

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL EROSIVO DE BEBIDAS ISOTÔNICAS E ENERGÉTICAS POR ANÁLISE DE CONCENTRAÇÃO HIDROGENIÔNICA

EVALUATION OF THE EROSIVE POTENTIAL OF ISOTONIC AND ENERGY DRINKS USING HYDROGENIONIC CONCENTRATION ANALYSIS

Victor Igor Carvalho de Araújo¹, Welliton dos Santos Batista², Gláucia do Carmo Soares Neves³, José Márcio Lenzi de Oliveira⁴, Priscila Gomes Alves⁵, Josué Miguel de Oliveira⁶

¹ Aluno do Curso de Odontologia – Faculdade Planalto Central (FPC).

² Aluno do Curso de Odontologia – Universidade de Brasília (UnB).

³ Major Protesista – Força Aérea Brasileira (FAB).

⁴ Professor Doutor do Curso de Odontologia – Faculdade Planalto Central (FPC).

⁵ Professora Mestre do Curso de Odontologia – Faculdade Planalto Central (FPC).

⁶ Professor Mestre do Curso de Odontologia – Faculdade Planalto Central (FPC).

RESUMO

Introdução:

A erosão dental é definida como um processo de solubilização dos tecidos dentais duros, através de desafios ácidos intrínsecos e/ou extrínsecos. **Objetivo:** Avaliar a concentração de potencial hidrogeniônico em bebidas isotônicas e energéticas, comercializadas no Distrito Federal – Brasil. **Materiais e Métodos:** Trata-se de um estudo experimental do tipo in vitro, com abordagem quantitativa. Foram coletadas 13 amostras, sendo 9 bebidas energéticas e 4 bebidas isotônicas. Os frascos foram acondicionadas à temperatura de 21°C, para a medição do pH foi utilizado o PHmetro (Cole Parmer, Modelo 05669-20, Illinois, EUA) com mensurações em triplicata. Os dados obtidos foram submetidos a estatística descritiva e ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, seguido de Análise de Variância (ANOVA) de Medidas Repetidas ($p > 0,05$) e teste post-hoc de Tukey. Todas as análises foram realizadas utilizando o software livre Jamovi (versão 2.3.28). **Resultados:** Os resultados obtidos mostram que todas as bebidas avaliadas possuem potencial hidrogeniônico abaixo do ponto crítico para dissolução da hidroxiapatita, de 5.5. No grupo dos isotônicos, o Gatorade® sabor limão obteve o valor mais baixo, com 3.01, seguido de Power ADE® e TNT®, com

3.13 e 3.14, respectivamente. Já no grupo dos energéticos observou-se o Everlast® com o valor de 2.34, seguido de Vulcano e Baly® Tropical/Red Bull® The Winter, com 3.04 e 3.05, respectivamente. **Conclusão:** Todas as bebidas analisadas apresentaram concentração de pH abaixo do nível crítico para desmineralização da hidroxiapatita de esmalte e dentina, sendo potencialmente capazes de provocar erosão dentária se consumidos em elevada frequência.

Palavras-Chave: Erosão dos Dentes; Solubilidade do Esmalte Dentário; pH.

ABSTRACT

Introduction:

Dental erosion is defined as a process of solubilization of hard dental tissues, through intrinsic and/or extrinsic acid challenges. **Objective:** To evaluate the concentration of hydrogen potential in isotonic and energy drinks, sold in the Federal District – Brazil. **Materials and Methods:** This is an in vitro experimental study, with a quantitative approach. 13 samples were collected, 9 of which were energy drinks and 4 isotonic drinks. The flasks were stored at a temperature of 21°C and a PH meter (Cole Parmer, Model 05669-20, Illinois, USA) was used to measure the pH, with

