídos pelos participantes são cor branca e sem cheiro, de modo que é possível inferir que os atributos de cor e cheiro chamaram mais a atenção durante as avaliações. Os atributos relacionados a emoção foram pouco marcados. Tal resultado também pode ser um reflexo do tratamento dado as pipocas, que não possuíam quaisquer condimentos ou óleo adicionados.

Observa-se pela análise gráfica do perfil sensorial das pipocas obtidas a partir dos diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2 que o ciclo 8 destacou-se negativamente, pois se sobressaiu nos termos sem cheiro e murcha. Essa amostra apresentou o menor teor de umidade, baixa CE e um dos menores teores de lipídios entre os ciclos, por outro lado, o teor de compostos fenólicos foi bem relevante para esse ciclo. Desse modo, apresentou tendência a uma textura murcha e a menos sabor e cheiro. Já o ciclo 3 destacou-se positivamente, pois se sobressaiu nos termos grande, crocante e sabor de pipoca. Esse ciclo apresentou uma das maiores CE dentre os ciclos de seleção, bom teor de umidade em relação aos outros ciclos, teor de lipídios dentro do esperado e cor dos grãos mais próxima ao amarelo, o que favoreceu os atributos nos quais se destacou.

Os demais obtiveram destaque em menos termos, de modo que não se sobressaíram negativamente ou positivamente em relação aos ciclos citados. Tais observações estão em de acordo com o teste de aceitação, já que o ciclo 3 estava no grupo dos mais aceitos e o ciclo 8 entre os menos aceitos. A partir do CATA, foi então possível conhecer as características que levaram os consumidores a atribuir suas respectivas notas às diferentes pipocas.

#### 4. CONCLUSÃO

Na avaliação geral das VPA de ciclo único ou ciclo zero, a amostra BARAO DE VIÇOSA, POPSINT e UNB2-C0 destacaram-se em relação às demais por reunir um conjunto superior de atributos: maior teor de umidade, coordenadas de cor desejáveis aos grãos, além de alta CE, rendimento e, por fim, esteve entre as amostras mais aceitas e bem avaliadas pelo CATA no teste realizado para análise sensorial.

Na avaliação geral dos diferentes ciclos de seleção da VPA UNB2, os ciclos intermediários, especialmente os ciclos intermediários (3, 4 e 5), obtiveram destaque na maioria das análises realizadas. Esses apresentaram menor variação na composição centesimal, no teor de compostos fenólicos (com baixo DP) e na atividade antioxidante. Apresentaram, ainda, coordenadas de cor mais homogêneas. Também apresentaram alta CE e rendimento e boa avaliação pelo CATA no teste realizado para análise sensorial. Esses dados demonstram que os ciclos de seleção, com a transferência de genes ao longo do cultivo, podem favorecer as características do grão e da pipoca, no entanto, esse comportamento não ocorre de forma linear, direta e interminável.

