

Efeito do hipoclorito de sódio em diferentes concentrações na microdureza dentinária do canal radicular

Effect of sodium hypochlorite in the different concentrations on root canal dentin microhardness

Efecto del hipoclorito de sodio en las diferentes concentraciones sobre la microdureza dentinaria del conducto radicular

Recebido: 02/11/2023 | Revisado: 20/11/2023 | Aceitado: 23/11/2023 | Publicado: 26/11/2023

Adalberto Fidalgo da Costa

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5494-152X>

Universidade Brasil, Brasil

E-mail: dr.afcosta@terra.com.br

Amanda Farage Frade Barros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9004-8811>

Universidade Brasil, Brasil

E-mail: affrade@yahoo.com.br

Paulo Roberto Gromatzky

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3770-3831>

Universidade Brasil, Brasil

E-mail: pgromatzky@gmail.com

Luiz Carlos Laureano da Rosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3168-8832>

Universidade de Taubaté, Brasil

E-mail: laureanoda.rosa@gmail.com

Rodrigo Casasanta França

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3248-5271>

Universidade Brasil, Brasil

E-mail: rc.odontologia@uol.com.br

João Marcelo Ferreira de Medeiros

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1270-5775>

Universidade Brasil, Brasil

E-mail: ferreirademedeiros@yahoo.com.br

Resumo

O hipoclorito de sódio representa irrigante endodôntico que devolve ao sistema de canais radiculares assepsia, eliminando os microrganismos patogênicos e restabelece a função do dente promovendo aumento da permeabilidade dentinária. Foi comparado a dureza Vickers da dentina em relação a concentração de hipoclorito de sódio. Foram escolhidos 5 dentes primeiros molares superiores com 3 raízes. As raízes mesio-vestibulares foram mergulhadas em soro fisiológico a 0,9% (controle). As raízes disto-vestibulares foram instrumentadas com hipoclorito de sódio a 0,5% e as raízes palatinas com hipoclorito de sódio a 4,94%. Na análise estatística tabelas e gráficos foram utilizados para mostrar os resultados da pesquisa e o comportamento dos dados. Estatística descritiva como média (\bar{x}), desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) foram apresentados. Caso o $CV \leq 15\%$ considera-se os dados homogêneos, caso o $15\% < CV < 30\%$ considera-se média dispersão e caso o $CV \geq 30\%$ considera-se os dados heterogêneos. Para testar normalidade Teste “Kolmogorov-Smirnov” (Teste K-S) será utilizado. E, finalmente, como inferência estatística, para comparar duas amostras (Grupos), teste paramétrico “t” de Student será utilizado, caso os dados apresentem normalidade, caso contrário, teste não-paramétrico “Manny Whitney” (“Teste U”) faz as comparações. É importante ressaltar que todos os testes foram calculados com um nível de significância de 5%, correspondente a um nível de confiança de 95% e o programa utilizado foi o Bioestat 5.0. Observaram menor variação numérica na média da dureza Vickers na superfície dentinária das amostras do grupo III (Hipoclorito de sódio a 4,94%) nos terços médio e apical em relação a média do terço cervical acontecimento esse verificado nos grupos I (Soro fisiológico a 0,9%), todavia, nos grupos II (Hipoclorito de sódio a 0,5%) ocorreram maior variação numérica dos terços médio e apical em relação ao terço cervical. No entanto, para o grupo III (Hipoclorito de sódio a 4,94%) aponta maior microdureza Vickers no terço cervical enquanto nos terços médio e apical constataram menor microdureza na superfície dentinária.

Palavras-chave: Hipoclorito de sódio; Preparo do canal radicular; Dentina; Dureza.

