



AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE SURFACTANTE AO NaOCl NA MICRODUREZA DENTINÁRIA – estudo *ex vivo*

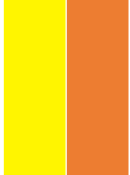
Evaluation of the influence of surfactant addition to NaOCl on
dentin microhardness: an *ex vivo* study

Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Amanda Filipa Da Costa Teixeira

Porto, 2026





Ficha Técnica

TÍTULO

Avaliação da influência da adição de surfactante ao NaOCl na microdureza dentinária - estudo *ex vivo*

ÁREA CIENTÍFICA

Endodontia

Monografia de Investigação apresentada à Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto no âmbito da Unidade Curricular Monografia /Relatório de Estágio

AUTOR

Amanda Filipa Da Costa Teixeira

Estudante do 5.º ano do Mestrado Integrado em Medicina Dentária na Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto

Orientadora:

Inês Ferreira

Professora Auxiliar Convidada da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto

Dissertação desenvolvida como tese de mestrado integrado, apresentada à Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto (FMDUP).

“It always seems impossible until it is done.”

Nelson Mandela

Agradecimentos

Ao longo desta jornada académica, marcada por desafios, persistência e descobertas, tive a sorte de contar com pessoas extraordinárias que me apoiaram incondicionalmente e deixaram uma marca profunda na minha vida.

Em primeiro lugar, quero expressar a minha gratidão aos meus pais. À minha mãe, cujo amor, paciência, incentivo constante e cuidado incondicional foram o alicerce que me sustentou nos momentos mais difíceis. Sempre que senti que não conseguiria continuar, as tuas palavras de coragem e a tua fé inabalável em mim fizeram-me acreditar que era capaz de superar cada obstáculo. Ao meu pai, pelo exemplo de resiliência, determinação e integridade, pelo apoio firme e constante, e por me lembrar sempre que o meu valor vai muito além da escola e de qualquer prova ou dificuldade. Ao meu irmão, pela companhia, amizade e alegria constantes, por me fazer sentir segura, compreendida e motivada mesmo nos dias mais cansativos. Sem vocês, sem o vosso amor, encorajamento e força, esta caminhada teria sido muito mais árdua. Vocês foram a minha rocha, a minha inspiração e o meu porto seguro.

À minha amiga de longa data, Bárbara, ou Babinha, quero deixar um agradecimento especial. Uma amizade que começou na primária e foi crescendo ao longo dos anos, tornando-se um verdadeiro laço de confiança, partilha e cumplicidade. Obrigada por cada conversa, cada risada, cada palavra de incentivo, e por teres estado ao meu lado em tantos momentos desta jornada.

A minha binómia e companheira de faculdade, Ana Ricchetti, merece um espaço de destaque. Ao longo destes cinco anos, construímos uma ligação que vai muito além da amizade: és família, és irmã de coração. Passámos juntos inúmeros dias, desafios, gargalhadas e momentos de desespero, sempre apoiando-nos mutuamente. Obrigada por me fazeres sentir acolhida, por cada gesto de cuidado e por partilhares comigo esta experiência tão intensa e inesquecível. A tua dedicação, generosidade e alegria transformaram cada momento de stress académico numa experiência que guardarei para sempre no coração.

Um agradecimento muito especial à minha orientadora, Doutora Professora Inês Ferreira, cuja disponibilidade, paciência e orientação foram fundamentais ao

longo de toda a minha formação. Sempre pronta para esclarecer as minhas dúvidas intermináveis, orientar decisões clínicas e acompanhar-me em cada etapa da elaboração da tese, ajudou-me a sentir-me segura e confiante, tornando todo o processo mais sereno. Graças à sua dedicação e apoio, esta tese foi possível; a sua orientação tornou-a mais clara, estruturada e significativa, e sem ela este trabalho não teria sido o mesmo. Foi uma orientadora incrível, e por isso deixo-lhe a minha mais profunda gratidão.

Aos meus amigos do grupo do Formigueiro, deixo um agradecimento cheio de carinho. Ao longo da faculdade, o grupo foi crescendo e consolidando amizades, proporcionando momentos de descontração, apoio e companhia. Cada um de vocês contribuiu para tornar a jornada académica mais leve, divertida e memorável, criando laços que irei guardar para sempre.

À minha amiga Valente, durante o meu primeiro ano foste a minha companhia constante, sempre pronta para um cafezinho, risadas e apoio nos momentos mais difíceis. Mesmo agora que estamos distantes, sei que posso contar contigo, e espero que a nossa amizade continue a crescer e a fortalecer-se ao longo dos anos.

Às minhas queridas amigas Cati, Carol, Henriques, Diana, Neses, Gomes, Pedrocas, Carla e Tita, deixo um agradecimento especial pelo apoio constante e pela amizade sincera. Foram o meu porto de descanso nos momentos de maior stress académico, proporcionando risos, diversão e uma fuga necessária das preocupações da universidade. A vossa presença, compreensão e incentivo permitiram-me equilibrar os desafios da formação com momentos de leveza e felicidade.

À minha família alargada, primos e tios, quero deixar o meu sincero reconhecimento pelo apoio, incentivo e orgulho constantes. As vossas palavras e gestos de encorajamento fizeram-me sentir segura e motivada para seguir o meu caminho, e foram uma fonte de inspiração que nunca esquecerei.

Por fim, quero expressar a minha gratidão às pessoas que conheci durante a minha experiência Erasmus na Universidade de São Paulo (USP), no Brasil. A amizade, partilha cultural e apoio que encontrei aí contribuíram enormemente

para o meu crescimento pessoal e académico, e tornaram esta experiência inesquecível.

A todos vós, deixo a minha mais profunda e sincera gratidão. Cada gesto, cada palavra, cada momento partilhado fez com que esta jornada fosse mais leve, mais rica e verdadeiramente memorável. Obrigada por acreditarem em mim, por caminharem comigo e por fazerem parte desta etapa tão importante da minha vida.

