

**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**Potencial erosivo e cariogénico de bebidas energéticas de consumo  
nacional**

Trabalho submetido por

**Joana Maria Borges Sousa da Costa**

para obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

**Novembro de 2023**



# **INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

## **MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

### **Potencial erosivo e cariogénico de bebidas energéticas de consumo nacional**

Trabalho submetido por

**Joana Maria Borges Sousa da Costa**

para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por

**Prof. Doutora Ana Cristina Manso**

e coorientado por

**Prof. Doutora Carla Ascenso**

**Novembro de 2023**



*Além da conversa das mulheres, são os  
sonhos que seguram o mundo na sua órbita.*  
José Saramago, in “Memorial do Convento”



## Agradecimentos

À Egas Moniz School of Health & Science quero agradecer os últimos 5 anos. Foi uma longa caminhada que dou agora por terminada. Serei para sempre grata pelos ensinamentos, pessoas e memórias que daqui levo.

À minha Orientadora, Professora Doutora Ana Cristina Manso pela disponibilidade constante e pela confiança em mim depositada. Um muito obrigado pelo rigor, empatia, amizade e honestidade demonstrado ao longo deste projeto.

À minha coorientadora, Professora Doutora Carla Ascenso por toda a ajuda ao longo deste projeto. Agradeço por toda a boa disposição, carisma, sensatez e assertividade.

Aos meus pais Marisa e José, obrigada por acreditarem no potencial da vossa menina. A ti minha mãe, agradeço por toda essa garra que, com certeza, me passaste, pelos conselhos, pela paciência e por todo o apoio durante esta jornada. Não teria conseguido sem ti. Ao meu pai, que não poderá ler o que aqui lhe escrevo, mas a quem agradeço todo o carinho, ternura e compreensão. Obrigada por teres acudido todas as minhas preces. Sei que estarias orgulhoso da tua Nani.

Aos meus avós, António e Lígia, que através do seu trabalho e dedicação permitiram que esta jornada se realizasse. Obrigada pelos valores que me inculcaram nomeadamente a responsabilidade.

Ao Tiago, que considero como meu irmão, um muitíssimo obrigado por estes cinco anos de amizade e por aqueles que ainda estão por vir. Obrigada pelo apoio incondicional, pelas mil e uma confidências, pelos áudios e chamadas. És sem dúvida um exemplo de determinação, prova viva de que quem corre por gosto não cansa.

À Catoqui, um obrigada gigantesco por todo o apoio e amizade, ainda que a 377km de distância.

Aos meus OG's, Ritinha, Maria Inês e Paivecas, sem vocês, isto não teria sido possível. Obrigada por fazerem estes cinco anos parecerem cinco meses, pelos dias de clínica caóticos, pelas noitadas de orto e por alegrarem sempre o meu dia.

À equipa de Dentisteria das terças-feiras, o meu maior obrigada. Por terem tornado a terça-feira o meu dia favorito, pelo espírito de equipa e por toda a sabedoria transmitida, estarei eternamente grata. À Professora Doutora Ana Filipa Chasqueira, um especial agradecimento por ter confiado em mim e por ter sempre um ombro amigo para as suas meninas.



## Resumo

**Objetivo:** Com o presente projeto pretende-se avaliar os potenciais cariogénico e erosivo e a oscilação do pH das bebidas energéticas a diferentes temperaturas e a sua relação com a saúde oral.

**Materiais e Métodos:** Foram testadas trinta e oito bebidas energéticas. As bebidas foram divididas em dois grupos: bebidas com potencial erosivo e cariogénico (Grupo A), ou seja, bebidas que na sua composição apresentam açúcares cariogénicos e conservantes ácidos e, bebidas com potencial erosivo (Grupo B), ou seja, bebidas que na sua composição não apresentam açúcares cariogénicos, mas que possuem conservantes ácidos. Todas as bebidas foram analisadas quanto ao seu valor de pH a duas temperaturas distintas: 4°C e 25°C. As temperaturas foram captadas a partir da sonda de temperatura *C.AT Pt 1000 CRISON®*. O pH foi medido através de medição potenciométrica direta com o auxílio de um medidor *CRISON® pH METER GLP 21* e do elétrodo de pH *50 14* também da *CRISON®*, calibrado no intervalo pH 2 – pH 4. Foram utilizados três exemplares de cada bebida e, para cada uma, realizou-se um registo de cinco medições de pH, para posterior cálculo do valor médio.

**Resultados:** No universo das 38 bebidas existiram diferenças significativas entre os valores médios de pH medidos a 25°C e os medidos a 4°C, para um nível de significância de 5% sendo que em 22 bebidas o valor de pH foi mais baixo a 25°C do que a 4°C; em 13 bebidas não se registaram diferenças significativas e em 3 bebidas foi obtido um pH mais baixo a 4°C. Além disso, quer a 4°C quer a 25°C, os valores médios de pH registados revelaram não haver diferenças significativas entre as bebidas do grupo A e as bebidas do grupo B. Além disso nenhuma das bebidas apresentou um valor de pH superior ao pH crítico do esmalte.

**Conclusões:** Nenhuma das bebidas submetidas à avaliação manifestou um pH que ultrapassasse o limiar crítico para a preservação do esmalte dentário, ditando então um grande risco de consumo. Além disso, contrariamente ao que a generalidade da população pensa, as bebidas com açúcares cariogénicos e as bebidas sem açúcares cariogénicos não apresentam diferenças significativas no que toca aos seus valores de pH, possuindo os dois grupos a capacidade de dissolução do tecido dentário.

**Palavras-Chave:** Bebidas energéticas, Erosão Dentária, Cárie, pH



## **Abstract**

**Purpose:** This project aims to evaluate the cariogenic and erosive potential and the pH fluctuation of energy drinks at different temperatures and their relationship with oral health.

**Materials and Methods:** Thirty-eight energy drinks were tested. The drinks were divided into two groups: beverages with erosive and cariogenic potential (Group A), meaning drinks that contain cariogenic sugars and acidic preservatives, and beverages with erosive potential (Group B), meaning drinks that do not contain cariogenic sugars but have acidic preservatives in their composition. All beverages were analyzed for their pH value at two different temperatures: 4°C and 25°C. The temperatures were measured using the C.AT Pt 1000 CRISON® temperature probe. The pH was measured through direct potentiometric measurement using a CRISON® pH METER GLP 21 and the pH 50 14 electrode, also from CRISON®, calibrated in the pH range of 2 to 4. Three samples of each beverage were used, and for each one, five pH measurements were taken to later calculate the average value.

**Results:** Regarding the 38 beverages analyzed, there were significant differences between the average pH values measured at 25°C and those measured at 4°C, for a significance level of 5%. In 22 beverages, the pH value was lower at 25°C than at 4°C; in 13 beverages, no significant differences were observed, and in 3 beverages, a lower pH was obtained at 4°C. Furthermore, at both 4°C and 25°C, the average pH values recorded showed no significant differences between the beverages in group A and those in group B. Furthermore, none of the beverages had a pH value higher than the critical pH of enamel.

**Conclusions:** None of the evaluated beverages exhibited a pH that exceeded the critical threshold for dental enamel preservation, indicating a high risk of consumption. Furthermore, contrary to what the general population believes, beverages with cariogenic sugars and beverages without cariogenic sugars do not show significant differences in their pH values, with both groups having the ability to dissolve dental tissue.

**Keywords:** Energy Drinks, Dental Erosion, Caries, pH



<b>ÍNDICE</b>	
Resumo.....	1
Abstract.....	3
Índice de Tabelas.....	7
Índice de Figuras.....	9
I. Introdução.....	11
1.1 Enquadramento teórico.....	11
1.2 Composição da estrutura dentária.....	13
1.3 Os Diferentes Tecidos.....	13
1.3.1 Esmalte.....	13
1.3.2 Dentina.....	14
1.4 Desgaste Dentário.....	16
1.4.1 Abrasão.....	16
1.4.2 Atrição e Abfração.....	17
1.4.3 Erosão.....	17
1.5 O conceito de pH crítico.....	18
1.6 Cárie.....	19
1.7 Prevalência da Erosão Dentária.....	21
1.8 Prevalência da cárie dentária.....	22
1.9 Desmineralização e Remineralização.....	23
1.10 Saliva como Agente Protetor da Erosão Dentária e Cárie.....	27
1.11 Aspartame, Acessulfame K e outros adoçantes não cariogénicos.....	28
1.12 Conservantes alimentares.....	29
1.13 Bebidas Energéticas.....	31
1.14 Objetivos.....	31
1.15 Hipóteses de estudo.....	32
II. Materiais e Métodos.....	33
2.1. Seleção e armazenamento.....	33
2.2. Distribuição da amostra.....	33
2.3. Calibração do eletrodo de pH.....	34
2.4. Tratamento dos resultados.....	36
III. Resultados.....	37
IV. Discussão.....	43
4.1. Limitações de estudo.....	45
4.2. Perspetivas Futuras.....	46
V. Conclusões.....	47
VI. Bibliografia.....	49



## Índice de Tabelas

Tabela 1- Bebidas analisadas e valores de pH correspondentes.....	37
Tabela 2- Resumo dos dados.....	38
Tabela 3- Quantificação do número de bebidas em função do seu valor de pH.....	39
Tabela 4- Teste de Hipótese Nula 1.....	39
Tabela 5- Teste de Hipótese Nula 2.....	39
Tabela 6- Resumo do Teste U de Mann-Whitney para amostras independentes a 25°C.....	40
Tabela 7- Teste de Hipótese Nula 3.....	40
Tabela 8- Resumo do Teste U de Mann-Whitney para amostras independentes a 25°C.....	41



## Índice de Figuras

Figura 1- Ilustração dos fatores envolvidos no desenvolvimento da cárie dentária (Adaptado de Selwitz et al., 2007) .....	21
Figura 2 - Valores de pH de diversos conservantes utilizados na confecção de bebidas sem açúcar. Adaptado de Nadimi, Wesamaa, Janket, Bollu & Meurman, 2011.....	30
Figura 3 - Representação esquemática dos Grupos A (bebidas energéticas com potencial erosivo e cariogénico) e B (bebidas energéticas com potencial erosivo).....	34
Figura 4 - Medidor de pH <i>CRISON pH METER GLP 21</i> com elétrodo de pH <i>50 14</i> .....	35
Figura 5 - Amostras Independentes do Teste <i>U de Mann- Whitney</i> a 4°C para cada categoria de potencial.....	40
Figura 6 - Amostras Independentes do Teste <i>U de Mann- Whitney</i> a 25°C para cada categoria de potencial.....	41



## **I. Introdução**

### **1.1 Enquadramento teórico**

As bebidas energéticas são bebidas utilizadas de forma a proporcionar energia extra ao consumidor, promover a vigília e o estado de alerta e fornecer aprimoramento cognitivo. Este tipo de bebida tem efeitos estimulantes sobre o sistema nervoso central (SNC) e seu consumo é acompanhado pela expectativa de melhoria do desempenho físico e mental do usuário (Ishak et al., 2012).

As bebidas energéticas fazem parte do grupo de bebidas refrigerantes. Segundo o Decreto-Lei 288/94, os refrigerantes são definidos como a bebidas não alcoólicas constituídas por água e contendo em solução emulsão ou suspensão sumos concentrados ou desidratados, polmes, extratos vegetais, bicarbonato de soda e hidrócloro de quinino. Podem ser opcionalmente adoçados, acidulados ou carbonatados.

É importante haver uma distinção entre bebidas energéticas e bebidas desportivas. As bebidas desportivas têm normalmente na sua composição: hidratos de carbono, minerais, eletrólitos e aromatizantes. O seu nome sugere que essas bebidas ajudam a restaurar a água e os eletrólitos perdidos durante a atividade física. No entanto, bebidas energéticas referem-se a outro tipo de bebidas que contêm doses elevadas de cafeína e de outras substâncias não nutritivas nomeadamente guaraná, taurina, ginseng, l-carnitina, creatinina, glucoronolactona e ainda altos níveis de açúcar (glicose, dextrose e sacarose) e pequenas quantidades de vitaminas e minerais (Gaspar & Ramos, 2016).

O consumo de bebidas energéticas e a sua difusão ter-se-á iniciado por volta de 1960 na Ásia. Em 1987 dá-se a sua introdução no mercado europeu e em 1997 inicia-se a sua comercialização nos Estados Unidos. Tudo isto acompanhado de um marketing agressivo da indústria, contribuiu para a tendência de consumo de bebidas energéticas (Gaspar & Ramos, 2016).

Atualmente existe uma grande variedade e disponibilidade de bebidas energéticas que, associadas a uma imagem atraente, se tornam muito apreciadas pelas gerações mais jovens (Gaspar & Ramos, 2016).

O consumo de bebidas energéticas é muitas vezes acompanhado de diversos problemas de saúde. Entre os quais temos complicações cardiovasculares, gastrointestinais, neurológicas e orais (Sankararaman et al., 2018).

Há muito que se sabe que as bebidas energéticas provocam efeitos negativos na saúde oral. A maioria destas bebidas contém altos teores de açúcares e ácidos e, por esse motivo, existem vários estudos que afirmam uma associação positiva entre o consumo regular de refrigerantes e a erosão dentária e a cariogénese (Korte et al., 2019).

Como forma de diminuir a prevalência de certos problemas de saúde associados ao consumo deste tipo de bebidas, chegaram ao mercado as bebidas dietéticas (*diet*). As bebidas *diet* (alternativamente comercializadas como “sem açúcar”, “sem calorias” ou “baixas calorias”) são versões sem açúcar e adoçadas artificialmente através de açúcares considerados não cariogénicos. No entanto, ainda que não contenham açúcares, contêm ácidos a um nível semelhante ao das bebidas ditas regulares (Tahmassebi et al., 2006). Os refrigerantes *diet* geralmente têm um alto potencial erosivo favorecendo assim a desmineralização do esmalte e contribuindo para a erosão dentária, da mesma forma que refrigerantes contendo açúcar o fazem (Tahmassebi et al., 2006).

A solubilidade dos tecidos dentários é afetada pelo pH e pela acidez da cavidade oral, acidez essa influenciada por diversos fatores sendo um deles a alimentação. Quando o pH oral é inferior ao pH de 5,5, ocorre a desmineralização do esmalte (Chowdhury et al., 2019).

Para além da desmineralização, o consumo regular de bebidas ácidas e açucaradas é uma das principais causas de cárie (Tahmassebi et al., 2006).

