



SAFRA OU ENTRESSAFRA: COMO O BRANQUEAMENTO SE RELACIONA AO TEOR DE ANTOCIANINAS EM POLPAS DE AÇAÍ?

Mateus P. Silva¹; Natália E. da Silva^{1,2,3,4,5}; Gabriel A. da Silva^{2,3}; Jefferson R. D. da Luz^{3,4};

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá (IFAP), Macapá, AP, Brasil

2 Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE, Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Macapá, AP, Brasil

3 Laboratório de Química Orgânica e Bioquímica, Universidade do Estado do Amapá (UEAP), Macapá, AP, Brasil

4 Colegiado de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Oiapoque, AP, Brasil

5 Colegiado Coordenação do Curso Técnico em Marketing, IFAP, Santana, AP, Brasil
theusferra12@gmail.com

Palavras-Chave: Flavonoides, pigmentos naturais, produtos amazônicos.

Introdução

O açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) constitui um recurso de elevada importância alimentar, econômica e sociocultural para a Amazônia, especialmente nos estados do Amapá e do Pará. Em Macapá, sua cadeia de beneficiamento integra a geração de renda e o cotidiano alimentar da população, ao mesmo tempo em que exige cuidados para assegurar a qualidade e a inocuidade da polpa comercializada (Bezerra, 2016; Nascimento; Rempel, 2022). Entre os componentes de interesse químico do fruto destacam-se as antocianinas, pigmentos naturais responsáveis por tonalidades que variam do vermelho ao azul e associados à capacidade antioxidante do açaí.

As antocianinas pertencem à classe dos flavonoides e apresentam estrutura baseada no cátion flavílio, com esqueleto carbônico C6–C3–C6 e grupos cromóforos que determinam sua absorção na região visível do espectro (Damodaram; Parkin; Fennema, 2010; Oancea, 2021). A estabilidade desses compostos depende de fatores como pH, temperatura, luminosidade, disponibilidade de oxigênio e condições de armazenamento. Em meio ácido, o cátion flavílio apresenta maior estabilidade; com o aumento do pH, podem ocorrer hidratação, desprotonação e tautomerização, originando espécies com diferentes colorações (Figura 1), e, em condições desfavoráveis, chalconas associadas à degradação do pigmento (Lopes et al., 2007; Arruda et al., 2019). A exposição ao calor também pode provocar alterações estruturais e redução da atividade antioxidante, embora esse efeito dependa das condições do tratamento e da matriz alimentar (Patras et al., 2010; Oancea, 2021).

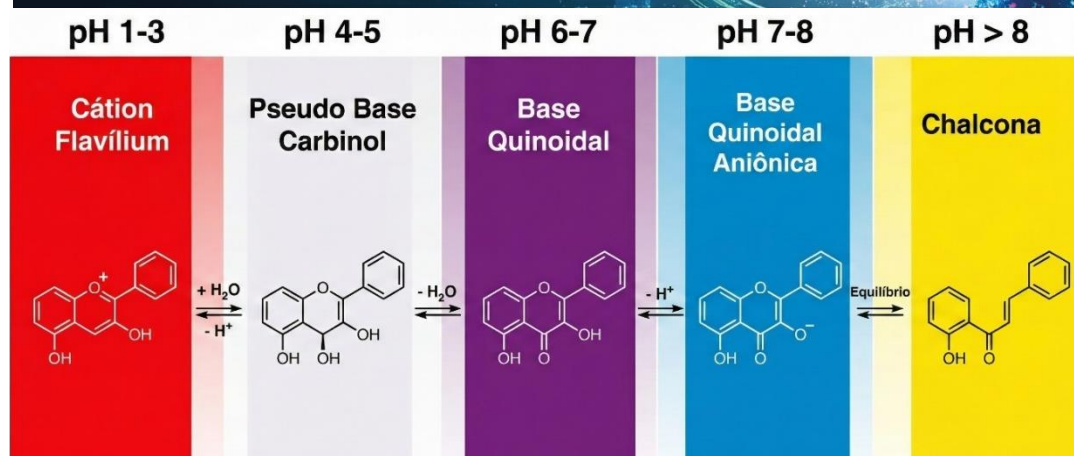


Figura 1 - Formas estruturais das antocianinas em função do pH, evidenciando a conversão do cátion flavílio em pseudo base carbinol, base quinoidal, base quinoidal aniônica e chalcona.