Resumo

Introdução: A preparação químico-mecânica do sistema de canais radiculares é um passo crucial no sucesso do tratamento endodôntico, envolvendo a ação combinada de instrumentos e soluções irrigadoras para remover tecido orgânico e inorgânico, reduzir a carga microbiana e permitir uma obturação tridimensional. O hipoclorito de sódio (NaOCl) é o irrigante mais utilizado devido às suas propriedades antimicrobianas e capacidade de dissolver tecido dentinário, no entanto apresenta efeitos adversos sobre a estrutura da dentina, como redução da microdureza e erosão superficial. Agentes quelantes, como o EDTA 17%, atuam removendo a componente inorgânica da smear layer. Surfactantes não iônicos, como o Tween 80, têm sido propostos em associação com o NaOCl para reduzir a tensão superficial e aumentar a sua molhabilidade, no entanto o seu efeito sobre a microdureza dentinária está ainda pouco explorado.

Objetivo: Avaliar o efeito da adição do surfactante Tween 80 a diferentes concentrações de hipoclorito de sódio (2%, 3% e 5,25%) na microdureza dentinária.

Metodologia: Quarenta e oito pré-molares mandibulares monorradiculares humanos extraídos foram selecionados. As raízes foram seccionadas transversalmente ao nível do terço médio e o orifício do canal estandardizado com uma broca de gates nº3. Após o polimento, a microdureza inicial foi avaliada com um microdurometro Vickers Duramin (Struers A/S, Rodovre, Denmark), com ampliação de 50× e profundidade de 100 µm a partir da interface polpa-dentina. Foram realizadas três indentações utilizando carga de 50 g e tempo de permanência de 15 segundos. As amostras foram divididas aleatoriamente em 6 grupos (n = 8) e submersas durante 5 minutos em 2 mL de cada uma das seguintes soluções irrigadoras: Grupo 1: 2% NaOCl; Grupo 2: 2% NaOCl + Tween 80; Grupo 3: 3% NaOCl; Grupo 4: 3% NaOCl + Tween 80; Grupo 5: 5,25% NaOCl; Grupo 6: 5,25% NaOCl + Tween 80. Após imersão, procedeu-se à medição da microdureza final. A análise estatística foi realizada utilizando testes de normalidade e homogeneidade, teste t-Student emparelhado e One-Way ANOVA (p<0,05).

Resultados: Não foram detetadas diferenças estatisticamente significativas entre os valores iniciais de microdureza entre os grupos. Após a exposição ao NaOCl, verificou-se uma redução estatisticamente significativa da microdureza dentinária em todos os grupos, independentemente da adição do surfactante Tween 80 e da concentração de NaOCl utilizada. Além disso, evidenciou-se que a adição do surfactante Tween 80 ao NaOCl não alterou significativamente a microdureza quando comparado com a utilização destes irrigantes isoladamente, independentemente da concentração.

Conclusões: Tendo em conta as limitações do estudo, a perda de microdureza dentinária observada parece constituir um efeito intrínseco do hipoclorito de sódio, não sendo influenciada pela adição do surfactante Tween 80.

Palavras-chave

Dentina; hipoclorito de sódio; irrigantes; microdureza dentinária; surfactante

Abstract

Introduction: Chemomechanical preparation of the root canal system is a crucial step in the success of endodontic treatment, involving the combined action of instruments and irrigating solutions to remove organic and inorganic tissue, reduce microbial load, and allow three-dimensional obturation. Sodium hypochlorite (NaOCl) is the most commonly used irrigant due to its antimicrobial properties and ability to dissolve dentinal tissue; however, it has adverse effects on dentin structure, such as reduced microhardness and surface erosion. Chelating agents, such as 17% EDTA, act by removing the inorganic component of the smear layer. Non-ionic surfactants, such as Tween 80, have been proposed in association with NaOCl to reduce surface tension and increase its wettability; however, their effect on dentin microhardness remains poorly explored.

Objective: To evaluate the effect of adding the surfactant Tween 80 to different concentrations of sodium hypochlorite (2%, 3%, and 5.25%) on dentin microhardness.

Methods: Forty-eight extracted human single-rooted mandibular premolars were selected. Roots were sectioned transversely at the middle third, and the canal orifice was standardized using a Gates-Glidden #3 drill. After polishing, baseline microhardness was measured using a Vickers Duramin microhardness tester (Struers A/S, Rødovre, Denmark), with 50× magnification at a depth of 100 µm from the pulp–dentin interface. Three indentations were performed using a 50 g load for 15 seconds. Samples were randomly divided into six groups (n = 8) and immersed for 5 minutes in 2 mL of the following irrigating solutions: Group 1: 2% NaOCl; Group 2: 2% NaOCl + Tween 80; Group 3: 3% NaOCl; Group 4: 3% NaOCl + Tween 80; Group 5: 5.25% NaOCl; Group 6: 5.25% NaOCl + Tween 80. After immersion, final microhardness was measured. Statistical analysis was performed using tests of normality and homogeneity, paired Student's t-test, and one-way ANOVA ($p < 0.05$).

Results: No statistically significant differences were detected in baseline microhardness among groups. After exposure to NaOCl, dentin microhardness

was significantly reduced in all groups, regardless of Tween 80 addition or NaOCl concentration. Furthermore, the addition of Tween 80 to NaOCl did not significantly alter microhardness compared with the use of these irrigants alone, independent of concentration.

Conclusions: Considering the study limitations, the observed loss of dentin microhardness appears to be an intrinsic effect of sodium hypochlorite and is not influenced by the addition of the surfactant Tween 80.