A cárie dentária é uma doença multifatorial e pode ser influenciada por vários fatores, nomeadamente o fluxo e composição salivar, exposição ao flúor, consumo de açúcares e práticas de higiene oral (González-Aragón Pineda et al. 2019). Refrigerantes regulares contêm grandes quantidades de açúcares tal como glucose, sacarose ou frutose que têm potencial cariogénico. O consumo prolongado e frequente de refrigerantes comuns com alto teor de açúcar pode induzir cárie dentária. Diversos estudos têm mostrado uma relação positiva entre a doença de cárie e ingestão de refrigerantes (Luo et al., 2005; Cheng et al., 2009; Chi & Scott, 2019; Korte et al., 2019).

## **1.2 Composição da estrutura dentária**

Os dentes constituem-se de diversas estratificações, começando pelo esmalte dentário, um composto notavelmente robusto que reveste a superfície externa. Imediatamente subjacente ao esmalte encontra-se a dentina, uma camada mais interna que apresenta propriedades de flexibilidade e resistência, conferindo aos dentes a capacidade de suportar forças e impactos. Ademais, a raiz do dente é preservada e fixada pelo cimento dentário, uma substância que a envolve e ancora os ligamentos periodontais. Esses ligamentos assemelham-se a fibras elásticas, solidamente anexando o dente ao osso adjacente, conferindo estabilidade e permitindo movimentos controlados durante a mastigação e articulação da fala. A vitalidade do dente é sustentada pela presença da polpa dentária, uma estrutura sensitiva e altamente vascularizada situada na cavidade pulpar. É por meio dessa polpa que o dente é provido de irrigação sanguínea e inervação, garantindo sua sensibilidade e função metabólica (Gil-Bona & Bidlack, 2020).

## **1.3 Os Diferentes Tecidos**

### **1.3.1 Esmalte**

O esmalte dentário é predominantemente constituído por mais de 96% de matéria inorgânica, com aproximadamente 4% de matriz orgânica. A fase inorgânica é essencialmente composta por hidroxiapatite, um fosfato de cálcio cristalino, coadjuvado pela presença de iões de carbonato. Durante o processo de amelogénese, iões como estrôncio, magnésio ou flúor demonstram a capacidade de serem incorporados na estrutura cristalina do esmalte (Nanci, 2018).

A fundamentação química que conduz à manifestação da cárie dentária repousa na suscetibilidade dos cristais de hidroxiapatite à dissolução ácida (Nanci, 2018).

No decurso da odontogénese, os ameloblastos, células especializadas incumbidas da amelogénese, revestem integralmente a superfície do dente. No entanto, tais células são posteriormente expulsas aquando da erupção dentária. A carência dessas células culmina numa notável transformação do esmalte, resultando numa matriz desprovida de vitalidade e sensibilidade. Quando exposta a processos de desgaste ou a processos cariosos, esta matriz exhibe uma marcante limitação na capacidade de regeneração ou substituição celular. Como

resposta a esta restrição, o esmalte desenvolveu mecanismos de adaptação notáveis, caracterizados por uma elevada mineralização e complexidade estrutural (Lacruz et al., 2017). A alta concentração mineral que caracteriza o esmalte dentário confere-lhe uma notável dureza. Esta propriedade, aliada à sua complexa organização estrutural, capacita-o a resistir eficazmente às forças mecânicas geradas durante o processo de mastigação. No entanto, apesar de sua extrema dureza, o esmalte é, por natureza, frágil e quebradiço. Portanto, é essencial a presença de uma camada subjacente, a dentina, que exibe maior resiliência e desempenha um papel fundamental na dissipação das forças mastigatórias. Isso evita que o esmalte se fracture com facilidade, mantendo assim a sua integridade estrutural. É imperativo ressaltar que, caso a dentina seja comprometida, por exemplo, devido a processos cariosos, o esmalte, privado desse suporte fundamental, torna-se excepcionalmente vulnerável a fraturas. Este fenómeno sublinha a interdependência crítica entre o esmalte e a dentina na preservação da saúde e integridade do dente (Nanci, 2018).

### 1.3.2 Dentina

A dentina é um material composto por dois componentes principais. O componente principal (cerca de 70% do tecido) é uma fase mineral composta por cristais finamente divididos de fosfato de cálcio. O segundo componente (cerca de 20% do tecido) é uma matriz orgânica, na qual 90% consiste numa proteína, o colagénio Tipo I, que está organizado em fibras. O restante da dentina (cerca de 10%) é água, que preenche os poros dentro do tecido. Existem vários tipos de dentina, mas as diferenças entre eles, até onde se sabe, são histológicas e não composicionais (Berkovitz & Shellis, 2017).

A dentina possui uma qualidade elástica que é importante para o bom funcionamento do dente, uma vez que é essa elasticidade que evita a fratura do esmalte. (Nanci, 2018)

Existem três tipos de dentina:

- **Dentina Primária:** constitui a porção predominante da dentina e é formada de maneira rápida durante o processo de formação do dente. Esta camada inicial de dentina serve como o bloco fundamental sobre o qual camadas adicionais de dentina irão depositar-se ao longo do tempo. Depois da dentinogénese primária, a dentina formada passa a ser a dentina secundária, que se forma muito mais lentamente que a primária (Tjäderhane et al., 2009).

- **Dentina Secundária:** forma-se após o término do desenvolvimento da raiz do dente. Ela é o resultado de uma deposição constante, porém substancialmente mais lenta, de matriz dentinária pelos odontoblastos, células altamente especializadas que compõem a camada mais interna da polpa dentária. Este processo de formação da dentina secundária é uma continuação da dentinogênese que ocorre durante a fase de desenvolvimento do dente e desempenha um papel crucial na manutenção e reparação do tecido dentário ao longo da vida do indivíduo (Nanci, 2018).
- **Dentina terciária:** A dentina terciária, também conhecida como dentina reacional, é um tipo de tecido dentário formado em resposta a estímulos exógenos que afetam a estrutura dentária. Estes estímulos podem surgir de uma variedade de fontes, incluindo atrição, abrasão, erosão, trauma, cárie dentária ou intervenções de preparação cavitária. A formação da dentina terciária representa uma resposta adaptativa do complexo dentinopulpar, buscando fortalecer e aumentar a espessura da barreira de tecido mineralizado que separa a cavidade oral do tecido pulpar. Isso desempenha um papel vital na preservação da vitalidade e integridade da polpa dentária, uma vez que essa estrutura desempenha um papel crucial na nutrição e sensibilidade dentária (Tjäderhane et al., 2009). A dentina terciária ostenta então uma função preponderante na salvaguarda da vitalidade dentária e na mitigação de potenciais complicações adversas. O seu papel central reside na obstrução dos túbulos dentinários, estabelecendo uma barreira morfológica e bioquímica contra a penetração por microrganismos. Este processo intrincado constitui uma resposta adaptativa e intrínseca do complexo dentinopulpar, visando conter a eventual invasão bacteriana que poderia resultar em infecção pulpar, com possíveis repercussões sistêmicas (Berkovitz & Shellis, 2017). Para além disto, a dentina terciária diferencia-se notavelmente da dentina primária e secundária no que diz respeito ao processo de formação. Enquanto as dentinas primária e secundária são depositadas de forma contínua ao longo da interface pulpo-dentinária, a dentina terciária surge de modo específico, em áreas diretamente afetadas pelo estímulo exógeno. A resposta celular desencadeada para a produção de dentina terciária não é apenas influenciada pela presença do estímulo, mas também pela intensidade e duração do mesmo. A qualidade e quantidade resultante de dentina terciária são, portanto, reflexos da complexidade da resposta celular iniciada (Nanci, 2018).

## **1.4 Desgaste Dentário**

O desgaste dentário ou perda de superfície dentária, é um processo gradual de deterioração da estrutura dos dentes, ocasionado por fatores químicos ou mecânicos, excluindo a cárie (Green, 2016). A sua etiologia é complexa, envolvendo uma variedade de causas que atuam de forma simultânea (Wetselaar & Lobbezoo, 2016). A abordagem terapêutica desta condição, representa um campo desafiador na prática da Medicina Dentária, demandando constantes atualizações e inovações (Lussi & Carvalho, 2014). É importante ressaltar que o desgaste dentário se tem tornado cada vez mais prevalente, sendo uma preocupação notável, especialmente entre crianças e adolescentes (Carvalho et al., 2014).

Diversos autores apresentam perspectivas variadas acerca do desgaste dentário. De acordo com diferentes autores, o desgaste dentário pode ser o resultado da interação complexa de três processos distintos: a abrasão, que ocorre pela fricção entre os dentes e outros materiais; a atrição, caracterizada pelo desgaste resultante do contato dente-a-dente; a erosão, que envolve a dissolução dos tecidos duros, como esmalte e dentina, por substâncias ácidas (Shellis & Addy, 2014).

Outras abordagens propõem uma divisão mais ampla, incluindo não apenas a abrasão, a atrição e a erosão, mas também a abfração. Nessa perspectiva, o desgaste dentário pode ser categorizado em quatro processos distintos (Grippio, 1991; Lee & Eakle, 1984). Essa pluralidade de interpretações ressalta a complexidade e a multifatorialidade do desgaste dentário.

### **1.4.1 Abrasão**

Em 1996, Imfeld cunhou o termo "abrasão dentária" para descrever o processo patológico que resulta no desgaste do tecido duro dos dentes. Tal fenómeno é instigado por processos mecânicos anómalos intimamente ligados à presença contínua de corpos estranhos ou substâncias que, de maneira recorrente, interagem com as estruturas dentárias (Imfeld, 1996). Conforme assinalado por Green em 2016, é relevante destacar que este processo está frequentemente relacionado a práticas inadequadas de higienização oral.

#### 1.4.2 Atrição e Abfração

O termo "atrição", cunhado por Imfeld em 1996, refere-se ao processo fisiológico de desgaste do tecido dentário resultante do contato direto entre os dentes, sem a intervenção de substâncias exógenas. Este contato dentário ocorre em diversas atividades diárias, como a deglutição, fala e ao manipular objetos de peso significativo, culminando no desgaste das superfícies oclusais e incisais dos dentes (Imfeld, 1996).

Embora a atrição seja predominantemente observada nas superfícies oclusais, é também observável a nível interproximal, devido aos movimentos laterais dos dentes que estabelecem contatos mais amplos ao longo do tempo (Rees & Somi, 2018).

Em 1991, Grippo introduziu o termo "abfração" para descrever de forma precisa a perda patológica de substrato dentário. Este fenômeno surge em virtude das forças biomecânicas que incidem sobre os dentes, ocasionando, segundo a concepção de Grippo, a flexão e subsequente fadiga do esmalte e dentina numa área distante do ponto de aplicação da carga (Grippo, 1991). A etiologia da abfração é notavelmente complexa, refletindo uma interação de variáveis fisiológicas e anatômicas. Ela pode ser desencadeada tanto por padrões normais de atividade mastigatória quanto por variações anômalas nesse processo. É importante destacar que a abfração pode estar associada a outros processos patológicos de desgaste, como abrasão e erosão, o que amplia a sua gama de manifestações clínicas e contextos de ocorrência.

A teoria subjacente à abfração envolve a flexão da estrutura dentária na região cervical, um efeito das forças compressivas oclusais e tensões de tração. Esta dinâmica resulta na fratura dos cristais de hidroxiapatite, constituindo um aspecto fundamental da patogênese da abfração (Anand et al., 2020). Portanto, é essencial ressaltar que a abfração não é unicamente determinada pela ação de fatores como erosão ácida, abrasividade na escovagem ou agentes dentifrícios, mas também é influenciada por forças oclusais excêntricas que culminam na flexão dos dentes (Cuniberti & Rossi, 2020).

#### 1.4.3 Erosão

No que concerne à erosão dentária, diversos autores caracterizam-na como a perda de substância dentária devido principalmente à dissolução ácida (Lussi et al., 2004; Grippo, 1991). É amplamente aceito que esta condição seja desencadeada pela exposição a ácidos e, quando combinada com fatores de impacto físico, resulta no desgaste progressivo da dentição ao longo do tempo (Ganss et al., 2012). Esta deterioração progressiva pode levar a uma série de

complicações e afetar significativamente a saúde oral e a qualidade de vida dos indivíduos afetados. Portanto, compreender os mecanismos subjacentes e implementar estratégias preventivas é de suma importância para o controlo da erosão dentária.

As substâncias ácidas podem ter uma origem extrínseca ou intrínseca. Relativamente aos ácidos extrínsecos estes entram em contacto com a superfície dentária quer por ingestão de uma dieta ácida (Lussi et al., 2011), exposição ao ar em indústrias químicas (ten Bruggen Cate, 1968) ou por ingestão de medicamentos- preparações efervescentes de vitamina C, comprimidos mastigáveis de vitamina C (Meurman & Murtomaa, 1986); As causas intrínsecas da erosão incluem vômitos recorrentes como resultado de distúrbios psicológicos, por exemplo, na anorexia e bulimia (Scheutzel, 1996) ou por regurgitação do conteúdo gástrico devido a alguma anormalidade no trato gastrointestinal (Holbrook et al., 2009).

O desgaste erosivo dos dentes é uma condição comum nas sociedades desenvolvidas. As lesões são frequentemente encontradas independentemente da idade da população examinada (Jaeggi & Lussi, 2014).

A saliva tem algumas propriedades biológicas- capacidade tampão e capacidade de remineralização- que ajudam a proteger os dentes contra a erosão dentária (Piangprach et al., 2009). Um baixo fluxo salivar resulta no enxague e tamponamento inadequados de ácidos que por sua vez irão desmineralizar as superfícies dentárias (Li et al., 2012).

### **1.5 O conceito de pH crítico**

Desde a introdução da teoria da dissolução ácida do esmalte, dois determinantes de relevo têm sido objeto de escrutínio preponderante: a magnitude da redução do potencial hidrogeniónico (pH) e a duração do intervalo caracterizado por níveis de pH diminuídos. É consabido que quanto mais protraído for o lapso temporal em que um pH reduzido é sustentado, mais pronunciado será o impacto resultante (Larsen et al., 1997).

