



**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**EFEITO DO CAFÉ NA REMINERALIZAÇÃO DO ESMALTE E NA  
ALTERAÇÃO DO PH ORAL**

Trabalho submetido por  
**André Figueiredo Centeno**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

**junho de 2018**





**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**O EFEITO DO CAFÉ NA REMINERALIZAÇÃO DO ESMALTE E  
NA ALTERAÇÃO DO PH ORAL**

Trabalho submetido por  
**André Figueiredo Centeno**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por  
**Prof. Doutor Carlos Manuel Lopes Monteiro**  
e coorientado por  
**Professora Doutora Maria Fernanda de Mesquita**

**junho de 2018**



## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Doutor Carlos Monteiro, por ter aceitado orientar este trabalho, por toda a ajuda, disponibilidade e amizade que sempre demonstrou. Muito obrigado professor!

À minha coorientadora, Professora Doutora Maria Fernanda de Mesquita, por ter aceito coorientar este trabalho, e pela ajuda na construção do mesmo.

Ao Professor Doutor José Martins dos Santos, pela inspiração que é para todos os alunos desta instituição de ensino. Nunca será esquecido.

À Direção Clínica da Clínica Universitária Egas Moniz, pela atenção e apoio que sempre me prestaram. Um sincero obrigado.

À Clínica Universitária Egas Moniz, a todos os docentes e funcionários que me acompanharam nestes últimos dois anos da minha formação.

À TinTuna, família que me acolheu enquanto miúdo, que me acompanhou em todo o meu percurso académico e me ajudou a tornar na pessoa que sou hoje. E como sempre se diz “Uma vez TinTuno, TinTuno para sempre!”. Obrigado!

À AEISCSEM, pelas amizades, pelos momentos vividos e por tudo o que me ensinou. Uma associação de estudantes única e que sempre trabalhou incansavelmente para melhor representar os seus alunos.

Ao Conselho de Praxe, não existem palavras que consigam descrever o que de bom me fez viver. Obrigado pelo espírito académico, pelas amizades para a vida e pela forma altruísta com que eleva o bom nome desta instituição de ensino.

A toda a minha indiscreta FAMÍLIA! Em especial aos melhores pais do mundo, José Centeno e Cristina Centeno, por TUDO o que fizeram por mim e pela paciência que têm comigo. Não podia pedir melhor. Ao melhor amigo, companheiro e irmão, que tenho a grande sorte de ter ao meu lado, Gonçalo Figueiredo Centeno. À querida tia Carla Figueiredo, a tia que todos sonham ter. À minha madrinha do coração Maria Manuela Galiza por ter sido como uma mãe para mim. Ao meu Avó Mário Figueiredo, um exemplo, um ídolo, um patriarca da Família, que me inspira todos os dias para que um dia possa ser como ele. Obrigado por tudo. Pelo apoio, pela união, por tudo o que significam para mim. Aos que estão presentes e aos que já partiram... Sem todos vocês, nada disto seria possível. Vou-vos estar eternamente grato. Obrigado, Obrigado, OBRIGADO!

À minha incansável namorada, Marta Martins, por todo o amor, carinho, amizade, apoio e tudo mais que não existe maneira de o descrever. Pela pessoa que és para mim e por todos os dias fazeres de mim uma pessoa melhor.

Aos meus amigos Tomás Carvalho e Pedro Carvalho, pela força e apoio que me deram desde que se tornaram meus amigos e por terem insistido tanto comigo para iniciar este projeto.

A todos os meus colegas de curso, por toda a ajuda e apoio. Sem a ajuda de muitos, a realização deste curso superior não seria possível.

Ao amigo e colega, Rahil Haji, pela edição de imagens que fez neste projeto. Obrigado companheiro.

Ao meu colega e amigo Rui Tomás pela ajuda imprescindível na finalização deste trabalho, obrigado amigo!

Aos meus amigos de infância e a todas as pessoas importantes que entraram na minha vida e fizeram de mim uma pessoa melhor.

Obrigado!



## RESUMO

O café é a segunda bebida mais consumida no mundo a seguir à água. É uma bebida bastante apreciada, devido ao seu agradável sabor e odor, e aos efeitos estimulantes sobre a atividade física e mental, para além de apresentar inúmeros benefícios à saúde.

Sendo o café ingerido pela cavidade oral, faz com que os dentes estabeleçam o primeiro contacto com esta bebida. Este facto torna o estudo do efeito que o café exerce sobre os mesmos imprescindível, do ponto de vista científico e de relevante interesse no âmbito da Medicina Dentária.

A presente monografia tem como principais objetivos determinar o efeito que o café exerce sobre o esmalte dentário e sobre o pH da cavidade oral, de uma forma direta ou indireta.

A metodologia utilizada consistiu no estudo e análise de vários artigos científicos, que associavam os constituintes do café à sua capacidade de pigmentação do esmalte e ao seu efeito antibacteriano nas bactérias potencialmente cariogénicas. O *Streptococcus mutans*, o principal agente da etiologia da cárie dentária, por desmineralização da estrutura do esmalte está incluído nestas bactérias potencialmente cariogénicas.

O café possui uma forte capacidade antibacteriana, por inibir a adesão de bactérias cariogénicas ao esmalte dentário, ao impossibilitar o seu metabolismo e consequentemente a formação de ácidos na superfície do mesmo, sendo assim criadas condições para que a remineralização do esmalte ocorra, quando consumido sem aditivos açucarados. Porém, a falta de ensaios clínicos é uma realidade que não permite concluir este efeito indireto positivo do café na remineralização do esmalte.

**Palavras chave:** Café, pH oral, remineralização do esmalte, placa bacteriana.

## ABSTRACT

Coffee is the second most consumed beverage in the world after water. It is a much appreciated beverage, due to its pleasant taste and odor, and to the stimulating effects on physical and mental activity. In addition to presenting numerous health benefits.

Being the coffee ingested by the oral cavity, the coffee establish the first contact the teeth. This fact makes the study of the effect that coffee exerts the same essential from the scientific point of view and of relevant interest in the scope of Dentistry.

The main objective of this monograph is to determine the effect of coffee on dental enamel and on oral pH, either directly or indirectly.

The methodology used consisted of the study and analysis of several scientific papers that associated the coffee constituents with their enamel pigmentation capacity and their antibacterial effect of potentially cariogenic bacteria, including the main agent of caries etiology, by demineralization of the enamel structure, the *Streptococcus mutans*.

Coffee has a strong antibacterial capacity, because it inhibits the adhesion of cariogenic bacteria to the dental enamel, making impossible its metabolism and consequently the formation of acids on the surface of the same, thus creating conditions for the remineralization of the enamel to occur when consumed without sugary additives. However, the lack of clinical trials is a reality that does not allow to conclude this positive indirect effect of coffee on enamel remineralization.

**Key words:** coffee, oral pH, enamel remineralization, dental plaque

<b>I.INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Café.....</b>	<b>11</b>
<b>II.DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1. Principais componentes do café com importância biológica .....</b>	<b>14</b>
2.1.1. Cafeína.....	14
2.1.2 Melanoidinas .....	15
2.1.3. Ácido Clorogénico.....	17
<b>2.2 – Constituintes da cavidade oral com interação direta com o café. ....</b>	<b>19</b>
2.2.1 Biofilme Dentário e Placa Bacteriana .....	19
2.2.1.1 Definição de biofilme .....	19
2.2.1.2 Formação do Biofilme .....	20
2.2.1.3 Placa Bacteriana como biofilme dentário .....	21
2.2.2 Esmalte .....	23
2.2.2.1 Estrutura do Esmalte.....	23
2.2.2.2 Composição química do esmalte .....	24
2.2.2.3. Desmineralização do Esmalte.....	25
2.2.2.4. Remineralização do esmalte .....	29
2.2.2.4.1. Papel da saliva na remineralização do esmalte.....	30
2.2.2.4.2. Flúor no processo de remineralização do esmalte.....	31
<b>2.3. Modificações no esmalte causadas por fatores extrínsecos.....</b>	<b>34</b>
2.3.1. Erosão do esmalte.....	34
2.3.2 Pigmentação do esmalte provocada pelo café .....	37
<b>2.4 Efeito do café na remineralização do esmalte e alteração do pH oral.....</b>	<b>38</b>
<b>III. CONCLUSÃO .....</b>	<b>42</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Processamento desde da semente até ao café instantâneo. ....	12
Figura 2- Estrutura química da cafeína.....	14
Figura 3 - Reação de Maillard. ....	16
Figura 4- Polifenóis que estão presentes no café.....	17
Figura 5 - Estrutura molecular do ácido clorogénico. ....	18
Figura 6 – Ação do ácido clorogénico nos diversos processos metabólicos com benefícios para a saúde. ....	18
Figura 7 - Formação e maturação do biofilme. ....	21
Figura 8 - Mecanismo dinâmico da placa bacteriana. ....	22
Figura 9 - Estrutura do esmalte a uma escala de 3 µm. Observação realizada através de microscopia eletrónica.....	23
Figura 10 - Diferenças na espessura do esmalte nas diferentes localizações. ....	24
Figura 11 - Formação de Ácido Lático.....	26
Figura 12 - Relação entre a concentração de cálcio e o valor pH crítico. ....	27
Figura 13 - Dinâmica dos minerais na saliva e no esmalte em condições de pH neutro e pH ácido.....	28
Figura 14 - Processo de desmineralização/remineralização o esmalte.....	29
Figura 15 - Função protetora da saliva nos tecidos dentários. ....	31
Figura 16 - Representação esquemática da deposição de fluor no meio oral.....	32

Figura 17 - Processo de proteção dos cristais através do fluor presente no fluido do esmalte. ....	33
Figura 18 - Remineralização dos cristais de hidroxiapatite na presença de flúor. ....	34
Figura 19 - Erosão dentária como uma condição multifatorial. ....	35
Figura 20 - Diferentes fases da erosão dentária contínua de esmalte. 1º enfraquecimento do esmalte; 2º perda parcial de esmalte; 3º perda significativa de esmalte. ....	36
Figura 21 - Mecanismo Tipo N1. ....	38

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Composição do café nas diferentes espécies de plantas.....	12
Tabela 2 - Bactérias presentes na placa bacteriana.....	22
Tabela 3 - Classificação de Nathoo .....	37



## **LISTA DE SIGLAS**

**CPOD** – Dentes Cariados, Perdidos e Obturados

**Fa** – Fluor absorvido

**F<sub>L</sub>** – Fluor no fluido do esmalte

**F<sub>O</sub>** – Fluor externo

**F<sub>S</sub>** – Fluor sólido

**IL-6** – Interleucina &

**IP**- Espaço inter-primas

**MMP** – Metaloproteases da matriz

**P** – Prima

**TNF** – Fator de necrose tumoral



## **INTRODUÇÃO**

### **1.1 Café**

O Café é um dos produtos alimentares mais comercializados do mundo. A sua bebida, feita à base de água, é considerada a segunda mais consumida, estando em primeiro a própria água. (Ludwig, Clifford, Lean, Ashihara, & Crozier, 2014).

O seu consumo global é de aproximadamente 7 toneladas ao ano. Este grande consumo de café deve-se ao seu sabor e odor agradável, tal como ao seu efeito estimulante sobre a atividade física e mental. Tem características que o faz estar entre as bebidas que exercem um maior número de efeitos sobre a saúde humana (Cano-Marquina, Tarín, & Cano, 2013; Daglia et al., 2002; Grosso, Godos, Galvano, & Giovannucci, 2017).

A planta do café é cultivada comercialmente em vários pontos do mundo, separados entre si, como por exemplo, Havai, Etiópia, Brasil, Quênia, entre outros. (Ludwig et al., 2014).

A preparação da bebida do café envolve 4 fases (figura 1). Em primeiro lugar as sementes de café são colhidas da sua planta quando se encontram vermelhas e, em seguida são convertidas em grãos verdes por remoção da camada externa (a polpa da casca). Por seguinte os grãos verdes de café passam por um processo de torrefação que promove modificações importantes no grão do café, como alterações da cor, volume, massa, do pH e dos compostos voláteis que são necessários para melhorar propriedades organolépticas do café em particular o sabor e odor. O grão de café não torrado possui cerca de 250 compostos na sua composição enquanto que o grão de café torrado possui mais de 800 compostos, que contribuem para o seu sabor. Se o objetivo final for produzir café instantâneo, o café torrado após moagem e em forma de pó é submetido a um processo de extração com água a uma elevada temperatura (175°C) sobre condições de pressão de forma a extrair os compostos solúveis, sólidos e voláteis que providenciam o aroma e sabor ao café instantâneo. Todo este processo encontra-se ilustrado na seguinte figura 1 (Mussatto, 2015).



**Figura 1** - Processamento desde da semente até ao café instantâneo. (Adaptado de Mussatto, 2015).

A complexa mistura química do café torrado é composta predominantemente por hidratos de carbono, lípidos, vitaminas, minerais, alcaloides, compostos fenólicos, entre outros e difere de espécie para espécie (Tabela 1) (Higdon & Frei, 2006).