Fonte: Adaptado de Lopes et al. (2007).

No processamento do açaí, o branqueamento consiste na aplicação de elevada temperatura por curto período, seguida de resfriamento, com a finalidade de inativar enzimas e microrganismos (Patras et al., 2011; Bezerra et al., 2017). Essa etapa é particularmente relevante para a prevenção da transmissão oral da Doença de Chagas, associada à possível contaminação dos frutos por *Trypanosoma cruzi*, e integra as exigências sanitárias estabelecidas para o processamento do açaí no Amapá (Amapá, 2015; Rassi; Rassi Junior, 2013). Entretanto, o tratamento térmico pode afetar compostos termossensíveis, criando a necessidade de conciliar segurança sanitária e preservação das propriedades nutricionais e funcionais da polpa.

Além do processamento, o teor de antocianinas pode variar entre os períodos de safra e entressafra, em resposta às características ambientais e à condição da matéria-prima. Desse modo, os efeitos do branqueamento não devem ser analisados isoladamente, pois a estabilidade dos pigmentos e a composição físico-química da polpa podem depender da interação entre o tratamento térmico e a sazonalidade. Essa relação é especialmente relevante no Amapá, onde a produção e o consumo do açaí estão diretamente vinculados às condições regionais e às práticas adotadas nas bateadeiras comerciais.

Apesar da importância do branqueamento para a segurança do alimento, o trabalho original aponta ausência de padronização em estabelecimentos comerciais e escassez de estudos que relacionem, no contexto amapaense, o tratamento térmico, a sazonalidade e a qualidade físico-química da polpa. A investigação dessa relação é relevante para subsidiar práticas de processamento adequadas às condições regionais, preservar compostos bioativos, reduzir riscos à saúde pública e valorizar a cadeia produtiva do açaí. Diante desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos do branqueamento e da sazonalidade sobre o teor de antocianinas monoméricas em polpas de açaí comercializadas em Macapá, Amapá.



Material e Métodos

Foram avaliadas polpas de açaí provenientes de três bateadeiras comerciais do bairro Marabaixo IV, em Macapá-AP, que recebiam frutos do mesmo fornecedor. As coletas foram realizadas em junho de 2025, correspondente à entressafra, e em setembro de 2025, correspondente à safra. Em cada bateadeira e período, coletaram-se 500 mL de polpa recém-processada, acondicionados em embalagens higienizadas e identificadas, transportados em caixas térmicas com gelo ao Laboratório de Química da Universidade Estadual do Amapá, Campus I, e mantidos congelados até as análises. As amostras foram identificadas como A1, sem branqueamento; A2, branqueamento a 80 °C por 10 s; e A3, branqueamento a 90 °C por 2 s.

Para o tampão cloreto de potássio-ácido clorídrico, pH 1,0 e 0,1 mol L⁻¹, dissolveram-se 3,275 g de KCl em 250 mL de água destilada; preparou-se separadamente uma solução com 8,32 mL de HCl, completada para 500 mL, e transferiram-se 475 mL dessa solução e 250 mL da solução de KCl para balão de 1 L, completando-se o volume com água destilada. O tampão acetato de sódio-ácido acético, pH 4,5 e 0,1 mol L⁻¹, foi preparado com 8,2 g de acetato de sódio e 7,3 mL de ácido acético, completando-se o volume para 1 L com água destilada. Os valores de pH foram conferidos e ajustados em pHmetro.

Após o descongelamento, pesaram-se 5 g de polpa em tubo Falcon, adicionaram-se 5 mL de metanol e realizou-se agitação por 5 min, banho ultrassônico por 5 min e centrifugação por 10 min. Retirou-se 1 mL do sobrenadante, que foi diluído em metanol.