Ericsson delineou uma investigação metódica visando a determinação do que ficou consagrado como "pH crítico". Este procedimento envolveu a formulação de uma série de suspensões de apatite de esmalte em forma pulverizada em meio salivar, com a manipulação dos níveis de pH entre 7 e 4. Posteriormente, mediante um período de observação que excedeu três dias, foi feita a análise das alterações nas concentrações minerais presentes na solução. Os resultados evidenciaram que, num pH que ultrapassava um limiar específico (aproximadamente 5,1), a saliva predominantemente manifestava uma excreção de cálcio e fosfato para o pó de esmalte,

denotando um processo de remineralização. Por contraposição, abaixo desse patamar de pH, o esmalte sofreu dissolução na saliva. O pH que delimita essa demarcação crítica entre dissolução e formação de apatite na saliva foi consignado como "valor de pH crítico". Embora os dados experimentais de Ericsson tenham indicado um valor de pH crítico em torno de 5,1, o valor amplamente aceito é 5,5 (Ericsson, 1949).

## **1.6 Cárie**

A cárie dentária é uma das patologias orais mais difundidas a nível global, conforme assinalado por Selwitz, Ismail e Pitts em 2007. Esta condição oral, possivelmente, representa uma das manifestações patológicas mais preponderantes na história da Medicina Dentária. Apesar de não ser associada comumente à mortalidade, a cárie pode acarretar considerável grau de desconforto e aflição. Ademais, a perda dentária decorrente desta condição incide de forma marcante em múltiplos domínios da qualidade de vida, abrangendo a capacidade de ingestão alimentar, comunicação verbal e integração social (Robinson et al., 2000).

A cárie dentária representa uma patologia que incide sobre os tecidos mineralizados dos dentes, tendo uma etiologia de natureza multifatorial. Essa condição é principalmente desencadeada pela fermentação de hidratos de carbono simples, nomeadamente a sacarose, perpetrada por microrganismos orais, especialmente estreptococos e lactobacilos. Tal processo metabólico resulta na produção de ácidos que, ao longo do tempo, promovem a formação de irregularidades superficiais e desmineralização subsuperficial da estrutura dentária (Selwitz et al., 2007).

Conforme a desmineralização progride, há um progressivo comprometimento estrutural do dente, havendo predisposição para a formação de cavidades. Em estágios mais avançados, a cárie pode desencadear o acometimento da polpa dentária, a região mais profunda do dente, propiciando processos inflamatórios, inchaço e, em cenários mais severos, a instauração de abscessos (Nguyen & Martin, 2008).

Ademais dos sintomas localizados, a cárie dentária pode acarretar implicações sistêmicas. Como já mencionado, a cárie dentária é uma enfermidade de natureza multifatorial, cuja etiologia não pode ser atribuída de forma unívoca. A sua instauração está intrinsecamente associada à presença de microrganismos orais, à disponibilidade de hidratos de carbono fermentáveis e à superfície dentária acessível. Ademais, um leque de outros elementos contributivos exerce influência significativa no ritmo de progressão da deterioração dentária, tais como os hábitos de higiene oral, a conformação anatômica do dente, as características

superficiais, os padrões alimentares e os atributos qualitativos e quantitativos da saliva (Bilbilova, 2020).

A superfície dentária é revestida por uma fina película proteica composta por glicoproteínas salivares e elementos microbianos. Este substrato oferece habitat a uma diversidade de microrganismos pertencentes à flora oral, com destaque para *Streptococcus Mutans* e *Lactobacillus Acidophilus*, notórios pela sua propensão à produção de ácido derivado do seu metabolismo. Na presença de hidratos de carbono fermentáveis, a atividade metabólica destes microrganismos culmina na acidificação do meio, resultando na desmineralização do esmalte. Todavia, a presença constante de iões de cálcio e fosfato na saliva propicia um processo contínuo de remineralização, pelo qual os minerais perdidos são gradualmente reintegrados à estrutura do esmalte dentário. Este fenómeno confere ao tecido a vitalidade e resistência indispensáveis à sua função ao longo do tempo (Zhang et al., 2022).

Contudo, em cenários nos quais o ácido mantém contato prolongado com a estrutura dentária, instaura-se uma desmineralização subsuperficial, desencadeando a incipiente fragilização do esmalte dentário. Tal depleção mineral na matriz do esmalte apresenta-se clinicamente sob a forma de uma opacidade branca ou estria. À medida que o processo evolui, materializa-se uma descontinuidade na integridade do esmalte, promovendo a configuração de uma cavidade. A permanência de hidratos de carbono fermentáveis na cavidade oral constitui um determinante primário na instauração e progressão de lesões cariosas. Certos produtos derivados de farinha de trigo refinada, nomeadamente produtos de panificação, exibem uma propensão à aderência nas superfícies oclusais e interproximais dos dentes, prolongando, assim, sua retenção. Este período de retenção alargado proporciona um intervalo temporal suficiente para que microrganismos orais convertam as moléculas de hidratos de carbono complexos em açúcares simples, destacando-se a sacarose, o que, por conseguinte, incita o processo de instauração e agravamento das cáries dentárias (Mathur & Dhillon, 2018).

Outros fatores contribuintes para a cárie dentária compreendem a taxa de fluxo salivar, a capacidade tampão da saliva - ou seja, sua habilidade para neutralizar ácidos e manter o pH em equilíbrio - e a disponibilidade de enzimas e moléculas protetoras na saliva (Figura 1). Estes elementos desempenham um papel crucial na saúde oral, exercendo influência na resistência dos dentes à erosão ácida e na formação de lesões cariosas (American Academy of Pediatric Dentistry, 2022).

Neste contexto, a atenção e a diligência concernentes à saúde oral destacam-se como imperativos na prevenção e abordagem terapêutica desta afeção, a qual exhibe um carácter

comum e impactante no âmbito da saúde pública e da Medicina Dentária.

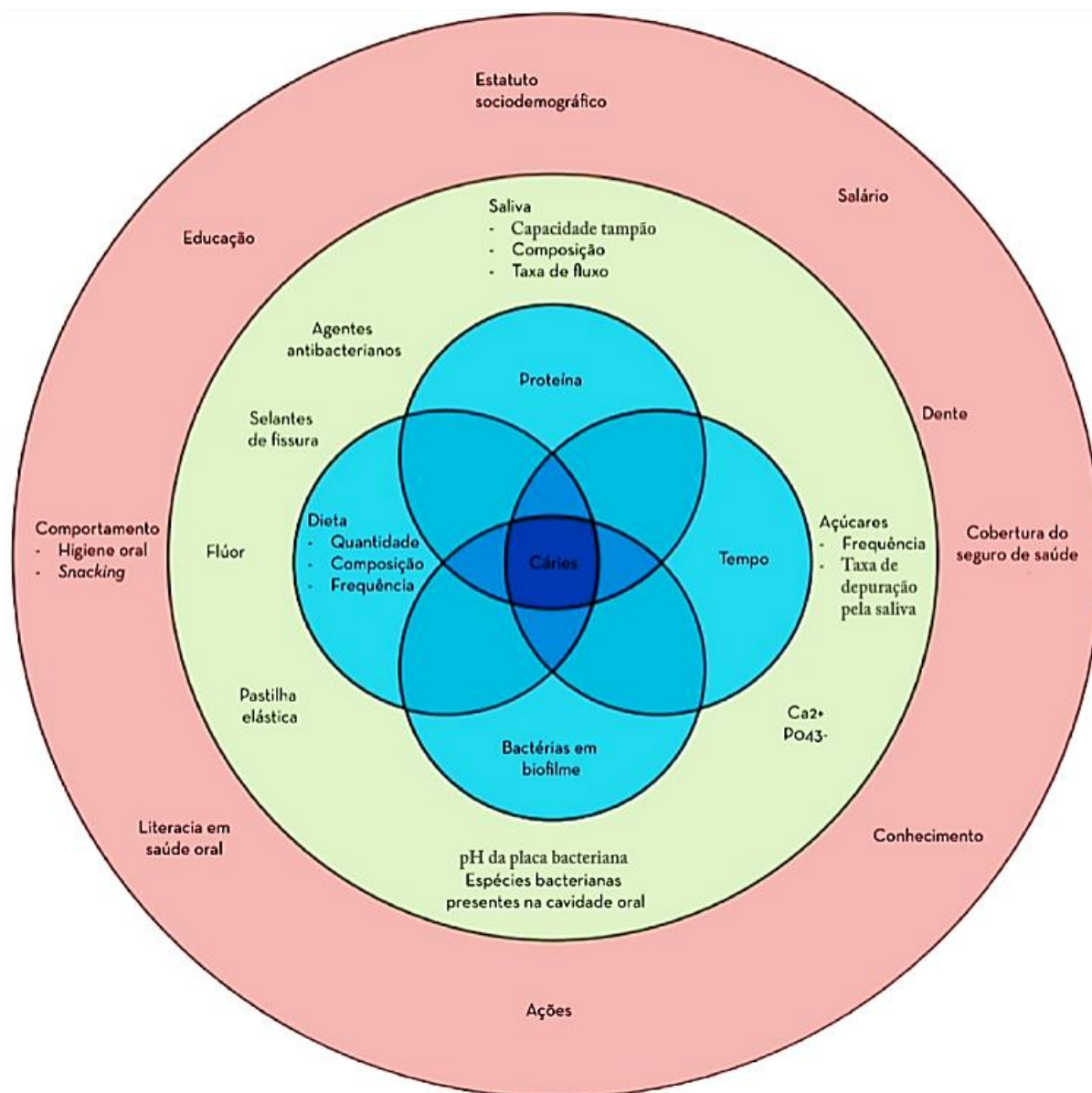


Figura 1- Ilustração dos fatores envolvidos no desenvolvimento da cárie dentária. Adaptado de Selwitz et al., 2007.

### 1.7 Prevalência da Erosão Dentária

O desgaste erosivo dos dentes é uma condição comum em sociedades desenvolvidas. As lesões são frequentemente observadas independentemente da faixa etária da população examinada (Jaeggi & Lussi, 2014).

Foram efetuados diversos estudos ao longo dos anos. Em 1994, Millward et al realizaram um estudo que envolveu um total de 178 crianças com idade de 4 anos e constataram que quase metade delas apresentava sinais de erosão dentária.

Em 2001, Ganss et al conduziram uma extensa análise em modelos de estudo pré-ortodônticos de adolescentes, abrangendo uma amostra significativa de 1.000 indivíduos com uma média de idade de  $11,4 \pm 3,3$  anos. O estudo englobou todas as superfícies dos dentes decíduos, revelando a presença de lesões erosivas moderadas em 70,6% dos casos examinados.

Uma pesquisa representativa da Islândia incluiu aproximadamente 20% de todas as crianças de 6, 12 e 15 anos do país, totalizando uma amostra de 2.251 crianças. A erosão dentária foi documentada em todos os dentes permanentes que haviam erupcionado. Não foram observadas erosões nos dentes permanentes das crianças de 6 anos, no entanto, a erosão estava presente em 15,7% das crianças de 12 anos e em 30,7% das crianças de 15 anos, sendo mais frequente em indivíduos do sexo masculino. Os dentes mais comumente afetados pela erosão foram os primeiros molares inferiores e, aos 15 anos, a erosão era frequentemente observada nas superfícies palatinas dos incisivos superiores (Arnadottir et al., 2010).

Segundo Jaeggi & Lussi, 2014 o desgaste dentário erosivo é uma condição comum e pode ser iniciada assim que a primeira superfície dentária entra em contato com a cavidade oral, seja por exposição a ácidos extrínsecos ou intrínsecos. Além disso, afirmam que tanto os dentes decíduos quanto os permanentes são igualmente afetados. Adicionam também que se houver carga mecânica sobre a superfície do dente, a progressão dos defeitos é ainda mais acentuada. O desgaste dentário erosivo pode ser encontrado em todas as superfícies dentárias, mas é mais comum nas superfícies oclusais e vestibulares de todos os dentes superiores e inferiores, assim como nas superfícies palatinas dos dentes anteriores superiores (Jaeggi & Lussi, 2014).

## **1.8 Prevalência da cárie dentária**

A cárie dentária representa uma enfermidade de natureza comportamental e ligada ao estilo de vida, caracterizada pela desmineralização progressiva do esmalte dentário. Esta condição exhibe uma correlação com a idade e mantém-se ao longo da trajetória de vida do indivíduo (Frencken, 2017).

Em 2015, foi elaborada uma revisão sistemática por Kassebaum et al, sobre o grau de incidência e prevalência de lesões cariosas não tratadas com cavidades em dentina no período entre 1990 e 2010. O estudo foi desenvolvido em 187 países, incluindo 20 faixas etárias e

ambos os sexos. Relativamente aos resultados, a prevalência de lesões cárias não tratadas na dentição decídua na população global manteve-se constante ao longo das duas décadas, situando-se em aproximadamente 9%. Já a prevalência de lesões cárias não tratadas na dentição permanente foi de 35%, sendo que em 1990 foram registados 28.689 casos por 100.000 pessoa-anos e em 2010 diminuiu para 27.257 casos por 100.000 pessoa-anos. Não foram observadas diferenças significativas entre os sexos e a prevalência da doença atingiu o seu ápice aos 25 anos, com um segundo pico posterior na vida, aos 70 anos de idade. Não foram identificadas mudanças apreciáveis no padrão etário desde 1990. Por fim os autores concluíram que as lesões cárias não tratadas na dentina dos dentes permanentes permaneceram como a condição de saúde mais prevalente em escala global em 2010, afetando aproximadamente 2,4 bilhões de indivíduos, ao passo que as lesões cárias não tratadas na dentina dos dentes decíduos constituíram a décima condição de saúde mais prevalente, afetando 621 milhões de crianças em nível mundial (Kassebaum et al., 2015).

Outro estudo elaborado em 2021, seguindo os critérios estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS), por Uribe et al revelou que a prevalência da cárie dentária na infância atinge 48% das crianças em idade pré-escolar (Uribe et al., 2021).

Chegou-se à conclusão de que este fenómeno transcende fronteiras geográficas, configurando-se como um fenómeno de escala global, com marcantes disparidades evidentes entre distintas regiões geográficas. Uma escrutinação regional indica que a prevalência de cárie na infância em África é inferior à média global. Em contrapartida, áreas como a Ásia, Oceânia, América do Norte e América Central exibem prevalências superiores à estimativa global. Intrigantemente, tanto a Europa quanto a América do Sul situa-se dentro da faixa da estimativa global (Uribe et al., 2021).

Ambos os estudos anteriormente mencionados põem em destaque a iminente necessidade de adoção de estratégias mais eficazes para a prevenção e tratamento da cárie na infância, com particular atenção às regiões onde a incidência se apresenta mais proeminente.