triplicate measurements. The data obtained were subjected to descriptive statistics and the Shapiro-Wilk normality test, followed by Repeated Measures Analysis of Variance (ANOVA) ($p>0.05$) and Tukey's post-hoc test. All analyzes were performed using the free software Jamovi (version 2.3.28). **Results:** The results obtained show that all beverages evaluated have hydrogen potential below the critical point for dissolution of hydroxyapatite, 5.5. In the isotonic group, lemon-flavored Gatorade® obtained the lowest value, with 3.01, followed by Power ADE® and TNT®,

with 3.13 and 3.14, respectively. In the group of energy drinks, Everlast® was observed with a value of 2.34, followed by Vulcano and Baly® Tropical/Red Bull® The Winter, with 3.04 and 3.05, respectively. **Conclusion:** All drinks analyzed had a pH concentration below the critical level for demineralization of hydroxyapatite in enamel and dentin, being potentially capable of causing dental erosion if consumed at high frequency.

Keywords: Tooth erosion; Tooth enamel solubility; pH.

Contato: josue.oliveira@fpc.edu.br

ENVIADO: 05/01/2024
ACEITO: 17/03/2024
REVISADO: 02/04/2024

INTRODUÇÃO

Dieta e saúde bucal estão ligadas de várias maneiras¹. A dieta exerce o papel primordial no desencadeamento da degradação do esmalte dentário em virtude de sua constituição, tais como pH e presença de sacarose². Para além da alimentação, a periodicidade semanal, assim como as condições de estresse psicofísico, também podem gerar importantes flutuações de pH no ambiente oral^{3,4}. Os ácidos relacionados com a erosão podem ser de origem intrínseca e extrínseca^{4,5}. Acredita-se que estes estejam entre as principais causas de erosão dentária^{5,6}. Alimentos e bebidas ácidas, com seu baixo pH, desempenham um papel fundamental no desenvolvimento da erosão^{5,6}. No entanto, o pH de uma substância alimentar por si só não é suficiente para causar erosão^{1,5}. Outros fatores contribuem para o processo erosivo: a presença de cálcio, fosfato e flúor; fatores comportamentais como dieta e hábitos de consumo, estilo de vida e consumo excessivo de ácidos; e fatores biológicos, como taxa de fluxo, capacidade tampão, composição da saliva, composição e anatomia dos dentes e tecidos moles^{5,7}. No entanto, a combinação dos fatores acima mencionados com o processo de desmineralização, dado em particular por práticas incorretas de higiene oral, pode ser a principal causa da implicação clínica da erosão dentária⁵.

Compreender como o consumo de bebidas energéticas se relaciona com os fatores químicos e biológicos que contribuem para a erosão dentária oferece maior compreensão dos riscos associados, uma vez que o teor de acidez titulável, relacionado à capacidade tampão da saliva, influencia diretamente no tempo em que a saliva conseguirá neutralizar as bebidas carbonatadas ingeridas, assim, quanto maior a capacidade tampão, menor o tempo para que a saliva neutralize o ácido ingerido⁵. Além disso, a concentração de cálcio e fosfato, substâncias com propriedades alcalinas, pode neutralizar os ácidos presentes nas bebidas, assim como esses minerais também podem formar complexos com os ácidos, reduzindo a capacidade de causar danos ao substrato dentário¹¹. Em exemplificação, ao comparar bebidas carbonatadas com iogurte, pode-se constatar que estas últimas têm um menor potencial erosivo, mesmo possuindo níveis baixos de pH, devido à maior concentração de cálcio e fosfato¹².