Keywords

Dentin; sodium hypochlorite; irrigants; dentin microhardness; surfactant

Produção Científica resultante:

Amanda Teixeira, Ana Cristina Braga, Irene Pina-Vaz, Inês Ferreira. Avaliação da influência da adição de surfactante ao NaOCl na microdureza dentinária - estudo *ex vivo*. XXXVII Jornadas da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto, 13 e 14 de março 2026

Índice

<i>Agradecimentos</i>	<i>VII</i>
<i>Resumo</i>	<i>X</i>
<i>Palavras-chave</i>	<i>XI</i>
<i>Abstract</i>	<i>XII</i>
<i>Keywords</i>	<i>XIII</i>
<i>Produção Científica resultante:</i>	<i>XIV</i>
<i>INTRODUÇÃO</i>	<i>1</i>
<i>MATERIAS E MÉTODOS</i>	<i>5</i>
1. Seleção das Amostras	8
2. Preparação das Amostras	8
3. Determinação da Microdureza Dentinária Inicial	8
4. Tratamento das Amostras.....	9
5. Determinação da Microdureza Dentinária Final	10
6. Análise Estatística	10
<i>RESULTADOS</i>	<i>11</i>
<i>DISCUSSÃO</i>	<i>15</i>
<i>CONCLUSÃO</i>	<i>20</i>
<i>Referências Bibliográficas</i>	<i>22</i>

Índice de Figuras

Figura 1. Fluxograma PRILE	7
Figura 2. Microdurómetro utilizado para realização das indentações nas diferentes amostras dos grupos experimentais.....	9
Figura 3. Valores médios da microdureza de Vickers (HV) inicial e final dos diferentes grupos experimentais e respectivos intervalos de confiança.	13
Figura 4. Variação da microdureza nos diferentes grupos experimentais. A variável “diff” corresponde à diferença entre a microdureza inicial e a microdureza final. (One-Way ANOVA; $F(5,42) = 0,400$; $p = 0,846$).	14

Índice de tabelas

Tabela 1. Valores de microdureza de Vickers (HV) nos diferentes grupos experimentais.....	12
--	----

Índice de abreviaturas

NaOCI – hipoclorito de sódio

EDTA – ácido etilenodiaminotetracético

BAK – benzalkonium chloride

HV – microdureza de vickers



Capítulo I

INTRODUÇÃO



I. Introdução

A preparação químico-mecânica do sistema de canais radiculares constitui uma etapa essencial no tratamento endodôntico, sendo determinante para o sucesso clínico a longo prazo. Esta etapa que engloba a ação combinada de instrumentos endodônticos e soluções irrigadoras, tem como objetivo remover tecido orgânico e inorgânico, reduzir a carga microbiana, assim como a ampliação do canal de forma a permitir uma obturação tridimensional. O uso sequencial de hipoclorito de sódio (NaOCl) e agentes quelantes tem sido recomendado como um protocolo de irrigação final no tratamento endodôntico (1).

O hipoclorito de sódio (NaOCl), introduzido na prática clínica há várias décadas, consolidou-se como o irrigante mais utilizado devido à sua capacidade antimicrobiana e eficácia na dissolução de tecidos vitais ou necróticos (1). Os agentes quelantes funcionam como adjuvantes removendo a componente inorgânica da smear layer formada durante a instrumentação mecânica dos canais radiculares (1). A *smear layer* é uma composta por detritos orgânicos e inorgânicos que pode obstruir os túbulos dentinários e dificultar a penetração dos materiais obturadores (2). O ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) a 17% é o agente quelante mais utilizado, devido à sua capacidade de se ligar aos íons cálcio da hidroxiapatita, promovendo a desmineralização superficial da dentina e expondo os túbulos dentinários (1). No entanto, o seu uso prolongado pode intensificar alterações estruturais na dentina, como a redução da microdureza e erosão dentinária (1).

Apesar da eficácia comprovada do NaOCl, não existe consenso relativamente à concentração ideal de NaOCl para uso clínico, variando entre 0,5 a 10% (1). Estudos laboratoriais salientam que a concentração é diretamente proporcional à eficácia antimicrobiana, contudo clinicamente, outros fatores como o volume e a renovação constante são também determinantes da sua eficácia (1, 3). Apesar das inúmeras vantagens, o NaOCl apresenta efeitos adversos como a sua toxicidade e impacto na estrutura dentinária no módulo de elasticidade e da resistência à fratura da dentina (1, 4). A dentina é um tecido duro complexo, composta por aproximadamente 70% de matéria inorgânica e 30% de matéria orgânica e água. A sua fase inorgânica consiste em íons de cálcio e fosfato que

formam cristais de hidroxiapatita. A fase orgânica da dentina é composta por colagénio tipo I (90%), proteínas, proteoglicanos e alguns componentes lipídicos (5). Embora o NaOCl seja um agente oxidante e proteolítico, capaz de degradar componentes orgânicos, as fibrilas de colágeno normalmente estão protegidas da desnaturação pela hidroxiapatita que as envolve (6). No entanto, a literatura reporta que o NaOCl pode ter um efeito significativo na dentina mineralizada reduzindo a microdureza Vickers (7, 8), sendo capaz de degradar as fibras de colagénio, causando erosão superficial (6).

Os surfactantes podem ser classificados em iónicos (aniónicos ou catiónicos) ou não iónicos. São exemplos de surfactante iónicos, o *benzalkonium chloride* (BAK) e a cetramida. Surfactante não iónicos, como o *Tween 80*, são geralmente menos reativos, apresentando baixa toxicidade e maior compatibilidade química com outras substâncias água (9). Além disso, podem proporcionar uma maior molhabilidade do que os surfactantes iónicos, pois possuem uma porção hidrofílica polar com capacidade de formação de ligações de hidrogénio, o que permite fortes interações com moléculas de água (9, 10).

Os surfactantes têm sido propostos para utilização em associação com o hipoclorito de sódio (NaOCl) com o objetivo de melhorar as suas propriedades (11-13). Estas substâncias são capazes de reduzir a tensão superficial dos líquidos, aumentando a sua molhabilidade (14). No entanto, apesar da redução da tensão superficial, não há evidência clara de que essa modificação melhore a penetração do irrigante no sistema de canais radiculares. Isto porque a tensão superficial atua apenas em interfaces entre líquidos que não se misturam, como água e óleo, e essas interfaces não existem no interior dos canais radiculares (15). Neste sentido, a ideia de que a redução da tensão superficial melhora a penetração do irrigante nos túbulos dentinários permanece controversa e carece de investigação adicional.