Abstract

Sodium hypochlorite is an endodontic irrigant that repair asepsis to the root canal system, eliminating pathogenic microorganisms and restoring tooth function by promoting increased dentin permeability. The Vickers hardness of dentin was compared in relation to the concentration of sodium hypochlorite. Five upper first molars with 3 roots were chosen. The mesiobuccal roots were immersed in 0.9% saline solution (control). The distobuccal roots were instrumented with 0.5% sodium hypochlorite and the palatine roots with 4.94% sodium hypochlorite. In the statistical analysis, tables and graphs were used to show the research results and the behavior of the data. Descriptive statistics such as mean (\bar{x}), standard deviation (SD) and coefficient of variation (CV) were presented. If $CV \leq 15\%$, the data is considered homogeneous, if $15\% < CV < 30\%$, medium dispersion is considered, and if $CV \geq 30\%$, the data is considered heterogeneous. To test normality “Kolmogorov-Smirnov” test (K-S test) will be used. And, finally, as a statistical inference, to compare two samples (Groups), Student's "t" parametric test will be used, if the data are normal, otherwise, the non-parametric "Manny Whitney" test ("U Test") makes the comparisons. It is important to emphasize that all tests were calculated with a significance level of 5%, corresponding to a confidence level of 95% and the program used was Bioestat 5.0. They observed a smaller numerical variation in the mean Vickers hardness on the dentin surface of the samples from group III (4.94% sodium hypochlorite) in the middle and apical thirds in relation to the mean cervical third, an event that was verified in groups I (0.9% saline solution), however, in groups II (0.5% sodium hypochlorite) there was a greater numerical variation in the middle and apical thirds in relation to the cervical third. However, for group III (4.5% sodium hypochlorite) 94% points to

greater Vickers microhardness in the cervical third, while in the middle and apical thirds they found lower microhardness on the dentin surface.

Keywords: Sodium hypochlorite; Root canal preparation; Dentin; Hardness.

Resumen

La endodoncia restaura la asepsia del sistema de conductos radiculares, eliminando los microorganismos patógenos y restaurando la función dental. El hipoclorito de sodio es un irrigante endodóntico que promueve una mayor permeabilidad de la dentina. Se comparó la dureza Vickers de la dentina con relación a la concentración de hipoclorito de sodio. Se eligieron cinco primeros molares superiores con 3 raíces. Las raíces mesiovestibulares se sumergieron en solución salina al 0,9% (control). Las raíces distobucuales se instrumentaron con hipoclorito de sodio al 0,5% y las raíces palatinas con hipoclorito de sodio al 4,94%. En el análisis estadístico se utilizaron tablas y gráficos para mostrar los resultados de la investigación y el comportamiento de los datos. Se presentaron estadísticas descriptivas como la media (\bar{x}), la desviación estándar (SD) y el coeficiente de variación (CV). Si $CV \leq 15\%$, el dato se considera homogéneo, si $15\% < CV < 30\%$, se considera dispersión media, y si $CV \geq 30\%$, el dato se considera heterogéneo. Para probar la normalidad se utilizará la prueba de "Kolmogorov-Smirnov" (prueba K-S). Y, finalmente, como inferencia estadística, para comparar dos muestras (Grupos), se utilizará la prueba paramétrica "t" de Student, si los datos son normales, en caso contrario, la prueba no paramétrica "Manny Whitney" ("Prueba U") hace las comparaciones. Es importante resaltar que todas las pruebas fueron calculadas con un nivel de significación del 5%, correspondiente a un nivel de confianza del 95% y el programa utilizado fue Bioestat 5.0. Observaron una menor variación numérica en la dureza Vickers media en la superficie dentinaria de las muestras del grupo III (hipoclorito de sodio 4,94 %) en los tercios medio y apical en relación al tercio cervical medio, evento que se verificó en los grupos I (solución salina al 0,9 %), sin embargo, en los grupos II ((hipoclorito de sodio al 0,5 %) hubo una mayor variación numérica en los tercios medio y apical en relación al tercio cervical. Sin embargo, para el grupo III (hipoclorito de sodio al 4,5 %) 94%) apuntan a mayor microdureza Vickers en el tercio cervical, mientras que en el tercio medio y apical encontraron menor microdureza en la superficie dentinaria.

Palabras clave: Hipoclorito de sódio; Preparación del conducto radicular; Dentina; Dureza.

1. Introdução

O aprimoramento dos materiais odontológicos bem como prova da eficiência carece ser submetidos a distintas avaliações laboratoriais, buscando seu comportamento clínico quando do uso na cavidade bucal (Anusavice 2005) mostrando que a dureza é uma medida de resistência da superfície de material à deformação plástica devido à penetração ou risco produzido por outro material. Observou o autor que a dureza da dentina apresenta em média entre 57-60 HV. Há vários substratos entre dentes humanos, decíduos, permanentes e dentes bovinos que pode ser feita de três modos: ensaios de penetração, risco ou choque sendo o ensaio mais usado na área odontológica a penetração aplicando determinada carga de aparelho que possui um penetrador em forma de pirâmide marcando a superfície do material testado chamado teste de dureza Vickers (HD). A mensuração da marca deixada pelo penetrador é convertida para índices de dureza e expressa a propriedade do material resistir à deformação plástica (Callister & Rethwisch 2014).