De modo geral, os resultados evidenciam o potencial das variedades de milho-pipoca quanto às suas propriedades nutricionais e bioativas. Associados às características físicas e à aceitação sensorial, esses achados fornecem subsídios importantes para o desenvolvimento de estratégias que otimizem o cultivo e valorizem o produto, promovendo sistemas alimentares mais resilientes, sustentáveis e nutritivos, além de contribuir para ampliar sua atratividade junto aos consumidores.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal da Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) por fornecer os grãos de milho-pipoca e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pela bolsa de iniciação científica.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amaral Júnior ATD, Gonçalves LSA, Freitas Júnior SP, Candido LS, Vittorazzi C, Pena GF, et al. UENF 14: A new popcorn cultivar. *Crop Breed Appl Biotechnol.* 2013;13(3):218-20. doi: 10.1590/S1984-70332013000300013
2. Bhandari D, Rafiq S, Gat Y, Gat P, Waghmare R, Kumar V. A review on bioactive peptides: Physiological functions, bioavailability and safety. *Int J Pept Res Ther.* 2020;26(1):139-50. doi: 10.1007/s10989-019-09823-5
3. Pereira Filho IA, Cruz JC, Pacheco CAP, Costa RV. Milho-pipoca. In: Milho-pipoca. Brasília (DF): Embrapa Informação Tecnológica; 2019. p. 1-5.
4. Santos JS, Vivas M, De Souza YP, Amaral Junior TDA, De Almeida RN, Saluci JCG, et al. Resistance of popcorn hybrid (*Zea mays*) to multiple diseases and correlation between leaf disease intensity and agronomic traits. *Aust J Crop Sci.* 2020;14(11):1800-9. doi: 10.21475/ajcs.20.14.11.p2743
5. Dias G. Milho com variedades de polinização aberta têm boa aceitação no mercado. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina; Florianópolis (SC): EPAGRI; 2021.
6. Magnavaca R, Parentoni SN. Cultivares x híbridos: conceitos básicos. *Inf Agropec, Belo Horizonte.* 1990;14(165):5-8.
7. Balbinot JrA, Backes R, Alves A, Ogliari J, Fonseca J. Contribuição de componentes de rendimento na produtividade de grãos em variedades de polinização aberta de milho. *Curr Agric Sci Technol,* 2005;11(2):161-5.
8. Reichert Jr FW, Oliveira CRS, Silva Júnior AH, Mulinari J. Chemical composition of maize landraces and their importance to human health. *CIAGRO.* 2020;20(September):1-15. doi: 10.31692/ICIAGRO.2020.0065
9. Nile SH, Park SW. Antioxidant,  $\alpha$ -glucosidase and xanthine oxidase inhibitory activity of bioactive compounds from maize (*Zea mays* L.). *Chem Biol Drug Des.* 2014;83(1):119-25.
10. Singh N, Singh S, Shevkani K. Maize: Composition, bioactive constituents, and unleavened bread. In: Preedy VR, Watson RR, editors. *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention.* 2nd ed. London (UK): Academic Press/ Elsevier; 2019. p 111-21.
11. Ai Y, Jane JL. Macronutrients in corn and human nutrition. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2016;15(3):581-98. doi: 10.1111/1541-4337.12192
12. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.* 17th ed. Gaithersburg (MD): AOAC International; 2002.
13. Merrill AL, Watt BK. Energy value of foods: basis and derivation. *Agriculture Handbook No. 74.* Washington (DC): United States Department of Agriculture, 1955.
14. Krepsky PB, Isidório RG, Souza Filho JD, Côrtes SF, Braga FC. Chemical composition and vasodilatation induced by *Cuphea carthagenensis* preparations. *Phytomedicine.* 2012;19(11):953-7. doi: 10.1016/j.phymed.2012.05.011
15. Luo X, Cui J, Zhang H, Duan Y, Zhang D, Cai M, et al. Ultrasound assisted extraction of polyphenolic compounds from red sorghum (*Sorghum bicolor* L.) bran and their biological activities and polyphenolic compositions. *Ind Crop Prod.* 2018;112:296-304. doi: 10.1016/j.indcrop.2017.12.019
16. Aourabi S, Sfaira M, Mahjoubi F. Optimization of ultrasound-assisted extraction of polyphenol content from *Zea mays* Hairs (Waste). *Sci World J.* 2020;2020:1-10. doi: 10.1155/2020/5072938
17. Scherer R, Godoy HT. Antioxidant activity index (AAI) by the 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Food Chem.* 2009;112(3):654-8. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.06.026
18. Stratil P, Klejdus B, Kubáň V. Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables evaluation of spectrophotometric methods. *J Agric Food Chem.* 2006;54(3):607-16. doi: 10.1021/jf052334j
19. Yang Z, Zhai W. Identification and antioxidant activity of anthocyanins extracted from the seed and cob of purple corn (*Zea mays* L.). *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2010;11(1):169-76. doi: 10.1016/j.ifset.2009.08.012
20. Hunter Laboratories. *Measuring Color using Hunter L, a, b versus CIE 1976 L\*a\*b\*.* Hunter Lab Reston (VA); 2012.
21. Pathare PB, Opara UL, Al-Said FA-J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food Bioprocess Tech.* 2013;6(1):36-60. doi: 10.1007/s11947-012-0867-9
22. Mabasso GA, Siqueira VC, Quequeto WD, Schoeninger V, Simeone MLF, Froes AL. Proximal composition and colour of maize grains after intermittent and continuous drying. *Int J Res Agric Sci.* 2019 6(6):193-203.
23. Sawazaki E, Morais JFL, Lago AA. Influência do tamanho e umidade do grão na expansão da pipoca South American Mushroom. *Bragantia.* 1986;45(2):363-70. doi: 10.1590/S0006-87051986000200014
24. Matta FP, Viana JMS. Popping expansion tests in popcorn breeding programs. *Sci Agric.* 2001;58(4):845-51. doi: 10.1590/S0103-90162001000400029