O termo erosão dentária refere-se a processos químico-mecânicos nos quais vários fatores extrínsecos e intrínsecos reduzem os tecidos duros do dente, removendo a camada amolecida atacada por ácidos⁶. A erosão dentária pode envolver tanto a dentição decídua quanto a permanente⁸. O consumo de bebidas desportivas apresentaram uma probabilidade mais acentuada de desmineralização do esmalte

do que a cola, apesar de terem propriedades ácidas semelhantes⁹. Um pH de 5,5 é considerado o “pH crítico” para a dissolução do esmalte, enquanto é 6,5 para a dentina⁵. As bebidas carbonatadas apresentam acidez extrínseca e pH de até 2,5 devido à quantidade de ácido carbônico que se forma com a adição de CO₂, que produz o efervescência e outros ácidos, como ácido cítrico, ácido fosfórico e ácido tartárico¹. Outros fatores importantes, incluindo o tipo e a quantidade de ácidos contidos, a capacidade tampão e a temperatura da bebida, determinam a capacidade de dissolução do esmalte dessas bebidas⁵.

A presença do ácido cítrico em bebidas esportivas e energéticas é um fator crítico a ser considerado⁶. O ácido cítrico não apenas possui propriedades tampão, mas também tem uma preferência ligando-se ao cálcio que é liberado durante o processo de desmineralização dental. Essa afinidade resulta em um fenômeno de quelação do cálcio, levando a uma redução gradual da eficácia do cálcio em atuar como neutralizador da acidez⁵. Como consequência, a acidez persiste por mais tempo, impedindo o processo de remineralização dental de ocorrer de maneira eficaz⁹.

Portanto, o mecanismo de erosão do esmalte deve ser analisado do ponto de vista microscópico¹, bebidas ácidas aumentarão a probabilidade de erosão dentária ou desmineralização do esmalte. Nos últimos anos, a hidratação com bebidas esportivas têm sido amplamente recomendada para prevenir insolação e desidratação, e pessoas de todas as idades consomem bebidas esportivas. Portanto, acredita-se que esse comportamento ao longo do tempo poderá aumentar os casos de erosão dentária no futuro⁶. Tendo em vista o potencial erosivo das bebidas contendo o ácido cítrico e o amplo consumo por atletas, esportistas e o público em geral, o objetivo deste estudo foi realizar a análise do pH de bebidas isotônicas e energéticas comercializadas no Distrito Federal – Brasil, e compreender sua contribuição para a erosão dental.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo trata-se de avaliação quantitativa com base em análises laboratoriais. O experimento in vitro foi conduzido para avaliar o potencial hidrogeniônico de nove

bebidas energéticas e quatro bebidas isotônicas amplamente comercializadas no Distrito Federal. A seleção dessas bebidas foi baseada em sua representatividade no mercado.

No grupo das bebidas isotônicas, incluímos Red Bull Energy Drink®, Red Bull Energy Drink SugarFree®, Red Bull Energy Drink The Winter®, Reign Total Body Fuel®, Monster Energy Green®, Monster Absolutely Zero®, Everlast Energy Drink®, Vulcano Energy Drink® e Baly Tropical®. No grupo das bebidas isotônicas, avaliamos TNT Sports Drinks®, Jungle®, Powerade® (sabor limão) e Gatorade® (sabor limão).

Todas as amostras foram armazenadas a uma temperatura constante de 21°C, e a medição do potencial hidrogeniônico (pH) foi realizada utilizando um pHmetro Cole Parmer, modelo 05669-20, equipado com eletrodos de vidro e um mostrador digital. Antes de iniciar as medições, o equipamento foi devidamente calibrado com soluções padronizadas de pH 7 e pH 4 para garantir a precisão das leituras. Para cada bebida, foram retirados 40 mL da solução, que foram colocados em béqueres estéreis. Todas as análises foram conduzidas em triplicata, garantindo uma abordagem consistente na obtenção dos valores de pH.

De posse das mensurações, foi realizada a estatística descritiva dos dados por meio da Média, Desvio-Padrão e limites mínimos e máximos. Com o intuito de verificar a normalidade dos dados obtidos, foi realizado o Teste de Shapiro-Wilk, em seguida foi feita a Análise de Variância de Medidas Repetidas (ANOVA), e Teste Tukey para comparar as mensurações de triplicata entre si. Todas as análises foram realizadas utilizando o software livre Jamovi (versão 2.3.28).