Conforme Junqueira e Carneiro (2004) a dentina é um tecido mineralizado situado entre o esmalte ou o cimento e a polpa. É constituída por 70% de matéria inorgânica, 20% de matéria orgânica e 10% de água. A dentina é mais dura que o osso, pois, ao contrário do esmalte, ela contém colágeno em permanente formação fornecendo elasticidade ao tecido. Assim os testes de microdureza são usados para análise dos tecidos biológicos devido a viscoelasticidade do material testado e estes têm como referência várias especificações de materiais dentários desenvolvidas pela *American Dental Association* (ADA) e fazem parte de vários preceitos promovidos pela *International Organization for Standardization* (ISO) (Anusavice 2005).

Os testes de microdureza usa carga inferior a 9,8 N e as indentações resultantes são pequenas e com uma profundidade menor que 19 μ m, tendo assim a capacidade de medir, em pequenas áreas, a dureza de materiais delgados (Anusavice et al. 2013; Callister e Rethwisch, 2014). A ponta tem a forma de uma pirâmide de base quadrada e a área da indentação é calculada através da média das duas diagonais. Divide-se a carga pela área obtendo-se valor de microdureza de Vickers, (HV) sendo que a força aplicada varia entre 1 e 1000g determinando a dureza de dentes humanos e outros substratos e nos últimos anos, a avaliação da microdureza do dente tem sido um método usualmente escolhido para estudar as propriedades dos tecidos duros, a susceptibilidade do mesmo sofrer processo de desmineralização quando submetido a agentes como a nicotina, refrigerantes e bebidas isotônicas, soluções de armazenamento e agentes branqueadores (Xavier et al. 2010; Bertoldo et al. 2011; Elfallah & Swain, 2013). Segundo Melo (2013) usa penetrador talhado em diamante tem a forma de uma pirâmide quadrangular sendo o ângulo entre as faces opostas de 136°. Por ter esta forma, o penetrador incide numa região muito pequena, pois, a avaliação da dureza refere-se a áreas restritas.

Coube a Smith e Sandland (1925) apud Crocoli o mérito de desenvolver um método de ensaio que ficou conhecido como ensaio de dureza Vickers. Este método leva em conta a relação ideal entre o diâmetro da esfera do penetrador Brinell e o diâmetro da calota esférica obtida, e vai além, pois utiliza outro tipo de penetrador que possibilita medir qualquer material incluindo os mais duros e os mais moles.

Claro (2004) pesquisou a dureza Vickers de vários substratos usados como placas de osso de fêmur bovino úmido, Baquelita®, resina acrílica e osso bovino desidratado. A Baquelita® com índice de 39,92HV revelou possuir dureza homogênea semelhante ao osso bovino úmido que a sua vez apresentou valor de 39,72HV. A resina acrílica mostrou dureza Vickers (HD) em torno de 21,10 HD bem diferente do osso bovino desidratado que foi da ordem de 64,85HV.

Alkmin et al. (2007) detalharam com documentação fotográfica diferentes etapas de obtenção e construção de modelos em blocos com canais simulados utilizados como substrato em experimentos na endodontia obtendo 40 blocos de Baquelita®. O procedimento incluiu compactação de uma parte do pó que é depositada no fundo da matriz do aparelho termoplastificador pesando-se resina granulada e, após vale-se de uma carga de 20-25 kN em um tempo de 10-12 minutos e temperatura situada entre 190 e 210°C produzindo cilindros de 8 milímetros de altura e 30 milímetros de diâmetro. Durante a etapa de moldagem do cilindro adapta-se um fio ortodôntico de número 0,6 para feitura do canal simulado colocando-se mais uma porção do pó de baquelita cobrindo o fio ortodôntico. Os modelos confeccionados experimentalmente em laboratório possibilitaram, quanto ao protocolo elaborado, condições tais de resultados aplicáveis, fáceis de reproduzir obtendo-se substratos que poderão ser utilizados em pesquisa odontológica, sobretudo, na Endodontia.

