

# CARACTERIZAÇÃO MINERAL, MORFOLOGIA E ESTABILIDADE DA FLOR DE *Cosmos bipinnatus* CAV APÓS A COLHEITA

## MINERAL CHARACTERIZATION, MORPHOLOGY AND STABILITY OF THE FLOWER OF *Cosmos bipinnatus* CAV AFTER HARVESTING

DOI: 10.65747/conali2025v3c22

Nayara Santos da Rocha<sup>1</sup>; Kassandra Hiandra Felipe<sup>2</sup>; Ryan Alves Rodrigues da Silva<sup>3</sup>; Julia Moraes Pessoa<sup>4</sup>; Magnólia Martins Alves<sup>5</sup>; Railene Hérica Carlos Rocha Araújo<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Estudante de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos – PPGEALI – UFCG; <sup>2</sup>Estudante do curso de Engenharia de Alimentos – UEALI – UFCG; <sup>3</sup>Estudante do curso de Engenharia de Alimentos – UEALI – UFCG; <sup>4</sup>Estudante de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos – PPGEALI – UFCG; <sup>5</sup>Doutora em Agronomia – UFPB; <sup>6</sup>Professora da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos – CTRN- UFCG.

Contato: [nayara.santos@estudante.ufcg.edu.br](mailto:nayara.santos@estudante.ufcg.edu.br)

**Resumo:** As flores comestíveis têm ganhado destaque devido ao seu valor estético, sensorial e nutricional, apresentando elevados teores de compostos bioativos, a flor de *C. bipinnatus* é rica em aminoácidos essenciais e oligoelementos, contribuindo para dietas vegetais de qualidade. O objetivo do presente estudo foi a caracterização da flor de *Cosmos bipinnatus* Cav., considerando seu potencial como alimento e a estabilidade pós-colheita da flor *in natura*. As flores foram colhidas no município de Areia–PB e submetidas a análises de composição mineral, MEV, além de avaliação de alterações no pH, acidez titulável, perda de massa fresca, cor e aparência visual após a colheita, mantidas a  $27 \pm 3^\circ\text{C}$  e  $67 \pm 5\%$ , por 4 horas. A flor comestível de *Cosmos bipinnatus* apresentou uma composição mineral rica em potássio, cálcio e fósforo. Possui pétalas com células epidérmicas ricas em ceras, importantes para a estabilidade da turgescência floral. Nas primeiras 4 horas após a colheita foram observadas alterações na aparência, acidez e cor, indicando início do processo de senescência. A flor possui potencial nutricional e funcional, embora alta perecibilidade, *in natura*. Torna-se necessário o uso de estratégias de conservação, como, revestimentos comestíveis ou atmosferas modificadas, para ampliar a durabilidade para comercialização *in natura*.

**Palavras-chave:** flores comestíveis, valor nutricional, qualidade, conservação.

**Abstract:** Edible flowers have gained prominence due to their aesthetic, sensory, and nutritional value, presenting high levels of bioactive compounds. The flower of *Cosmos bipinnatus* is rich in essential amino acids and trace elements, contributing to high-quality plant-based diets. The aim of the present study was to characterize the flower of *Cosmos bipinnatus* Cav., considering its potential as a food and the post-harvest stability of the fresh flower. The flowers were harvested in the municipality of Areia–PB and subjected to mineral composition analysis, scanning electron microscopy (SEM), and evaluation of changes in pH, titratable acidity, fresh weight loss, color, and visual appearance after harvest. Samples were maintained at  $27 \pm 3^\circ\text{C}$  and  $67 \pm 5\%$  relative humidity for 4 hours. The edible flower of *Cosmos bipinnatus* showed a mineral composition rich in potassium, calcium, and phosphorus. Its petals have epidermal cells rich in waxes, which are important for maintaining floral turgor. Within the first 4 hours post-harvest, changes in appearance, acidity, and color were observed, indicating the onset of senescence. The flower has nutritional and functional potential, although it is highly perishable in its fresh form. Thus, the use of conservation strategies, such as edible coatings or modified atmosphere packaging, is necessary to extend shelf life for fresh commercialization.

**Keywords:** edible flowers, nutritional value, quality, conservation

## INTRODUÇÃO

As Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC), espécies comestíveis historicamente utilizadas em práticas alimentares locais, porém pouco cultivadas ou desconhecidas no circuito agrícola dominante, têm sido valorizadas como alternativas sustentáveis para diversificação alimentar, conservação da biodiversidade e valorização dos saberes populares (1).

Entre as PANC, flores comestíveis têm ganhado destaque devido ao seu valor estético, sensorial e nutricional, apresentando elevados teores de compostos bioativos como flavonoides, antocianinas, carotenoides e fenólicos totais, reconhecidos por suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e potencial quimioprotetor, que atuam na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis e podem ser aplicados como ingredientes funcionais e corantes naturais (2).

A espécie *Cosmos bipinnatus* Cav. (*Asteraceae*) destaca-se por suas múltiplas propriedades funcionais, especialmente pelas antocianinas presentes em suas flores vermelhas, cujos teores são comparáveis aos da groselha-preta (*Ribes nigrum*) (3). Extratos florais demonstraram significativa atividade antioxidante e antígeno-tóxica, atenuando danos oxidativos ao DNA, e a bioacessibilidade dessas antocianinas é favorecida por características estruturais específicas da matriz vegetal (4, 5).