**Tabela 1** - Composição do café nas diferentes espécies de plantas (Adaptada de H.-D. Belitz · W. Grosch · P. Schieberle, 2009)

Componente	Conteúdo (%)	
	Arabica	Robusta
Cafeína	1.3	2.4
Lípidos	17.0	11.0
Proteínas	10.0	10.0
Hidratos de Carbono	38.0	41.5
Trigonelina	1.0	0.7
Ácido Alifático	2.4	2.5
Ácido Clorogénico	2.7	3.1
Compostos voláteis	0.1	0.1
Minerais	4.5	4.7
Melanoidinas	23.0	23.0

A compreensão dos efeitos fisiológicos do café é severamente limitada pela complexidade derivada de dois fatores: a vasta gama de componentes que se encontram no produto final do café e os diversos efeitos de cada um. Entre todos estes componentes, podemos destacar aqueles que têm uma maior importância a nível biológico, como é o caso da cafeína, das melanoidinas e do ácido clorogénico (Cano-Marquina et al., 2013).

A ingestão do café é realizada pela cavidade oral, o que faz com que a mesma e os dentes (maioritariamente o esmalte) estabeleçam o primeiro contato com esta bebida. Como tal, torna-se imprescindível, do ponto de vista científico, o conhecimento dos efeitos que o café exerce sobre a saúde oral. Para tal, é necessário o conhecimento, tanto sobre a bebida e dos respetivos constituintes, como da cavidade oral e dos próprios dentes. Relativamente a estes últimos, tanto a nível da sua constituição, bem como da sua fisiologia (Aguar, Pini, Lima, & Lovadino, 2014; Daglia et al., 2002; Hans, Thomas, Garla, Dagli, & Hans, 2016; Liporoni et al., 2010).

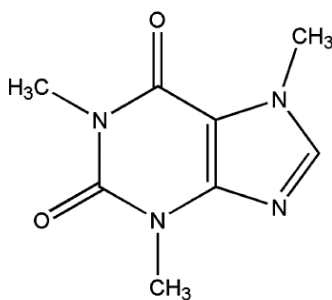
## II. DESENVOLVIMENTO

### 2.1. Principais componentes do café com importância biológica

#### 2.1.1. Cafeína

O componente do café mais estudado é a cafeína, sendo que grande parte da literatura está direcionada para os efeitos farmacocinéticos da mesma (Daglia et al., 2002).

A cafeína (1,3,7-trimetilxantina) é um alcaloide puro que está naturalmente presente nas sementes de café (Figura 2). Num café *expresso* podemos encontrar entre 72-130 mg de cafeína por chávena (Higdon & Frei, 2006).



**Figura 2-** Estrutura química da cafeína. (Adaptado de Higdon & Frei, 2006).

A cafeína é rapidamente absorvida a nível do estômago, logo depois de ser ingerida, posteriormente distribuída por todos os tecidos, incluindo o cérebro e por último, é metabolizada no fígado. O pico do seu efeito fisiológico é atingido, na maior parte dos casos, passados 30 minutos. O tempo de semi-vida da cafeína é aproximadamente de 5 horas. (Beauchamp, Amaducci, & Cook, 2017; Cano-Marquina et al., 2013; Higdon & Frei, 2006).

A cafeína ajuda também na redução de sintomas associados ao Parkinson. Esta doença leva à perda progressiva de neurónios dos gânglios basais do mesencéfalo, que resulta na diminuição das capacidades motoras e provocação de tremores. A cafeína melhora a performance do sistema de neurotransmissores de dopamina, bloqueando os

recetores A<sub>2</sub> de adenosina, estimulando a libertação de dopamina, reduzindo assim os sintomas associados à doença de Parkinson (Ludwig et al., 2014).

Para além de uma estimulação do sistema nervoso central, a cafeína também provoca um aumento agudo da pressão sanguínea, aumento do índice metabólico e diurese (Higdon & Frei, 2006).

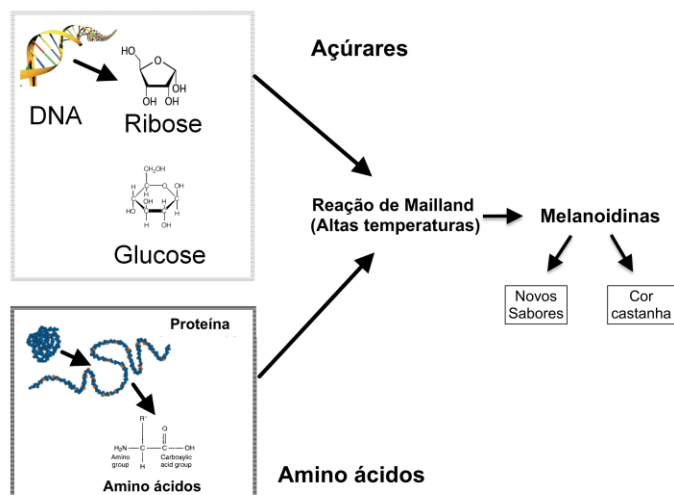
Estes efeitos fazem com que a cafeína seja muitas vezes introduzida em diversas bebidas com o objetivo de obter melhorias no desempenho físico. O café é tomado também com o intuito de ajudar na perda de peso, de atingir maior alerta cognitivo e redução da fadiga (Beauchamp et al., 2017).

Porém, o consumo de cafeína é também acompanhado por uma série de pontos negativos. Os efeitos adversos relacionados com o consumo de cafeína são: taquicardia, palpitações, insónias, ansiedade, tremor, cefaleias, náuseas e diurese. Caso o consumo seja continuado e de seguida interrompido, apresentam-se também sinais de abstinência, tendo sido documentados em vários casos e estudos experimentais, dor de cabeça, fadiga, sonolência, irritabilidade, dificuldade de concentração e depressão (Higdon & Frei, 2006).

### **2.1.2 Melanoidinas**

As melanoidinas são das moléculas mais conhecidas nos dias de hoje por estarem presentes em diversas bebidas e alimentos que são processados pelo calor, como o café, a cerveja preta, o cacau e o vinagre balsâmico. De todos, o café torrado é das maiores fontes de melanoidinas da dieta humana (Argirova, Stefanova, & Krustev, 2013; Coelho et al., 2014; Ludwig et al., 2014; Stauder, Papetti, Mascherpa, et al., 2010).

As melanoidinas podem ser descritas como polímeros de alto peso molecular de cor castanha. Estas são o produto final de uma complexa sequência de reações químicas, sobre altas temperaturas que tem o nome de reação Maillard. Nesta sequência de reações químicas ocorre uma degradação térmica de polissacáridos, de grupos amina livres provenientes de aminoácidos ou de proteínas e compostos fenólicos, dando assim origem à sua pigmentação castanha e a novos sabores (Figura 3) (Argirova et al., 2013; Gaascht, Dicato, & Diederich, 2015).



**Figura 3** - Reação de Maillard. (Adaptado de Michael, 2011)

As melanoidinas solúveis em água podem representar até 29% da matéria constituinte do café em pó, mas esta percentagem varia conforme a espécie de café, o grau de torragem e o método usado para extrair os grãos de café. (Argirova et al., 2013).

A sua presença nos alimentos e bebidas, não só lhes confere a cor, como modela a libertação de sabor, a textura e controlo do comportamento da fibra alimentar (Bresciani, Calani, Bruni, Brighenti, & Del Rio, 2014; Stauder, Papetti, Mascherpa, et al., 2010).

A estrutura exata das melanoidinas do café não é totalmente compreendida devido à sua complexidade e ao facto de que os seus vários tipos se formam a partir de reagentes primários, estando dependentes de condições da reação, tais como o pH, a temperatura, a duração da reação e a atividade hidrolítica.

Não existe evidência científica relacionada com a sua absorção ou sobre os produtos da sua digestão, sendo esta a maior limitação do seu estudo (Argirova et al., 2013).

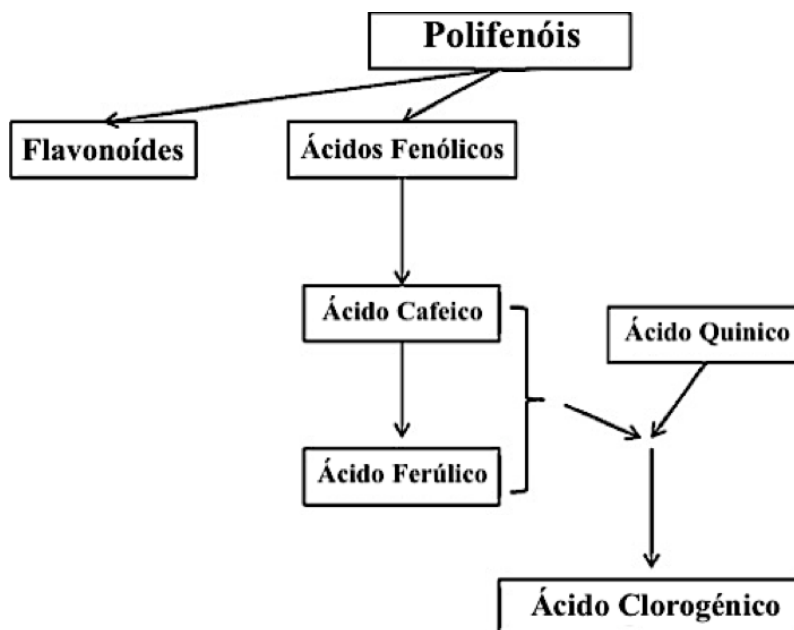
O interesse científico nas melanoidinas do café está relacionado com as suas diversas capacidades biológicas, sendo uma delas a sua propriedade antioxidante devido à capacidade de eliminar radicais livres. Possui também propriedades antibacterianas,

pela quelação de  $Mg^{2+}$  das paredes celulares dos microrganismos, levando à sua ruptura e morte. (Argirova et al., 2013; Grosso et al., 2017).

As melanoidinas são potentes inibidoras de endopeptidases humanas com zinco (família de metaloproteinases: MMP-1, MMP-2, MMP-9) associadas a várias doenças inflamatórias e degenerativas, necessárias para a progressão de um tumor e das suas metástases (Gaascht et al., 2015).

### 2.1.3. Ácido Clorogénico

O café é uma das fontes mais ricas em polifenóis, sendo os ácidos fenólicos os mais comuns em que uma percentagem é ácido cafeico e o ácido clorogénico, sendo este último, o principal constituinte (Figura 4). O Ácido Clorogénico faz parte de uma família de ácidos trans-cinâmicos, que inclui o ácido cafeico, o ácido ferúlico e o ácido quínico. A sua forma mais comum é o ácido 5-O-cafeoilquínico (Figura 5) (Cano-Marquina et al., 2013; Ferruzzi, 2010)



**Figura 4-** Polifenóis que estão presentes no café. (Adaptado de Cano-Marquina et al., 2013)

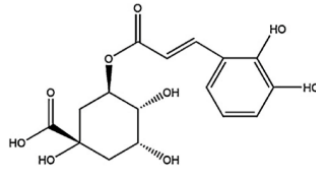


Figura 5 - Estrutura molecular do ácido clorogénico. (Adaptado de Bresciani et al., 2014)

O ácido clorogénico pode representar até cerca de 12% da matéria seca dos grãos verdes do café. Esta quantidade sofre uma alteração no processamento do café, mais especificamente na torragem, na qual o café é aquecido a 200°C. Uma vez que os componentes do ácido clorogénico apresentam sensibilidade a altas temperaturas, estes vão degradar-se neste processo. Assim a percentagem de ácido clorogénico no café torrado vai depender da temperatura a que é realizada a torragem e do tempo de duração da mesma (Ferruzzi, 2010).

O ácido clorogénico é um polifenol biologicamente ativo. Em estudo recentes o seu consumo tendo sido várias vezes relacionado, com a redução do risco de diversas doenças como : diabetes tipo 2, Alzheimer, hipertensão arterial, obesidade, entre outras, devido não só pelas suas propriedades antioxidantes como também pela inibição de atividades inflamatórias (inibição da produção de mediadores de inflamação como TNF alfa e IL-6) (figura 6) (Tajik, Tajik, Mack, & Enck, 2017).

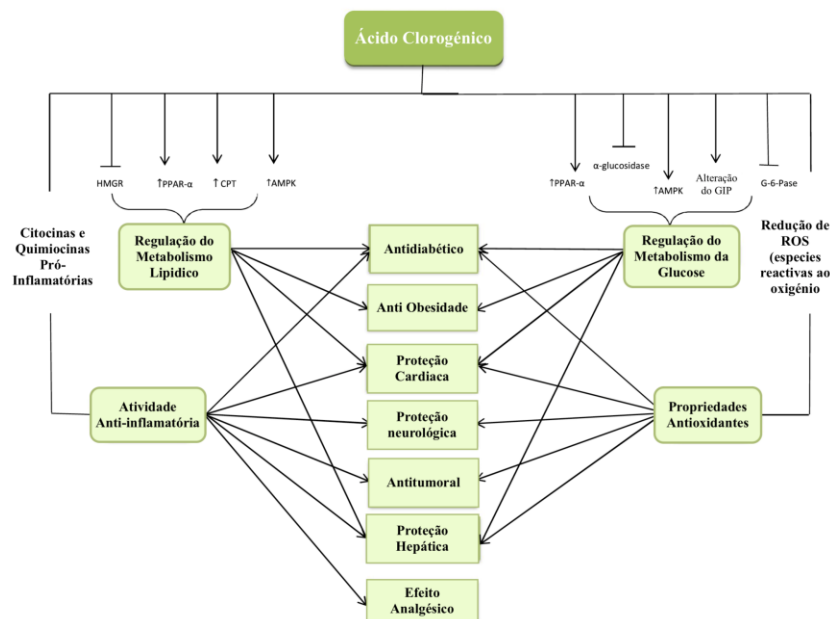


Figura 6 – Ação do ácido clorogénico nos diversos processos metabólicos com benefícios para a saúde. (Adaptado de Naveed et al., 2018)

Uma chávena de café contém entre 70 a 350 mg de ácido clorogénico, sendo que varia consoante as espécies e misturas de café (Tajik et al., 2017).