RESULTADOS

Das 13 bebidas analisadas, observou-se que todas possuem o pH abaixo do ponto crítico de desmineralização da hidroxiapatita, que é de 5,5, a média obtida foi de 3,20 ($\pm 0,3$). No grupo dos energéticos, o Everlast apresentou o menor pH (2,7). Enquanto, no grupo dos isotônicos, a bebida que obteve menor pH (3,1) foi o Gatorade sabor limão.

A Tabela 1, apresenta as medições em triplicata do pH de todas as bebidas analisadas, além da média e desvio padrão. Pode-se

observar que tanto o grupo dos isotônicos quanto o dos energéticos possuem valores de pH abaixo de 3,50. O desvio padrão percebe-se que os valores são bem próximos a 0, indicando uma uniformidade das medições feitas. Ainda, os resultados do teste de Shapiro-Wilk p indicaram valores de 0,089, 0,142, acima de 0,05. Esses resultados sugerem uma distribuição normal dos valores em todas as medições, permitindo

assim a continuidade da análise de medidas repetidas. No valor assinalado com a letra A, 0,016, constatou-se uma diferença significativa pois obteve $p < 0,05$.

Tabela 1. Estatística descritiva das mensurações em triplicata, com análise de médias por bebida e por conjunto de medições, desvio-padrão e teste de normalidade de Shapiro-Wilk.

Amostras	Análise			Média	Desvio-Padrão
	1 ^a	2 ^a	3 ^a		
Monster®	3,41	3,39	3,38	3,39	0,0124722
Monster Zero®	3,48	3,46	3,46	3,47	0,0094281
Red Bull®	3,35	3,34	3,34	3,34	0,004714
Red Bull Zero®	3,42	3,41	3,39	3,41	0,0124722
Reign Total Body Fuel®	3,45	3,43	3,43	3,44	0,0094281
Red Bull The Winter®	3,09	3,08	2,99	3,05	0,0449691
Baly Tropical®	3,09	3,03	3,03	3,05	0,0282843
Everlast Energy Drink®	2,91	2,85	2,34	2,70	0,2557342
Vulcano®	3,01	3,06	3,05	3,04	0,0216025
TNT®	3,16	3,13	3,13	3,14	0,0141421
Jungle®	3,48	3,49	3,49	3,49	0,004714
Power ADE Limão®	3,14	3,12	3,13	3,13	0,008165
Gatorade Limão®	3	3,02	3,02	3,01	0,0094281
Média	3.23	3.22	3.17	-	-
p Shapiro-Wilk	0.089	0.142	0.016 A	-	-

Ao realizar a ANOVA de medidas repetidas, observou-se um valor de p igual a 0,180, superior a 0,05. Isso indica a ausência de diferenças significativas entre as condições

testadas. Portanto, conclui-se que não há variações significativas nas medições (Tabela 2).

Tabela 2. ANOVA de medidas repetidas entre as triplicatas.

	Soma de Quadrados	gl	Quadrado médio	F	p
Análises	0.0278	2	0.01392	1.85	0.180
Residual	0.1809	24	0.00754		

Na Tabela 3, os testes Turkey, aplicados após a ANOVA para identificar possíveis diferenças significativas entre grupos específicos, não revelaram diferenças estatisticamente significantes em nenhuma das comparações.

Todos os valores de p foram superiores a 0,05, indicando a ausência de diferenças significativas entre os grupos analisados.

Tabela 3. Comparações post-hoc com Teste Tukey.