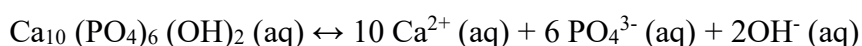
## **1.9 Desmineralização e Remineralização**

A erosão dentária representa um processo dinâmico e gradativo desencadeado por repetidas exposições a ácidos, provenientes de diversas fontes como alimentos ácidos, bebidas, refluxo gástrico e desequilíbrios no pH oral associados a condições médicas. Este processo culmina no comprometimento da integridade do esmalte dentário, resultando na sua transformação numa

matriz não vital e insensível, tornando-o mais propenso a danos adicionais. Esta suscetibilidade é, em parte, atribuída à ausência de células no esmalte com a capacidade de facilitar a sua regeneração ou substituição quando submetido a processos de desgaste ou a fatores cariogénicos (Shellis et al., 2014).

Para mitigar tal limitação intrínseca, o esmalte desenvolveu mecanismos adaptativos de autodefesa, resultando na aquisição de uma notável mineralização e complexidade na sua estrutura. Estas características distintivas compreendem apatites hidroxiladas carbonatadas deficientes em cálcio, bem como a presença discernível de impurezas, como iões  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Cl}^-$ . Esta riqueza mineral confere ao esmalte uma resistência adicional, capacitando-o a enfrentar os desafios impostos pela exposição ácida de maneira mais eficaz e resiliente. Esta capacidade adaptativa do esmalte é crucial para a preservação da sua integridade e funcionalidade diante das condições adversas a que é submetido no ambiente oral. (Shellis et al., 2014)

A interação entre os cristais de apatite presentes no esmalte e a fase aquosa circundante é um processo altamente complexo e delicado, regido por intrincados mecanismos químicos. A equação química proposta por Larsen em 1986 oferece um modelo representativo dessa dinâmica:



Essa equação descreve as transformações que se desenrolam durante o processo de dissolução, no qual iões e moléculas interagem num estado de equilíbrio dinâmico. Fatores, como a temperatura e a presença de iões metálicos, podem exercer influência sobre a estequiometria desta reação, evidenciando a complexidade intrínseca do fenómeno em questão. Portanto, a compreensão aprofundada desta interação é crucial para o entendimento abrangente dos processos que afetam a integridade e a resistência do esmalte dentário em diferentes contextos e condições ambientais (Shellis et al., 2014).

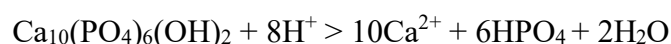
A dissolução *in vivo* do esmalte dentário é um processo altamente sensível às variações do pH presente na cavidade oral. Estudos meticolosos têm demonstrado que a diminuição de apenas uma unidade de pH, quando situada na faixa entre 4 e 6, desencadeia um aumento exponencial de 7 a 8 vezes na solubilidade do esmalte (Larsen, 1986). Este fenómeno de incremento na solubilidade está intimamente relacionado à substituição de alguns elementos na composição original da hidroxiapatite, com destaque para a inclusão de iões de carbonato, um processo que

contribui significativamente para a fragilização da estrutura do esmalte dentário (Lussi et al., 2011).

Além disso, é crucial ressaltar que os minerais constituintes tanto do esmalte quanto da dentina demonstram uma sensibilidade mais pronunciada à ação de agentes ácidos. Simultaneamente, tais agentes apresentam uma maior taxa de solubilidade em comparação com a fluorapatite, cuja fórmula química é  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$  (Shellis et al., 2014). Esta diferenciação nas propriedades químicas das apatites presentes no esmalte e na dentina reforça a complexidade dos processos de dissolução e fragilização que ocorrem em resposta às alterações no ambiente oral.

A influência do íon fluoreto sobre a solubilidade da hidroxiapatite na fase aquosa é um elemento de extrema relevância. Evidências substanciais corroboram a redução significativa da solubilidade tanto da hidroxiapatite sólida quanto em solução aquosa na presença deste íon. Este achado ressalta de maneira enfática a importância do flúor na preservação da integridade da estrutura do esmalte dentário, desempenhando um papel central na regulação da solubilidade da hidroxiapatite, mineral crucial para a saúde oral (Moreno et al., 1974; Moreno et al., 1977). A dissolução do esmalte dentário em meio ácido é um processo bioquímico de considerável importância na fisiopatologia dentária. Este evento é mediado pela reação entre íons de hidrogênio provenientes de agentes ácidos e a hidroxiapatite ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ), constituinte inorgânico preponderante na estrutura do esmalte dentário, que compõe a matriz mineral responsável pela rigidez e resistência característica do tecido.

A equação que descreve essa reação é a seguinte:



O processo resultante dessa interação culmina na desmineralização do esmalte, um fenômeno complexo e progressivo que impacta a camada superficial dos dentes. Inicialmente, esta manifestação é notada pelo gradativo enfraquecimento da camada de esmalte, cuja espessura, em circunstâncias normais, oscila na faixa de 0,2 a 0,3 micrômetros (Eisenburger et al., 2001; Voronets & Lussi, 2010). A magnitude desse enfraquecimento pode ser significativamente influenciada por diversos fatores, incluindo o tempo de exposição do esmalte à substância ácida e a natureza específica do agente ácido utilizado na investigação, conforme observado por Lussi et al no seu estudo de 2011.

O pH crítico é uma medida crucial que determina a capacidade de uma solução em saturar um sólido, como os minerais presentes no esmalte dentário. Quando o pH da solução é menor que o pH crítico, há a possibilidade de dissolução do sólido; caso contrário, ocorre a precipitação

de minerais. Essa dinâmica está intimamente ligada à solubilidade do sólido em questão e à concentração de minerais na solução, conforme abordado pela pesquisa de Lussi et al em 2011. Além disso, a habilidade de uma solução ácida em dissolver o esmalte ou a dentina não é apenas influenciada pelo grau de saturação, mas também pela sua capacidade de tamponamento. Esta última está diretamente associada à concentração de ácido não dissociado presente em bebidas e alimentos. Quanto mais elevada essa concentração, maior será o tempo necessário para que a saliva neutralize o agente ácido, resultando numa maior dissolução mineral. Estes princípios foram explorados por Gray em 1962 e por Shellis, Featherstone e Lussi em 2014 (Gray, 1962; Shellis et al., 2014).

Assim, a compreensão aprofundada dos conceitos de pH crítico e capacidade de tamponamento de soluções ácidas é de suma importância na avaliação dos efeitos corrosivos sobre os tecidos dentários. Tais informações são essenciais para o desenvolvimento de estratégias preventivas e terapêuticas na Medicina Dentária.

A morfologia cristalina do esmalte dentário exerce um papel fundamental na sua capacidade de resistir à ação ácida. Mais especificamente, a redução do tamanho dos cristais numa massa resulta num aumento considerável da área superficial disponível para interações com ácidos. Esse fenómeno acarreta uma aceleração do processo de dissolução mineral. A contribuição de Amaechi em 2015 destaca de forma inequívoca a relação direta entre a estrutura cristalina do esmalte e a sua suscetibilidade à ação corrosiva dos ácidos (Amaechi, 2015).

Sob a influência de ácidos em concentrações substanciais, a dentina experimenta uma rápida dissolução da sua matriz mineral, enquanto a fração orgânica se mantém essencialmente imutável. A literatura científica corrobora que, após uma imersão de 30 segundos em ácido cítrico com pH reduzido, ocorre a emergência de uma densa rede de fibras de colagénio, como observado no estudo conduzido por Breschi et al em 2002.

O processo em questão implica uma desmineralização progressiva da matriz dentinária, culminando na formação de uma região carente de elementos minerais. Subsequentemente, estabelece-se uma camada de dentina parcialmente desmineralizada. Em camadas mais profundas, observa-se a presença de uma região de dentina íntegra e saudável, caracterizada pela sua estrutura mineralizada e organização celular regular, como delineado por Kinney, Balooch, Haupt, Marshall e Marshall em 1995 (Kinney et al., 1995).

Com a prolongada exposição, observa-se uma progressiva redução na taxa de desmineralização, atribuída à notável capacidade de tamponamento proporcionada pelas fibras de colágeno integrantes da matriz dentária. Este fenómeno resulta numa redução menos acentuada do pH na zona de desmineralização, demonstrando uma complexa interação entre os

constituintes dentários e o meio ácido circundante. Para além disso, os minerais solúveis não são prontamente removidos pela interface líquida adjacente, contribuindo para um aumento no estado de saturação mineral nesta região específica (Hara et al., 2006).

### **1.10 Saliva como Agente Protetor da Erosão Dentária e Cárie**

A saliva é produzida por três pares de glândulas salivares major (parótidas, submandibulares e sublinguais), além de várias glândulas salivares menores (Sreebny, 2000). Este líquido é composto por substâncias inorgânicas e orgânicas. Entre os componentes inorgânicos, o bicarbonato está associado à capacidade tampão da saliva, enquanto o cálcio e o fosfato contribuem para a manutenção da integridade mineral dos dentes (Buzalaf et al., 2012).

Em relação à composição orgânica, encontramos uma variedade de proteínas e glicoproteínas na saliva humana, as quais podem influenciar vários aspetos da saúde oral (Dodds et al., 2005). A erosão dentária é uma condição multifatorial. A consideração de fatores químicos, biológicos e comportamentais é fundamental para a sua prevenção e tratamento. Entre os fatores biológicos, a saliva é um dos parâmetros mais importantes na proteção contra o desgaste erosivo (Buzalaf et al., 2012).

Existem vários fatores fisiológicos que podem influenciar o processo erosivo de diferentes maneiras, ou seja, eles podem tanto proteger contra a erosão quanto aumentar o grau de erosão. Estes incluem a saliva, a composição e estrutura dos dentes, a anatomia dentária e a oclusão, a anatomia dos tecidos moles em relação aos dentes, e os movimentos fisiológicos como a deglutição (Zero, 1996).

A saliva proporciona proteção contra a erosão ácida de várias maneiras (Hannig & Balz, 2001; Lussi et al., 2004; Pindborg, 1970). Primeiro, há a influência da película adquirida (Hannig et al., 2004; Hara et al., 2006). Para além disso a saliva apresenta uma ação diluidora sobre os ácidos. A saliva tem também uma ação depuradora, eliminando gradualmente os ácidos por meio da deglutição. Através da capacidade de tamponamento da saliva é possível haver a neutralização dos ácidos presentes na cavidade oral. Devido à supersaturação da saliva em relação ao conteúdo mineral dos dentes, esta fornece cálcio, fosfato e flúor necessários para a remineralização. Existem ainda muitas proteínas presentes na saliva e na película adquirida que desempenham um papel importante na erosão dentária (Buzalaf et al., 2012).

Quando uma solução entra em contato com o esmalte dentário, a sua difusão ocorre inicialmente através da película adquirida, para posterior interação com o esmalte. A película

adquirida é um biofilme desprovido de microrganismos que reveste tanto os tecidos orais duros quanto os moles e é constituída por mucinas, glicoproteínas e proteínas, incluindo uma variedade de enzimas (Hannig et al., 2005).

Na superfície do esmalte dentário, o ácido, acompanhado de seu ião de hidrogénio (ou um agente quelante), iniciará o processo de dissolução do esmalte. A progressão dos processos erosivos será interrompida na ausência de novos aportes de ácidos e/ou substâncias quelantes. Aumentar a agitação (por exemplo, ao agitar uma bebida na boca) intensifica o processo de dissolução, dado que a solução na camada superficial adjacente ao esmalte se mantém em constante renovação (Shellis et al., 2005). Ademais, a proporção entre a quantidade de bebida presente na cavidade oral e o fluxo salivar disponível irá influenciar a dinâmica do processo de dissolução (Zero & Lussi, 2005).

### **1.11 Aspartame, Acessulfame K e outros adoçantes não cariogénicos**

Em 1998, com a aprovação pela *Food and Drugs Administration (FDA)* do uso de sucralose, foi possível a entrada, no mercado, de outros adoçantes não cariogénicos e não calóricos como o aspartame e o acessulfame K (Kingham et al., 1998).

Diversos estudos foram realizados com o objetivo de mapear as evidências sobre os resultados de saúde possivelmente associados ao consumo regular deste tipo de substâncias. Em 2017, Lohner, Toews e Meerpohl realizaram uma revisão abrangente da literatura sobre adoçantes não cariogénicos e não calóricos e os seus efeitos em diversas áreas da saúde. No que concerne à Medicina Dentária, dos 16 estudos sobre a associação de adoçantes não cariogénicos e a saúde dentária, 14 mencionaram a existência de um pH oral menos ácido em comparação com o grupo de controle que continha açúcar natural.

No ano de 2020 foi conduzido, em Portugal, um estudo por Basílio, Silva, Pereira, Pena e Lino sobre a exposição da população portuguesa a adoçantes artificiais em bebidas não alcoólicas. Com base na avaliação feita pelos autores, em Portugal, no ano de 2016, a produção totalizou 726,5 milhões de litros de refrigerantes. Deste total, 476,2 milhões de litros correspondem a refrigerantes tradicionais, enquanto 204,5 milhões de litros são de bebidas à base de chá e café. Além disso, foram produzidos 5,5 milhões de litros de bebidas energéticas, 1,7 milhão de litros de bebidas isotónicas e 17,3 milhões de litros de águas aromatizadas. Através da testagem das bebidas anteriores chegou-se à conclusão de que o acessulfame K demonstrou a mais alta frequência de deteção, estando presente em 48 das 56 amostras analisadas (85,7%). A sua presença foi constatada em 100% das amostras de bebidas desportivas e energéticas, assim

como em amostras de néctares. Nos casos de bebidas não alcoólicas à base de extratos de chá e em refrigerantes tradicionais, o acessulfame K foi identificado em 90% e 85,2% das amostras, respetivamente. No que concerne ao Aspartame, este foi identificado em 21 das 56 amostras de várias tipologias de bebidas, com exceção das bebidas desportivas, onde não foi detetado. Ao se realizar uma análise por subcategorias específicas, constatou-se uma incidência de 37% em refrigerantes tradicionais, 75% em refrigerantes à base de água mineral, 40% em refrigerantes à base de extratos de chá, 100% em bebidas energéticas e 22,2% em néctares (Basílio et al., 2020).

Evidentemente, existe uma correlação definida entre o consumo dietético de sacarose e a incidência de cáries dentárias. A magnitude da ingestão de açúcares na alimentação demonstra uma relação direta com a prevalência de deteriorações cariosas. Com o intuito de mitigar este efeito adverso, são disponibilizados substitutos não cariogénicos e não calóricos da sacarose, os quais podem ser constituídos por compostos sintéticos produzidos em ambiente laboratorial ou por produtos naturais provenientes da flora e fauna. Ao optar por estas alternativas, toma-se uma decisão consciente no sentido de preservar a saúde oral, não só no âmbito do adoçamento de alimentos e bebidas, mas também na administração de formulações medicamentosas. Esta escolha contribui de maneira significativa para a manutenção da integridade da saúde odontológica a longo prazo (Lohner et al., 2017).