Nutricionalmente, a flor de *C. bipinnatus* é rica em aminoácidos essenciais e oligoelementos, contribuindo para dietas vegetais de qualidade, além de apresentar propriedades antimicrobianas e dermoprotetoras, como indução da síntese de colágeno e prevenção do fotoenvelhecimento cutâneo, ampliando seu potencial para as indústrias cosmética e farmacêutica (6, 7, 8, 9).

O objetivo do presente estudo foi a caracterização da flor de *Cosmos bipinnatus* Cav., considerando seu potencial como alimento e a estabilidade pós-colheita da flor *in natura*.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local

O estudo foi realizado no Laboratório de Qualidade e Processamento de Produtos de Origem Vegetal (Laprove), com apoio de outros laboratórios da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos (UAEALI), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), *Campus* Campina Grande, Paraíba.

### Matéria-prima

As flores foram colhidas completamente abertas, no início da manhã, no campo de produção da microempresa Paraíso das Flores, localizado na zona rural da cidade de Areia-PB, região do

brejo Paraibano. Cerca de 100 flores de *Cosmos bipinnatus* foram colhidas com auxílio de tesoura doméstica mantendo pedúnculo com de 10 a 15 cm de comprimento. Por ocasião da colheita, as flores foram acomodadas em caixa de isopor resfriadas com gelo, depositado na base da caixa para minimizar o estresse pelo calor, e pulverizadas com água destilada, visando a manutenção do frescor, sendo em seguida, transportadas em carro, para o laboratório, distante aproximadamente 50 Km do local de colheita.

No laboratório, as flores foram distribuídas em mesa de aço inoxidável, devidamente higienizadas e selecionadas, mantendo-se somente as flores com uniformidade de cor, tamanho e ausência de defeitos. Posteriormente, tomou-se 10 flores que foram padronizadas quanto ao comprimento do pedúnculo para o 0,5 cm, para o estudo de estabilidade quanto a perda de massa fresca e cor, nas primeiras horas após a colheita. Outras 30 flores foram separadas em triplicatas, para as demais análises, conforme apresentado a seguir:

### **pH e acidez titulável**

A determinação do pH e da acidez titulável foi realizada imediatamente após o processo de seleção, denominado tempo zero e após 4 horas de armazenamento em condição ambiente ( $27 \pm 3^\circ\text{C}$  e  $67 \pm 5\%$ ), mantidas sob a mesa, seguindo os procedimentos analíticos descritos pelo **Instituto Adolfo Lutz (10)**.

### **EDX**

Para essa análise, secou-se 6g da flor, descartando-se apenas o pedúnculo, em estufa convectiva por 24 horas a  $60^\circ\text{C}$  para a obtenção da biomassa seca. Em seguida, a mesma foi encapsulada em presa pneumática sob pressão de 4 bar por 30 segundos e analisada quanto a presença dos minerais (Ca, K, P, Fe, Zn, Se) por meio de EDX 720 (Shimadzu, Japão).

### **Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)**

Para a realização da leitura, as flores foram secas em estufa a  $60^\circ\text{C}$  por 20 horas. As imagens foram obtidas em microscópio eletrônico de varredura computadorizado (marca Tescan modelo VEGA 3 LMU), operando em uma voltagem de 0,3kV. As imagens foram capturadas nos aumentos de 300, 750, 1000, 1500, 2000, 2500X para análise e interpretação das estruturas registradas.

### **Análises da estabilidade da flor após a colheita**

Para essa etapa as flores de *Cosmos bipinnatus* foram mantidas à temperatura ambiente ( $27 \pm 3^{\circ}\text{C}$  e  $67 \pm 5\%$ ), sem adição de água ou conservantes, e avaliadas em cinco intervalos distintos: 0 h, 1 h, 2 h, 3 h e 4 h. Considerando-se 0h, o ponto inicial de avaliação, que ocorreu cerca de 3h após a colheita (tempo de transporte e seleção no laboratório).

**Perda de massa fresca (%):** Para essa análise utilizou-se 10 flores, que foram pesadas individualmente, em cada tempo (0, 1, 2, 3 e 4h) em balança semi-analítica, marca Quimis, com precisão de 0,0001. A perda de massa fresca foi obtida pela diferença entre o peso inicial e o obtido em cada intervalo de aferição.

**Cor:** A coloração foi avaliada através de leituras registradas diretamente nas pétalas florais, utilizando-se um colorímetro digital CR-10 (Konica Minolta Japão), com registros de leitura em L, a, b, em cada tempo.

Com base nessas avaliações estabeleceu-se uma escala de aparência ordinal de 5 notas, desenvolvida com base no aspecto visuais, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Escala visua de aparêcia da flor de *Cosmos bipinnatus* após a colheita.