25. Aguiar LA, Rodrigues DB, Queiroz VAV, Melo L, Oliveira Pineli LDL. Comparison of two rapid descriptive sensory techniques for profiling and screening of drivers of liking of sorghum breads. *Food Res Int.* 2020;131(2020):108999. doi: 10.1016/j.foodres.2020.108999
26. Meyners M, Gmbh GS, Castura JC. *Flash Prole*. In: Varela P, Ares G. *Novel Techniques in sensory characterization and consumer profiling*. Boca Rotan (US): CRC Press; 2014. p. 190-221. doi: 10.1201/b16853
27. Cochran WG, Cox GM. *Diseños experimentales*. [s.l.]: Trillas México; 1981.
28. Stone H, Sidel JL. Introduction to sensory evaluation. In: Stone H, Sidel JL, editors. *Sensory Evaluation Practices*. 3rd ed. San Diego (CA): Academic Press; 2004. p. 1-19.
29. Sancio APO, Coelho LA, Souza CPG, Gomes ACB, Rocha RL, Vasconcelos CM. Frog meat products: Acceptance or aversion sensory? *Future Foods.* 2022;5(2022):100118. doi: 10.1016/j.fufo.2022.100118
30. Pereira MTJ, Caneppele C, Silva SL, Nunes JA, Ormond A. Propriedades físicas de marcas comerciais de milho pipoca: grão e estourada. *Enciclopédia Biosfera.* 2014;10(18):2525-32.
31. De Góis AC, Hojo ETD, de Aguiar CG. Avaliação da capacidade de expansão de milho pipoca coletados em estabelecimentos comerciais no Oeste do Paraná. *Rev Cultivando o Saber.* 2017;Edição especial 2017:59-66.
32. Sawazaki E. A cultura do milho pipoca no Brasil. *O Agrônomo.* 2008;53(2):11-3.
33. Krug CA, Conagin A, Junqueira AAB. *Cultura e adubação do milho*. São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassa; 1996.
34. Ijarotimi Os, Oluwalana IB, Ogunedojutimi MO. Nutrient composition, functional, sensory and microbial status of popcorn-based. *Afr J Food Agric Nutr Dev.* 2012;12(5):6424-46. doi: 10.18697/ajfand.53.9950
35. Ullah I, Ali M, Farooqi A. Chemical and nutritional properties of some maize (*Zea mays* L.) varieties grown in NWFP, Pakistan. *Pakistan Journal of Nutrition.* 2010;9(11):1113-7. doi: 10.3923/pjn.2010.1113.1117
36. Adeniyi OO, Ariwoola OS. Comparative proximate composition of maize (*Zea mays* L.) varieties grown in South-western Nigeria. *Int Ann Sci.* 2019;7(1):1-5. doi: 10.21467/ias.7.1.1-5
37. Campanha RB, Rocha JDC, Moraes ADS, Oliveira PA, Mendonça S. Atividade antioxidante de extratos hidroalcoólicos obtidos de diferentes biomassa lignocelulósicas. In: *Encontro de Pesquisa e Inovação da Embrapa Agroenergia*; 2020. p. 65-72.
38. Souza ALT, Cheim LMG, Rossignoli PA, Rodrigues LJ, Da Silva FF, Takeuchi KP, et al. Características físico-químicas e reológicas de amido de milho (*Zea mays* L.) de pipoca crioulo. *Res Soc Dev.* 2021;10(13):e402101321394. doi: 10.33448/rsd-v10i13.21394
39. Ferreira MD, Spricigo PC. Colorimetria: princípios e aplicações na agricultura. In: Ferreira Md, editor. *Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças*. São Carlos (SP): Embrapa Instrumentação; 2017. p. 209-20.
40. Zhang Q, Mejia EG, Luna-Vital D, Tao T, Chandrasekaran S, Chatham L, et al. Relationship of phenolic composition of selected purple maize (*Zea mays* L.) genotypes with their anti-inflammatory, anti-adipogenic and anti-diabetic potential. *Food Chem.* 2019;289:739-50. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.03.116
41. Nobre RG, Liberalino Filho J, Praça EF, Dias NDS, Ferreira Neto M. Avaliação da qualidade de diferentes marcas comerciais de milho-pipoca. *Rev Bras Eng Agríc Ambient.* 2000;4(1):133-5. doi: 10.1590/S1415-43662000000100025
42. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 61, de 22 de dezembro de 2011. Brasília (DF): Diário Oficial da União; 23 dez 2011. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMa pa&chave=263800632>.