## **1.12 Conservantes alimentares**

A cárie dentária acomete uma significativa parcela da população global, independentemente de demarcações socioeconómicas e etárias. Notavelmente, no contexto da população infantil em idade escolar, a cárie dentária é a enfermidade crónica mais comumente diagnosticada. Essa patologia é uma resultante da atividade cariogénica de microrganismos que metabolizam açúcares presentes na dieta humana, culminando na produção de ácidos que promovem a desmineralização do esmalte dentário. Com o transcorrer do tempo, tais processos erosivos resultam na formação de lesões e cavidades, caso não sejam devidamente tratados (Selwitz et al., 2007).

Os substitutos do açúcar têm sido objeto de uma extensa investigação no sentido de mitigar os riscos associados à cárie dentária proveniente do consumo de açúcares. Neste contexto, destacam-se os álcoois de açúcar, notadamente o xilitol, que têm sido amplamente empregados numa variedade de produtos alimentares e bebidas. O xilitol, em particular, distingue-se por

suas propriedades não cariogénica e pela capacidade de influenciar de maneira positiva a composição e o equilíbrio da microbiota oral. Esta substância demonstra uma notável eficácia ao inibir o crescimento e a adesão de microrganismos cariogénicos, proporcionando um ambiente menos propício ao desenvolvimento da cárie dentária (Gasmi Benahmed et al., 2020). A incorporação estratégica de ácidos como ácido ascórbico, ácido málico, entre outros, na formulação de doces e bebidas isentos de açúcar é bastante comum e representa um componente de significativa importância na otimização da experiência sensorial proporcionada por esses produtos. Estes ácidos desempenham também um papel primordial como agentes conservantes. Contudo, do ponto de vista oral, é crucial enfatizar que estes ácidos podem induzir efeitos adversos no esmalte dentário devido ao seu diminuído pH (Figura 2), comparáveis aos provocados pelos ácidos resultantes da fermentação de açúcares por microrganismos. Esta associação é validada por estudos *in vitro* que demonstram de maneira inequívoca o processo de desmineralização do esmalte na presença dessas substâncias ácidas (Rytömaa et al., 1988).

Com o aumento da utilização de produtos comercializados como “sem-açúcar”, torna-se imperativo promover a conscientização pública acerca dos potenciais riscos de erosão dentária advindos dos aditivos ácidos uma vez que a ausência de sacarose pode induzir o público a presumir erroneamente que são inócuos para a saúde oral (Nadimi et al., 2011).

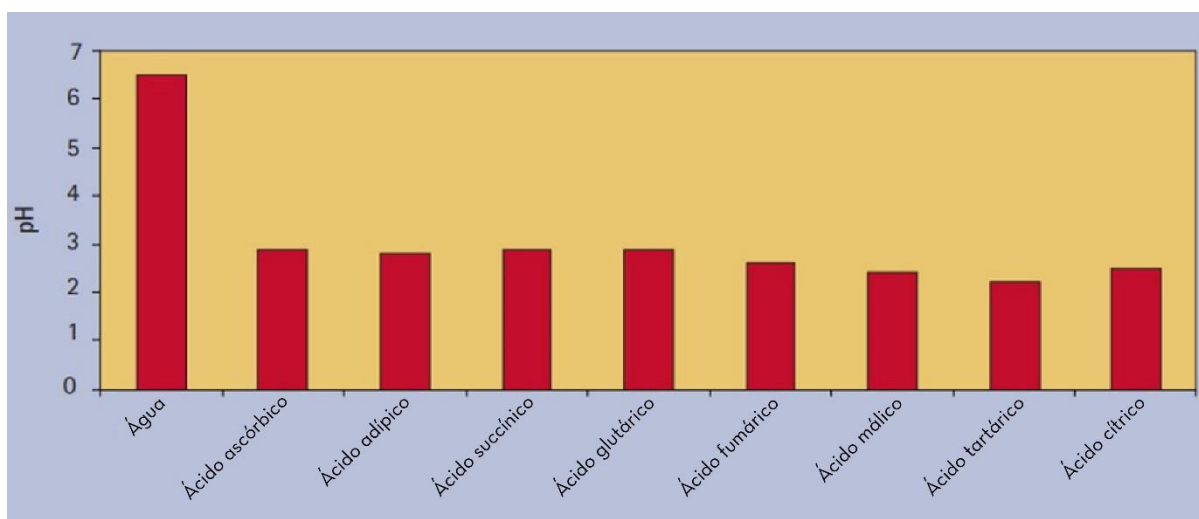


Figura 2: Valores de pH de diversos conservantes utilizados na confecção de bebidas sem açúcar. Adaptado de Nadimi, Wesamaa, Janket, Bollu & Meurman, 2011.

### **1.13 Bebidas Energéticas**

As bebidas carbonatadas não alcoólicas foram apontadas como causadoras de danos aos dentes por duas razões. Em primeiro lugar, o baixo pH e a alta acidez de algumas bebidas podem levar à erosão da superfície do esmalte. Em segundo lugar, os açúcares das bebidas são metabolizados por microrganismos presentes na placa dentária, gerando ácidos orgânicos que promovem a desmineralização e, conseqüentemente, o desenvolvimento de cáries dentárias (Tahmassebi et al., 2006).

O termo "bebida energética" refere-se a bebidas com alto teor de cafeína, taurina, vitaminas, extratos de ervas, misturas patenteadas e/ou aminoácidos, e são comercializadas como impulsionadoras do alerta mental e da resistência física. Estão disponíveis com ou sem açúcar e podem ou não ser carbonatadas, portanto, a variedade de produtos é ampla (Higgins et al., 2018).

Desde sua introdução em 1987, as bebidas energéticas têm se tornado cada vez mais populares e o mercado de bebidas energéticas cresceu a uma taxa recorde, tornando-se uma indústria global multibilionária (Higgins et al., 2018).

Em 2011, a Autoridade Europeia de Segurança Alimentar (EFSA) realizou um estudo com o propósito de recolher dados de consumo de bebidas energéticas em 16 países pertencentes à União Europeia. A maior prevalência de consumo foi observada no grupo de consumidores adolescentes (68%). Em adultos, a prevalência de consumo foi de 30%, e em crianças, foi de 18% (Fioriti, Linda & Zucconi, Silvia & Volpato, Chiara & Adinolfi, Felice & Gandini, Evita & Gentile, Enrica & Loi, Alberico, 2013).

Segundo a Associação Portuguesa de Bebidas Refrescantes Não Alcoólicas, entre o ano de 2014 e o ano de 2018, o consumo de bebidas energéticas passou de 4,4 milhões de litros para 6,8 milhões de litros, reforçando então a ideia do aumento do consumo deste tipo de bebidas.

### **1.14 Objetivos**

Com o presente projeto pretende-se avaliar os potenciais cariogénico e erosivo e a oscilação do pH das bebidas energéticas a diferentes temperaturas e a sua relação com a saúde oral.

### **1.15 Hipóteses de estudo**

Relativamente a este estudo, foram definidas hipóteses nulas e alternativas.

Hipóteses nulas:

1. Os valores de pH das bebidas não diferem significativamente quando estimados a 4°C ou a 25°C.
2. A 4°C, os valores de pH do grupo das bebidas de potencial erosivo não diferem significativamente dos do grupo das bebidas de potencial erosivo e cariogénico.
3. A 25°C, os valores de pH do grupo das bebidas de potencial erosivo não diferem significativamente dos do grupo das bebidas de potencial erosivo e cariogénico.

Hipóteses alternativas:

1. Os valores de pH das bebidas diferem significativamente quando estimados a 4°C ou a 25°C.
2. A 4°C, os valores de pH do grupo das bebidas de potencial erosivo diferem significativamente dos do grupo das bebidas de potencial erosivo e cariogénico.
3. A 25°C, os valores de pH do grupo das bebidas de potencial erosivo diferem significativamente dos do grupo das bebidas de potencial erosivo e cariogénico.

## **II. Materiais e Métodos**

### **2.1. Seleção e armazenamento**

Foram adquiridas bebidas energéticas, de 8 marcas comumente encontradas em qualquer superfície comercial. Foram analisadas 38 bebidas no total, 3 de cada uma, de forma a fazer-se triplicados em cada análise. Cada uma dessas bebidas foi testada 5 vezes através de medição potenciométrica direta, de forma a fazerem-se pentaplicados de cada amostra. Os exemplares de cada marca foram adquiridos na zona da grande Lisboa e Vale do Tejo, em grandes superfícies como Pingo Doce®, Continente®, Aldi®, LIDL® e Auchan®.

Das 38 bebidas, 24 eram bebidas energéticas compostas por açúcares cariogénicos e conservantes ácidos, tendo potencial erosivo e cariogénico e 14 eram bebidas energéticas sem açúcares cariogénicos e também continham conservantes ácidos, sendo consideradas bebidas com potencial erosivo. Durante o período de investigação, todos os exemplares foram armazenados à temperatura de 4°C.

### **2.2. Distribuição da amostra**

As bebidas foram divididas em dois grupos, consoante o seu tipo: bebidas energéticas com potencial erosivo e cariogénico (Grupo A) e bebidas energéticas apenas com potencial erosivo (Grupo B) (Figura 3).

Grupo A– Foram analisadas 24 bebidas quanto à sua concentração hidrogeniónica, por medição potenciométrica direta, com um eléctrodo de pH calibrado no intervalo pH 2 – pH 4. Para cada bebida, fez-se um registo de 5 medições independentes de pH, a 4°C e a 25°C, para posterior cálculo do valor médio de pH e desvio padrão.

Grupo B– Foram analisadas 14 bebidas quanto ao seu valor de pH, por medição potenciométrica direta, com um eléctrodo calibrado no intervalo pH 2 – pH 4. Para cada bebida, fez-se um registo de 5 medições independentes de pH, a 4°C e a 25°C, para posterior cálculo do valor médio de pH e desvio padrão.

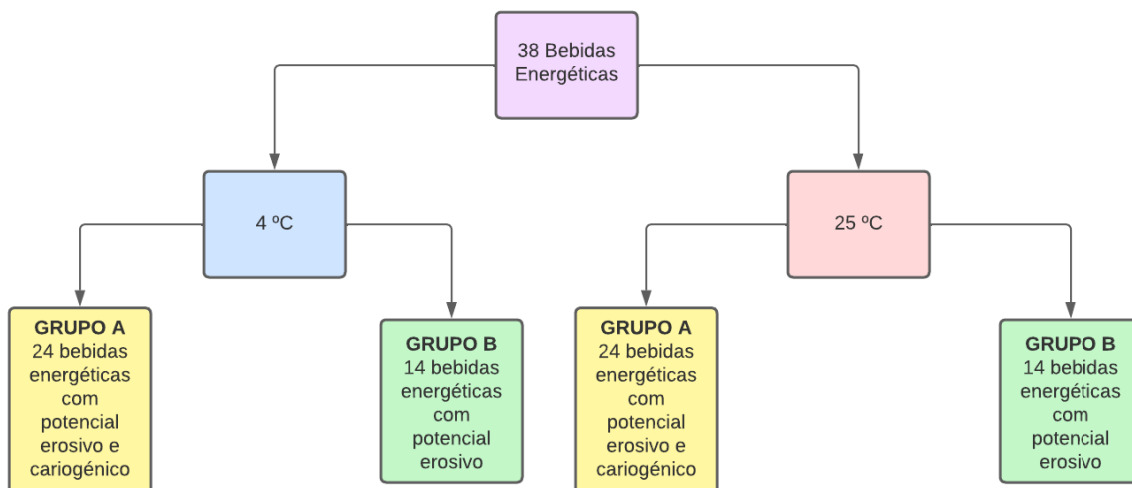


Figura 3: Representação esquemática dos Grupos A (bebidas energéticas com potencial erosivo e cariogénico) e B (bebidas energéticas com potencial erosivo).

### 2.3. Calibração do eléctrodo de pH

Para calibração do eléctrodo de pH foram utilizadas duas soluções tampão de pH 2,00 e 4,00, as quais foram mantidas à temperatura ambiente aquando das medições e calibração. Em todas as medições foi utilizado o medidor de pH *CRISON® pH METER GLP 21* com eléctrodo de pH 50 14 também da *CRISON®*. Para além disso, foi utilizado o sensor de temperatura *C.AT Pt 1000 CRISON®* de forma a podermos aferir os valores de temperatura na altura da medição (Figura 4).