Nota	Quantidade
1	Totalmente túrgida: flor fresca, cores vibrantes e pétalas firmes
2	Levemente túrgida: leve perda de frescor e pequenas mudanças de cor
3	Sinais do murchamento e de descoloração
4	Pétalas murchas e alterações nítidas na cor, escurecimento ou amarelecimento
5	Extremamente murcha: pétalas caídas e estrutura deteriorada

Fonte: Autores, 2025

### **Análise estatística**

Os dados foram analisados quanto à análise descritiva quanto à interpretação das caracterizações e análise de regressão, para o estudo da estabilidade pós-colheita das flores (tempo de avaliação). Para a regressão, na escolha da equação levou-se em conta o melhor modelo matemático para o ajuste ao fenômeno biológico, a coeficiente de determinação e a significância do teste ao nível de 5% de probabilidade. O software SISVAR versão 5.6 (9). Os gráficos foram confeccionados com o auxílio do software Excell versão 2506 Build 16.0.18925.20076.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análises físico-químicas

#### pH e acidez titulável

Após 4 horas de armazenamento da flor de *Cosmos bipinnatus*, se observou um leve aumento no pH, passando de 4,992 para 5,037, acompanhado por redução na acidez titulável, que passou de 0,094% para 0,088%. Essas variações, embora sutis, são coerentes com alterações fisiológicas e bioquímicas típicas do metabolismo pós-colheita em flores. Segundo Lin e Jones (11), durante a senescência floral, há uma intensificação do metabolismo respiratório associado ao aumento da produção de etileno, o qual estimula a expressão de genes relacionados à degradação celular, como os envolvidos na autofagia. Esse processo leva à mobilização e ao consumo de reservas intracelulares, incluindo açúcares e ácidos orgânicos, o que reduz a acidez do tecido floral e resulta na elevação gradual do pH.

Tabela 2 - Análises realizadas no início e 4 h após a colheita

Análise	Tempo - 0 h	Tempo - 4 h
pH	4,992 ± 0,006	5,037 ± 0,010
Acidez (% de ácido cítrico)	0,094 ± 0,009	0,088 ± 0,017

Fonte: Autores, 2025

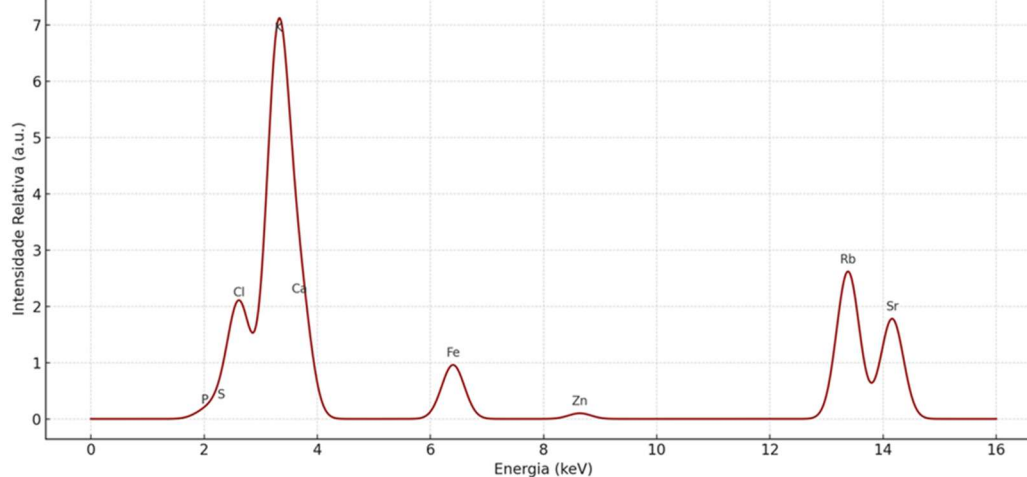
De acordo com van Doorn (12), a senescência das pétalas pode ser classificada em categorias distintas, mas em todas elas observa-se uma tendência comum: o declínio da acidez celular e o aumento da alcalinidade à medida que os tecidos perdem função e estrutura. A redução de ácidos como o cítrico e o málico, utilizados como fontes de energia, é um fator determinante para o aumento do pH em flores recém-colhidas.

Além disso, van Doorn e Woltering (13) destacam que o aumento do pH no meio celular pode afetar diretamente a absorção de água pelas flores, visto que pH mais elevado favorece o crescimento microbiano nos vasos condutores, obstruindo-os e acelerando a perda de turgidez. Dessa forma, mesmo pequenas alterações de pH, como a observada neste estudo, podem ter impacto significativo na qualidade pós-colheita, influenciando negativamente a vida útil da flor.

### EDX

Os espectros obtidos na Figura 1 revelaram a presença de diversos macro e micronutrientes, além de elementos com possível origem mineral ou ambiental.

Figura 1 - Espectros de energia dispersiva de raios X (EDX) obtidos da flor *Cosmos bipinnatus*



Fonte: Autores, 2025

Na faixa de baixa energia (0–12 keV), foram detectados elementos essenciais no metabolismo vegetal, incluindo fósforo (P), enxofre (S), cloro (Cl), potássio (K), cálcio (Ca), ferro (Fe) e zinco (Zn). Esses elementos desempenham papéis fundamentais na fisiologia vegetal: Na, K e Cl atuam na regulação osmótica; P e S participam da síntese de ATP e aminoácidos sulfurados; Ca é responsável por funções estruturais e sinalização celular; Zn atua como cofator de enzimas antioxidantes e o Fe é amplamente reconhecido por seu papel como cofator em reações de oxidação-redução e síntese de cloroplastos, além de estar envolvido na cadeia respiratória mitocondrial (14,15).

Já na faixa de energia superior, foram identificados rubídio (Rb) e estrôncio (Sr). Elementos como Sr, Rb, por sua vez, não são essenciais à fisiologia vegetal, mas podem ser absorvidos do solo por mecanismos não seletivos, sendo comumente acumulados em tecidos florais (16, 15). O estrôncio, por exemplo, mimetiza o cálcio e pode se ligar às mesmas vias de transporte, enquanto o rubídio possui comportamento químico semelhante ao potássio.