Entre os surfactantes estudados, destaca-se o Tween 80, um agente não iónico com aparência viscosa, que, quando associado ao NaOCl, demonstrou reduzir a tensão superficial e a viscosidade da solução (14), bem como aumentar a força de adesão entre o cimento obturador e as paredes dentinárias (16). Os efeitos da adição do surfactante Tween 80 ao NaOCl sobre as propriedades físico-

químicas da dentina, nomeadamente a sua microdureza, permanece pouco explorado na literatura. Alterações na microdureza dentinária podem comprometer a integridade estrutural da raiz afetando a longevidade do tratamento endodôntico (4). Estudos anteriores demonstraram que o NaOCl pode reduzir significativamente a microdureza da dentina (17). Assim, a modificação da solução de NaOCl com surfactantes poderá potencialmente exacerbar ou mitigar este efeito, sendo fundamental compreender o impacto desta associação.

O objetivo deste trabalho de investigação foi avaliar o efeito da adição do surfactante Tween 80 a diferentes concentrações de hipoclorito de sódio (2%, 3% e 5,25%) na microdureza dentinária. A hipótese nula testada foi a de que a adição do surfactante Tween 80 ao hipoclorito de sódio, em qualquer das concentrações testadas (2%, 3% e 5,25%), não altera significativamente a microdureza da dentina.



Capítulo II

MATERIAS E MÉTODOS



II. Materiais e Métodos

Este estudo *ex vivo* seguiu as guidelines PRILE 2021 (18) (Figura 1), sendo aprovado pela Comissão de Ética para a Saúde da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto (Parecer nº 21/2025).

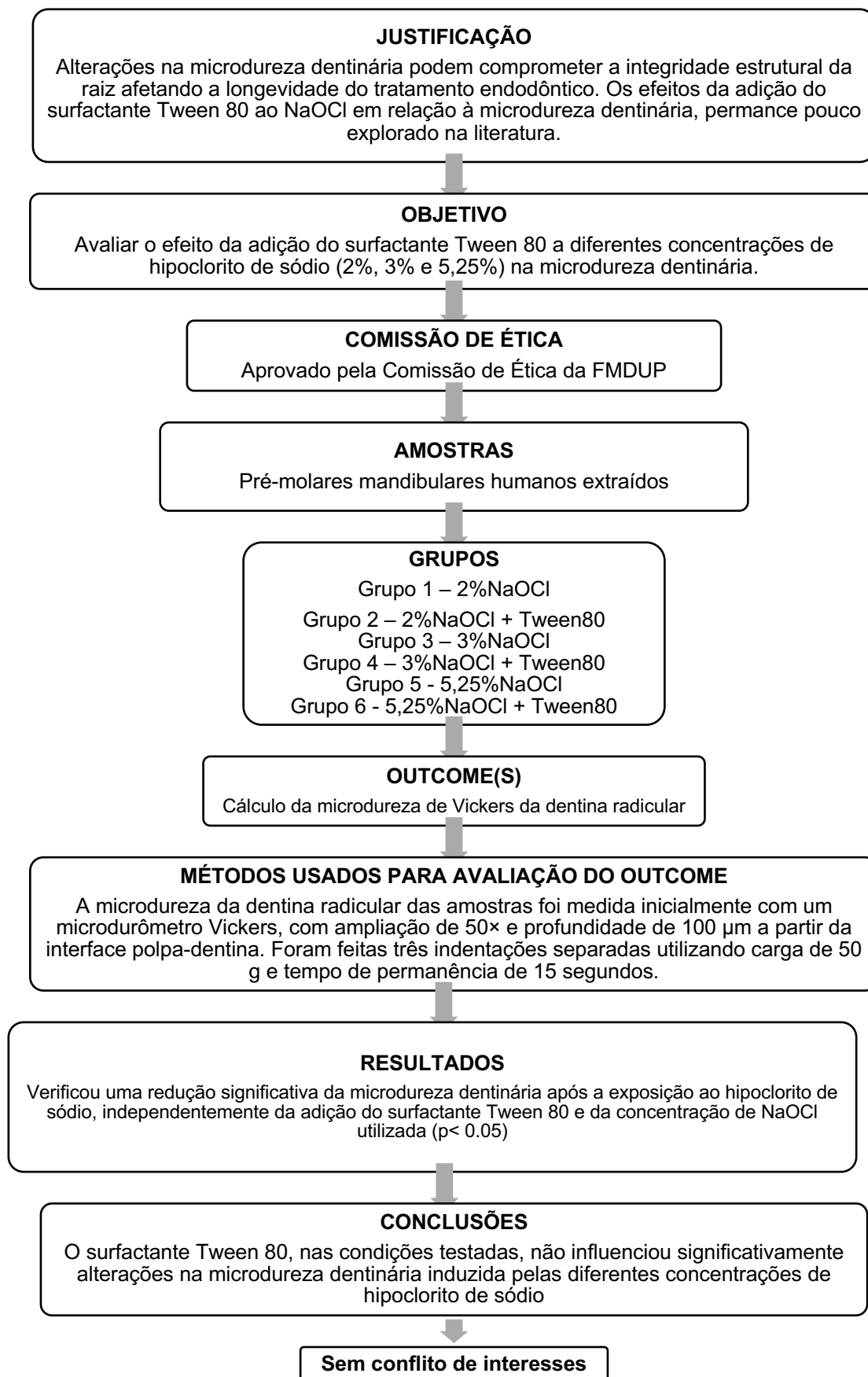


Figura 1. Fluxograma PRILE

1. Seleção das Amostras

Um estudo anterior (19) que avaliou o efeito na microdureza dentinária a diferentes soluções irrigadoras, foi tido como referência para determinar o tamanho amostral do presente trabalho de investigação (n=8 por grupo).

Quarenta e oito pré-molares mandibulares monorradiculares humanos extraídos foram selecionados. Raízes sem cáries radiculares, curvaturas, calcificações ou reabsorções foram selecionadas e armazenadas em timol até à sua utilização. A presença de um só canal foi confirmada radiograficamente.

2. Preparação das Amostras

As raízes foram seccionadas transversalmente com disco diamantado de baixa rotação, obtendo discos de dentina do terço médio. O orifício do canal foi estandardizado com uma broca de gates nº3. De seguida, os discos de dentina foram polidos com lixas abrasivas de carboneto de silício (granulações 300 e 600) e com discos de polimento de diamante de 0,25 µm sob água destilada.