Uma vez ingerido em bebidas ou alimentos, um terço do ácido clorogénico é absorvido no intestino delgado, sendo que os restantes dois terços seguem para o intestino grosso onde são metabolizados pela flora gastrointestinal e de seguida absorvidos para a corrente sanguínea (Naveed et al., 2018).

O ácido clorogénico é um potente antioxidante, pois possui propriedades que o tornam capaz de combater o stress oxidativo, atuando como agente quelante de metais na eliminação de radicais livres, reduzindo a peroxidação lipídica e inibindo a atividade da NAD(P)H oxidase. O stress oxidativo está particularmente ligado à inflamação, sendo o oxigénio reativo fortemente apontado como principal agente iniciador da cascata de sinalização envolvida em respostas inflamatórias. Estudos científicos comprovam que o ácido clorogénico exerce efeitos anti-inflamatórios pela inibição da produção de alguns mediadores ligados à expressão inflamatória como é o caso do TNF- $\alpha$  (Tajik et al., 2017)

O ácido pode também providenciar uma abordagem não farmacológica e não invasiva para o tratamento ou prevenção de algumas doenças crónicas (Figura 6). Para além de todas estas características possuem também propriedades anti cariogénicas, mais especificamente na interferência na adesão de bactérias cariogénicas à superfície do esmalte (Coelho et al., 2014; Ferrazzano, Amato, Ingenito, De Natale, & Pollio, 2009; Tajik et al., 2017).

## **2.2 – Constituintes da cavidade oral com interação direta com o café.**

### **2.2.1 Biofilme Dentário e Placa Bacteriana**

#### **2.2.1.1 Definição de biofilme**

Os humanos e os microrganismos têm uma íntima e dinâmica relação entre si. No corpo humano é estimado que existam mais  $10^{14}$  células, das quais somente 10% são células mamíferas. Isto deve-se ao facto de que grande parte destes microrganismos

compõem microfloras resistentes que se encontram colonizadas em todas as superfícies expostas do corpo, como por exemplo a pele, a cavidade oral e tratos digestivo e reprodutor (Philip D. Marsh, 2010).

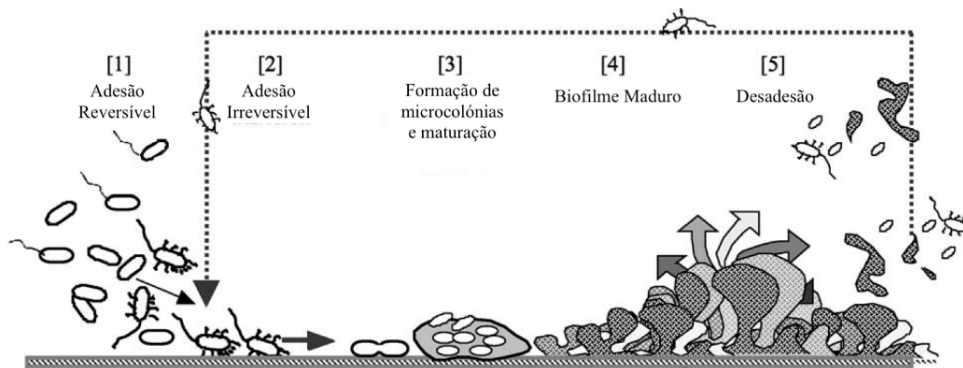
Estas microfloras contribuem para a manutenção da saúde humana promovendo o normal desenvolvimento do sistema imunitário e oferecem proteção contra microrganismos de caráter patogénico. Por outro lado, poderão causar dificuldades no tratamento de infeções (Philip D. Marsh, 2010; Wróblewska, Strużycka, & Mierzwińska-Nastalska, 2015).

Podemos definir então o biofilme como uma população de células sedentárias de microrganismos, bactérias e fungos, que se encontram irreversivelmente ligadas a uma base, e emersas numa matriz produzida por estas próprias células (Wróblewska et al., 2015).

#### **2.2.1.2 Formação do Biofilme**

O processo de formação do biofilme tem início na adesão das células microbianas a uma superfície, neste caso, o esmalte dentário, através da película aderida. Esta é descrita como um material cuticular formado na superfície do esmalte após a sua erupção. A película aderida é constituída por diversas moléculas como proteínas ricas em prolina, glicoproteínas ricas em prolina, mucinas, glicosiltransferases, alfa amílase salivar, que em contacto com o cristal de hidroxiapatite do esmalte irão sofrer alterações na sua estrutura molecular e criar as condições ideais para que ocorra ligação entre a película aderida com a primeira colónia de bactérias (P.D. Marsh & B. Nyvad, 2009) Numa primeira fase, ocorrem, entre os microrganismos e a película aderida, ligações reversíveis, não específicas, resultantes de ligações de van der Waals, eletroestáticas e de forças hidrofóbicas. Numa fase seguinte, ocorrem ligações específicas entre adesinas bacterianas e a superfície da película adquirida. Se esta adesão das bactérias à superfície subjacente se prolongar durante um período de tempo suficiente, a ligação estabelecida tornar-se-á irreversível. Após este processo, acompanhado da produção extracelular de polissacarídeos pelas bactérias aderidas, a velocidade da formação do biofilme e o respetivo número de camadas vão depender do conteúdo de nutrientes, presença de ferro,

teor de pH, osmolaridade, percentagem de oxigénio, concentração de agentes antibacterianos e da temperatura do meio. No decorrer deste processo, estão simultaneamente a ser formadas outras microcolónias, levando à maturação do biofilme. (Casais et al., 2013; Wróblewska et al., 2015). Todo este processo está ilustrado na seguinte figura 7 (Ghigo, 2003).



**Figura 7** - Formação e maturação do biofilme. (Adaptado de Ghigo, 2003)

### 2.2.1.3 Placa Bacteriana como biofilme dentário

A placa bacteriana é o primeiro biofilme e o mais estudado do corpo humano (Wróblewska et al., 2015).

A maior diversidade de microrganismos orais é encontrada no biofilme dentário, ou seja, na placa bacteriana. Uma pequena amostra da mesma contém, num valor médio, entre 12 a 27 espécies (Philip D. Marsh, 2010).

Existe uma diferença significativa entre a flora bacteriana encontrada na superfície dentária, ou placa supragengival, e a placa subgengival. Na placa supragengival existe a predominância de bactérias Gram positivas, enquanto que a placa subgengival é essencialmente constituída por bactérias Gram negativas, como podemos observar na seguinte Tabela 2 (Wróblewska et al., 2015).

Tabela 2 - Bactérias presentes na placa bacteriana (Adaptado de Wróblewska et al., 2015)

Placa Supragengival	Placa Subgengival
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Streptococcus mutans</i></li> <li>Streptococcus salivarius</li> <li>Streptococcus mitis</li> <li>Streptococcus gordonii</li> <li>• <i>Lactobacillus acidophilus</i></li> <li>• <i>Actinomyces odontolyticus</i></li> <li>Actinomyces israelii</li> <li>Actinomyces naeslundii</li> <li>• <i>Staphylococcus aureus</i></li> <li>• <i>Neisseria mucosa</i></li> <li>• <i>Capnocytophaga ochracea</i></li> <li>Capnocytophaga sputigena</li> <li>• <i>Candida</i> spp.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Prevotella nigrescens</i></li> <li>Prevotella intermedia</li> <li>• <i>Tannerella forsythia</i></li> <li>• <i>Fusobacterium nucleatum</i></li> <li>• <i>Campylobacter</i> spp.</li> <li>• <i>Actinobacillus</i> spp.</li> <li>• <i>Porphyromonas gingivalis</i></li> <li>• krętki</li> <li>• <i>Synergistes</i> spp.</li> </ul>

Dos microrganismos constituintes da placa bacteriana, o *Streptococcus mutans* é considerado o principal microrganismo patogénico na etiologia da cárie no esmalte, enquanto que o género *Lactobacillus* é responsável pela progressão da mesma (Wróblewska et al., 2015).

O diagrama presente na figura 8 propõe uma relação dinâmica entre o biofilme dentário e o meio oral. Um aumento da ingestão de açúcar faz com que exista um aumento na produção de ácidos pelas bactérias do biofilme que conseqüentemente torna todo o meio oral mais ácido. O meio oral mais ácido leva a uma mudança ecológica na qual vai existir um aumento das populações de bactérias no biofilme. Este aumento de bactérias resulta numa maior acumulação de ácidos, resultantes do metabolismo das mesmas, na superfície do esmalte dentário (por exemplo, ácido láctico) levando à desmineralização do esmalte, que por conseqüência aumenta o risco de cárie (Philip D. Marsh, 2010).

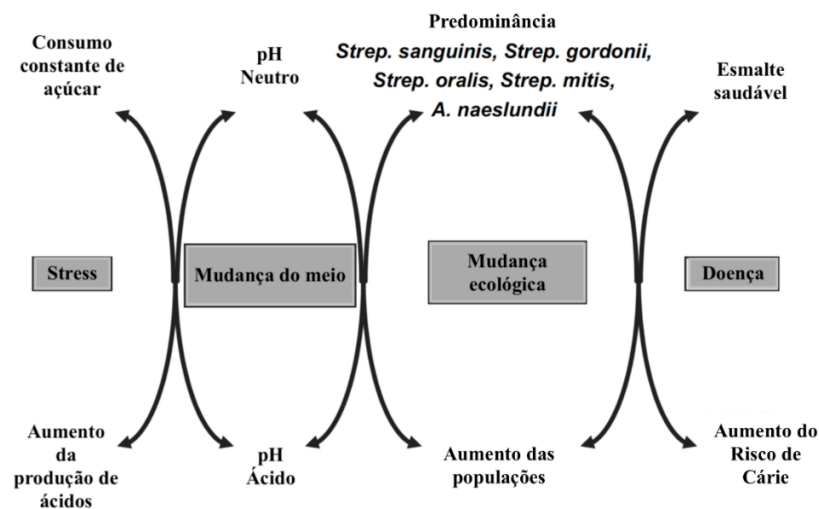


Figura 8 - Mecanismo dinâmico da placa bacteriana. (Adaptado de Marsh, 2010)

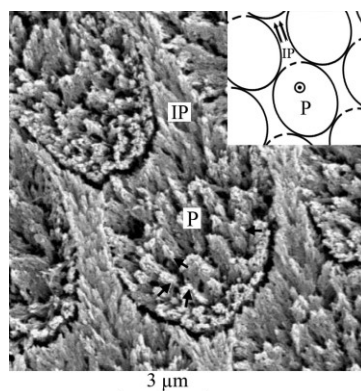
## 2.2.2 Esmalte

O Esmalte é um tecido acelular que é descrito como o tecido do corpo humano com maior percentagem de mineralização, sendo composto por material inorgânico com valores superiores a 96 %. Mais especificamente, o esmalte é constituído por cerca 93% de hidroxiapatite, 2-3% de água e 2% de carbonato, vestígios de vários elementos (cerca de 1% no total) como sódio, potássio, magnésio, cloro, zinco, menos de 1% de lípidos e cerca 0,03% de flúor (Hicks, Garcia-Godoy, & Flaitz, 2003, 2004, 2005; Young & Featherstone, 2013).

### 2.2.2.1 Estrutura do Esmalte

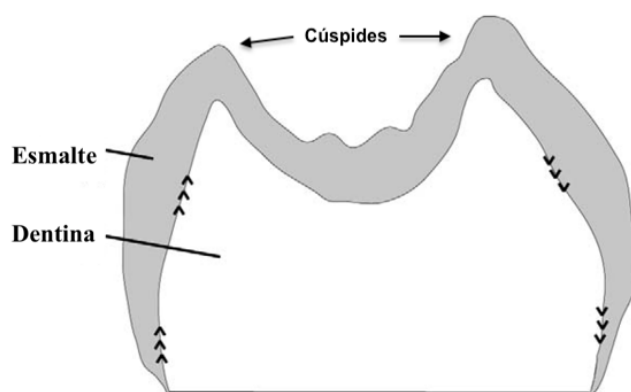
O Esmalte apresenta uma estrutura cristalina cuja constituição consiste em milhares de prismas de cristais de hidroxiapatite. Estes cristais são longos (acima de 1mm), 50nm de largura e 25nm de altura. Estendem-se desde a junção amelo-dentinária até à superfície exposta do esmalte. Estes cristais, organizados de forma tridimensional, formam a unidade microscópica básica do esmalte que tem o nome de prisma. Num corte seccional os prismas de esmalte estão ligados entre si numa configuração de “buraco de fechadura” (Cui & Ge, 2007).

Na zona mais periférica os cristais deixam de estar em paralelo com o eixo do prisma e formam uma interface entre prismas, onde tende a existir mais espaço entre os cristais. O espaço entre os cristais (IP) é rico em material orgânico e água o que permitirá a passagem de pequenas moléculas, como o ácido láctico e peróxido de hidrogénio e iões como o cálcio (figura 9) (West & Joiner, 2014).