Protocolo de Calibração do medidor de pH *CRISON pH METER GLP 21* com eléctrodo 50 14:

- 1 – ON > Cal > pH
- 2 – Colocação da primeira solução tampão, de pH 4.00 > Cal
- 3 – Colocação da segunda solução tampão, de pH 2.00 > Cal

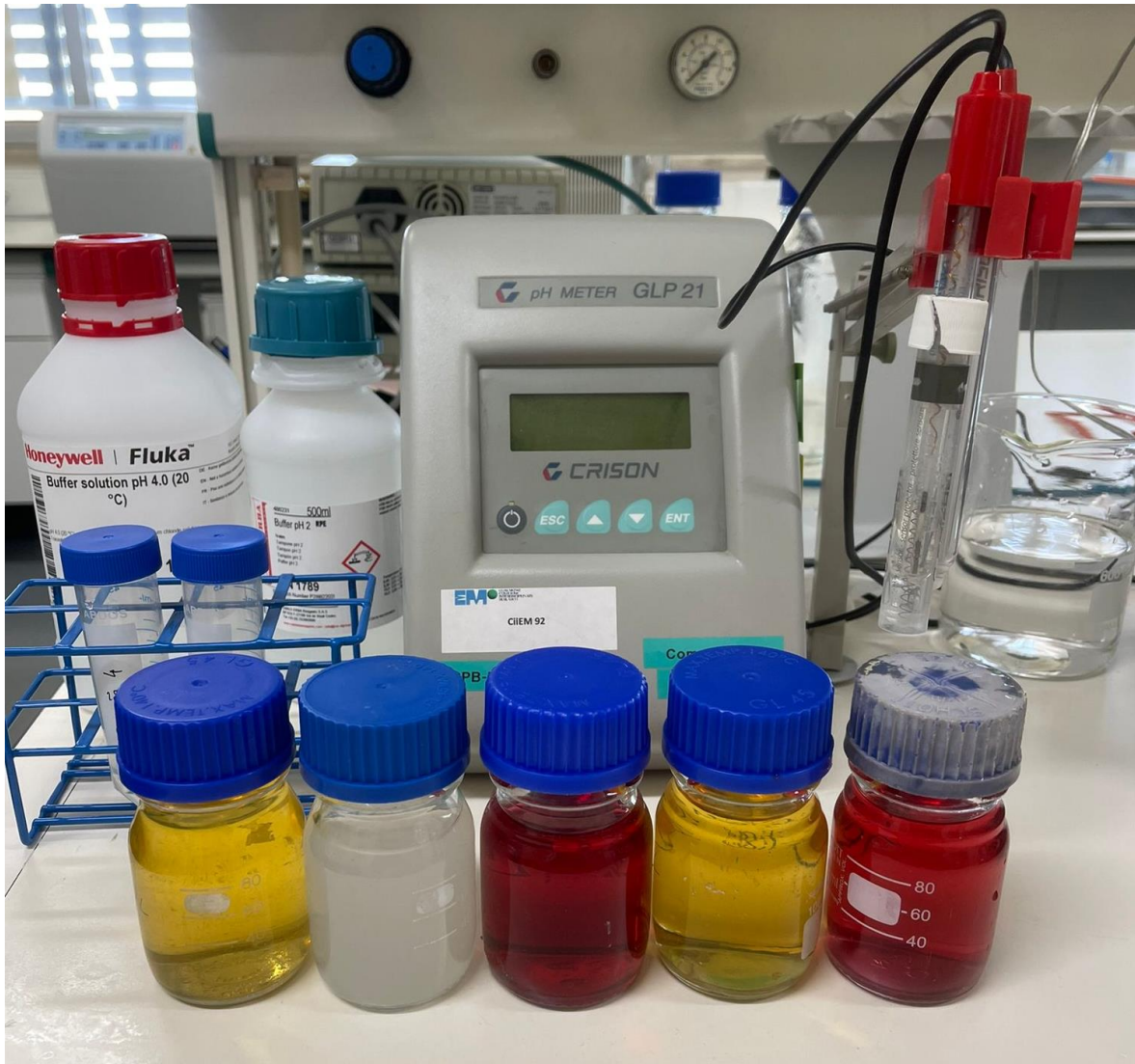


Figura 4- Medidor de pH CRISON pH METER GLP 21 com elétrodo de pH 50 14

Protocolo Experimental:

1. Calibração do elétrodo de pH;
2. Lavagem do elétrodo de pH com água desionizada;
3. Lavagem da sonda de temperatura;
4. Remoção do excesso de água de ambos os sensores;
5. Lavagem do elétrodo de pH com a solução a ser testada;
6. Lavagem do elétrodo de pH com água desionizada entre cada exemplar.

## **2.4. Tratamento dos resultados**

Atendendo aos pentaplicados obtidos através da medição do pH de cada bebida, foram calculados os valores médios e o desvio padrão.

### III. Resultados

Durante este estudo 38 bebidas energéticas foram estudadas e divididas em dois grupos de dimensão diferente: 24 com potencial erosivo e cariogénico (grupo A) e 14 com potencial erosivo (Grupo B) (Tabela 1).

Tabela 1- Bebidas analisadas e valores de pH correspondentes.

GRUPO	BEBIDAS	MÉDIA DOS TRIPLICADOS A 4°C	MÉDIA DOS TRIPLICADOS A 25°C
A	<i>Monster Energy® Original</i>	3,7	3,5
	<i>Monster Energy® Assault</i>	3,4	3,5
	<i>Redbull® Summer Edition</i>	3,2	3,1
	<i>Monster Energy® reserve white pineapple</i>	3,7	3,6
	<i>Monster Energy® reserve watermelon</i>	3,5	3,5
	<i>Monster Energy® Juiced Khaotic</i>	3,2	3,2
	<i>Monster Energy® Juiced Monarch</i>	3,3	3,2
	<i>Monster Energy® Juiced Mango Loco</i>	3,3	3,3
	<i>Monster Energy® Juiced Ripper</i>	3,4	3,3
	<i>Monster Energy® Nitro</i>	3,5	3,4
	<i>Monster Energy® Pacific Punch</i>	3	3,1
	<i>Monster Energy® rehab tea</i>	3,6	3,6
	<i>RedBull® Energy Drink</i>	3,5	3,3
	<i>Redbull® Yellow Edition</i>	3,3	3,3
	<i>Redbull® Red Edition</i>	3,1	3,1
	<i>Redbull® Apricot Edition</i>	3,2	3,1
	<i>Burn® Original</i>	2,8	2,7
	<i>Burn® Fruit Punch</i>	3,5	3,5
	<i>Continente® Bebida Energética Power+</i>	3,1	3,1
	<i>Auchan® Bebida Energética Rodeo Regular 250ml</i>	3,1	3
	<i>Pingo Doce® Bebida Energética Clássica Lata Be Power</i>	3,4	3,4
	<i>Lidl Kong Strong® Bebida Energética</i>	3,6	3,5
	<i>Monster Energy® Ultra Paradise</i>	3,5	3,5
<i>Lidl Kong Strong® Bebida Energética Colossus</i>	3,6	3,6	
B	<i>Monster Energy® Absolutamente Zero</i>	3,7	3,5
	<i>Monster Energy® Ultra Melancia</i>	3,1	3
	<i>Monster Energy® Ultra Fiesta Mango</i>	3,7	3,6

<i>Monster Energy® Ultra a.k.a. the white monster</i>	3,6	3,5
<i>Monster Energy® Ultra Gold</i>	3,5	3,4
<i>RedBull® Sugar free</i>	3,5	3,4
<i>Redbull® Purple Edition</i>	3,2	3,1
<i>Burn® Raspberry sem açúcar</i>	3,5	3,6
<i>Burn® Bebida de Pêssego sem açúcar</i>	3,6	3,6
<i>Continente® Bebida Energética sem Açúcar Power+</i>	3,6	3,5
<i>Auchan® Bebida Rodeo Energética Zero 250ml</i>	3,5	3,4
<i>Pingo Doce® Bebida Energética sem Açúcar Lata Be Power</i>	3,6	3,5
<i>Lidl Kong Strong® Bebida Energética sem açúcar</i>	3,7	3,5
<i>Aldi® Red</i>	2,7	2,7

Observando os dados da tabela 1, podemos verificar que nenhum dos valores de pH ultrapassa o valor de pH crítico de 5,5 do esmalte dentário.

A análise dos pressupostos para aplicação de testes paramétricos revelou a não existência de normalidade, pelo que foram aplicados testes não paramétricos na análise estatística (Tabela 2).

Tabela 2- Resumo dos dados

Potencial	Casos					
	Válido		Omisso		Total	
	N	Porcentage m	N	Porcentage m	N	Porcentage m
<b>pH a 25°C</b>						
<b>Erosivo</b>	14	100,0%	0	0,0%	14	100,0%
<b>Erosivo e Cariogénico</b>	24	100,0%	0	0,0%	24	100,0%
<b>pH a 4°C</b>						
<b>Erosivo</b>	14	100,0%	0	0,0%	14	100,0%
<b>Erosivo e Cariogénico</b>	24	100,0%	0	0,0%	24	100,0%

A aplicação do teste não paramétrico de Wilcoxon ao universo das 38 bebidas mostrou haver diferenças significativas ( $p < 0,001$ ) entre os valores médios de pH medidos a 25°C e os medidos a 4°C, para um nível de significância de 5%: em 22 bebidas o valor de pH foi mais baixo a 25°C do que a 4°C; em 13 bebidas não se registaram diferenças significativas e apenas foi obtido um pH mais baixo a 4°C em 3 bebidas (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3- Quantificação do número de bebidas em função do seu valor de pH

		N	Posto médio	Soma de Classificações
pH a 4°C - pH a 25°C	Classificações Negativas	3 <sup>a</sup>	11,00	33,00
	Classificações Positivas	22 <sup>b</sup>	13,27	292,00
	Empates	13 <sup>c</sup>		
	Total	38		

a. pH a 4°C < pH a 25°C

b. pH a 4°C > pH a 25°C

c. pH a 4°C = pH a 25°C

Tabela 4- Teste de Hipótese Nula 1

	Hipótese nula	Teste	Sig. <sup>a,b</sup>	Decisão
1	A mediana de diferenças entre pH a 25°C e pH a 4°C é igual a 0.	Amostras Relacionadas de Teste dos Postos Sinalizados de Wilcoxon	<,001	Rejeitar a hipótese nula.

a. O nível de significância é ,050.

b. A significância assintótica é exibida.

De salientar que a reduzida dimensão da amostra de cada grupo conjuntamente com o facto dos resultados obtidos não permitirem a aplicação de testes paramétricos, inviabiliza uma análise estatística multifatorial que compare simultaneamente a temperatura da bebida com o potencial erosivo ou erosivo e cariogénico.

A aplicação do teste U de Mann-Whitney aos valores médios de pH registados a 4°C, para um nível de significância de 5%, revelou não haver diferenças significativas entre as bebidas do grupo A e as bebidas do grupo B ( $p>0,05$ ) (Tabelas 5 e 6; Figura 5).

Tabela 5- Teste de Hipótese Nula 2

	Hipótese nula	Teste	Sig. <sup>a,b</sup>	Decisão
1	A distribuição de pH a 4°C é igual nas categorias de Potencial.	Amostras Independentes de Teste U de Mann-Whitney	,076 <sup>c</sup>	Retar a hipótese nula.

a. O nível de significância é ,050.

b. A significância assintótica é exibida.

c. A exata significância é exibida para este teste.

Tabela 6- Resumo do Teste U de Mann-Whitney para amostras independentes a 4°C

N total	38
U de Mann-Whitney	109,000
Wilcoxon W	409,000
Estatística de teste	109,000
Erro padrão	32,638
Estatística de Teste Padronizado	-1,808
Sinal assintótico (teste de dois lados)	,071
Exact Sig.(teste de dois lados)	,076

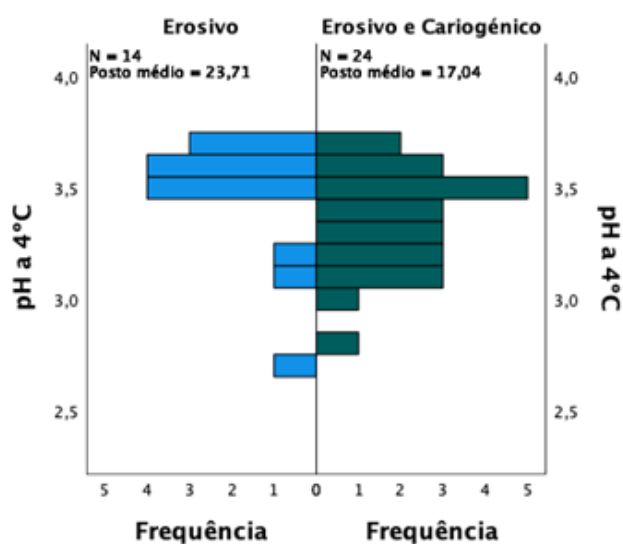


Figura 5- Amostras Independentes do Teste U de Mann-Whitney a 4°C para cada categoria de potencial

De igual modo, a aplicação do teste U de Mann-Whitney aos valores médios de pH registados a 25°C, para um nível de significância de 5%, revelou também não haver diferenças significativas entre as bebidas do grupo A e as bebidas do grupo B ( $p > 0,05$ ) (Tabelas 7 e 8; Figura 6).

Tabela 7- Teste de Hipótese Nula 3

	Hipótese nula	Teste	Sig. <sup>a,b</sup>	Decisão
1	A distribuição de pH a 25°C é igual nas categorias de Potencial.	Amostras Independentes de Teste U de Mann-Whitney	,260 <sup>c</sup>	Retar a hipótese nula.

- a. O nível de significância é ,050.
- b. A significância assintótica é exibida.
- c. A exata significância é exibida para este teste.

Tabela 8- Resumo do Teste U de Mann- Whitney para amostras independentes a 25°C

N total	38
U de Mann-Whitney	130,000
Wilcoxon W	430,000
Estatística de teste	130,000
Erro padrão	32,456
Estatística de Teste Padronizado	-1,171
Sinal assintótico (teste de dois lados)	,242
Exact Sig.(teste de dois lados)	,260

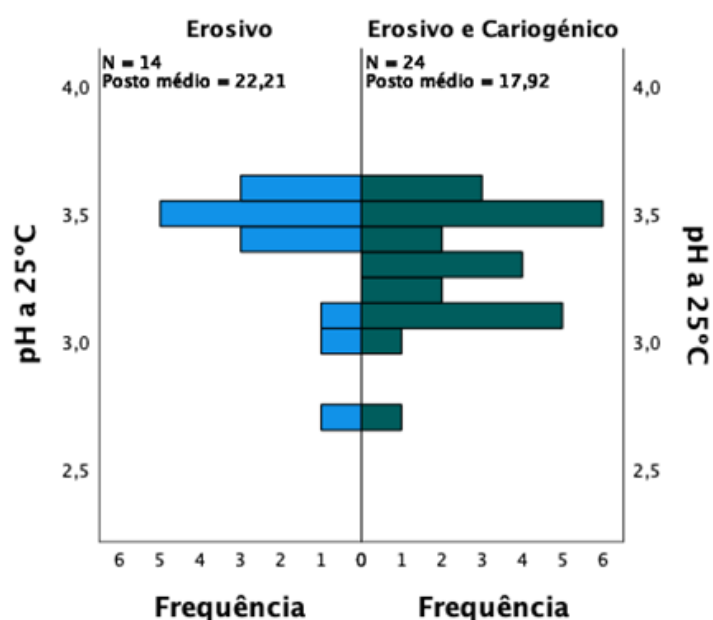


Figura 6- Amostras Independentes do Teste U de Mann- Whitney a 25°C para cada categoria de potencial

Relativamente às Hipótese Nulas descritas e avaliadas acima temos que:

1. Os valores de pH das bebidas não diferem significativamente quando estimados a 4°C ou a 25°C- Rejeitada
2. A 4°C, os valores de pH do grupo das bebidas de potencial erosivo não diferem significativamente dos do grupo das bebidas de potencial erosivo e cariogénico- Aceite

3. A 25°C, os valores de pH do grupo das bebidas de potencial erosivo não diferem significativamente dos do grupo das bebidas de potencial erosivo e cariogénico-Aceite

#### **IV. Discussão**

Nos últimos anos, tem-se observado uma tendência ascendente no consumo global de bebidas energéticas. Esta tendência tem gerado crescente preocupação, tanto na esfera acadêmica quanto entre a população em geral, acerca da necessidade de compreender os possíveis impactos na saúde associados a esses produtos (Breda et al., 2014).