3. Determinação da Microdureza Dentinária Inicial

A microdureza da dentina radicular das amostras foi medida inicialmente com um microdurometro Vickers Duramin (Struers A/S, Rodovre, Denmark), com ampliação de 50× e profundidade de 100 µm a partir da interface polpa-dentina. Foram feitas três indentações separadas utilizando carga de 50 g e tempo de permanência de 15 segundos (Figura 2).

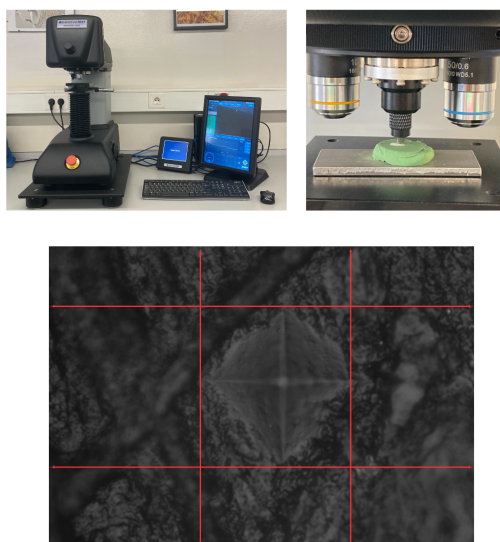


Figura 2. Microdurómetro utilizado para realização das indentações nas diferentes amostras dos grupos experimentais.

4. Tratamento das Amostras

As amostras foram divididas aleatoriamente em 6 grupos ($n = 8$) e submersas durante 5 minutos em 2 mL de cada uma das seguintes soluções irrigadoras:

Grupo 1: 2% NaOCl (Chloraxid 2%, CerKamed, Stalowa Wola, Polónia).

Grupo 2: 2% NaOCl (Chloraxid 2%, CerKamed, Stalowa Wola, Polónia) + Tween 80 (T80) (MerckKGaA, Darmstadt, Alemanha).

O Tween 80 numa concentração de 0,1% foi misturado a 100mL solução de NaOCl a 2%.

Grupo 3: 3% NaOCl (Coltene).

Grupo 4: 3% NaOCl (Coltene) + Tween 80.

O Tween 80 numa concentração de 0,1% foi misturado a 100mL solução de NaOCl a 3%.

Grupo 5: 5,25% NaOCl (Chloraxid 5,25%, CerKamed, Stalowa Wola, Polónia).

Grupo 6: 5,25% NaOCl (Chloraxid 5,25%, CerKamed, Stalowa Wola, Polónia) + Tween 80.

O Tween 80 numa concentração de 0,1% foi misturado a 100mL solução de NaOCl a 5,25%.

5. Determinação da Microdureza Dentinária Final

Após imersão das amostras nos diferentes irrigantes, estas foram secas e a microdureza da dentina foi novamente determinada em triplicado, conforme descrito no ponto 3, em locais próximos às áreas de indentação iniciais.

6. Análise Estatística

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando o IBM® SPSS® Statistics (Versão 30 do SPSS®). A análise englobou um estudo descritivo dos dados (gráficos de perfil e tabelas de estatísticas descritivas). A homogeneidade e normalidade dos dados foram verificadas pelos testes de Levene e Kolmogorov Smirnov, respectivamente.

A regra de decisão utilizada consistiu em detetar evidência estatística significativa para valores de $p < 0.05$. Foi criada uma variável “diff” que correspondeu à diferença entre a microdureza inicial e a microdureza final, que avaliou o efeito da variação da microdureza. One-WAY ANOVA e o teste t-Student foram utilizados para avaliar diferenças entre os grupos experimentais.



Capítulo III

RESULTADOS



III. Resultados

Os resultados estatísticos descritivos referentes aos valores de microdureza de Vickers associados aos diferentes grupos experimentais estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de microdureza de Vickers (HV) nos diferentes grupos experimentais.

Irrigante	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo	Mediana
2%NaOCl					
Inicial	60,67	3,69	55,72	65,20	61,11
Final	49,80	4,74	39,40	54,61	50,32
Dif (HV _I -HV _F)	10,86	4,35	3,73	16,66	10,78
2%NaOCl + Tween 80					
Inicial	61,66	2,01	58,15	63,95	62,29
Final	53,09	3,13	46,25	55,55	54,36
Dif (HV _I -HV _F)	8,57	3,71	4,34	16,62	7,93
3%NaOCl					
Inicial	59,27	3,44	56,44	67,26	58,60
Final	48,83	4,44	43,05	53,94	49,24
Dif (HV _I -HV _F)	10,44	5,55	2,50	16,57	11,63
3%NaOCl + Tween 80					
Inicial	60,78	3,55	57,55	67,21	58,90
Final	51,84	5,23	45,43	61,11	51,27
Dif (HV _I -HV _F)	8,94	4,96	3,01	18,56	7,20
5,25%NaOCl					
Inicial	61,28	1,65	58,64	64,13	61,20
Final	52,91	3,40	44,96	55,34	54,22
Dif (HV _I -HV _F)	8,36	3,97	5,47	17,49	7,12
5,25%NaOCl + Tween 80					
Inicial	61,43	1,82	58,56	64,25	61,40
Final	51,45	3,96	45,40	56,11	51,92
Dif (HV _I -HV _F)	9,98	5,16	5,47	17,49	8,77

Não foram detetadas diferenças estatisticamente significativas entre os valores de microdureza iniciais em nenhum dos grupos (One-Way ANOVA; $F(5,42) = 5,929$; $p = 0,599$). Comparando os valores de microdureza inicial e final, o teste *t-student* revelou diferenças significativas em todos os grupos ($p < 0.05$), no sentido em que se verificou uma redução significativa da microdureza dentinária após a exposição ao hipoclorito de sódio, independentemente da adição do surfactante Tween 80 e da concentração de NaOCl utilizada (Figura 3).