A *Cosmos bipinnatus* apresenta um sistema bioquímico ativo, o que pode estar correlacionado à presença de metabólitos secundários com potencial bioativo, como flavonoides, ácidos fenólicos e antocianinas, amplamente relatados na literatura (14). Essa composição pode contribuir para propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas atribuídas à espécie, além de indicar seu potencial uso em formulações nutraceuticas ou farmacológicas.

Ressalta-se que a presença de elementos-traço pode refletir as condições edafoclimáticas do local de cultivo, além de eventuais interações da flor com o ambiente (17, 18).

A análise por espectroscopia de dispersão de energia de raios X (EDX) revelou uma composição mineral complexa e rica da amostra floral, como mostra a Tabela 3, com destaque para os elementos potássio (K), cálcio (Ca), cloro (Cl), fósforo (P), enxofre (S), ferro (Fe), zinco (Zn).

Tabela 3 - Concentrações dos elementos presentes na flor *Cosmos bipinnatus*, obtidos por espectroscopia de energia dispersiva de raios x (EDX), empregando-se o método de parâmetros fundamental (Quan-PF)

Elementos	Teor (%)	DP (%)	Linha	Intensidade
K	58,515	0,091	K $\alpha$	6,7435
Ca	26,189	0,085	Ca K $\alpha$	2,0944
Cl	8,686	0,124	Cl K $\alpha$	2,0303
P	3,273	0,047	P K $\alpha$	0,1212
S	2,004	0,081	S K $\alpha$	0,2228
Fe	0,610	0,016	Fe K $\alpha$	0,9637
Rb	0,288	0,028	Rb L $\alpha$	2,6175
Zn	0,258	0,008	Zn K $\alpha$	1,0622
Sr	0,177	0,005	Sr L $\alpha$	1,7824

Fonte: Autores, 2025

O potássio, com concentração de 58,52%, é um macronutriente essencial não apenas para o metabolismo vegetal, mas também para a saúde humana, sendo fundamental na manutenção do equilíbrio hídrico, na contração muscular, na função nervosa e na regulação da pressão arterial. Estudos indicam que flores comestíveis apresentam elevados teores de potássio, muitas vezes superiores aos encontrados em hortaliças (19), o que as torna excelentes alternativas para enriquecer a dieta com esse mineral.

O cálcio, identificado em 26,19%, é conhecido por seu papel estrutural nas paredes celulares vegetais, mas também é indispensável na alimentação humana, sendo crucial para a saúde óssea, coagulação sanguínea, transmissão nervosa e função enzimática. A literatura confirma a relevância do cálcio como nutriente predominante em muitas espécies florais comestíveis (20).

O cloro, embora presente em menores quantidades, desempenha papel importante na fisiologia vegetal, como na fotólise da água e no balanço eletrolítico (21). Para os seres humanos, sua forma iônica é vital na regulação do equilíbrio ácido-base e na produção de ácido gástrico, essencial para a digestão.

O fósforo, componente estrutural de moléculas como ATP e ácidos nucleicos, tem papel central na liberação e armazenamento de energia celular. Sua presença em alimentos é necessária para o metabolismo energético e a manutenção da estrutura óssea. Já o enxofre, encontrado em aminoácidos como a cisteína e a metionina, contribui para a síntese proteica e o funcionamento adequado de enzimas e antioxidantes no organismo humano (22). A presença de micronutrientes

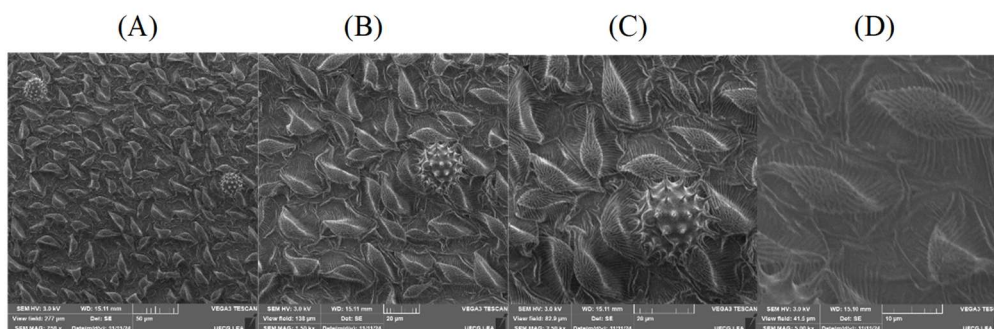
como ferro e zinco é particularmente relevante do ponto de vista nutricional. O ferro participa da formação da hemoglobina e do transporte de oxigênio, enquanto o zinco está associado à função imunológica, cicatrização de feridas e síntese de proteínas (23). Assim, a detecção desses elementos reforça o valor nutricional da flor como alimento funcional.

Apesar de presentes em menores proporções, o rubídio e o estrôncio também merecem destaque. Algumas plantas acumulam esses elementos traço, que, embora não essenciais à nutrição humana, podem desempenhar funções substitutivas ao potássio e ao cálcio, respectivamente, e têm sido estudados por seus potenciais efeitos na saúde óssea e na atividade enzimática (13).

### Microscopia Eletrônica De Varredura (MEV)

Nas micrografias (Figura 2), verifica-se que a epiderme da pétala de *Cosmos bipinnatus* é composta por células pavimentosas, poligonais, com contornos sinuosos bem definidos. A cutícula apresenta microestruturas e deposição interveniente de ceras epicuticulares, conforme observado na ampliação de até 5.000X conforme a Figura 2 (D).