**Figura 9** - Estrutura do esmalte a uma escala de 3 µm. Observação realizada através de microscopia eletrónica. (Retirada de (Cui & Ge, 2007))

A densidade de cristais/prisma e componentes minerais não é uniforme em todo esmalte, variando muito conforme o seu comportamento mecânico na estrutura dos dentes. Os prismas de esmalte apresentam uma dimensão que varia valores de 4 a 7  $\mu$ m. Em termos de espessura, o esmalte, é mais espesso nas superfícies de trabalho e mais fino onde se encontra menos exposto ao desgaste. Nas cúspides pode ter cerca de 2,5 mm de espessura, enquanto que perto da margem gengival se assemelha à lamina de uma faca, tal como podemos ver no exemplo da seguinte imagem (Figura 10) (Cui & Ge, 2007; Hicks et al., 2004; West & Joiner, 2014).



**Figura 10** - Diferenças na espessura do esmalte nas diferentes localizações. (Adaptado de Smith, Olejniczak, Reid, Ferrell, & Hublin, 2006)

### 2.2.2.2 Composição química do esmalte

A organização do cristal de hidroxiapatite é importante para o entendimento de como os fatores intrínsecos (pH, população bacteriana, presença fluor sistémico) podem levar a célula unitária de esmalte à sua instabilidade, em condições mais ácidas durante o processo cariogénico. (Hicks et al., 2004)

No esmalte ocorrem substituições elementares devido à falta de certos iões no cristal de hidroxiapatite, como é o caso do cálcio ser substituído pelo sódio, pelo magnésio, pelo zinco, e o carbonato pelo fosfato e o grupo hidroxilo pelo fluoreto. Estas substituições têm um considerável efeito no comportamento da hidroxiapatite, especialmente no que diz respeito à sua reduzida solubilidade a baixos valores de pH. As regiões ricas em cálcio e carbonato são mais suscetíveis à desmineralização por ação de

ácidos, enquanto que a troca que ocorre a nível do hidróxilo torna o cristal de hidroxiapatite mais resistente à desmineralização (West & Joiner, 2014).

A substituição dos grupos hidroxilo pelo flúor, como anteriormente referido, ocorre se existir fluor sistémico durante a amelogenese ou na presença de fluor tópico durante a erupção de esmalte imaturo. (Hicks et al., 2005).

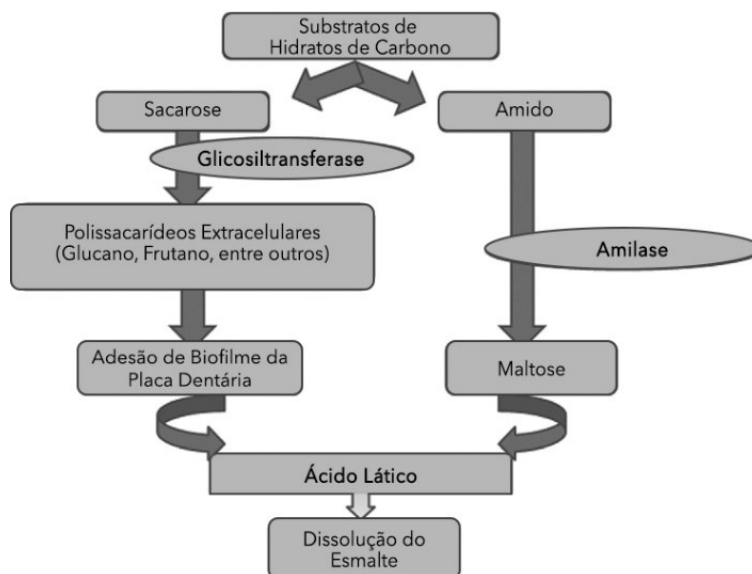
A taxa de dissolução da hidroxiapatite aumenta com a diminuição do pH e também com a diminuição concentração de cálcio, de fosfato e do grupo hidroxilo (West & Joiner, 2014)

Tanto a formação da hidroxiapatite como a de fluor-hidroxiapatite (formação que ocorre quando não são substituídos todos os grupos hidroxilo) apresentam assim mais resistência interna, aumento das dimensões do cristal e uma diminuição na carência de cálcio. Todas estas alterações ao nível da hidroxiapatite aumentam a sua estabilidade e reforçam sua proteção à dissolução por ação de ácidos durante os processos cariogénicos (Hicks et al., 2003, 2004, 2005).

### **2.2.2.3. Desmineralização do Esmalte**

O processo de desmineralização do esmalte tem início quando no meio oral se encontra presente sacarose, proveniente diretamente da dieta de hidratos de carbonos, ou derivados do amido, formados a partir da ação das amílases salivares, disponíveis para o metabolismo das bactérias da placa bacteriana (Ferrazzano et al., 2009; García-Godoy & Hicks, 2008; West & Joiner, 2014).

Das inúmeras bactérias presentes na placa bacteriana podemos destacar a *streptococcus mutans*, que é reconhecida como a bactéria com o maior fator etiológico no que toca à cárie dentária (resultante da desmineralização do esmalte), pois demonstrou ter a capacidade de formar polissacáridos extracelulares, através da ação das glucotransferases, que promovem a adesão aos dentes e ajudam na colonização de outras bactérias. O metabolismo das mesmas tem como produto final o ácido láctico, como podemos ver na figura 11 (Ferrazzano et al., 2009; West & Joiner, 2014).



**Figura 11** - Formação de Ácido Láctico. (Adaptado de Ferrazzano et al., 2009)

No entanto, a dissolução do esmalte ocorre devido a todas as bactérias orais que conseguem produzir ácidos e contribuir para a organização da placa bacteriana nos dentes (West & Joiner, 2014).

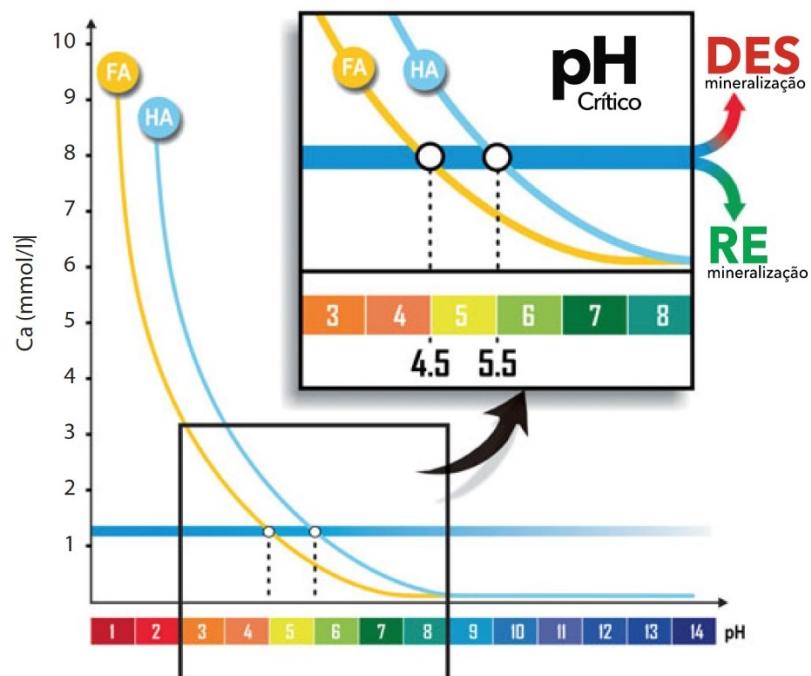
As bactérias do biofilme têm como um dos produtos do seu metabolismo de hidratos de carbono a produção de ácidos orgânicos (maioritariamente ácido láctico), que vão causar a descida do pH no fluido existente na placa bacteriana. Isto faz com que o pH diminua rapidamente de um pH neutro de 7.0 para um pH ácido 5.0 no fluido interior do biofilme da placa bacteriana e prolonga-se por toda a interface entre o biofilme e a superfície do esmalte. (García-Godoy & Hicks, 2008; Hicks et al., 2005; West & Joiner, 2014).

A diminuição do valor de pH para valores inferiores a 5,5 (pH crítico) leva a desmineralização do esmalte (García-Godoy & Hicks, 2008).

O pH crítico é o valor de pH em que uma solução se encontra saturada em relação a um determinado mineral. Se o pH descer até ao valor crítico não ocorre nem dissolução nem precipitação mineral. Se o pH estiver acima do mesmo, a solução vai-se encontrar sobressaturada em relação ao mineral e uma maior quantidade de mineral tem tendência a precipitar. Caso contrário, se o pH da solução se encontrar abaixo do valor crítico o mineral terá tendência para se dissolver até a solução se encontrar saturada. O conceito de pH crítico só é aplicável em soluções que estão em contacto direto com um

determinado mineral, como por exemplo o esmalte com a saliva e com o fluido da placa bacteriana. Estas soluções estão normalmente sobressaturadas em relação ao esmalte, pois o seu pH é mais elevado que o pH crítico do esmalte e, por essa razão, não dissolvem os cristais de hidroxiapatite em situação normal. Logo, se o pH do fluido da placa bacteriana for inferior ao pH crítico do esmalte vai fazer com que este se dissolva, ocorrendo assim a desmineralização (Colin Dawes, 2003; García-Godoy & Hicks, 2008; Hicks et al., 2003; West & Joiner, 2014).

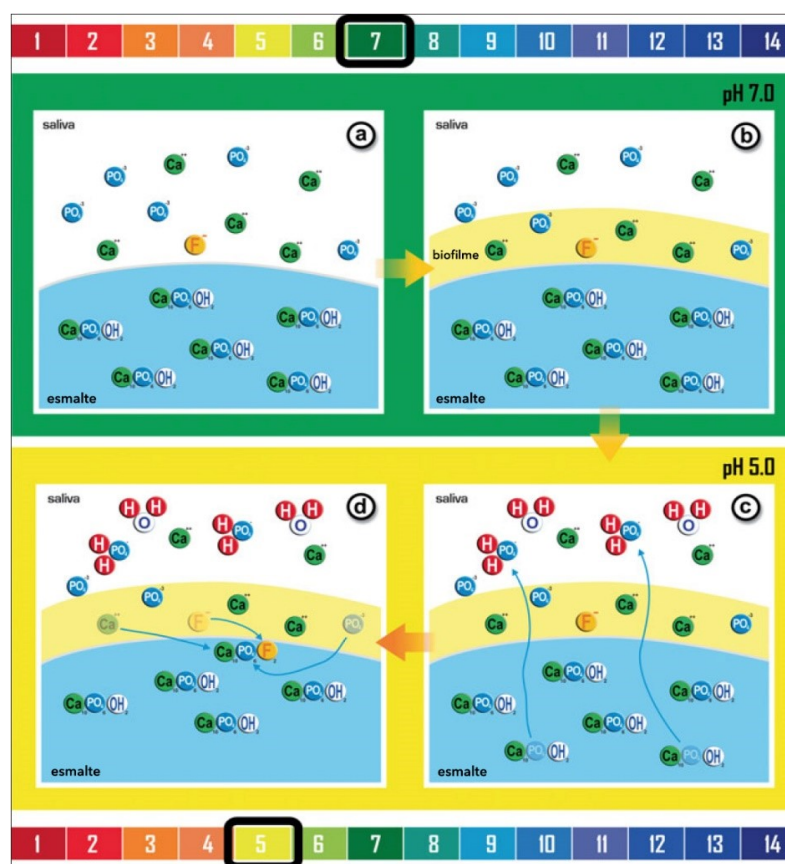
O cálcio e o fosfato têm um papel importantíssimo na integridade do esmalte dentário. A descida do pH em relação ao valor de pH crítico está dependente da concentração de fosfato e cálcio na solução que atinge o esmalte, sendo por isso o seu valor inversamente proporcional, pois quanto mais alta é a sua concentração, mais baixo é o valor do pH, podendo ser inferior ao pH crítico. Na figura 12 encontra-se ilustrada a relação entre a concentração de cálcio e o valor de pH crítico, sendo que esta pode ser descrita de igual forma em relação ao fosfato. O valor de pH crítico difere consoante a composição dos cristais sendo este na hidroxiapatite de 5,5 e na fluorapatite de 4,5. (Colin Dawes, 2003; Li, Wang, Joiner, & Chang, 2014).



**Figura 12** - Relação entre a concentração de cálcio e o valor pH crítico. (Apertado de Buzalaf et al., 2011)

Após a formação do biofilme (figura 13a, 13b) apesar de a placa bacteriana se encontrar num estado de saturação devido à presença de cálcio e fosfato, o rápido aumento de íons  $H^+$ , potencialmente até 1000x, proporciona uma enorme força motriz para difundir cálcio e fosfato no fluido que circula nos poros à superfície do esmalte, tanto interna como externa (figura 13c) Este processo irá dar origem à desmineralização da camada mais interna de esmalte através do fluxo de cálcio e fosfato em direção à superfície de esmalte e consequente saída para o biofilme que o reveste, de forma a contrariar este súbito aumento de  $H^+$ . Sendo que, neste local, os íões cálcio e fosfato vão-se precipitar nas camadas superficiais do esmalte para ajudar na manutenção da sua integridade (figura 13d) (García-Godoy & Hicks, 2008).

Todo este processo pode ser visto de uma forma mais simples na seguinte imagem (Figura 11), que ilustra exatamente a dinâmica dos íões na saliva e no esmalte quando exposto a condições neutras e ácidas (M. A. R. Buzalaf, Pessan, Honório, & ten Cate, 2011).



**Figura 13** - Dinâmica dos minerais na saliva e no esmalte em condições de pH neutro e pH ácido. (Apertado de Buzalaf et al., 2011)

### 2.2.2.4. Remineralização do esmalte

A remineralização pode começar a ocorrer quando o pH da placa bacteriana, depois do “ataque ácido” que conduziu ao processo de desmineralização, retorna a um pH superior a 5,5 (acima do pH crítico) e a condição de sobressaturação dos íons existentes nos fluidos orais em relação à hidroxiapatite é restaurada, os cristais desmineralizados iniciam a remineralização. (M. A. R. Buzalaf et al., 2011; García-Godoy & Hicks, 2008).

A remineralização é impulsionada pela sobressaturação que existe de cálcio e fósforo na saliva e na placa bacteriana em comparação àquela que se encontra presente nos poros de esmalte. Ocorre migração passiva destes íons no sentido oposto ao que ocorreu anteriormente, para a superfície interna do esmalte onde ocorreu a desmineralização. Isto faz com que ocorra migração de  $H^+$  no sentido contrário ao dos íons de cálcio e fósforo, até se atingir o equilíbrio químico e, assim, a sua quantidade, tanto no biofilme como nos cristais de hidroxiapatite, passa a ser igual (García-Godoy & Hicks, 2008; Hicks et al., 2005).

A desmineralização e remineralização de esmalte são um processo dinâmico no qual existem períodos de desmineralização intervalados com períodos de remineralização. Os efeitos de desmineralização são reversíveis se existir um intervalo de tempo suficiente que permita a remineralização ocorrer, tal como ilustra a seguinte figura 14 (García-Godoy & Hicks, 2008).

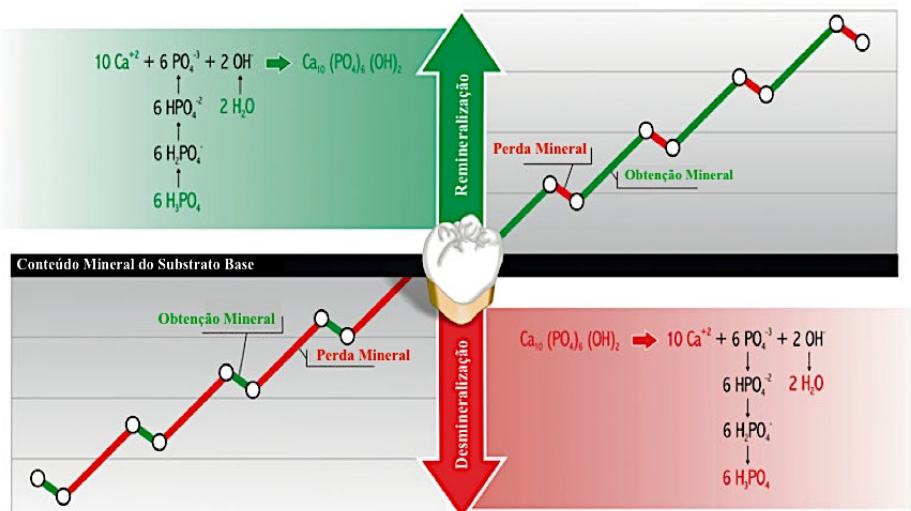


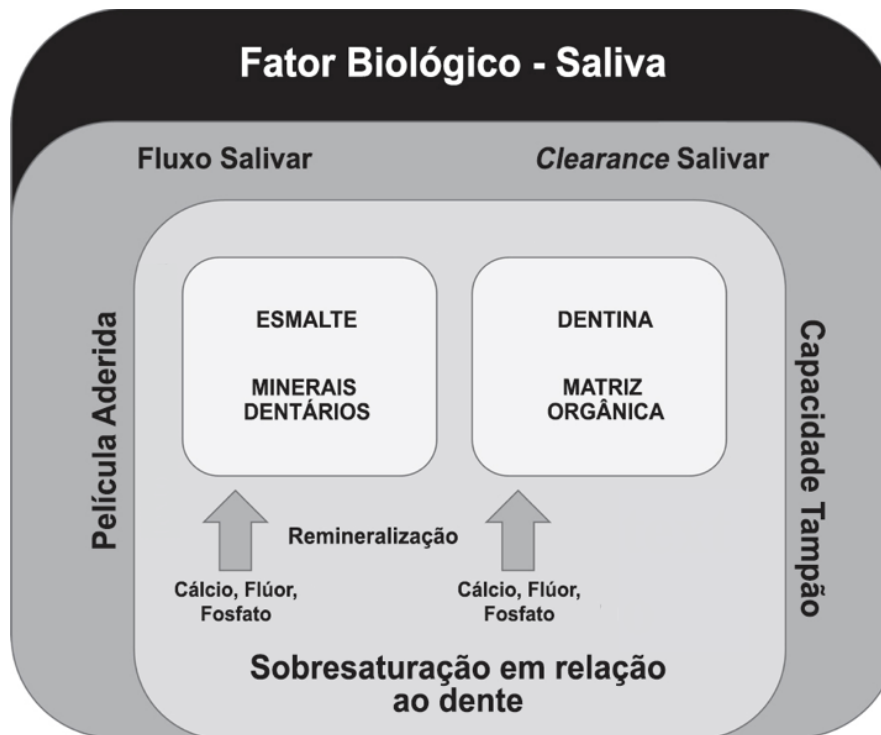
Figura 14 - Processo de desmineralização/remineralização o esmalte. (Adaptado de Buzalaf et al., 2011)

#### **2.2.2.4.1. Papel da saliva na remineralização do esmalte**

A saliva consegue naturalmente aumentar o valor do pH, através do sua capacidade tampão, caso a exposição do esmalte ao ácido seja curta de forma que a sua dissolução possa ser reparada pela remineralização. Porém, se esta mesma exposição for contínua, como é o caso de ingestão de alimentos com açúcar, existe a possibilidade de criar uma situação na qual a taxa de remineralização é insuficiente para reparar o dano causado pela desmineralização, aumentando assim a probabilidade de incidência de cáries (Aspiras, Stoodley, Nistico, Longwell, & de Jager, 2010; Silva, Gonçalves, Borges, Bedran-Russo, & Shinohara, 2015)

A saliva é responsável por uma grande diversidade de funções essenciais, tanto para a manutenção da saúde oral como para o correto desempenho do sistema digestivo das quais podemos destacar a proteção que oferece aos tecidos dentários. A saliva participa na formação da película aderida do esmalte, que providencia uma importante proteção a este tecido dentário para que a sua estrutura se mantenha intacta. Este fluido previne o esmalte de sofrer perda de estrutura por atrição e abrasão e desempenha um importante papel na proteção deste contra a erosão causada por ácidos (C. Dawes et al., 2015).

A saliva desempenha um papel indispensável no processo de remineralização do esmalte devido à presença de componentes inorgânicos como o cálcio, o fosfato, o bicarbonato e o flúor. Como anteriormente descrito, o cálcio e fosfato, devido ao facto de a saliva se encontrar sobressaturada em relação ao esmalte impedem que este se dissolva. O bicarbonato porque atribui à saliva o seu efeito tampão na neutralização dos ácidos, de origem intrínseca ou extrínseca, tanto na superfície do esmalte como em toda a cavidade oral. E o flúor pela sua capacidade de proteção dos cristais de hidroxiapatite, por reforço da estrutura dos mesmos, apesar de ser necessário que este se encontre em elevadas concentrações para esta proteção ser eficiente. O papel da saliva nos tecido dentários pode ser visualizado na figura 15 (M. a Buzalaf, Hannas, & Kato, 2012; Carpenter, 2013; García-Godoy & Hicks, 2008).



**Figura 15** - Função protetora da saliva nos tecidos dentários. (Adaptado de M. a Buzalaf et al., 2012)

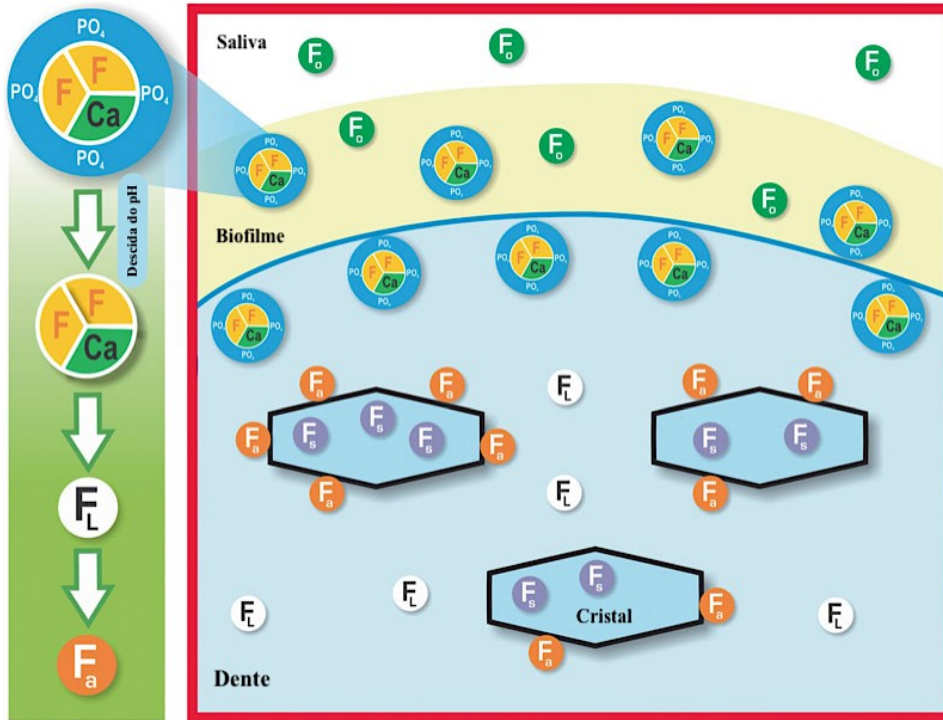
#### 2.2.2.4.2. Flúor no processo de remineralização do esmalte

O flúor é conhecido pela sua eficácia no que toca à proteção do esmalte dentário no processo cariogénico, reduzindo a dissolução do esmalte e melhorando os processos de remineralização (Li et al., 2014). É certo que uma escovagem diária com uma pasta dentífrica que contenha flúor reduz a incidência de cáries dentárias e concede um benefício essencial para a saúde oral.

As concentrações de flúor normalmente encontradas naturalmente no esmalte são insuficientes para conferir proteção à sua desmineralização. (M.A.R. Buzalaf et al., 2011; Li et al., 2014)

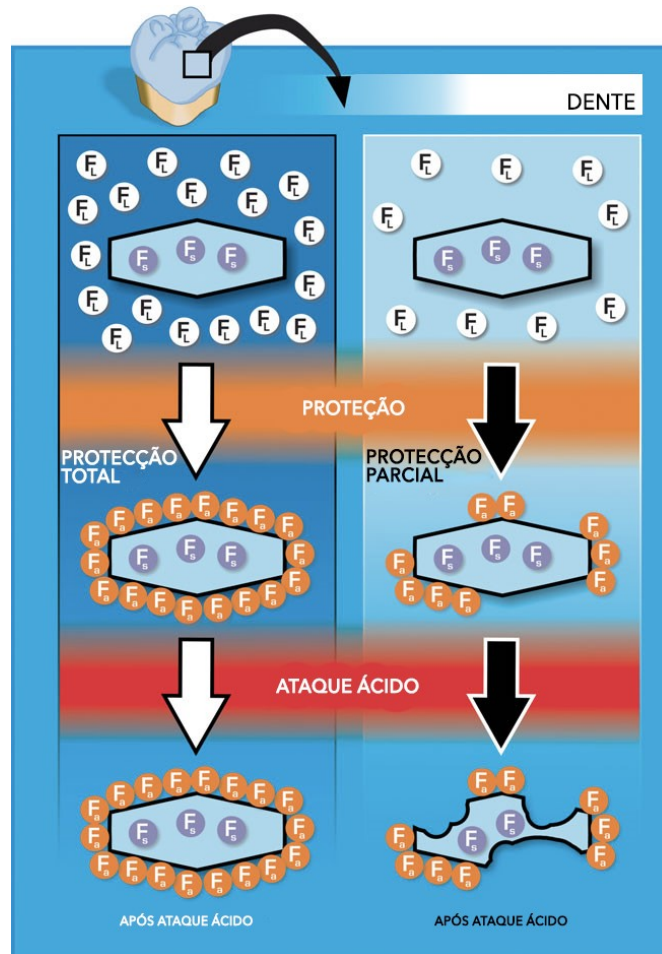
Para poder ocorrer uma interferência do flúor no processo de remineralização do esmalte, este necessita de estar constantemente presente meio oral. Inicialmente podemos considerar que o flúor pode ser encontrado na cavidade oral em diferentes grupos (Figura 16). Estes grupos podem ser divididos em 5 categorias como ilustra a figura 16:  $F_O$  – Flúor externo, presente fora do esmalte, no biofilme e na saliva;  $F_S$  – Flúor presente no estado sólido, incorporado na estrutura dos cristais, também conhecido como flúor-hidroxiapatite;  $F_L$  – Flúor presente no fluido do esmalte;  $F_a$  – Flúor absorvido pela

superfície do cristal;  $\text{CaF}_2$  – glóbulos depositados no esmalte e no biofilme após a aplicação de flúor através de produtos que contêm altas concentrações do mesmo, que resultam em reservas de flúor e de cálcio controladas pelo pH (M.A.R. Buzalaf et al., 2011).



**Figura 16** - Representação esquemática da deposição de fluor no meio oral. (Adaptado de M. A. R. Buzalaf et al., 2011).

Se o flúor se encontrar presente no fluido do esmalte ( $\text{F}_L$ ) no momento em que as bactérias produzem ácidos orgânicos, este irá penetrar juntamente com os ácidos da subcamada do esmalte e será absorvido na superfície dos cristais ( $\text{F}_a$ ) protegendo-os da dissolução. Se toda a superfície do cristal estiver completamente coberta de  $\text{F}_a$  não ocorre a dissolução deste quando ocorre uma descida no pH. No entanto, quando este envolvimento de  $\text{F}_a$  é parcial, as superfícies não cobertas irão sofrer dissolução como ilustra a seguinte imagem (Figura 17) (M. A. R. Buzalaf et al., 2011).



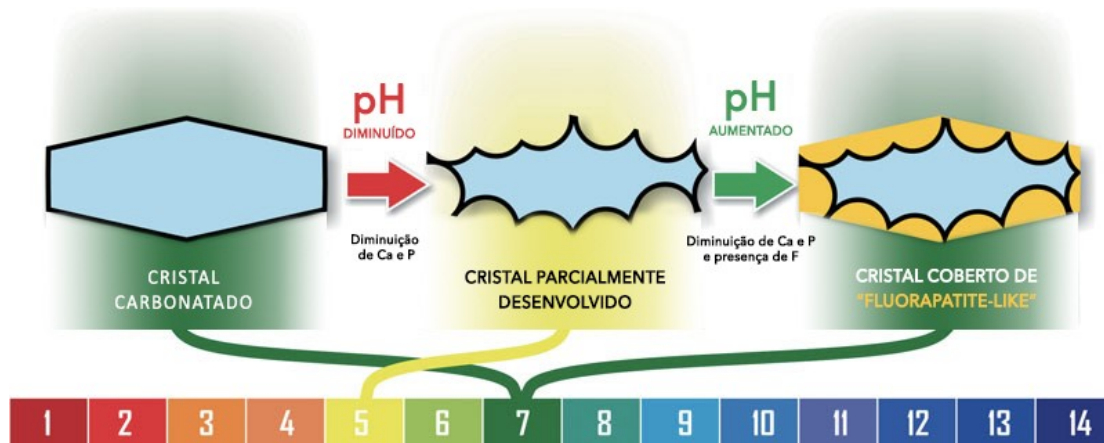
**Figura 17** - Processo de proteção dos cristais através do flúor presente no fluido do esmalte. (Adaptado de Buzalaf et al., 2011).

A quantidade de  $F_a$  é fulcral na proteção dos cristais de hidroxiapatite à dissolução, mas o papel do flúor presente no fluido do esmalte ( $F_L$ ) tem um papel igualmente importante, pois quanto mais alta for a concentração de  $F_L$  maior é a probabilidade de  $F_a$  ser absorvida e proteger os cristais (M. A. R. Buzalaf et al., 2011).

O fluoreto de cálcio é uma importante fonte para manter a concentração de  $F_L$ , sendo conhecido como as reservas de flúor e de cálcio controladas pelo pH. Inicialmente, uma pequena dissolução da superfície do esmalte deve ocorrer para que haja libertação de cálcio, que numa segunda fase irá reagir com o flúor formando as moléculas de  $CaF_2$ . Estas moléculas não só rodeiam a superfície do esmalte como também estão presentes no biofilme, na película aderida e nas porosidades do esmalte. A dissolução destes moléculas é limitada pela absorção de  $HPO_4^{2-}$  e ocorre quando o pH se encontra ácido, permitindo assim que estes se dissolvam e que seja libertado flúor e cálcio, sendo que este flúor

libertado se vai juntar ao já existente no fluido do esmalte ( $F_L$ ), aumentando a sua concentração (M. A. R. Buzalaf et al., 2011; Li et al., 2014).

Após o ataque ácido, o próprio fluxo salivar neutraliza em parte os ácidos produzidos pelas bactérias, o pH torna-se superior a 5,5 e a remineralização ocorre naturalmente, desde que a saliva se encontre supersaturada em relação ao material dentário. O flúor vai ser absorvido pela superfície desmineralizada do esmalte e vai atrair íons cálcio e formar um novo revestimento. Este novo revestimento vai-se tornar mais resistente a futuros ataques ácidos (Figura 18). Após a repetição de ciclos de desmineralização/remineralização os cristais de esmalte podem estar constantemente diferentes do estado original (M. A. R. Buzalaf et al., 2011).



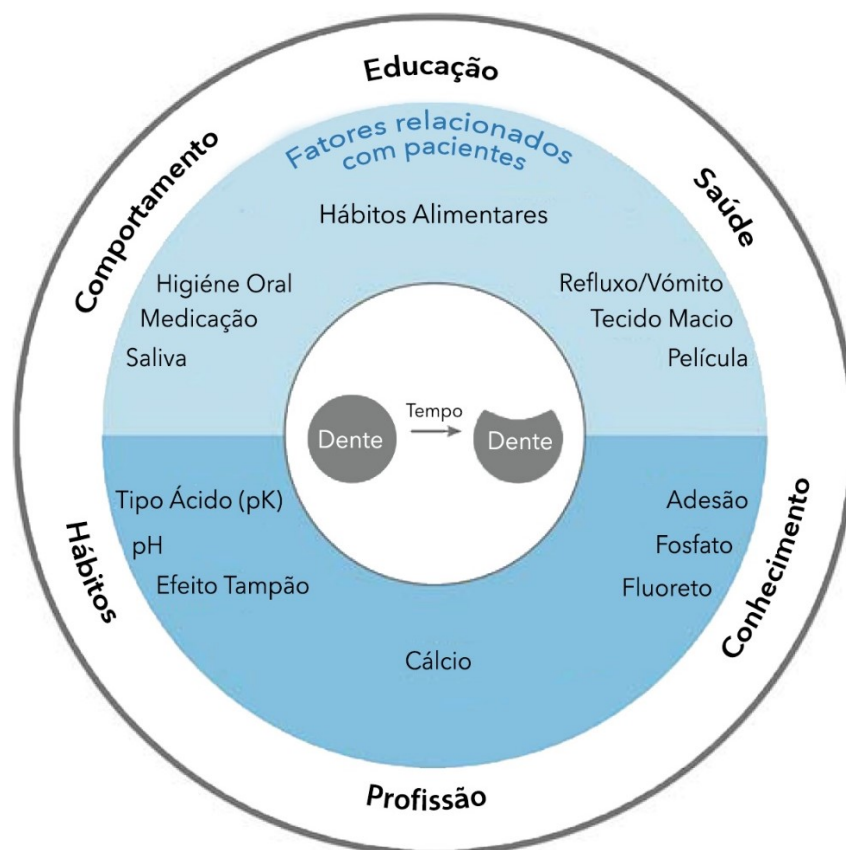
**Figura 18** - Remineralização dos cristais de hidroxiapatite na presença de flúor. (Adaptado de Buzalaf et al., 2011)

### **2.3. Modificações no esmalte causadas por fatores extrínsecos**

#### **2.3.1. Erosão do esmalte**

A perda de tecido dentário duro sem qualquer envolvimento bacteriano tem o nome de erosão dentária (Mathews et al., 2012; West & Joiner, 2014).

A erosão dentária é uma condição multifatorial. Cada fator como educação, saúde, hábitos, comportamentos, conhecimento e a profissão desempenham uma ação de indução ou de prevenção da erosão e, como tal, ao longo do tempo a interação multifatorial pode levar ou à sua progressão ou à sua proteção. (Figura 19) (Lussi, Schlueter, Rakhmatullina, & Ganss, 2011)



**Figura 19** - Erosão dentária como uma condição multifatorial. (Adaptado de Lussi et al., 2011)

O principal ataque ácido ao esmalte deve-se à dieta, ao consumo de comidas e bebidas ácidas, como citrinos, bebidas desportivas e aos ácidos estomacais, que atingem a superfície do esmalte (Mathews et al., 2012).

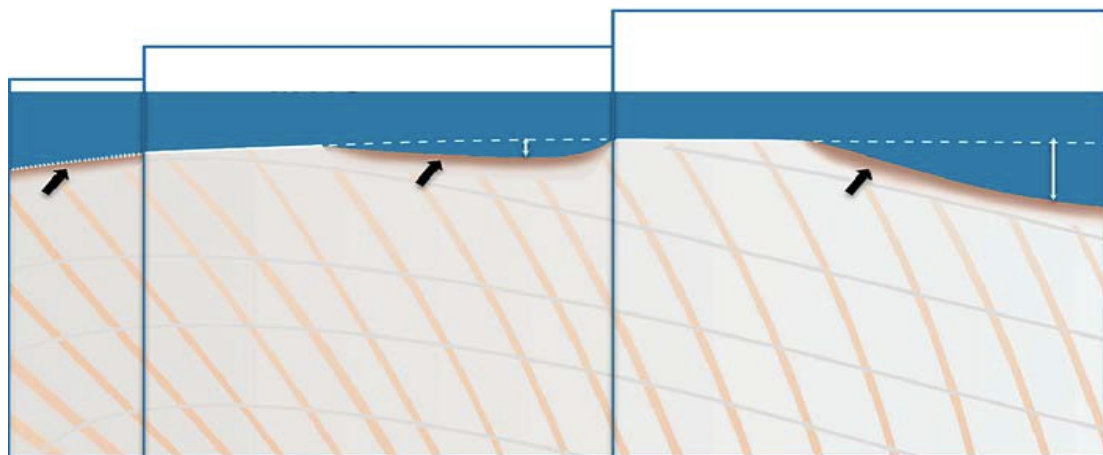
Podemos então classificar os ácidos envolvidos no processo de erosão em duas categorias: intrínsecos e extrínsecos. Os intrínsecos são aqueles que provêm do refluxo gástrico. O seu pH situa-se entre 1-1,5, sendo este valor muito abaixo do pH crítico de dissolução do esmalte. A ação erosiva destes ácidos tem como primeira manifestação a erosão das faces palatinas dos dentes anteriores superiores (West & Joiner, 2014).

Os ácidos extrínsecos são aqueles que não estão ligados a nenhum processo fisiológico, como é o caso da dieta. Sendo os fatores determinantes da erosão dentária a frequência e a duração de exposição do esmalte aos ataques ácidos, isto faz com que os ácidos extrínsecos provenientes da dieta sejam os grandes causadores de erosão dentária. (A. Lussi, Schlueter, Rakhmatullina, & Ganss, 2011).

Especialmente em indivíduos com um estilo de vida pouco saudável e com frequente ingestão de bebidas e comidas ácidas e, em casos mais graves, o consumo de drogas ilegais e abuso de álcool (A. Lussi et al., 2011; West & Joiner, 2014).

Para além da dieta, como fator extrínseco, a profissão e o desporto praticado, embora não com tanto impacto, têm um papel ainda bastante significativo, sendo classificados como subfactores. Nos empregados de indústria química ou enólogos, a sua superfície de esmalte está constantemente em contacto com ácidos. Os desportistas de alta competição têm uma excessiva exposição à água, bebidas desportivas ou por aumento do refluxo gastro esofágico devido ao exercício físico intenso (A. Lussi et al., 2011).

Inicialmente, o processo de erosão ácida causa um enfraquecimento na superfície do esmalte devido à perda mineral. O impacto da erosão varia consoante o tempo e o pH dos ácidos a que o esmalte se encontra exposto. Se este esmalte enfraquecido não é reparado e endurecido de novo, o processo erosivo continua, e ocorre a dissolução de camadas consecutivas de esmalte, que tem como resultado final a perda definitiva de volume, como é ilustrado na figura 20 (A. Lussi et al., 2011; Mathews et al., 2012; West & Joiner, 2014).



**Figura 20** - Diferentes fases da erosão dentária contínua de esmalte. 1º enfraquecimento do esmalte; 2º perda parcial de esmalte; 3º perda significativa de esmalte. (Adaptado de Lussi et al., 2011)

### 2.3.2 Pigmentação do esmalte provocada pelo café

O café é uma bebida que quando consumida com frequência, se encontra relacionada com o aparecimento de pigmentação de origem extrínseca nas superfícies dentárias. (Bazzi et al., 2012; Kumar, Kumar, Singh, Hooda, & Dutta, 2012; Liporoni et al., 2010).

De acordo com vários estudos, o consumo do café por indivíduo, em média, 3 vezes ao dia, durante 35 anos (Bazzi et al., 2012; Guler, Yilmaz, Kulunk, Guler, & Kurt, 2005).

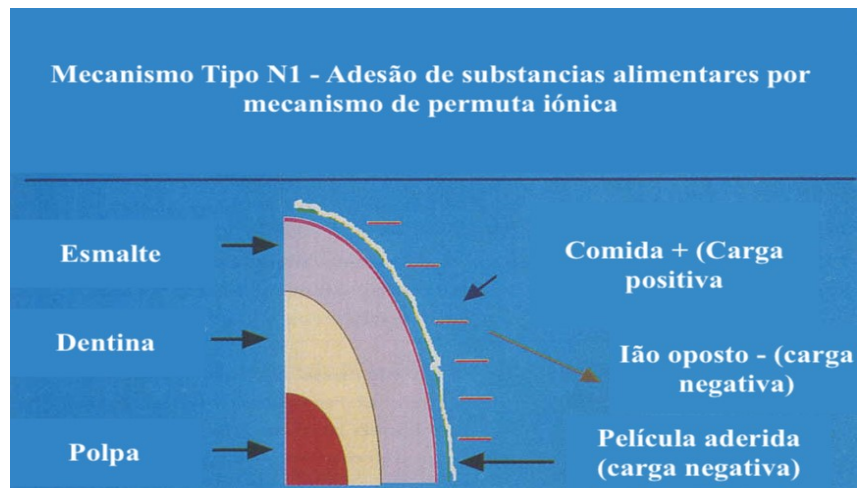
O café é considerado um dos principais agentes causadores da pigmentação dentária. Isto deve-se ao facto de o seu pH ácido de 5,5 e aos seus componentes taninos, flavonoides e fenóis, desempenharem um forte papel na descoloração dentária (Attin, Manolakis, Buchalla, & Hannig, 2003; Guler et al., 2005).