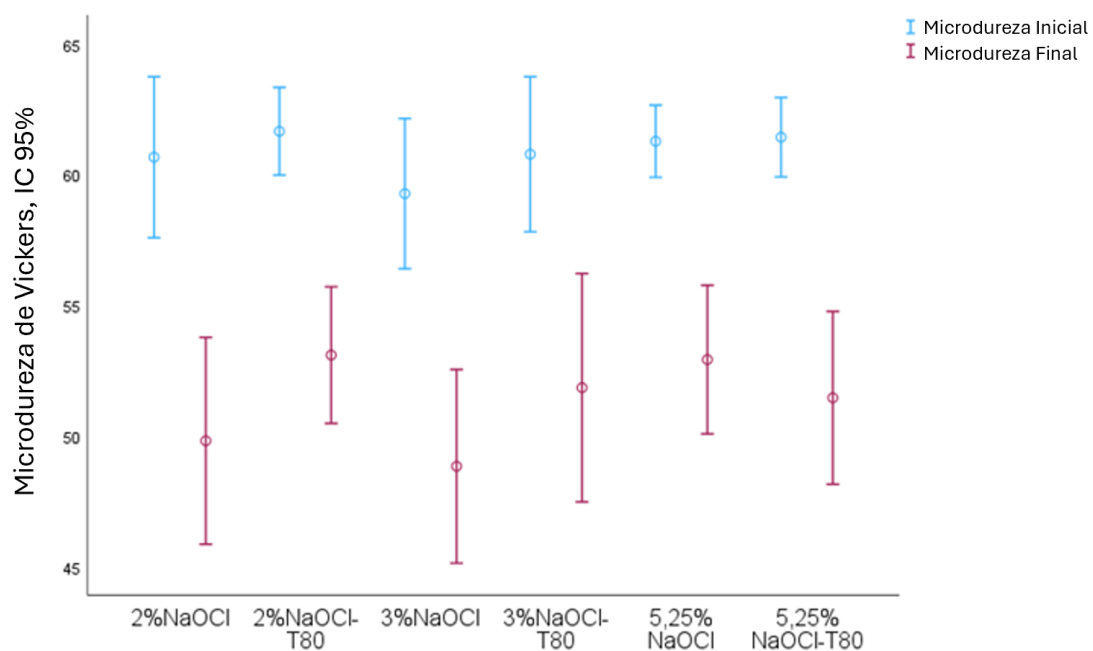


Figura 3. Valores médios da microdureza de Vickers (HV) inicial e final dos diferentes grupos experimentais e respetivos intervalos de confiança.

Além disso, tendo em conta o valor da diferença entre a microdureza inicial e final, verificou-se que a adição do surfactante Tween 80 ao NaOCl não alterou significativamente a microdureza quando comparado com a utilização destes irrigantes isoladamente, independentemente da concentração (Figura 4), (One-Way ANOVA; $F(5,42) = 0,400$; $p = 0,846$).

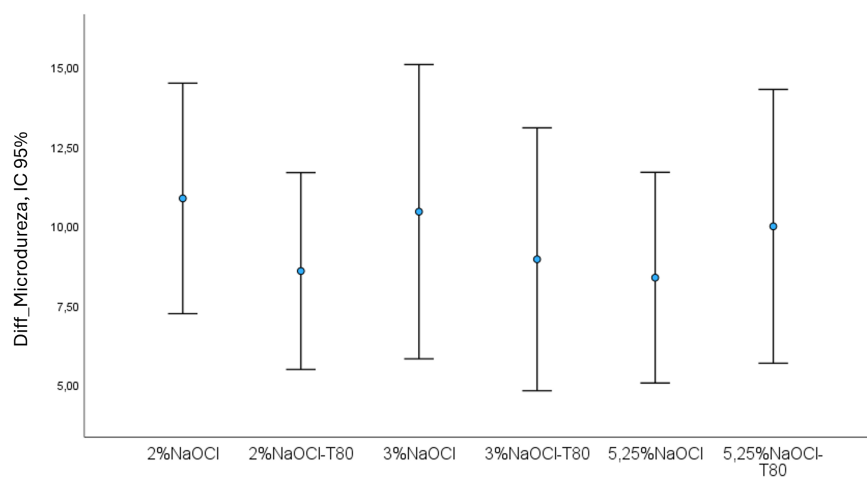


Figura 4. Variação da microdureza nos diferentes grupos experimentais. A variável “diff” corresponde à diferença entre a microdureza inicial e a microdureza final. (One-Way ANOVA; $F(5,42) = 0,400$; $p = 0,846$).



Capítulo IV

DISCUSSÃO



IV. Discussão

O objetivo deste trabalho de investigação foi avaliar o efeito da adição do surfactante Tween 80 a diferentes concentrações de NaOCl na microdureza dentinária. Como resultados, verificou-se que o surfactante Tween 80, nas condições testadas, não influenciou significativamente a microdureza dentinária independentemente das concentrações de NaOCl, pelo que a hipótese nula não foi rejeitada. A escolha do surfactante Tween 80 numa concentração de 0,1%, baseou-se na sua baixa toxicidade e estabilidade química. Guneser et al. 2016 demonstrou que a adição do Tween 80 numa concentração de 0,1% não modificou significativamente o teor de cloro da solução de NaOCl, nem teve um efeito relevante ao nível da pH da solução (20). Além disso, este surfactante tem sido amplamente utilizado em formulações farmacêuticas e noutros estudos na área da endodontia (16, 20-22).

O tempo de aplicação e a concentração das soluções irrigadoras têm sido apontados como fatores que influenciam os seus efeitos (15). No presente estudo foram testadas as concentrações de 2%, 3% e 5,25%, enquanto que em relação à variável tempo as amostras foram submersas durante 5 minutos nas soluções testadas, à semelhança do estudo de Aslantas et al. 2014 (19). Os resultados obtidos neste estudo corroboram evidências de investigações anteriores de que o NaOCl reduz significativamente a microdureza dentinária, independentemente da concentração (2,5%, 3% ou 5,25%) (17). Conforme demonstrado por Xu et al. (2022), a redução da microdureza da dentina pode ser atribuída à ação oxidante e proteolítica do NaOCl, que degrada a matriz orgânica da dentina, predominantemente composta por colagénio tipo I. Embora esta matriz esteja normalmente protegida pela hidroxiapatita, o NaOCl possui baixo peso molecular o que lhe permite penetrar nas fibrilas de colagénio e remover a componente orgânica (4). Ou seja, a redução da microdureza dentinária pode ser justificada pela degradação da matriz orgânica e pela erosão da dentina intertubular provocada pelo NaOCl (4).