Figura 2 - Microestrutura da epiderme petalar de *Cosmos bipinnatus* observada por MEV



A: Aumento de 750x; B: Aumento de 1500x; C: Aumento de 2500x; D: Aumento de 5000x.

Fonte: Autores, 2025.

A presença de epicutícula está associada à menor perda hídrica e maior resistência à ação de microrganismos, o que contribui para maior durabilidade em pós-colheita (24, 25). Estudos recentes mostram que padrões cuticulares se formam por mecanismos de buckling durante o crescimento epidérmico, desempenhando papel importante na funcionalidade ótica e estrutural da petalização (26, 27).

Nas imagens (B) e (C), destaca-se a presença de estruturas esféricas com ornamentações típicas, compatíveis com grãos de pólen que, possivelmente, foram depositados sobre a superfície

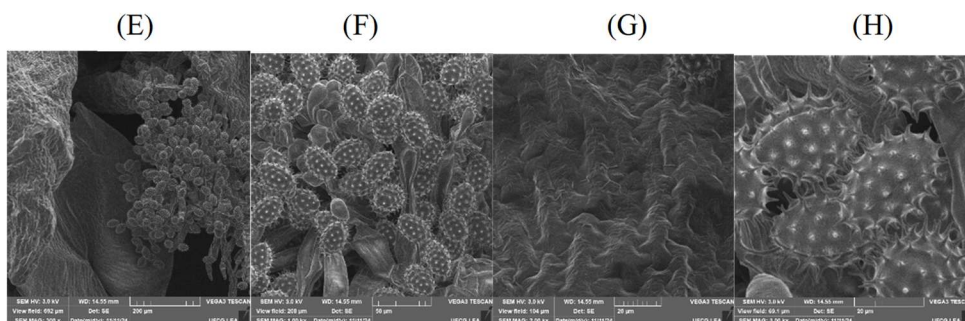
da pétala durante o manuseio ou exposição natural da amostra. Essas partículas não fazem parte da epiderme em si, mas reforçam a interação natural da flor com o ambiente.

A epiderme é composta por células papilosas, que apresentam projeções e contornos bem definidos, conferindo uma estrutura superficial irregular à superfície. Essa morfologia está frequentemente associada à alta deposição de ceras epicuticulares, o que justifica o brilho intenso observado macroscopicamente nas flores dessa espécie. Além de estética, essa característica tem importante papel fisiológico: contribui para a redução da perda de água por evaporação e oferece barreira física contra patógenos.

Além disso, é provável que essas células acumulem flavonoides em altas concentrações, compostos conhecidos por sua capacidade de absorver radiação UV e atuar como antioxidantes. Os flavonoides também são responsáveis pela coloração vibrante das pétalas de *C. bipinnatus*, sendo seus níveis diretamente relacionados à intensidade do vermelho, rosa ou púrpura observada visualmente e quantificada nos parâmetros cromáticos  $a^*$  e  $b^*$ .

Conforme observado na Figura 3, as micrografias evidenciaram os grãos de pólen com morfologia típica da família *Astereae*, com formatos esféricos, isopolares, tricolporados, e ornamentados com espículas conicais com microporos na base (28, 29).

Figura 3 - Morfologia polínica de *Cosmos bipinnatus* analisadas por MEV.



E: Aumento de 300x; F: Aumento de 1000x; G: Aumento de 2000x; H: Aumento de 3000x.  
Fonte: Autores, 2025.

Estudos recentes sobre a família Asteraceae confirmam que as espículas têm comprimento médio entre 2–4  $\mu\text{m}$ , com base alargada, e que os microporos emergem das bases das espículas, facilitando a liberação de substâncias como proteínas e lipídios biologicamente ativos (30).

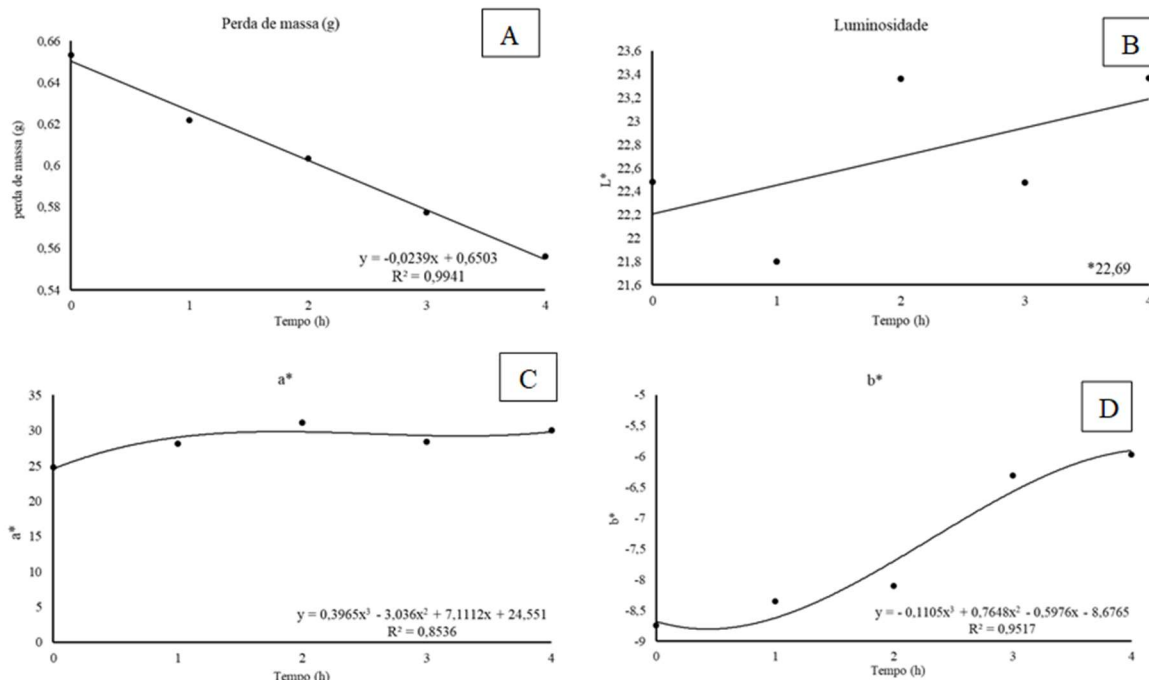
Do ponto de vista alergênico, pesquisas recentes indicam que lipídios e proteínas exínicos podem ser liberados via padrões ornamentais podendo gerar respostas imunes no organismo humano (28).