A pigmentação do esmalte causada pelo café é classificada como uma descoloração dentária de origem extrínseca. Para a compreensão da pigmentação dentária extrínseca, Nathoo (1997) propôs um sistema de classificação, classificação N (Nathoo) baseado nas propriedades químicas da descoloração dentária. Esta pode ser visualizada na seguinte tabela nº3 (NATHOO, 1997).

**Tabela 3** - Classificação de Nathoo (Adaptado de (NATHOO, 1997))

Classificação de Nathoo	
Tipo N1 – <b>Pigmentação dentária direta</b>	O componente cromogéneo liga-se a superfície dentária para causar pigmentação. A cor do cromogéneo é idêntica à da pigmentação dentária
Tipo N2 – <b>Pigmentação dentária direta</b>	O componente cromogéneo altera a sua cor após ocorrer a ligação ao dente
Tipo N3 – <b>Pigmentação dentária indireta</b>	O componente pré-cromogéneo (sem cor) liga-se ao dente e causa pigmentação através de uma reação química.

O café insere-se nesta classificação no tipo N1, sendo que este deposita diretamente os seus cromogéneos na superfície do esmalte e a sua pigmentação é semelhante à dos seus componentes. As substâncias responsáveis por esta pigmentação têm o nome de taninos e são compostos por polifenóis. Estas moléculas geram a cor da pigmentação devido à presença de ligações que interagem com a superfície dentária por um mecanismo de troca de iões que pode ser visualizado na figura 21 (NATHOO, 1997).



**Figura 21** - Mecanismo Tipo N1. (Adaptado de NATHOO, 1997)

Como referido anteriormente, quando o esmalte é exposto a ácidos provenientes da dieta, ele sofre um ligeiro enfraquecimento das camadas superficiais que, aumenta a rugosidade das mesmas, cria microfissuras e abre microporosidades (A. Lussi et al., 2011; Mathews et al., 2012; West & Joiner, 2014).

Estes defeitos estruturais vão permitir a difusão dos agentes com capacidade de pigmentação no esmalte. Como anteriormente descrito estes vão-se ligar ao esmalte através de um mecanismo de permuta iónica, interagem com a superfície do dente e alteram a sua cor, sendo o resultado final de uma exposição prologada as famosas “manchas de café”. (Bazzi et al., 2012; NATHOO, 1997).

#### **2.4 Efeito do café na remineralização do esmalte e alteração do pH oral**

É evidente que o café consegue baixar o pH mas estes valores encontram-se bem a cima do pH crítico, o que prova que não tem capacidade de desmineralizar o esmalte (Hans et al., 2016)

Johansson, Lingström, Imfeld, & Birkhed (2004), realizou um estudo, no qual associou o método de consumo de uma bebida de um valor de pH bastante ácido (pH 2.6) à sua capacidade de alterar o pH oral e o pH das superfícies dentárias para assim determinar o seu risco erosivo. Determinou que o pH oral retornava aos valores normais 5 minutos após a sua ingestão e que apenas uma ingestão prolongada faria esta recuperação se tornar mais lenta e apresentando assim um alto risco erosivo.

O café apesar de apresentar um pH ligeiramente inferior a 5.5, em média, e de pigmentar o esmalte, não lhe causa erosão significativa. Nem por contacto direto com o esmalte nem por alteração do pH oral. Isto é comprovado por um estudo realizado por Lussi et al. (2012) que tinha como objetivo avaliar o potencial erosivo no esmalte de diferentes bebidas, incluindo o café, alimentos e medicação para determinar qual as que tinham um impacto erosivo. Concluíram, em concordância com estudos anteriores, que o café, entre outras bebidas, não apresenta um efeito erosivo prejudicial no esmalte quando não acompanhado de aditivos (por exemplo açúcar) (Adrian Lussi, Megert, Peter Shellis, & Wang, 2012).

Novos estudos indicam que o café feito a partir de grãos torrados tem capacidades antibacterianas contra bactérias Gram<sup>+</sup> e Gram<sup>-</sup>, que inclui, a bactéria com maior responsabilidade pela desmineralização do esmalte e consequentemente da cárie dentária, o *Streptococcus mutans* (Aguar et al., 2014).

As capacidades antibacterianas do café devem-se ao facto de as moléculas bioativas do café se ligarem à superfície do esmalte, como as melanoidinas e o ácido clorogénico, impedindo a adesão de *Streptococcus mutans* ao mesmo, o que irá causar a inibição dos seus processos metabólicos críticos. Ocorre inibição das suas glucotransferases, que por consequência vai alterar a biossíntese de polissacáridos extracelulares, prevenindo assim a sua colonização (Bradshaw, Marsh, Hodgson, & Visser, 2002; Stauder, Papetti, Daglia, et al., 2010).

Daglia et al. (2002) estudou o efeito anti adesivo do café, proveniente tanto de grãos verdes como de grãos torrados, de diferentes espécies e diferentes países (Arabica e Robusta), na adesão do *Streptococcus mutans* a esferas de hidroxiapatite revestidas de saliva. O estudo revelou que todas as soluções de café apresentavam propriedades anti adesivas, com valores de atividade inibitória num intervalo desde os 40,5 % aos 98,1%

das amostras. Esta atividade antibacteriana provém não só das moléculas primitivas do café (grãos verdes) mas principalmente dos compostos que são formados no café no processo de torragem (as melanoidinas são um exemplo destas moléculas). Concluíram também que as amostras que continham café torrado demonstravam mais atividade antibacteriana quando comparadas com as de grãos de café verdes, o que indica que o processo de torragem de café aumenta esta característica. Numa segunda fase do estudo foram examinados 4 tipos de amostras, café normal e café sem cafeína, tanto de grãos torrados como de café instantâneo. Chegaram à conclusão que o café instantâneo tinha mais atividade antibacteriana do que o outro tipo de café, pondo a possibilidade de tal ocorrer devido à ação sinérgica dos químicos que são adicionados ao café em pó e, que a cafeína não desempenhava um papel que influenciasse as capacidades anti-adesivas do café. (Daglia et al., 2002; Namboodiripad & Kori, 2009).

Signoretto et al. (2006) relatou, num estudo uma correlação positiva entre o consumo de café e a saúde oral, onde observou uma redução na deposição de placa e menor número de bactérias cariogénicas, como é o caso do *streptococcus mutans*.

Oliveira et al (2007) realizaram um estudo onde avaliaram o efeito de uma solução de café na adesão do *Streptococcus mutans* no esmalte e dentina de dentes humanos extraídos. Concluíram que o café reduz significativamente esta adesão e que o resultado deste estudo estava em concordância com os resultados do estudo realizado anteriormente feito em esferas de hidroxiapatite revestidas de saliva (Daglia et al., 2002; de Oliveira, Brandão, Landucci, Koga-Ito, & Jorge, 2007; Namboodiripad & Kori, 2009).

Esta teoria sobre a capacidade antibacteriana do café e de protecção do esmalte é reforçada por Namboodiripad & Kori (2009) num estudo no qual foi medido o índice CPOD de uma amostra de 2000 pessoas. Metade desta amostra consumia café enquanto que a outra metade não consumia (grupo de controlo). Foram recolhidos os detalhes sobre a constituição do café consumido nas amostras, se o consumiam com ou sem aditivos (leite, açúcar). O índice de CPOD daqueles que não consumiam café teve uma pontuação de 4, os que consumiam o café “puro” apresentaram uma pontuação de 2,4 e os que o consumiam com aditivos uma pontuação de 5,5. Isto sugere que o café tem uma forte ação anti cariogénica e que o seu consumo com aditivos só diminui o potencial anti cariogénico e anti bacteriano do café (Aguiar et al., 2014; Namboodiripad & Kori, 2009).

Esta atividade antibacteriana do café torrado é em grande parte atribuída pela comunidade científica pela presença de moléculas que são formadas durante o processo de torragem e que têm uma elevada atividade antibacteriana, as melanoidinas. (Rufián-Henares & de la Cueva, 2009; Stauder, Papetti, Mascherpa, et al., 2010).

A capacidade cariogénica do *Streptococcus mutans* está relacionada com a sua capacidade de adesão às superfícies dentárias, de produzir polissacáridos extracelulares a partir da sacarose, de formar um biofilme e produzir ácido láctico e os outros ácidos orgânicos a partir da sacarose. Esta produção de ácidos origina uma acumulação destes na superfície do esmalte, que apresenta como consequência sua desmineralização (Stauder, Papetti, Mascherpa, et al., 2010).

Ao impedir a adesão do *Streptococcus mutans* ao esmalte, o café, vai fazer com que não seja formada uma placa bacteriana com capacidade de desmineralizar o esmalte por acumulação de ácidos na sua superfície. Isto torna-o um agente com capacidades protetoras à desmineralização do esmalte. Ao ter esta propriedade ajuda a impedir a progressão contínua da desmineralização do esmalte, causada pelas bactérias do biofilme. Assim, providencia as condições para que o processo de remineralização do esmalte ocorra e a integridade deste se mantenha. (Argirova et al., 2013; Bresciani et al., 2014; Ferrazzano et al., 2009; Gazzani, Daglia, & Papetti, 2012; Rufián-Henares & de la Cueva, 2009; Stauder, Papetti, Mascherpa, et al., 2010).

### **III. CONCLUSÃO**

O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo e é também uma daquelas que oferece o maior número de benefícios. Estes benefícios são cada vez mais investigados e conseqüentemente associados ao consumo do café sem aditivos, como o açúcar.

Após toda a revisão bibliográfica deste trabalho é possível constatar que o café contém na sua constituição diversos componentes que oferecem inúmeros benefícios à saúde. No entanto, são necessários mais estudos para concluir quais são os efeitos negativos que os mesmos terão no corpo humano.

Existe evidência científica que serve como prova de que o café tem a capacidade de pigmentar o esmalte. Esta capacidade, no entanto, não está associada a uma erosão significativa.

A nível da erosão do esmalte dentário, não existem ainda conclusões que associem a mesma ao consumo excessivo do café a longo prazo, sendo necessária uma futura investigação mais profunda neste contexto.

Foi possível constatar que alguns estudos indicam que o café, apesar de ser uma bebida com um valor de pH ácido, não provoca uma alteração significativa que desencadeie efeitos negativos nos valores do pH oral. No entanto a falta mais estudos específicos e atuais sobre o efeito direto do café no pH oral não permite obter uma conclusão evidente neste âmbito.

Ao terem sido analisados todos os artigos sobre o efeito que o café e respetivos componentes demonstram ter sobre as bactérias que originam a desmineralização do esmalte é possível propor que o café tem a capacidade de impedir a adesão do *streptococcus mutans* e outras bactérias cariogénicas ao esmalte. Conseqüentemente é impedida a formação de ácidos na superfície do mesmo, sendo assim criadas condições para que a remineralização do esmalte ocorra. Porém, a falta de ensaios clínicos em humanos é uma realidade que não permite concluir este efeito indireto positivo na remineralização do esmalte.

Um dos objetivos atuais da medicina dentária é a obtenção do máximo de estética possível. Desta forma, o facto de o café ter capacidades de pigmentação contra balanceia os seus aspetos positivos a nível anticariogénico.

Concluindo, devido ao café fazer parte do cotidiano de inúmeras pessoas, penso que é do interesse científico a realização de estudos clínicos mais específicos sobre os efeitos benéficos que o café tem no esmalte e na prevenção da cárie dentária quando consumido sem aditivos e tentar encontrar um equilíbrio entre os prós e os contras no que toca à ingestão do café.

#### **IV. BIBLIOGRAFIA**

- Aguiar, F. H. B., Pini, N. P., Lima, D. A. N. L., & Lovadino, J. R. (2014). Effect of Coffee Consumption on Oral Health. In *Coffee in Health and Disease Prevention* (pp. 517–521). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00057-7>
- Argirova, M. D., Stefanova, I. D., & Krustev, A. D. (2013). New biological properties of coffee melanoidins. *Food & Function*, 4(8), 1204. <https://doi.org/10.1039/c3fo60025d>
- Aspiras, M., Stoodley, P., Nistico, L., Longwell, M., & de Jager, M. (2010). Clinical implications of power toothbrushing on fluoride delivery: effects on biofilm plaque metabolism and physiology. *International Journal of Dentistry*, 2010, 651869. <https://doi.org/10.1155/2010/651869>
- Attin, T., Manolakis, A., Buchalla, W., & Hannig, C. (2003). Influence of tea on intrinsic colour of previously bleached enamel. *Journal of Oral Rehabilitation*, 30(5), 488–494. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.2003.01097.x>
- Bazzi, J. Z., Bindo, M. J. F., Rached, R. N., Mazur, R. F., Vieira, S., & de Souza, E. M. (2012). The effect of at-home bleaching and toothbrushing on removal of coffee and cigarette smoke stains and color stability of enamel. *The Journal of the American Dental Association*, 143(5), e1–e7. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2012.0188>
- Beauchamp, G., Amaducci, A., & Cook, M. (2017). Caffeine Toxicity: A Brief Review and Update. *Clinical Pediatric Emergency Medicine*, 18(3), 197–202. <https://doi.org/10.1016/j.cpem.2017.07.002>
- Bradshaw, D. J., Marsh, P. D., Hodgson, R. J., & Visser, J. M. (2002). Effects of Glucose and Fluoride on Competition and Metabolism within in vitro Dental Bacterial Communities and Biofilms. *Caries Research*, 36(2), 81–86. <https://doi.org/10.1159/000057864>
- Bresciani, L., Calani, L., Bruni, R., Brighenti, F., & Del Rio, D. (2014). Phenolic composition, caffeine content and antioxidant capacity of coffee silverskin. *Food Research International*, 61, 196–201. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.10.047>

- Buzalaf, M. A. R., Pessan, J. P., Honório, H. M., & ten Cate, J. M. (2011). Mechanisms of Action of Fluoride for Caries Control. In *Journal of Dentistry* (Vol. 42, pp. 97–114). <https://doi.org/10.1159/000325151>
- Buzalaf, M. a, Hannas, a R., & Kato, M. T. (2012). Saliva and dental erosion. *J Appl Oral Sci*, 20(5), 493–502. <https://doi.org/10.1590/S1678-77572012000500001>
- Cano-Marquina, A., Tarín, J. J., & Cano, A. (2013). The impact of coffee on health. *Maturitas*, 75(1), 7–21. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2013.02.002>
- Carpenter, G. H. (2013). The Secretion, Components, and Properties of Saliva. *Annual Review of Food Science and Technology*, 4(1), 267–276. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030212-182700>
- Casais, P. M. M., Moreira, I. S., Moreira, L. G. P., Oliveira, M. L. L., Ribeiro, É. D. P., & Rapp, G. E. (2013). Dental bacterial plaque as a biofilm . *Rev Fac Odontol Univ Fed Bahia*, 43(1), 61–66.
- Coelho, C., Ribeiro, M., Cruz, A. C. S., Domingues, M. R. M., Coimbra, M. A., Bunzel, M., & Nunes, F. M. (2014). Nature of Phenolic Compounds in Coffee Melanoidins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(31), 7843–7853. <https://doi.org/10.1021/jf501510d>
- Cui, F.-Z., & Ge, J. (2007). New observations of the hierarchical structure of human enamel, from nanoscale to microscale. *Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, 1(3), 185–191. <https://doi.org/10.1002/term.21>
- Daglia, M., Tarsi, R., Papetti, A., Grisoli, P., Dacarro, C., Pruzzo, C., & Gazzani, G. (2002). Antiadhesive effect of green and roasted coffee on *Streptococcus mutans*' adhesive properties on saliva-coated hydroxyapatite beads. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(5), 1225–1229. <https://doi.org/10.1021/jf010958t>
- Dawes, C. (2003). What is the critical pH and why does a tooth dissolve in acid? *Journal (Canadian Dental Association)*, 69(11), 722–724. [https://doi.org/10.1016/S1072-3498\(37\)80084-9](https://doi.org/10.1016/S1072-3498(37)80084-9)
- Dawes, C., Pedersen, A. M. L., Villa, A., Ekström, J., Proctor, G. B., Vissink, A., ...

- Wolff, A. (2015). The functions of human saliva: A review sponsored by the World Workshop on Oral Medicine VI. *Archives of Oral Biology*, 60(6), 863–874. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2015.03.004>
- de Oliveira, L. D., Brandão, E. H. da S., Landucci, L. F., Koga-Ito, C. Y., & Jorge, A. O. C. (2007). Effects of *Coffea arabica* on *Streptococcus mutans* adherence to dental enamel and dentine. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 6(23), 1438–1441. Retrieved from <http://hdl.handle.net/11449/69923>
- Ferrazzano, G. F., Amato, I., Ingenito, A., De Natale, A., & Pollio, A. (2009). Anticariogenic effects of polyphenols from plant stimulant beverages (cocoa, coffee, tea). *Fitoterapia*, 80(5), 255–262. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2009.04.006>
- Ferruzzi, M. G. (2010). The influence of beverage composition on delivery of phenolic compounds from coffee and tea. *Physiology & Behavior*, 100(1), 33–41. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2010.01.035>
- Gaascht, F., Dicato, M., & Diederich, M. (2015). Coffee provides a natural multitarget pharmacopeia against the hallmarks of cancer. *Genes & Nutrition*, 10(6), 51. <https://doi.org/10.1007/s12263-015-0501-3>
- García-Godoy, F., & Hicks, M. J. (2008). Maintaining the integrity of the enamel surface: the role of dental biofilm, saliva and preventive agents in enamel demineralization and remineralization. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 139 Suppl, 25S–34S. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2008.0352>
- Gazzani, G., Daglia, M., & Papetti, A. (2012). Food components with anticaries activity. *Current Opinion in Biotechnology*, 23(2), 153–159. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.09.003>
- Ghigo, J.-M. (2003). Are there biofilm-specific physiological pathways beyond a reasonable doubt? *Research in Microbiology*, 154(1), 1–8. [https://doi.org/10.1016/S0923-2508\(02\)00012-8](https://doi.org/10.1016/S0923-2508(02)00012-8)
- Grosso, G., Godos, J., Galvano, F., & Giovannucci, E. L. (2017). Coffee, Caffeine, and Health Outcomes: An Umbrella Review. *Annual Review of Nutrition*, 37(1), 131–156. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-071816-064941>

- Guler, A. U., Yilmaz, F., Kulunk, T., Guler, E., & Kurt, S. (2005). Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 94(2), 118–124. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2005.05.004>
- H.-D. Belitz · W. Grosch · P. Schieberle. (2009). Coffee, Tea, Cocoa. In *Food Chemistry* (pp. 938–950). <https://doi.org/10.1007/978-3-40-69934-7>
- Hans, R., Thomas, S., Garla, B., Dagli, R. J., & Hans, M. K. (2016). Effect of Various Sugary Beverages on Salivary pH, Flow Rate, and Oral Clearance Rate amongst Adults. *Scientifica*, 2016, 3–8. <https://doi.org/10.1155/2016/5027283>
- Hicks, J., Garcia-Godoy, F., & Flaitz, C. (2003). Biological factors in dental caries: role of saliva and dental plaque in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 1). *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 28(1), 47–52. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14604142>
- Hicks, J., Garcia-Godoy, F., & Flaitz, C. (2004). Biological factors in dental caries: role of remineralization and fluoride in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 3). *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 28(3), 203–214. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15163148>
- Hicks, J., Garcia-Godoy, F., & Flaitz, C. (2005). Biological factors in dental caries enamel structure and the caries process in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 2). *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 28(2), 119–124. <https://doi.org/10.17796/jcpd.28.2.617404w302446411>
- Higdon, J. V., & Frei, B. (2006). Coffee and health: A review of recent human research. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(2), 101–123. <https://doi.org/10.1080/10408390500400009>
- Johansson, A. K., Lingström, P., Imfeld, T., & Birkhed, D. (2004). Influence of drinking method on tooth-surface pH in relation to dental erosion. *European Journal of Oral Sciences*, 112(6), 484–489. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2004.00172.x>
- Kumar, A., Kumar, V., Singh, J., Hooda, A., & Dutta, S. (2012). Drug-Induced Discoloration of Teeth. *Clinical Pediatrics*, 51(2), 181–185.

<https://doi.org/10.1177/0009922811421000>

- Li, X., Wang, J., Joiner, A., & Chang, J. (2014). The remineralisation of enamel: a review of the literature. *Journal of Dentistry*, *42*, S12–S20. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(14\)50003-6](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(14)50003-6)
- Liporoni, P. C. S., Souto, C. M. C., Pazinato, R. B., Cesar, I. C. R., de Rego, M. A., Mathias, P., & Cavalli, V. (2010). Enamel susceptibility to coffee and red wine staining at different intervals elapsed from bleaching: a photoreflectance spectrophotometry analysis. *Photomedicine and Laser Surgery*, *28 Suppl 2*, S105–S109. <https://doi.org/10.1089/pho.2009.2627>
- Ludwig, I. A., Clifford, M. N., Lean, M. E. J., Ashihara, H., & Crozier, A. (2014). Coffee: biochemistry and potential impact on health. *Food Funct.*, *5*(8), 1695–1717. <https://doi.org/10.1039/C4FO00042K>
- Lussi, A., Megert, B., Peter Shellis, R., & Wang, X. (2012). Analysis of the erosive effect of different dietary substances and medications. *British Journal of Nutrition*, *107*(02), 252–262. <https://doi.org/10.1017/S0007114511002820>
- Lussi, A., Schlueter, N., Rakhmatullina, E., & Ganss, C. (2011). Dental Erosion – An Overview with Emphasis on Chemical and Histopathological Aspects. *Caries Research*, *45*(s1), 2–12. <https://doi.org/10.1159/000325915>
- Marsh, P. D. (2010). Microbiology of Dental Plaque Biofilms and Their Role in Oral Health and Caries. *Dental Clinics of North America*, *54*(3), 441–454. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2010.03.002>
- Marsh, P. D., & B. Nyvad. (2009). The oral microflora and biofilms on teeth. In *Dental Caries: The Disease and Its Clinical Management*. In Ole Fejerskov & E. Kidd (Eds.) (2nd ed., pp. 166–177).
- Mathews, M. S., Amaechi, B. T., Ramalingam, K., Ccahuana-Vasquez, R. A., Chedjieu, I. P., Mackey, A. C., & Karlinsey, R. L. (2012). In situ remineralisation of eroded enamel lesions by NaF rinses. *Archives of Oral Biology*, *57*(5), 525–530. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2011.10.010>

- Michael, K. (2011). Frying, boiling and the Maillard reaction. Retrieved from <https://ediblesciencefaire.wordpress.com/2011/06/01/maillard-reaction/>
- Mussatto, S. I. (2015). Generating Biomedical Polyphenolic Compounds from Spent Coffee or Silverskin. In *Coffee in Health and Disease Prevention* (pp. 93–106). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00011-5>
- Namboodiripad, Pca., & Kori, S. (2009). Can coffee prevent caries? *Journal of Conservative Dentistry*, 12(1), 17. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.53336>
- NATHOO, S. A. (1997). THE CHEMISTRY AND MECHANISMS OF EXTRINSIC AND INTRINSIC DISCOLORATION. *The Journal of the American Dental Association*, 128(April), 6S–10S. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1997.0428>
- Naveed, M., Hejazi, V., Abbas, M., Kamboh, A. A., Khan, G. J., Shumzaid, M., ... XiaoHui, Z. (2018). Chlorogenic acid (CGA): A pharmacological review and call for further research. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 97(October 2017), 67–74. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.10.064>
- Rufián-Henares, J. A., & de la Cueva, S. P. (2009). Antimicrobial Activity of Coffee Melanoidins - A Study of Their Metal-Chelating Properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(2), 432–438. <https://doi.org/10.1021/jf8027842>
- Silva, A. P. P. da, Gonçalves, R. S., Borges, A. F. S., Bedran-Russo, A. K., & Shinohara, M. S. (2015). Effectiveness of plant-derived proanthocyanidins on demineralization on enamel and dentin under artificial cariogenic challenge. *Journal of Applied Oral Science : Revista FOB*, 23(3), 302–309. <https://doi.org/10.1590/1678-775720140304>
- Smith, T. M., Olejniczak, A. J., Reid, D. J., Ferrell, R. J., & Hublin, J. J. (2006). Modern human molar enamel thickness and enamel–dentine junction shape. *Archives of Oral Biology*, 51(11), 974–995. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2006.04.012>
- Stauder, M., Papetti, A., Daglia, M., Vezzulli, L., Gazzani, G., Varaldo, P. E., & Pruzzo, C. (2010). Inhibitory Activity by Barley Coffee Components Towards Streptococcus Mutans Biofilm. *Current Microbiology*, 61(5), 417–421. <https://doi.org/10.1007/s00284-010-9630-5>

- Stauder, M., Papetti, A., Mascherpa, D., Schito, A. M., Gazzani, G., Pruzzo, C., & Daglia, M. (2010). Antiadhesion and antibiofilm activities of high molecular weight coffee components against *Streptococcus mutans*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *58*(22), 11662–11666. <https://doi.org/10.1021/jf1031839>
- Tajik, N., Tajik, M., Mack, I., & Enck, P. (2017). The potential effects of chlorogenic acid, the main phenolic components in coffee, on health: a comprehensive review of the literature. *European Journal of Nutrition*, *56*(7), 2215–2244. <https://doi.org/10.1007/s00394-017-1379-1>
- West, N. X., & Joiner, A. (2014). Enamel mineral loss. *Journal of Dentistry*, *42*, S2–S11. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(14\)50002-4](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(14)50002-4)
- Wróblewska, M., Strużycka, I., & Mierzwińska-Nastalska, E. (2015). Significance of biofilms in dentistry. *Przegląd Epidemiologiczny*, *69*(4), 739–744, 879–883. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27139354>
- Young, D. A., & Featherstone, J. D. B. (2013). Caries management by risk assessment. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, *41*(1), e53-63. <https://doi.org/10.1111/cdoe.12031>