De acordo com dados da Associação Portuguesa de Bebidas Refrescantes Não Alcoólicas, o consumo de bebidas energéticas aumentou significativamente de 4,4 milhões de litros em 2014 para 6,8 milhões de litros em 2018, evidenciando um crescimento notável na preferência por este tipo de bebidas.

A ingestão regular de bebidas energéticas está associada a sérios problemas de saúde. No que diz respeito à saúde oral, o consumo dessas bebidas contribui para o surgimento de erosão dentária e cáries, sendo que a extensa variedade de bebidas disponíveis atualmente exibe uma elevada concentração de açúcar na sua formulação (Cruz-Muñoz et al., 2020).

Um corpo substancial de pesquisa tem estabelecido uma sólida correlação entre o consumo de bebidas energéticas e o desenvolvimento de problemas dentários, nomeadamente a erosão dentária e a formação de cáries. Uma análise metódica conduzida por Chan et al. em 2020, por meio de uma revisão sistemática abrangente, demonstrou de maneira clara a influência marcante dos ácidos derivados da dieta na prevalência de erosão dentária entre adolescentes. Este estudo não apenas ressaltou os efeitos prejudiciais associados ao consumo de bebidas gaseificadas, mas também destacou de forma significativa o papel das bebidas energéticas (Chan et al., 2020).

Além disso, o estudo conduzido por Tahmassebi e BaniHani em 2019 proporciona uma análise abrangente dos efeitos do consumo excessivo de refrigerantes. Tanto as variantes tradicionais, notáveis pela sua alta concentração em açúcares cariogênicos, quanto as versões sem açúcares cariogênicos, foram associadas a impactos negativos substanciais na saúde oral e no bem-estar geral. Para além das já consagradas cáries dentárias e erosão dentária, o estudo realça que essas bebidas podem estar correlacionadas com uma multiplicidade de outras complicações para a saúde (Tahmassebi & BaniHani, 2019).

À medida que se acumulam evidências sobre as diversas condições adversas à saúde associadas ao consumo excessivo de açúcar, observa-se uma notável transformação nas preferências alimentares dos consumidores nos últimos anos (Shankar et al., 2013). Dentre essas adaptações, destaca-se a crescente tendência de redução ou mesmo abolição do consumo de açúcares, em favor da utilização de adoçantes em bebidas não alcoólicas. Esta mudança tem permitido que esses produtos se alinhem com as diretrizes estabelecidas por organizações de saúde, referentes à redução de açúcares simples (Urrialde et al., 2018).

Contudo, é imperativo observar que os consumidores, na atualidade, frequentemente se deparam com desafios substanciais no acesso a informações precisas e abrangentes sobre esses adoçantes. As orientações disponíveis podem ser discrepantes e sujeitas a variações, conforme os interesses e o envolvimento das entidades, indústrias ou agências que as fornecem (Shankar et al., 2013).

Esta evolução nas preferências alimentares representa um avanço significativo em direção a escolhas mais conscientes e saudáveis, em consonância com os princípios de promoção da saúde. Todavia, para que os consumidores possam fazer escolhas informadas e benéficas para a sua saúde, é essencial a disseminação de informação precisa e a promoção da transparência em relação aos adoçantes disponíveis no mercado.

Os substitutos de açúcar foram introduzidos como uma estratégia para mitigar os efeitos adversos associados ao consumo excessivo do mesmo, sendo a cárie dentária uma das principais preocupações nesse contexto. Esses adoçantes desempenham um papel significativo na composição de uma ampla variedade de produtos alimentares e bebidas, sendo encontrados em itens como pastilhas elásticas, rebuçados, bem como em bebidas carbonatadas e energéticas (Nadimi et al., 2011).

Ademais, é comum a inclusão de ácidos como componentes saborizantes e conservantes. No entanto, o impacto desses ácidos na saúde oral ainda requer uma investigação mais aprofundada. A adição destes ácidos, visando proporcionar um sabor agradável, representa um aspeto crucial na formulação de produtos sem adição de açúcares. Do ponto de vista da saúde dentária, os conservantes ácidos demonstram ter efeitos prejudiciais equiparáveis aos ácidos produzidos pela fermentação do açúcar por microrganismos, como ocorre em bebidas ditas "convencionais" (Nadimi et al., 2011).

A pesquisa exaustiva realizada ao longo desta dissertação culminou em resultados que sustentam uma conclusão substancial. Atentando aos resultados obtidos podemos concluir que todos os valores de pH analisados estavam abaixo do valor de pH crítico do esmalte. Além disso, através da aplicação do teste U de Mann-Whitney, observou-se que não existem discrepâncias estatisticamente significativas de pH ao comparar as bebidas que contêm açúcar, caracterizadas pelo seu potencial cariogênico e erosivo, com as bebidas isentas de adição de açúcar, mas que exibem conservantes ácidos na sua composição, as quais apresentam um potencial erosivo.

Estes achados ressaltam a necessidade de considerar não apenas a presença de açúcares, mas também outros fatores que concorrem para o potencial erosivo das bebidas, proporcionando uma visão mais abrangente sobre os efeitos dentários destes produtos.

#### **4.1. Limitações de estudo**

Considerando a etiologia multifatorial inerente à erosão e cárie dentária, é de suma importância contemplar a diversidade de variáveis que desempenham papéis preponderantes na sua progressão. Embora o pH das soluções líquidas sob análise constitua uma determinante notável, é necessário compreender que este fator não atua de maneira isolada. As particularidades microambientais específicas no interior da cavidade oral, às quais os dentes estão continuamente expostos, não foram adequadamente replicadas, resultando na consideração da acidez das amostras apenas como uma fração representativa do fenômeno em estudo. Além disso, é imperativo destacar que o conjunto de amostras selecionadas pode ser categorizado como relativamente limitado em termos de abrangência e diversidade. Adicionalmente, as amostras foram coletadas de uma localidade geográfica específica, implicando, por conseguinte, na ausência de representatividade de outras regiões do país. Sob tal perspectiva, a seleção restrita de bebidas energéticas submetidas à análise pode não ser fidedigna ao panorama nacional de consumo. Esta restrição na amplitude das amostras compromete a capacidade de obter uma visão integral e abrangente dos efeitos destas bebidas na saúde oral em escala nacional.

## **4.2. Perspetivas Futuras**

Para futuras investigações, é imperativo adotar uma abordagem mais abrangente na seleção de amostras, incorporando um conjunto substancialmente expandido de espécimes. Esta expansão deve englobar a inclusão de bebidas provenientes de todas as fontes comerciais existentes em território português, com o propósito de assegurar uma representação mais abrangente e representativa do cenário nacional. Ademais, torna-se de suma pertinência conduzir uma análise comparativa exaustiva, visando determinar o impacto diferenciado dos variados conservantes ácidos sobre a integridade da estrutura dentária. Tal empreendimento demanda uma observação metódica e minuciosa, conduzida após a imersão de elementos dentários em distintas soluções, com o intuito de discernir de maneira precisa os efeitos específicos.

Destaca-se, ainda, que até o presente momento, ausenta-se em Portugal a existência de repositórios de dados que disponham de informações detalhadas sobre as propriedades físico-químicas das bebidas energéticas, acessíveis tanto ao público consumidor quanto aos profissionais da saúde. Tal lacuna representa um défice considerável no âmbito do conhecimento científico. Neste contexto, torna-se imperativo considerar e promover a instituição de tal recurso, o qual não apenas mitigaria esta deficiência, mas também constituiria um alicerce robusto para o desenvolvimento de estratégias preventivas no que concerne à erosão dentária e cariogénese. Adicionalmente, esta base de dados seria de inestimável valia para o aconselhamento de pacientes na esfera da Medicina Dentária, notadamente àqueles sujeitos a um risco eminentemente elevado de desenvolver lesões erosivas e cariosas.

## **V. Conclusões**

Com base nas conclusões deste estudo, considerando adequadamente as limitações metodológicas inerentes, é imprescindível destacar que nenhuma das bebidas submetidas à avaliação manifestou um pH que ultrapassasse o limiar crítico para a preservação do esmalte dentário. Adicionalmente, observou-se uma ausência de diferenças estatisticamente significativas no pH entre as bebidas que continham adição de glicose (possuidoras de potencial cariogénico e erosivo) e aquelas isentas desta adição (com potencial erosivo).

Os objetivos delineados para esta investigação no contexto das bebidas energéticas de consumo nacional foram plenamente alcançados, particularmente no que concerne à determinação do pH médio em diferentes temperaturas (4°C e 25°C). Este esforço contribuiu de maneira substancial para a expansão e fortalecimento da base de evidências disponíveis a nível nacional, nomeadamente face à disseminação e popularidade destas bebidas entre a população jovem, tanto em âmbito nacional quanto internacional.

Esta acumulação de evidências sublinha a imperatividade de adotar uma postura vigilante e proativa em relação ao consumo de bebidas energéticas. A obtenção de um entendimento detalhado das implicações para a saúde oral associadas a esses produtos assume uma importância extrema na promoção de práticas alimentares mais saudáveis e na prevenção de potenciais complicações dentárias de longo prazo. Neste contexto, torna-se imperativo promover políticas de saúde pública voltadas para a educação e conscientização sobre os riscos inerentes ao consumo excessivo de bebidas energéticas, visando, assim, promover a saúde oral e o bem-estar geral da população.



**VI. Bibliografia**

Amaechi, B. T. (Ed.). (2015). *Dental Erosion and Its Clinical Management*. doi:10.1007/978-3-319-13993-7

American Academy of Pediatric Dentistry. Caries-risk assessment and management for infants, children, and adolescents. *The Reference Manual of Pediatric Dentistry*. Chicago, Ill.: American Academy of Pediatric Dentistry; 2022:266-72

Anand, N., Badavannavar., Sneha, Ajari., Krishna, S., Nayak., Shahnawaz, Khijmatgar. (2020). Abfraction: Etiopathogenesis, clinical aspect, and diagnostic-treatment modalities: A review. *Indian Journal of Dental Research*, 31(2):305-311. doi: 10.4103/IJDR.IJDR\_863\_18

Arnadóttir, I. B., Holbrook, W. P., Eggertsson, H., Gudmundsdóttir, H., Jonsson, S. H., Gudlaugsson, J. O., Saemundsson, S. R., Eliasson, S. T., & Agustsdóttir, H. (2010). Prevalence of dental erosion in children: a national survey. *Community dentistry and oral epidemiology*, 38(6), 521–526. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0528.2010.00559.x>

Basílio, M., Silva, L. J. G., Pereira, A. M. P. T., Pena, A., & Lino, C. M. (2020). Artificial sweeteners in non-alcoholic beverages: Occurrence and exposure estimation of the Portuguese population. *Food additives & contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment*, 37(12), 2040–2050. <https://doi.org/10.1080/19440049.2020.1812734>

Berkovitz, Barry & Shellis, Robert. (2017). Dentine and Dental Pulp. 10.1016/B978-0-12-802850-6.00011-4.

Breschi, L. (2002). High resolution SEM evaluation of dentin etched with maleic and citric acid. *Dental Materials*, 18(1), 26–35. doi:10.1016/s0109-5641(01)00017-3

Buzalaf, M. A., Hannas, A. R., & Kato, M. T. (2012). Saliva and dental erosion. *Journal of applied oral science: revista FOB*, 20(5), 493–502. <https://doi.org/10.1590/s1678-77572012000500001>

Carvalho, T. S., Lussi, A., Jaeggi, T., & Gambon, D. L. (2014). Erosive tooth wear in children. *Monographs in oral science*, 25, 262–278. <https://doi.org/10.1159/000360712>

Cheng, R., Yang, H., Shao, M. Y., Hu, T., & Zhou, X. D. (2009). Dental erosion and severe tooth decay related to soft drinks: a case report and literature review. *Journal of Zhejiang University. Science. B*, 10(5), 395–399. <https://doi.org/10.1631/jzus.B0820245>

Chi, D. L., & Scott, J. M. (2019). Added Sugar and Dental Caries in Children: A Scientific Update and Future Steps. *Dental clinics of North America*, 63(1), 17–33. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2018.08.003>

Chowdhury, C. R., Shah Nawaz, K., Kumari P, D., Chowdhury, A., Gootveld, M., & Lynch, E. (2019). Highly acidic pH values of carbonated sweet drinks, fruit juices, mineral waters and unregulated fluoride levels in oral care products and drinks in India: a public health concern. *Perspectives in public health*, 139(4), 186–194. <https://doi.org/10.1177/1757913918787218>

Cuniberti, N., Rossi, G. (2020). Abfraction-Myth or Reality? Why Some Wedge-shaped Cervical Lesions are not Caused by Acid Erosion?. *International journal of dentistry and oral health*, doi: 10.16966/2378-7090.309

Dodds, M. W., Johnson, D. A., & Yeh, C. K. (2005). Health benefits of saliva: a review. *Journal of dentistry*, 33(3), 223–233. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2004.10.009>

Eisenburger, M., Addy, M., Hughes, J. A., & Shellis, R. P. (2001). Effect of time on the remineralization of enamel by synthetic saliva after citric acid erosion. *Caries research*, 35(3), 211–215. <https://doi.org/10.1159/000047458>

Ericsson Y. (1949) Enamel apatite solubility. *Acta odont. Stand.* 8(suppl 3), 1-139.

Fioriti, Linda & Zucconi, Silvia & Volpato, Chiara & Adinolfi, Felice & Gandini, Evita & Gentile, Enrica & Loi, Alberico. (2013). Gathering consumption data on specific consumer groups of energy drinks. 10.13140/RG.2.1.4080.5604.

Frencken, J. E., Sharma, P., Stenhouse, L., Green, D., Lavery, D., & Dietrich, T. (2017). Global epidemiology of dental caries and severe periodontitis - a comprehensive review. *Journal of clinical periodontology*, 44 Suppl 18, S94–S105. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12677>

Ganss, C., Klimek, J., & Giese, K. (2001). Dental erosion in children and adolescents--a cross-sectional and longitudinal investigation using study models. *Community dentistry and oral epidemiology*, 29(4), 264–271. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0528.2001.290405.x>

Ganss, C., Lussi, A., & Schlueter, N. (2012). Dental erosion as oral disease. Insights in etiological factors and pathomechanisms, and current strategies for prevention and therapy. *American journal of dentistry*, 25(6), 351–364.