Comparação						
Análises	Diferença Média	Erro-padrão	gl	t	p _{Tukey}	
- 2ª medição	0.0138	0.00821	12.0	1.69	0.250	
- 3ª medição	0.0623	0.04340	12.0	1.44	0.355	
- 3ª medição	0.0485	0.03909	12.0	1.24	0.454	

DISCUSSÃO

O consumo de bebidas com baixo pH e alta capacidade de tamponamento resultará em uma redução significativa do pH na cavidade bucal, podendo levar à perda das funções salivares e ao aumento na dissolução da hidroxiapatita¹⁰. Todas as bebidas analisadas apresentaram potencial erosivo por possuir pH abaixo de 5,5¹¹. O pH ácido encontrado em bebidas industrializadas não é o único fator determinante para o desenvolvimento de lesões erosivas nos dentes. No entanto, é um elemento a ser considerado, particularmente em relação à frequência com que essas bebidas são consumidas, para avaliar o risco individual do paciente em desenvolver esse tipo de problema. O pH ácido nessas bebidas é muitas vezes resultado da adição de conservantes e flavorizantes, como ácido cítrico, tartárico, maléico e fosfórico¹².

No estudo de Baldançã¹³, foi possível identificar presença de potencial erosivo em 43 das 44 bebidas analisadas, excluindo-se apenas o controle (água mineral sem gás), uma vez que todos apresentaram valores médios de pH < 5,5. Dentre as amostras, a Coca-Cola apresentou menor média de pH (2,670) sendo considerada a bebida com maior potencial erosivo. Em seus estudos avaliando o pH das bebidas energéticas, Matumoto¹⁴, concluiu que na cavidade bucal, ao iniciar o consumo de uma bebida, a produção inicial de saliva é reduzida. Consequentemente, no início, o pH desempenha um papel significativo na capacidade erosiva da bebida. Na avaliação todos as bebidas energéticas obtiveram capacidade para induzir a perda significativa de substrato dentário.

Da mesma forma que no estudo de Assis, Barin e Ellensohn¹⁵, todas as bebidas analisadas revelam potencial erosivo, pois os valores de pH medidos estão abaixo do ponto crítico para a erosão dentária, que é de 5,5.

Após 24 e 48 horas de imersão dos dentes, o Gatorade® demonstrou o maior potencial erosivo (1,135%; 1,812%) entre as 10 bebidas selecionadas para análise. Essa observação ressalta uma correlação com o presente estudo, onde o Gatorade apresentou o menor pH entre os isotônicos analisados. De acordo com o estudo de Morgado¹⁶, a erosão dentária resulta de diversos fatores, não se limitando apenas ao pH das bebidas, que, embora seja um fator relevante na progressão, não é o único. O potencial erosivo não reflete completamente as condições fisiológicas de dissolução, pois se baseia somente nas características de acidez ou alcalinidade das amostras. É importante destacar que no presente estudo foi avaliado somente o potencial hidrogeniônico das bebidas selecionadas.

Embora a erosão dentária seja multifatorial, o consumo frequente de bebidas ácidas é um fator determinante. Além do pH, é crucial considerar a análise de outros componentes presentes nas bebidas, como conservantes, flavorizantes e aditivos, para compreender o papel desses elementos na erosão dentária. Diagnosticar precocemente e promover a alteração dos hábitos alimentares são essenciais para evitar sua progressão. Dado o alto consumo de bebidas energéticas e isotônicas tanto por atletas como pela população em geral, os estudos sobre seu poder erosivo. Os pacientes, principalmente aqueles que praticam atividades físicas, comumente relacionadas ao consumo dessas bebidas, devem ser orientados pelo cirurgião dentista quanto ao consumo moderado. A hidratação com água é recomendada, considerando que o pH bucal se altera durante o exercício físico.

CONCLUSÃO:

O presente estudo abordou um total de 9

bebidas energéticas e 4 isotônicas, e constatou que todas apresentaram baixo valor de pH e um alto potencial erosivo. No entanto, é relevante destacar a importância de futuras pesquisas que possam incluir uma amostragem mais extensa, considerando a diversidade de produtos disponíveis no mercado. Isso proporcionará uma compreensão mais abrangente dos efeitos específicos dessas bebidas na saúde bucal, incluindo uma análise mais aprofundada de outros componentes e possíveis impactos a longo prazo do contato da estrutura dental com esse grau de acidez.