## Estabilidade pós-colheita da flor

Foi realizado um acompanhamento da flor ao longo de 4 horas, a fim de analisar sua perda de massa fresca e possíveis alterações em sua cor. Para estudar o comportamento destes fenômenos, foi utilizada a regressão para os parâmetros em relação ao tempo.

Houve uma tendência a redução da massa da flor ao longo do tempo, o que era um processo esperado devido a sua transpiração e o início da senescência. Como mostra a Figura 4A, a perda de massa ocorreu de forma linear.

Figura 4. Gráficos de regressão para as variáveis de perda de massa fresca e coloração.



\*L:

Dados não ajustados aos modelos de regressão  
Fonte: Autores, 2025.

Segundo Gonçalves-Trevisoli et al. (31), durante o armazenamento ou após a colheita de flores a ativação de mecanismos fisiológicos de estresse que incluem aumento de perda de água, oxidação de compostos voláteis e degradação de pigmentos. Estes fatores quando combinados, contribuem para a perda de massa e qualidade estética das flores.

O estudo da coloração das pétalas da flor *Cosmos bipinnatus* foi avaliada usando três variáveis: L\*, a\* e b\*. Esses parâmetros fazem parte do sistema CIELAB, que é um método muito usado para medir cores de forma objetiva. Assim como a perda de massa, foi possível analisar o comportamento da mudança destas cores através de uma análise de regressão apresentada na Figura 4B, C e D.

O valor L\* indica o quanto a flor é clara ou escura, variando de 0 (preto) a 100 (branco). Se esse valor muda, pode ser sinal de que a flor está ficando mais opaca, escura ou perdendo brilho, o que pode acontecer por desidratação ou envelhecimento. Como pode ser observado na Figura

4B, este parâmetro apresenta uma leve tendência de aumento ao longo das 4 horas, mas o valor de  $R^2$  (0,337 a 0,366) indica que a variação é pouco explicada pelo tempo.

O valor  $a^*$  mostra se a cor está mais próxima do vermelho ou do verde. Este parâmetro aumentou ao longo do tempo, principalmente até a segunda hora. Quando  $a^*$  aumenta, significa que a flor está ficando mais avermelhada. Isso pode ser causado por mudanças nos pigmentos naturais, como as antocianinas, que são comuns em pétalas coloridas. Esta mudança pode ser associada a ação da luz ou também pode ser explicado ao início do processo de envelhecimento. Com o  $R^2$  de 0,854, a equação polinomial de 3ª ordem consegue explicar bem a mudança nesta coloração, como apresenta a Figura 4C

Por fim, o valor  $b^*$  mostra se a cor tende mais para o azul ou para o amarelo. Quando esse valor aumenta, quer dizer que a flor está perdendo a cor azulada e ficando mais amarelada. Isso pode acontecer quando os pigmentos começam a se degradar, o que é comum com o passar do tempo. Assim como o parâmetro  $a^*$ ,  $b^*$  também aumentou ao longo do tempo, indicando o pigmento mais amarelado. Este fenômeno pode estar ligado à degradação de pigmentos ou ao início da senescência floral. Seu fenômeno também foi explicado pela equação polinomial de 3ª ordem, apresentando um  $R^2$  de 0,952, como mostra a Figura 4D.

Essas quatro variáveis juntas ajudam a entender melhor como a cor da flor muda ao longo do tempo e como isso pode estar ligado aos processos de senescência, perda de água e exposição à luz. De forma resumida, os gráficos apresentados indicam que, mesmo em poucas horas, a flor começa a apresentar mudanças visíveis em sua coloração e massa, mesmo que ainda mantenha luminosidade de forma mais estável nesse período inicial.

Tabela 4 - Pontos atribuídos para cada tempo

Tempo (h)	Pontos
0	1
1	2
2	3
3	3
4	5

Fonte: Autores, 2025

Na tabela 4 estão os pontos atribuídos para cada tempo de pós colheita das flores *Cosmos bipinnatus*. No tempo 0 h, as flores estavam no ponto 1, apresentando coloração intensa, pétalas firmes e estrutura completamente túrgida, condição típica de flores recém-colhidas e fisiologicamente ativas. Esse estágio é caracterizado por integridade celular preservada e metabolismo equilibrado, com ausência de sinais visuais de senescência. De acordo com Sun *et al.* (32), essa fase corresponde ao início da pós-colheita, em que o balanço hídrico é fundamental para manter a aparência.