Gasmi Benahmed, A., Gasmi, A., Arshad, M., Shanaida, M., Lysiuk, R., Peana, M., Pshyk-Titko, I., Adamiv, S., Shanaida, Y., & Bjørklund, G. (2020). Health benefits of xylitol. *Applied microbiology and biotechnology*, 104(17), 7225–7237. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10708-7>

Gaspar, S. & Ramos, F. (2016). Caffeine: Consumption and Health Effects. Em *Encyclopedia of Food and Health*, (pp. 573-578). Elsevier, Editors: Benjamin Caballero, Paul M. Finglas, Fidel Toldrá

Gil-Bona, A., & Bidlack, F. B. (2020). Tooth Enamel and its Dynamic Protein Matrix. *International journal of molecular sciences*, 21(12), 4458. <https://doi.org/10.3390/ijms21124458>

González-Aragón Pineda, Á. E., Borges-Yáñez, S. A., Irigoyen-Camacho, M. E., & Lussi, A. (2019). Relationship between erosive tooth wear and beverage consumption among a group of schoolchildren in Mexico City. *Clinical oral investigations*, 23(2), 715–723. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2489-8>

Gray, J. A. (1962). *Kinetics of the Dissolution of Human Dental Enamel in Acid*. *Journal of Dental Research*, 41(3), 633–645. doi:10.1177/00220345620410031601

Green J. I. (2016). Prevention and Management of Tooth Wear: The Role of Dental Technology. *Primary dental journal*, 5(3), 30–33. <https://doi.org/10.1177/205016841600500302>

Grippio J. O. (1991). Abfractions: a new classification of hard tissue lesions of teeth. *Journal of esthetic dentistry*, 3(1), 14–19. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.1991.tb00799.x>

Hannig, C., Hannig, M., & Attin, T. (2005). Enzymes in the acquired enamel pellicle. *European journal of oral sciences*, 113(1), 2–13. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2004.00180.x>

Hannig, M., & Balz, M. (2001). Protective properties of salivary pellicles from two different intraoral sites on enamel erosion. *Caries research*, 35(2), 142–148. <https://doi.org/10.1159/000047446>

Hannig, M., Fiebiger, M., Gützer, M., Döbert, A., Zimehl, R., & Nekrashevych, Y. (2004). Protective effect of the in situ formed short-term salivary pellicle. *Archives of oral biology*, 49(11), 903–910. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2004.05.008>

Hara, A. T., Ando, M., González-Cabezas, C., Cury, J. A., Serra, M. C., & Zero, D. T. (2006). Protective effect of the dental pellicle against erosive challenges in situ. *Journal of dental research*, 85(7), 612–616. <https://doi.org/10.1177/154405910608500706>

Higgins, J. P., Babu, K., Deuster, P. A., & Shearer, J. (2018). Energy Drinks: A Contemporary Issues Paper. *Current sports medicine reports*, 17(2), 65–72. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000454>

Holbrook, W. P., Furuholm, J., Gudmundsson, K., Theodórs, A., & Meurman, J. H. (2009). Gastric reflux is a significant causative factor of tooth erosion. *Journal of dental research*, 88(5), 422–426. <https://doi.org/10.1177/0022034509336530>

Imfeld T. (1996). Dental erosion. Definition, classification and links. *European journal of oral sciences*, 104(2 ( Pt 2)), 151–155. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1996.tb00063.x>

Ishak, W. W., Ugochukwu, C., Bagot, K., Khalili, D., & Zaky, C. (2012). Energy drinks: psychological effects and impact on well-being and quality of life-a literature review. *Innovations in clinical neuroscience*, 9(1), 25–34.

Jaeggi, T., & Lussi, A. (2014). Prevalence, incidence and distribution of erosion. *Monographs in oral science*, 25, 55–73. <https://doi.org/10.1159/000360973>

Kassebaum, N. J., Bernabé, E., Dahiya, M., Bhandari, B., Murray, C. J., & Marcenes, W. (2015). Global burden of untreated caries: a systematic review and metaregression. *Journal of dental research*, 94(5), 650–658. <https://doi.org/10.1177/0022034515573272>

Kinghorn, A. D., Kaneda, N., Baek, N. I., Kennelly, E. J., & Soejarto, D. D. (1998). Noncariogenic intense natural sweeteners. *Medicinal research reviews*, 18(5), 347–360. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1098-1128\(199809\)18:5<347::aid-med5>3.0.co;2-t](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-1128(199809)18:5<347::aid-med5>3.0.co;2-t)

- Kinney, J. H., Balooch, M., Haupt, D. L., Jr, Marshall, S. J., & Marshall, G. W., Jr (1995). Mineral distribution and dimensional changes in human dentin during demineralization. *Journal of dental research*, 74(5), 1179–1184. <https://doi.org/10.1177/00220345950740050601>
- Korte, A., Angelopoulou, M. V., & Maroulakos, G. (2019). Assessing the Effect of Low Calorie Soda Beverages on Primary Tooth Enamel: An *In Vitro* Study. *The Journal of clinical pediatric dentistry*, 43(3), 190–195. <https://doi.org/10.17796/1053-4625-43.3.8>
- Lacruz, R. S., Habelitz, S., Wright, J. T., & Paine, M. L. (2017). DENTAL ENAMEL FORMATION AND IMPLICATIONS FOR ORAL HEALTH AND DISEASE. *Physiological reviews*, 97(3), 939–993. <https://doi.org/10.1152/physrev.00030.2016>
- Larsen, M. J. (1986). *An investigation of the theoretical background for the stability of the calcium-phosphate salts and their mutual conversion in aqueous solutions. Archives of Oral Biology*, 31(11), 757–761. doi:10.1016/0003-9969(86)90008-7
- Larsen, M. J., & Pearce, E. I. (1997). A computer program for correlating dental plaque pH values, cH<sup>+</sup>, plaque titration, critical pH, resting pH and the solubility of enamel apatite. *Archives of oral biology*, 42(7), 475–480. [https://doi.org/10.1016/s0003-9969\(97\)00044-7](https://doi.org/10.1016/s0003-9969(97)00044-7)
- Lee, W. C., & Eakle, W. S. (1984). Possible role of tensile stress in the etiology of cervical erosive lesions of teeth. *The Journal of prosthetic dentistry*, 52(3), 374–380. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(84\)90448-7](https://doi.org/10.1016/0022-3913(84)90448-7)
- Li, H., Zou, Y., & Ding, G. (2012). Dietary factors associated with dental erosion: a meta-analysis. *PloS one*, 7(8), e42626. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042626>
- Lohner, S., Toews, I., & Meerpohl, J. J. (2017). Health outcomes of non-nutritive sweeteners: analysis of the research landscape. *Nutrition journal*, 16(1), 55. <https://doi.org/10.1186/s12937-017-0278-x>
- Luo, Y., Zeng, X. J., Du, M. Q., & Bedi, R. (2005). The prevalence of dental erosion in preschool children in China. *Journal of dentistry*, 33(2), 115–121. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2004.08.007>

Lussi, A., & Carvalho, T. S. (2014). Erosive tooth wear: a multifactorial condition of growing concern and increasing knowledge. *Monographs in oral science*, 25, 1–15. <https://doi.org/10.1159/000360380>

Lussi, A., Jaeggi, T., & Zero, D. (2004). The role of diet in the aetiology of dental erosion. *Caries research*, 38 Suppl 1, 34–44. <https://doi.org/10.1159/000074360>

Lussi, A., Schlueter, N., Rakhmatullina, E., & Ganss, C. (2011). Dental erosion--an overview with emphasis on chemical and histopathological aspects. *Caries research*, 45 Suppl 1, 2–12. <https://doi.org/10.1159/000325915>

Mathur, V. P., & Dhillon, J. K. (2018). Dental Caries: A Disease Which Needs Attention. *Indian journal of pediatrics*, 85(3), 202–206. <https://doi.org/10.1007/s12098-017-2381-6>

Meurman, J. H., & Murtomaa, H. (1986). Effect of effervescent vitamin C preparations on bovine teeth and on some clinical and salivary parameters in man. *Scandinavian journal of dental research*, 94(6), 491–499. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1986.tb01791.x>

Millward, A., Shaw, L., & Smith, A. (1994). Dental erosion in four-year-old children from differing socioeconomic backgrounds. *ASDC journal of dentistry for children*, 61(4), 263–266.

Moreno, E. C., Kresak, M., & Zahradnik, R. T. (1974). Fluoridated hydroxyapatite solubility and caries formation. *Nature*, 247(5435), 64–65. <https://doi.org/10.1038/247064a0>

Moreno, E. C., Kresak, M., & Zahradnik, R. T. (1977). Physicochemical aspects of fluoride-apatite systems relevant to the study of dental caries. *Caries research*, 11 Suppl 1, 142–171. <https://doi.org/10.1159/000260299>

Nadimi, H., Wesamaa, H., Janket, S. J., Bollu, P., & Meurman, J. H. (2011). Are sugar-free confections really beneficial for dental health?. *British dental journal*, 211(7), E15. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2011.823>

Nanci, A. (2018). Ten Cate's Oral Histology: Development, Structure and Function (9th

Nguyen, D. H., & Martin, J. T. (2008). Common dental infections in the primary care setting. *American family physician*, 77(6), 797–802.

Piangprach, T., Hengtrakool, C., Kukiattrakoon, B., & Kedjarune-Leggat, U. (2009). The effect of salivary factors on dental erosion in various age groups and tooth surfaces. *Journal of the American Dental Association* (1939), 140(9), 1137–1143. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2009.0341>

Pindborg J. J. (1970). *Pathology of the dental hard tissues*. Saunders.

Rees, J. S., & Somi, S. (2018). A guide to the clinical management of attrition. *British dental journal*, 224(5), 319–323. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2018.169>

Robinson, C., Shore, R. C., Brookes, S. J., Strafford, S., Wood, S. R., & Kirkham, J. (2000). The chemistry of enamel caries. *Critical reviews in oral biology and medicine : an official publication of the American Association of Oral Biologists*, 11(4), 481–495. <https://doi.org/10.1177/10454411000110040601>

Rytömaa, I., Meurman, J. H., Koskinen, J., Laakso, T., Gharazi, L., & Turunen, R. (1988). In vitro erosion of bovine enamel caused by acidic drinks and other foodstuffs. *Scandinavian journal of dental research*, 96(4), 324–333. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1988.tb01563.x>

Sankararaman, S., Syed, W., Medici, V., & Sferra, T. J. (2018). Impact of Energy Drinks on Health and Well-being. *Current nutrition reports*, 7(3), 121–130. <https://doi.org/10.1007/s13668-018-0231-4>

Scheutzel P. (1996). Etiology of dental erosion--intrinsic factors. *European journal of oral sciences*, 104(2 ( Pt 2)), 178–190. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1996.tb00066.x>

Selwitz, R. H., Ismail, A. I., & Pitts, N. B. (2007). Dental caries. *Lancet (London, England)*, 369(9555), 51–59. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)60031-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)60031-2)

Shellis, R. P., & Addy, M. (2014). The interactions between attrition, abrasion and erosion in tooth wear. *Monographs in oral science*, 25, 32–45. <https://doi.org/10.1159/000359936>

Shellis, R. P., Featherstone, J. D. B., & Lussi, A. (2014). *Understanding the Chemistry of Dental Erosion. Erosive Tooth Wear*, 163–179. doi:10.1159/000359943

Shellis, R. P., Finke, M., Eisenburger, M., Parker, D. M., & Addy, M. (2005). Relationship between enamel erosion and liquid flow rate. *European journal of oral sciences*, 113(3), 232–238. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2005.00210.x>

Sreebny L. M. (2000). Saliva in health and disease: an appraisal and update. *International dental journal*, 50(3), 140–161. <https://doi.org/10.1111/j.1875-595x.2000.tb00554.x>

Tahmassebi, J. F., & BaniHani, A. (2019). Impact of soft drinks to health and economy: a critical review. *European archives of paediatric dentistry: official journal of the European Academy of Paediatric Dentistry*, 21(1), 109–117. <https://doi.org/10.1007/s40368-019-00458-0>

Tahmassebi, J. F., Duggal, M. S., Malik-Kotru, G., & Curzon, M. E. (2006). Soft drinks and dental health: a review of the current literature. *Journal of dentistry*, 34(1), 2–11. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2004.11.006>

ten Bruggen Cate H. J. (1968). Dental erosion in industry. *British journal of industrial medicine*, 25(4), 249–266. <https://doi.org/10.1136/oem.25.4.249>

Tjäderhane, L., Carrilho, M. R., Breschi, L., Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2009). *Dentin basic structure and composition-an overview*. *Endodontic Topics*, 20(1), 3–29. doi:10.1111/j.1601-1546.2012.00269.x

Uribe, S. E., Innes, N., & Maldupa, I. (2021). The global prevalence of early childhood caries: A systematic review with meta-analysis using the WHO diagnostic criteria. *International journal of paediatric dentistry*, 31(6), 817–830. <https://doi.org/10.1111/ipd.12783>

Voronets, J., & Lussi, A. (2009). *Thickness of softened human enamel removed by toothbrush abrasion: an in vitro study*. *Clinical Oral Investigations*, 14(3), 251–256. doi:10.1007/s00784-009-0288-y

Wetselaar, P., & Lobbezoo, F. (2016). The tooth wear evaluation system: a modular clinical guideline for the diagnosis and management planning of worn dentitions. *Journal of oral rehabilitation*, 43(1), 69–80. <https://doi.org/10.1111/joor.12340>

Zabokova Bilbilova, Efka. (2020). Dietary Factors, Salivary Parameters, and Dental Caries. 10.5772/intechopen.92392.

Zero D. T. (1996). Etiology of dental erosion--extrinsic factors. *European journal of oral sciences*, 104(2 (Pt 2)), 162–177. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1996.tb00065.x>

Zero, D. T., & Lussi, A. (2005). Erosion--chemical and biological factors of importance to the dental practitioner. *International dental journal*, 55(4 Suppl 1), 285–290. <https://doi.org/10.1111/j.1875-595x.2005.tb00066.x>

Zhang, Y., Fang, J., Yang, J., Gao, X., Dong, L., Zheng, X., Sun, L., Xia, B., Zhao, N., Ma, Z., & Wang, Y. (2022). *Streptococcus mutans*-associated bacteria in dental plaque of severe early childhood caries. *Journal of oral microbiology*, 14(1), 2046309. <https://doi.org/10.1080/20002297.2022.2046309>