AGRADECIMENTOS:

os autores agradecem ao Instituto de Química (IQ) da Universidade de Brasília (UnB) pela disponibilização da estrutura de laboratório para a execução das análises experimentais da pesquisa.

REFERÊNCIAS:

1. Scardina GA, Messina P. Good oral health and diet. *J Biomed Biotechnol*. 2012;2012:720692.
2. Hemati, G.; Imani, M.M.; Choubsaz, P.; Inchingolo, F.; Sharifi, R.; Sadeghi, M.; Tadakamadla, S.K. Evaluation of Beta-Defensin 1 and Mannose-Binding Lectin 2 Polymorphisms in Children with Dental Caries Compared to Caries-Free Controls: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Children* 2023, 10, 232
3. Tripodi D, Cosi A, Fulco D, D'Ercole S. The Impact of Sport Training on Oral Health in Athletes. *Dent J*. 2021;9(5):51.
4. Losso EM, Silva JYB da, Brancher JA. Análise do pH, acidez e açúcares totais de sucos de frutas industrializados. *Arq Em Odontol [Internet]*. 2008;44(3).
5. Lussi A, Jaeggi T, Zero D. The role of diet in the aetiology of dental erosion. *Caries Res*. 2004;38 Suppl 1:34–44.
6. Scheutzel P. Etiology of dental erosion-intrinsic factors. *Eur J Oral Sci*. abril de 1996;104(2(Pt 2):178–90.
7. Sato T, Fukuzawa Y, Kawakami S, Suzuki M, Tanaka Y, Terayama H, et al. The Onset of Dental Erosion Caused by Food and Drinks and the Preventive Effect of Alkaline Ionized Water. *Nutrients*.13(10):3440.
8. Touger-Decker R, van Loveren C. Sugars and dental caries. *Am J Clin Nutr*. 2003;78(4):881S-892S.
9. Kumar G, Dash P, JA, S V, Jha K, Singh A. An insight into the world of sports dentistry. *J Sports Med Phys Fitness*. 2021;61(11):1555–61.
10. Andressa De Marchi El Assad, Juliana Dal Molin Netto, Estela Maris Losso, Maria Fernanda Torres, João Armando Brancher. Determinação do pH, capacidade de tamponamento, carboidratos totais e sacarose em sucos de fruta industrializados “zero açúcar” e light. *RSBO*. 2011;7(3):281–6.
11. Skupien JA, Bergoli CD, Pozzobon RT, Brandão L. Avaliação do ph de refrigerantes do tipo normal e light . *Saúde St Maria*. 2009;33–6.
12. Hanan SA. Avaliação do pH de Refrigerantes, Sucos e Bebidas Lácteas Fabricados na Cidade de Manaus, Amazonas, Brasil. *Pesqui Bras Em Odontopediatria E Clínica Integrada*. 2009;9(3):347–53.
13. Balança CM, Varela QD, Daneluz AC, Rossi T, Bellan MC, Paulus M, et al. Identificação do potencial erosivo de bebidas ácidas. *Rev Destaques Acadêmicos*. 2023;15(3).
14. Matumoto MSS, Terada RSS, Higashi DT, Fujimaki M, Suga SS, Guedes-Pinto AC. Análise in vitro da ação de bebidas energéticas no esmalte dental humano. *Rev Odontol UNESP*. 2018;47:57–62.
15. Assis C, Barin C, Ellensohn R. Estudo do potencial de erosão dentária de bebidas ácidas. *J Health Sci*. 2011;13(1):11-5.
16. Morgado M, Ascenso C, Carmo J, Mendes JJ, Manso AC. pH analysis of still and carbonated bottled water: Potential influence on dental erosion. *Clin Exp Dent Res*. 2022;8(2):552–60.