Diversos estudos têm explorado o impacto da adição de surfactantes ao NaOCl tendo em conta diferentes parâmetros clínicos. Monteiro et al. (2024) demonstraram que a adição de Tween 80 ao NaOCl não reduziu

significativamente a percentagem de espaços vazios após obturação, sugerindo que a modificação da tensão superficial não se traduz necessariamente em melhor adaptação do material obturador às paredes dentinárias (16). De forma semelhante, Guerreiro et al. (2020) observaram que a adição de surfactantes (BAK ou Tween 80) ao NaOCl não promoveu uma remoção mais eficaz de detritos, reportando que o efeito dos surfactantes pode ser limitado em determinadas condições (21). Baron et al. (2016) evidenciaram que a combinação de NaOCl com BAK reduziu significativamente a carga bacteriana intracanal de *Enterococcus faecalis* em comparação com o NaOCl isolado, embora não tenham sido observadas diferenças na penetração nos túbulos dentinários (11). Outros estudos sugerem ainda que o Tween 80 pode influenciar a adesão dos materiais obturadores à dentina. Fahmy et al. (2015) observaram que a adição de Tween 80 ao NaOCl reduziu a força de adesão do cimento AH Plus à dentina, indicando um possível efeito negativo na interface adesiva (23). Contrariamente, Guneser et al. (2017) relataram que o Tween 80, quando associado ao NaOCl, não apresentou diferenças significativas na força de adesão à dentina em comparação com o NaOCl isolado (20).

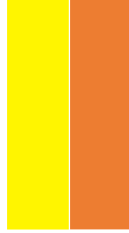
No presente estudo, a adição do surfactante não iónico Tween 80 ao NaOCl, não promoveu alterações estatisticamente significativas na microdureza dentinária quando comparada com a utilização do NaOCl isoladamente, independentemente da concentração (2%, 3% ou 5,25%). Embora se tenha verificado uma redução significativa da dureza dentinária em todos os grupos experimentais, estes resultados sugerem que o Tween 80 não interferiu diretamente na estrutura mineral da dentina, reforçando a hipótese de que a redução da microdureza será atribuída principalmente à ação proteolítica e oxidante do NaOCl sobre a matriz orgânica dentinária, e não à presença do surfactante. Até ao momento, não foram encontrados na literatura estudos que avaliem especificamente o impacto da adição de Tween 80 à solução de NaOCl sobre a microdureza da dentina, e por esse motivo, não é possível realizar uma comparação direta dos resultados obtidos neste estudo com dados previamente publicados, o que reforça a relevância da investigação realizada. No entanto, estes resultados estão em linha com a investigação de Aslantas et al. (2014), que embora utilizando um surfactante diferente, mas aplicando o mesmo tempo

de imersão (5min) e o mesmo método de medição (Vickers) demonstraram que tanto o NaOCl isolado como o NaOCl modificado com surfactantes (Chlor-XTRA) provocaram uma redução significativa da microdureza dentinária em comparação com o grupo controle, ou seja, a adição de surfactante não agravou esse efeito (19).

A medição da microdureza fornece evidência indireta da perda ou ganho mineral dos tecidos dentários duros (24). Não existe consenso quanto à redução ideal da microdureza da dentina radicular. Embora uma ligeira redução da microdureza possa facilitar a instrumentação mecânica, alterações substanciais podem, contudo, resultar em transporte do canal radicular e diminuição da resistência das raízes à fratura (25, 26). As alterações nas propriedades mecânicas e físicas da dentina radicular após a aplicação de soluções irrigadoras têm sido frequentemente avaliadas através de testes de microdureza, nomeadamente pelo método de Vickers. Semelhante à metodologia de outro estudo, foi seccionado um disco de dentina do terço médio de pré-molares monorradiculares extraídos, onde foram realizadas indentações aplicando uma carga de 50 g durante 15 segundos, a uma profundidade de 100 μm a partir da interface polpa-dentina (27). De forma a obter resultados precisos, a microdureza foi medida antes e depois da imersão nas soluções irrigadoras. Não houve diferenças significativas entre as medidas iniciais em todos os grupos, o que corrobora a randomização e indica que quaisquer diferenças significativas após imersão foram atribuídas às soluções testadas.

Este estudo foi feito em conformidade com as diretrizes PRILE 2021, o que garante rigor metodológico e transparência. Além disso, foram tomadas medidas para minimizar o viés: cada amostra foi codificada aleatoriamente com um número, sendo de seguida distribuídas de forma randomizada pelos diferentes grupos experimentais. A etapa experimental da microdureza de Vickers foi realizada por 2 operadores, um dos operadores ficou responsável por fazer a imersão das amostras nas diferentes soluções e o outro realizou posteriormente as medições sem conhecimento prévio da solução aplicada em cada amostra. Adicionalmente, este estudo aplicou critérios padronizados para a seleção da amostra, focando-se em pré-molares monorradiculares com canais retos e de forma arredondada, em que cada orifício do canal foi estandardizado com uma

broca de gates nº3. Tudo isto minimizou o viés e potenciais fatores de confusão, aumentando assim a validade interna e a precisão dos resultados. No entanto, uma das principais limitações do presente estudo diz respeito às diferenças entre os dentes utilizados, nomeadamente a sua idade. Assim, é necessária cautela ao extrapolar as conclusões obtidas para a prática clínica.



Capítulo V

CONCLUSÃO



V. Conclusão

Tendo em conta as limitações do presente estudo, estes resultados sugerem que o Tween 80 não exerce efeito protetor nem potenciador sobre a perda de microdureza da dentina, ou seja, a redução na microdureza dentinária promovida pelo NaOCl parece ser um efeito intrínseco da solução, não condicionado pela adição do Tween 80.