As antocianinas monoméricas foram determinadas pelo método do pH diferencial de Giusti e Wrolstad (2001), com adaptação de Jesus et al. (2024). Os extratos foram diluídos nos tampões de pH 1,0 e 4,5, empregando-se fator de diluição 200, correspondente a uma parte de extrato para 199 partes de tampão. As absorbâncias foram medidas a 520 e 700 nm, sendo a leitura a 700 nm utilizada para correção de turbidez, em espectrofotômetro UV-Vis BEL Engineering, modelo UVM51, utilizando-se como branco o respectivo tampão.

A absorbância diferencial foi calculada por $A = (A_{520} - A_{700})$ pH 1,0 - $(A_{520} - A_{700})$ pH 4,5. O teor de antocianinas monoméricas, expresso em miligramas de equivalente de cianidina-3-glicosídeo por 100 g de amostra, foi calculado por $AM = (A \times PM \times FD \times 1000) / (\epsilon \times L)$, em que $PM = 540,35$ g mol⁻¹, $FD = 200$, $\epsilon = 25.245$ L mol⁻¹ cm⁻¹ e $L = 1$ cm. As determinações foram realizadas em triplicata.

A normalidade e a homogeneidade das variâncias foram verificadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Aplicou-se ANOVA de duas vias em arranjo fatorial 2 × 3, considerando período (safra e entressafra) e tratamento (A1, A2 e A3), seus efeitos principais e a interação período × tratamento. Quando aplicável, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se $p < 0,05$.

Resultados e Discussão

As curvas de calibração apresentaram $R^2 = 1,00$ nos períodos de safra e entressafra, com coeficientes angulares de 4280,8 e 4273,6, respectivamente. Os limites de detecção

foram de $0,237 \text{ mg kg}^{-1}$ na safra e $0,068 \text{ mg kg}^{-1}$ na entressafra, enquanto os limites de quantificação foram de $0,718$ e $0,206 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente. A proximidade entre os coeficientes angulares indicou resposta analítica semelhante entre os períodos, e os limites inferiores a 1 mg kg^{-1} evidenciaram sensibilidade nas condições avaliadas. Esses parâmetros indicaram linearidade e sensibilidade adequadas, sem caracterizar validação analítica integral, pois outros parâmetros de desempenho não foram investigados. A resposta linear observada foi coerente com a aplicação de métodos espectrofotométricos para antocianinas descritos por Lee et al. (2005), Inácio et al. (2013) e Custodio-Mendoza et al. (2024).

Os teores de antocianinas monoméricas em polpas de açaí foram maiores na safra em todas as condições avaliadas (Figura 2). Nesse período, o branqueamento a 80°C por 10 s apresentou a maior média, $1423,0 \pm 185,1 \text{ mg}$ de equivalente de cianidina-3-glicosídeo (C3G)/100 g, enquanto, na entressafra, a amostra sem branqueamento apresentou apenas a maior média numérica, $307,6 \pm 11,8 \text{ mg C3G}/100 \text{ g}$. O tratamento a 90°C por 2 s apresentou elevada dispersão na entressafra, com $198,8 \pm 132,5 \text{ mg C3G}/100 \text{ g}$, exigindo cautela em sua interpretação.