Após 1 hora, o pronto atribuído foi 2, indicando leve perda de turgor e poucas mudanças na coloração. Estudos recentes destacam que a perda de água por transpiração sem reposição adequada é um dos principais fatores responsáveis pela aceleração da senescência em flores (32).

No tempo de 2 horas, foi observado o ponto 3, o que corresponde ao início do murchamento, com sinais de descoloração e perda de firmeza das pétalas. Esse momento marca uma transição crítica entre a aparência comercial e o início da perda de valor agregado.

No tempo de 3 horas, o ponto se manteve em 3, sugerindo uma breve estabilização visual. Essa estagnação pode estar relacionada à adaptação temporária das células ao estresse hídrico, antes do colapso final. Conforme discutido por Farooq *et al.* (33), algumas flores passam por um equilíbrio visual, onde a estrutura externa parece estável, mas os processos senescentes continuam avançando internamente, como a perda de integridade das organelas e do citoesqueleto.

Já no tempo de 4 horas, a pontuação foi 5, indicando senescência avançada, com pétalas visivelmente colapsadas, murchas e início da deterioração tecidual. Nessa fase de senescência, as pétalas apresentam intensa degradação de proteínas estruturais associada à ativação de diversas classes de proteases, incluindo cisteína e serina proteases, além da intensificação de processos de ubiquitinação, indicando perda irreversível da integridade celular, resultando no murchamento intenso e perda de cor característica (34).

## CONCLUSÕES

A flor comestível de *Cosmos bipinnatus* se destaca por sua composição mineral rica em potássio, cálcio e fósforo. Possui pétalas com células epidérmicas com rica em ceras, importantes para a estabilidade da turgescência floral. Nas primeiras 4 horas após a colheita, foram observadas alterações na aparência, acidez e cor, indicando início do processo de senescência. A flor possui potencial nutricional e funcional, embora alta perecibilidade, *in natura*. Torna-se necessário o uso de estratégias de conservação, como refrigeração, revestimentos comestíveis ou atmosferas modificadas, para ampliar a durabilidade para comercialização *in natura*, para mercados mais distantes.

## REFERÊNCIAS

1. BIONDO, E. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC) na merenda escolar: guia prático de implementação**. Curitiba: UFPR, 2018. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/download/6846/5005/29921>. Acesso em 13 de agosto de 2025
2. ALVES, F. M. Flores comestíveis: aspectos nutricionais, sensoriais e funcionais. **Revista Brasileira de Plantas Funcionais**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 345–358, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3895/rbsnf.v19n2.14667>.

3. KULICHENKO, A. N.; KUREGYAN, A. G.; USHAKOVA, N. A.; et al. Cosmos bipinnatus Red as a promising source of anthocyanins and biologically active substances. **Biology Bulletin Reviews**, (S. l.), v. 12, n. 6, p. 579–591, 2022.
4. JANG, D. S.; PARK, E. J.; HAWTHORNE, M. E.; et al. Potential cytotoxic and anti-inflammatory constituents of the flowers of Cosmos bipinnatus. **Journal of Natural Products**, (S. l.), v. 71, n. 6, p. 973–975, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11130-008-0086-8>.
5. TEIXEIRA, R. F. G.; DA SILVA, L. F. S.; SOUZA, J. G. S.; et al. Bioaccessibility and antioxidant potential of anthocyanins in edible flowers: a case study with Cosmos bipinnatus. **Food Chemistry**, (S. l.), v. 436, p. 137188, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.137188>.
6. KULICHENKO, A. N.; LYAKHOVA, E. G.; USHAKOVA, N. A.; et al. Nutritional assessment of Cosmos bipinnatus flowers: amino acid and trace element composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, (S. l.), v. 119, p. 105291, 2023.
7. WANG, Y.; LIU, Y.; GUO, Q.; et al. Flavonoid constituents from Cosmos bipinnatus and their antioxidant and antimicrobial activities. **Molecules**, Basel, v. 24, n. 1, p. e1–11, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules24010001>.
8. JASTI, M.; SUNKARI, Y.; ANANTHULA, S.; et al. Evaluation of antimicrobial activity of Cosmos bipinnatus flower extract and phytochemical analysis by GC–MS. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, (S. l.), v. 42, p. 102331, 2022. Disponível em: <https://rjptonline.org/AbstractView.aspx?PID=2022-15-4-7>. Acesso em 13 de agosto de 2025.
9. FERREIRA DF, (2011) Sisvar: Um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agroecologia**. 35 (6): 1039-1042.
10. INSTITUTO ADOLF LUTZ. Normas Analíticas do instituto Adolf Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4ª ed. (1º Edição digital), 2008. 1020p.
11. LIN, Y.; JONES, M. L. CRISPR/Cas9-mediated editing of autophagy gene 6 in *Petunia* decreases flower longevity, seed yield, and phosphorus remobilization by accelerating ethylene production and senescence-related gene expression. *Frontiers in Plant Science*, v. 13, 840218, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.840218>.
12. VAN DOORN, W. G. Categories of petal senescence and abscission: a re-evaluation. *Annals of Botany*, v. 87, n. 4, p. 447–456, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1357>.
13. VAN DOORN, W. G.; WOLTERING, E. J. Physiology and molecular biology of petal senescence. *Journal of Experimental Botany*, v. 59, n. 3, p. 453–480, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erm356>.
14. CHENG, Z.; LI, X.; WANG, Y.; et al. Elemental and phytochemical composition of edible flowers: nutritional and health implications. **Food Chemistry**, (S. l.), v. 356, p. 129664, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129664>.
15. KABATA-PENDIAS, A. **Trace elements in soils and plants**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2011.
16. WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Calcium in plants. **Annals of Botany**, Oxford, v. 92, p. 487–511, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcg164>.
17. GOLDSTEIN, J. I.; NEWBURY, D. E.; MICHAEL, J. R.; et al. Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis. 4. ed. New York: **Springer**, 2018.
18. TAMANNA, N.; DAS, S.; ALAM, M.; et al. Elemental composition and biological activity of butterfly pea (*Clitoria ternatea*) flower extracts. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, (S. l.), v. 25, p. 100396, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2023.100396>.
19. ŠIRMER, J.; WEIDT, S.; MUELLER, S.; et al. Mineral composition and antioxidant activity of selected edible flowers. **Molecules**, Basel, v. 26, n. 18, p. 5562, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26185562>.

20. JAGANATHAN, D.; VASUDEVAN, P.; KRISHNAN, R.; et al. Nutritional profile and phytochemical screening of edible flowers consumed in India. **Journal of Food Biochemistry**, (S. I.), v. 43, n. 10, e13054, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfbc.13054>.
21. MAATHUIS, F. J. M. Sodium in plants: perception, signalling and regulation of sodium fluxes. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 65, n. 3, p. 849–858, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/ert326>.
22. TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MÖLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
23. GUERRERO-CALDERÓN, J. C.; RAMÍREZ, L. M.; MORENO, R. H. Nutritional and functional properties of edible flowers: a review. **Plants**, Basel, v. 10, n. 9, p. 2005, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10092005>.
24. HEREDIA, A. Revisiting plant cuticle biophysics. **New Phytologist**, Oxford, 2024. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/nph.20009>. Acesso em 11 de agosto de 2025.
25. YEATS, T. H.; ROSE, J. K. C. The formation and function of plant cuticles. **Plant Physiology**, (S. I.), v. 163, n. 1, p. 5–20, 2013. Disponível em: <https://academic.oup.com/plphys/article/163/1/5/6111040>. Acesso em 16 de agosto de 2025
26. MOYROUD, E.; WENZEL, T.; MIDDLETON, R.; et al. Cuticle chemistry drives the development of diffraction gratings on the surface of Hibiscus trionum petals. **Current Biology**, (S. I.), v. 32, n. 24, p. 5323–5334.e6, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.10.065>.
27. LUGO-VÉLEZ, C. A.; MAZUMDER, A.; JI, W.; et al. Morphoelastic modelling of pattern development in the petal epidermal cell cuticle. **Journal of the Royal Society Interface**, (S. I.), v. 20, n. 206, p. 20230001, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsif.2023.0001>.
28. GROSSE-JENSEN, S.; LIRA, C. M.; HEIDLER, C.; et al. Systematic analysis of some Astereae (Asteraceae) species by integrating pollen morphology and molecular evidence. **Frontiers in Plant Science**, London, v. 14, p. 1558995, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1558995>.
29. ROWLEY, L. J.; TRITTEL, S.; BØHN, S. K.; et al. Pollen-derived lipids can play a role in allergic airway inflammation. **Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice**, (S. I.), v. 10, n. 4, p. 823–830, 2021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6297749/>. Acesso em 14 de agosto de 2025
30. HAN, L.; WANG, J.; SUN, J.; et al. Spines vs. microspines: an overview of the sculpture exine in selected basal and derived Asteraceae with focus on Asteroideae. **Plants**, (S. I.), v. 246, n. 1, p. 45–58, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28534179/>. Acesso em 10 de agosto de 2025.
31. GONÇALVES-TREVISOLI, E. D. V. et al. Produtos fitossanitários não biológicos disponíveis e potenciais para agricultura. In: ÉTICA do cuidado, legislação e tecnologia na agropecuária. Cascavel: UNIOESTE, 2017. p. 163-177. Disponível em: [https://www5.unioeste.br/portalunioeste/arg/files/cca/Ciencias\\_Agrarias\\_etica\\_do\\_cuidado\\_legislacao\\_e\\_tecnologia\\_na\\_agropecuaria.pdf#page=163](https://www5.unioeste.br/portalunioeste/arg/files/cca/Ciencias_Agrarias_etica_do_cuidado_legislacao_e_tecnologia_na_agropecuaria.pdf#page=163). Acesso em 13 de agosto de 2025.
32. SUN, X. et al. Molecular regulation of petal senescence and strategies to extend flower longevity. **Molecular Horticulture**, v. 1, n. 6, p. 1–12, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43897-021-00015-8>.
33. FAROOQ, S.; LONE, M. L.; UL, H. A.; PARVEEN, S.; ALTAF, F.; TAHIR, I. Signalling cascades choreographing petal cell death: implications for postharvest quality. **Plant Molecular Biology**, v. 114, n. 3, p. 63, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11103-024-01449-6>.

34. LU, J. et al. Proteome and ubiquitome changes during rose petal senescence. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 20, n. 24, p. 6108, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms20246108>.