Referências Bibliográficas

1. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006;32(5):389-98.
2. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - a review. *Int Endod J.* 2010;43(1):2-15.
3. Gazzaneo I, Vieira GCS, Perez AR, Alves FRF, Goncalves LS, Mdala I, et al. Root Canal Disinfection by Single- and Multiple-instrument Systems: Effects of Sodium Hypochlorite Volume, Concentration, and Retention Time. *J Endod.* 2019;45(6):736-41.
4. Xu H, Ye Z, Zhang A, Lin F, Fu J, Fok ASL. Effects of concentration of sodium hypochlorite as an endodontic irrigant on the mechanical and structural properties of root dentine: A laboratory study. *Int Endod J.* 2022;55(10):1091-102.
5. Tjäderhane L, Carrilho M, Breschi L, Tay FR, Pashley DH. Dentin basic structure and composition—an overview. *Endodontic Topics.* 2009;20:3-29.
6. Marending M, Paque F, Fischer J, Zehnder M. Impact of irrigant sequence on mechanical properties of human root dentin. *J Endod.* 2007;33(11):1325-8.
7. Akbulut MB, Terlemez A. Does the Photon-Induced Photoacoustic Streaming Activation of Irrigation Solutions Alter the Dentin Microhardness? *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2019;37(1):38-44.
8. Quteifani M, Madarati AA, Layous K, Tayyan MA. A Comparative ex-vivo Study of Effects of Different Irrigation Protocols with/without Laser Activation on the Root Dentine's Micro-Hardness. *Eur Endod J.* 2019;4(3):127-32.
9. Valera MC, Cardoso FG, Chung A, Xavier AC, Figueiredo MD, Martinho FC, et al. Comparison of Different Irrigants in the Removal of Endotoxins and Cultivable Microorganisms from Infected Root Canals. *ScientificWorldJournal.* 2015;2015:125636.
10. Tasman F, Cehreli ZC, Ogan C, Etikan I. Surface tension of root canal irrigants. *J Endod.* 2000;26(10):586-7.
11. Baron A, Lindsey K, Sidow SJ, Dickinson D, Chuang A, McPherson JC, 3rd. Effect of a Benzalkonium Chloride Surfactant-Sodium Hypochlorite Combination on Elimination of *Enterococcus faecalis*. *J Endod.* 2016;42(1):145-9.
12. de Almeida LH, Leonardo NG, Gomes AP, Giardino L, Souza EM, Pappen FG. Pulp tissue dissolution capacity of sodium hypochlorite combined with cetrimide and polypropylene glycol. *Braz Dent J.* 2013;24(5):477-81.
13. Palazzi F, Blasi A, Mohammadi Z, Del Fabbro M, Estrela C. Penetration of Sodium Hypochlorite Modified with Surfactants into Root Canal Dentine. *Braz Dent J.* 2016;27(2):208-16.
14. Bukiet F, Couderc G, Camps J, Tassery H, Cuisinier F, About I, et al. Wetting properties and critical micellar concentration of benzalkonium chloride mixed in sodium hypochlorite. *J Endod.* 2012;38(11):1525-9.
15. Boutsoukis C, Arias-Moliz MT. Present status and future directions - irrigants and irrigation methods. *Int Endod J.* 2022;55 Suppl 3(Suppl 3):588-612.
16. Monteiro LPB, Guerreiro MYR, Belladonna FG, de Lima CO, da Silva E, da Silva Brandao JM. Can the addition of surfactants to NaOCl irrigation impact on the percentage of voids of root canal filling? *Aust Endod J.* 2024;50(2):260-6.
17. Agarwal S, Mishra L, Singh NR, Behera R, Kumar M, Nagaraja R, et al. Effect of Different Irrigating Solutions on Root Canal Dentine Microhardness-A Systematic Review with Meta-Analysis. *J Funct Biomater.* 2024;15(5).

18. Nagendrababu V, Murray PE, Ordinola-Zapata R, Peters OA, Rocas IN, Siqueira JF, Jr., et al. PRILE 2021 guidelines for reporting laboratory studies in Endodontology: explanation and elaboration. *Int Endod J.* 2021;54(9):1491-515.
19. Aslantas EE, Buzoglu HD, Altundasar E, Serper A. Effect of EDTA, sodium hypochlorite, and chlorhexidine gluconate with or without surface modifiers on dentin microhardness. *J Endod.* 2014;40(6):876-9.
20. Guneser MB, Arslan D, Dincer AN, Er G. Effect of sodium hypochlorite irrigation with or without surfactants on the bond strength of an epoxy-based sealer to dentin. *Clin Oral Investig.* 2017;21(4):1259-65.
21. Guerreiro MYR, Belladonna FG, Monteiro LPB, Lima CO, Silva E, Brandao JMS. The influence of the addition of surfactants to sodium hypochlorite on the removal of hard tissue debris. *Int Endod J.* 2020;53(8):1131-9.
22. Prieto C, Calvo L. Performance of the Biocompatible Surfactant Tween 80, for the Formation of Microemulsions Suitable for New Pharmaceutical Processing. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology.* 2013;2013:1-10.
23. Fahmy SH, El Gendy AA, El Ashry SH. Dentin wettability enhancement for three irrigating solutions and their effect on push out bond strength of gutta percha / AH Plus. *J Clin Exp Dent.* 2015;7(2):e237-42.
24. Ulusoy OI, Gorgul G. Effects of different irrigation solutions on root dentine microhardness, smear layer removal and erosion. *Aust Endod J.* 2013;39(2):66-72.
25. Silva e Souza PA, das Dores RS, Tartari T, Pinheiro TP, Tuji FM, Silva e Souza MH, Jr. Effects of sodium hypochlorite associated with EDTA and etidronate on apical root transportation. *Int Endod J.* 2014;47(1):20-5.
26. Uzunoglu E, Aktemur S, Uyanik MO, Durmaz V, Nagas E. Effect of ethylenediaminetetraacetic acid on root fracture with respect to concentration at different time exposures. *J Endod.* 2012;38(8):1110-3.
27. Ferreira I, Braga AC, Lopes MA, Pina-Vaz I. Adjunctive procedure with solvent mixtures in non-surgical endodontic retreatment: does it affect root dentin hardness? *Odontology.* 2021;109(4):812-8.



FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA