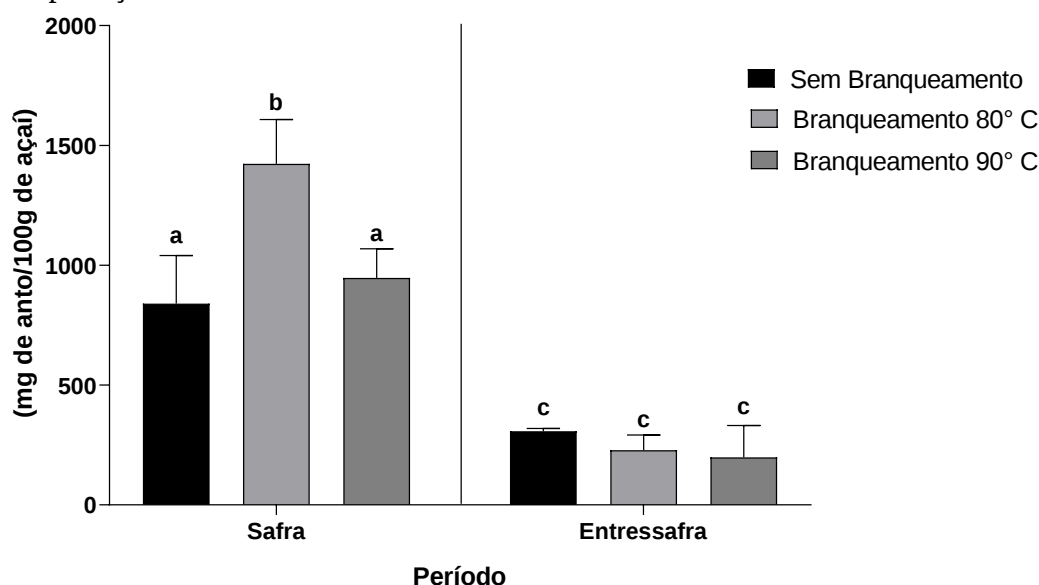


Figura 2 - Teor de antocianinas monoméricas em polpas de açaí submetidas a diferentes condições de branqueamento nos períodos de safra e entressafra. Os resultados estão expressos como média $\pm$ desvio-padrão, em mg de equivalente de cianidina-3-glicosídeo por 100 g de polpa. Colunas identificadas por letras distintas diferiram significativamente pelo teste de Tukey, considerando as combinações entre período e tratamento ($p < 0,05$).

A ANOVA de duas vias indicou efeito do período [$F(1,12) = 116,6$; $p < 0,0001$; 80,04% da variação], do tratamento [$F(2,12) = 4,237$; $p = 0,0307$; 5,17%] e da interação período $\times$ tratamento [$F(2,12) = 9,116$; $p = 0,0034$; 12,51%]. A interação significativa demonstrou que o comportamento associado aos tratamentos variou conforme o período, razão pela qual foram priorizadas as comparações entre os seis grupos. Na safra, o teste de Tukey mostrou que 80°C resultou em média superior à condição sem branqueamento [diferença = $582,9 \text{ mg}/100 \text{ g}$; IC95%: 210,1–955,7; $p = 0,0022$] e a 90°C [diferença = $475,9 \text{ mg}/100 \text{ g}$; IC95%: 103,0–848,7; $p = 0,0105$], enquanto as condições sem branqueamento e a



90 °C não diferiram [diferença = 107,0 mg/100 g; IC95%: -265,8–479,9; $p = 0,9208$]. Na entressafra, não houve diferenças entre os tratamentos ($p \geq 0,9160$). Para a mesma condição de processamento, os teores foram superiores na safra: sem branqueamento [diferença = 532,5 mg/100 g; IC95%: 159,6–905,3; $p = 0,0045$], 80 °C [1194 mg/100 g; IC95%: 821,4–1567; $p < 0,0001$] e 90 °C [748,2 mg/100 g; IC95%: 375,4–1121; $p = 0,0002$].

A maior média observada a 80 °C por 10 s durante a safra pode estar relacionada à rápida inativação de enzimas oxidativas, como polifenoloxidase e peroxidase, à redução da oxidação dos pigmentos e ao aumento da permeabilidade ou à ruptura parcial das estruturas celulares, favorecendo sua extração. Tratamentos térmicos breves podem produzir um equilíbrio entre inativação enzimática, liberação dos pigmentos e degradação pelo calor (Patras et al., 2010; Leite, 2010). O teor inferior a 90 °C, em comparação a 80 °C na safra, pode estar associado à maior intensidade térmica, conforme discutido para a estabilidade das antocianinas por Patras et al. (2010) e Oancea (2021).

O período sazonal apresentou a maior contribuição para a variação e esteve associado a teores significativamente superiores na safra. Esse padrão pode estar relacionado ao estágio de maturação, à luminosidade, à radiação solar, ao regime de precipitação e a outras condições ambientais que modulam a biossíntese de compostos fenólicos (Zifkin et al., 2012; Jaakola, 2013; Yamaguchi et al., 2015). Mattietto et al. (2024) também observaram teores menores na entressafra e maiores na safra em polpas submetidas ao branqueamento a 80 °C por 10 s. Malcher e Carvalho (2011) registraram 261,64 mg/100 g na entressafra e 805,99 mg/100 g na safra, reforçando a ocorrência de variação sazonal. As diferenças numéricas entre estudos devem ser avaliadas considerando local e período de coleta, maturação e origem dos frutos, quantidade de água adicionada no despulpamento, processamento, solvente e tempo de extração, comprimento de onda, armazenamento e forma de expressão dos resultados.

Conclusões

Os resultados indicaram que a sazonalidade esteve associada a variações significativas no teor de antocianinas monoméricas das polpas de açaí analisadas, com valores superiores na safra em todas as condições avaliadas. A interação entre período e tratamento mostrou que a resposta ao branqueamento não foi constante ao longo do ciclo sazonal. Na safra, o tratamento a 80 °C por 10 s apresentou teor significativamente maior que as condições sem branqueamento e a 90 °C por 2 s, enquanto estas não diferiram entre si. Esse comportamento sugere que, nesse período, o aquecimento moderado e de curta duração pode ter favorecido a manutenção ou a extração dos pigmentos. Na entressafra, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, e a maior média numérica da amostra sem branqueamento não representou superioridade estatística. Assim, cada condição de processamento esteve associada a uma batadeira comercial distinta, diferenças entre estabelecimentos, quantidade de água adicionada, armazenamento, processamento e características dos lotes podem ter contribuído para a variação observada.



Agradecimentos

IFAP; Laboratório de Química Orgânica e Bioquímica - UEAP

Referências

- AMAPÁ. Lei nº 1.914, de 3 de julho de 2015. Dispõe sobre a implementação do Programa Estadual de Qualidade do Açaí e cria o Selo Qualidade para estabelecimentos que produzam bebidas e alimentos de consumo humano de origem vegetal (açaí e bacaba) no Estado do Amapá e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Amapá, Macapá, 3 jul. 2015. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=287125>. Acesso em: 27 jun. 2025.
- ARRUDA, Mirela Ribeiro Embirassú; BARBOSA, Elaiane Karine da Silva; SILVA, Carla Fabiana da; VINHAS, Glória Maria. Avaliação de extratos de antocianinas como indicadores de pH obtidos por diferentes métodos. Brazilian Journal of Food Research, Campo Mourão, v. 10, n. 3, p. 87–100, jul./set. 2019.
- BEZERRA, Valeria Saldanha. Efeito de diferentes processos de sanitização de frutos de açaí sobre a sua qualidade microbiológica, físico-química e sensorial. 2016. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1044084>. Acesso em: 13 maio 2025.
- BEZERRA, Valeria Saldanha; DAMASCENO, Leandro Fernandes; FREITAS-SILVA, Otnei; CABRAL, Lourdes Maria Correa. Tratamento térmico de frutos de açaí. Macapá, AP: Embrapa Amapá, 2017. Comunicado Técnico, ISSN 1517-4077.
- CUSTODIO-MENDOZA, Jorge A. et al. A review of quantitative and topical analysis of anthocyanins in food. Molecules, v. 29, n. 8, art. 1735, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules29081735>.
- DAMODARAM, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. Química de alimentos de Fennema. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- GIUSTI, Monica M.; WROLSTAD, Ronald E. Anthocyanins: characterization and measurement with UV-visible spectroscopy. In: WROLSTAD, Ronald E. Current Protocols in Food Analytical Chemistry. New York: John Wiley & Sons, 2001. Unit F1.2.1–F1.2.13.
- INÁCIO, Maria Raquel Cavalcanti et al. Total anthocyanin content determination in intact açaí (Euterpe oleracea Mart.) and palmitero-juçara (Euterpe edulis Mart.) fruit using near infrared spectroscopy (NIR) and multivariate calibration. Food Chemistry, v. 136, n. 3–4, p. 1160–1164, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.046>.
- JAAKOLA, Laura. New insights into the regulation of anthocyanin biosynthesis in fruits. Trends in Plant Science, v. 18, n. 9, p. 477–483, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.06.003>.
- JESUS, Mateus dos Santos de; BEZERRA, Valeria Saldanha; DAMASCENO, Leandro Fernandes. Caracterização química e qualitativa de frutos de açaí coletados em área de várzea do estuário amazônico. In: SIMPÓSIO ONLINE SULAMERICANO DE TECNOLOGIA, ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 3., 2024, online. Anais [...]. Online: [s. n.], 2024.
- LEE, Jungmin; DURST, Robert W.; WROLSTAD, Ronald E. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. Journal of AOAC International, Gaithersburg, v. 88, n. 5, p. 1269–1278, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1093/jaoac/88.5.1269>.
- LEITE, Emanuel Afonso Silva. Efeito do branqueamento na qualidade da polpa do açaí (Euterpe precatoria Mart.). 2010. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2010. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/13011>. Acesso em: 13 maio 2025.



LOPES, T. J.; XAVIER, M. F.; QUADRI, M. G. N.; QUADRI, M. B. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 13, n. 3, p. 291–297, jul./set. 2007.

MALCHER, Ediluci Tostes; CARVALHO, Jose Carlos Tavares. The influence of seasonality on the anthocyanin concentrations in the açaí fruit (*Euterpe oleracea* Mart.) from the Brazilian Amazon. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, v. 1, n. 3, não paginado, set./nov. 2011. ISSN 2231-4490.

MATTIETTO, Rafaella de Andrade; CARVALHO, Ana Vânia; PARACAMPO, Nádia Elígia Nunes Pinto; SILVEIRA NETA, Julieta de Jesus da. Chemical composition and seasonal variations in açaí as it is consumed in the Brazilian Amazon. *Científica*, v. 52, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5016/1984-5529.2024.v52.1434>.

NASCIMENTO, Marco Johnny de Oliveira do; REMPEL, Claudete. Diagnóstico do descarte de caroços de açaí em Macapá/AP e sua utilização como incremento de renda dos beneficiadores. *Revista Estudo & Debate*, [S. l.], v. 29, n. 1, 2022. DOI: <https://doi.org/10.22410/issn.1983-036X.v29i1a2022.2915>. Disponível em: <https://www.univates.br/revistas/index.php/estudoedebate/article/view/2915>. Acesso em: 31 maio 2025.

OANCEA, Simona. A review of the current knowledge of thermal stability of anthocyanins and approaches to their stabilization to heat. *Antioxidants*, v. 10, n. 9, art. 1337, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox10091337>.

PATRAS, A. et al. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods: mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science & Technology*, v. 21, n. 1, p. 3–11, jan. 2010.

PATRAS, A.; TIWARI, B. K. K.; BRUNTON, N. P. P. Influence of blanching and low temperature preservation strategies on antioxidant activity and phytochemical content of carrots, green beans and broccoli. *LWT – Food Science and Technology*, v. 44, n. 1, p. 299–306, 2011.

RASSI, Anis; RASSI JUNIOR, Anis. Doença de Chagas aguda. In: LOPES, A. C.; GUIMARÃES, H. P.; LOPES, R. D.; VENDRAME, L. S. (org.). *Programa de Atualização em Medicina de Urgência e Emergência (PROURGEM)*. Porto Alegre: Artmed/Panamericana, 2013. p. 41–85. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/269985225_Doenca_de_Chagas_aguda. Acesso em: 22 jun. 2025.

YAMAGUCHI, Klenicy Kazumy de Lima et al. Amazon acai: chemistry and biological activities: a review. *Food Chemistry*, v. 179, p. 137–151, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.055>.

ZIFKIN, Michael et al. Gene expression and metabolite profiling of developing highbush blueberry fruit indicates transcriptional regulation of flavonoid metabolism and activation of abscisic acid metabolism. *Plant Physiology*, v. 158, n. 1, p. 200–224, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.111.180950>.