Oliveira et al. (2007) avaliaram a microdureza da dentina do canal radicular utilizando trinta dentes humanos unirradiculares. Cada raiz foi seccionada transversalmente nos segmentos cervical, médio e apical, resultando em 90 amostras e foram divididas aleatoriamente em 3 grupos (n = 30), de acordo com a solução de irrigação utilizada: grupo 1, controle (solução salina); grupo 2, solução de gluconato de clorexidina a 2%; e grupo 3, hipoclorito de sódio a 1%. Após 15 minutos de irrigação, a microdureza da dentina foi medida em cada seção a 500 microm e 1000 microm da interface polpa-dentina com um testador de microdureza de diamante Vickers no número de dureza Vickers (VHN). As amostras irrigadas com clorexidina a 2% (grupo 2) ou hipoclorito de sódio a 1% (grupo 3) apresentaram reduziram significativamente a microdureza da dentina do canal radicular na interface polpa-dentina.

Soprano (2008) confeccionou 20 espécimes, divididos em 2 grupos: dentina e esmalte de acordo com cada superfície. Para o grupo de esmalte a superfície foi apenas planificada enquanto o grupo da dentina fez-se desgaste até a exposição de dentina. Para os testes foram utilizados os endentadores Vickers e Knoop; as cargas de 25, 50 e 100 gf em cinco tempos de endentação 5, 15, 30, 45, e 60 segundos. Concluiu-se que o grupo da dentina a carga ideal é de pelo menos 50 gf em qualquer dos tempos na dureza Vickers e Knoop. E o esmalte carga de 100 gf para qualquer tempo na dureza Knoop.

Pascon (2008) revisando a literatura sobre efeitos do hipoclorito de sódio nas propriedades mecânicas da dentina quando usada durante o tratamento endodôntico e os efeitos do soro fisiológico, hipoclorito de sódio, clorexidina gel, peróxido de uréia - Endo-PTC e EDTA na microdureza Vickers e análise em Microscopia Eletrônica de Varredura da dentina da câmara pulpar de dentes anteriores decíduos e permanentes. Concluiu que o hipoclorito de sódio altera as propriedades mecânicas da dentina radicular, quando o mesmo é utilizado no preparo do canal. As substâncias diminuíram os valores de microdureza da dentina nos dentes decíduos e permanentes. O hipoclorito de sódio 1% e 5,25% produziram menores valores da dureza Vickers em todos os dentes comparados à clorexidina gel 2% e grupo controle.

Soria et al. (2009) observaram alterações na dureza da dentina junto ao canal radicular em raízes de 105 incisivos bovinos tratados endodonticamente usando solução irrigadora o hipoclorito de sódio a 2,5 e 5,0%, associado ou não ao ácido cítrico a 10% e ao vinagre de maçã na raiz do dente em diferentes regimes de irrigação. Dividiu-se em 21 grupos de 5 raízes cada (n=5), de acordo com a substância e o regime de irrigação assim como o tempo de irrigação que foi adotado, grupos 1, 2 e 3 água destilada e deionizada como substância irrigante durante 5, 10 e 20 minutos, respectivamente; grupos 4, 5 e 6 - hipoclorito de sódio a 2,5% durante 5, 10 e 20 minutos, respectivamente; grupos 7, 8 e 9 - hipoclorito de sódio a 5% nos mesmos tempos experimentais; grupos 10, 11 e 12 - hipoclorito de sódio a 2,5% associado ao vinagre de maçã durante 5 minutos, 10 minutos e 20 minutos, respectivamente; grupos 13, 14 e 15 - hipoclorito de sódio a 5,0% associado ao vinagre de maçã durante 5 minutos, 10 minutos e 20 minutos, respectivamente; grupos 16, 17 e 18 - hipoclorito de sódio a 2,5% associado ao ácido cítrico a 10% durante 5 minutos, 10 minutos e 20 minutos, respectivamente; e grupos 19, 20 e 21 - hipoclorito de sódio a 5,0% associado ao ácido cítrico a 10% durante 5 minutos, 10 minutos e 20 minutos, respectivamente. Não houve diferença estatisticamente significativa para os regimes de irrigação e nos terços da raiz dos dentes. Houve diferença estatisticamente significativa ao nível de 5,0% entre os locais de medida, sendo que na dentina adjacente o lúmen do canal é menos duro do que a dentina próxima do cimento radicular.

Zhang et al. (2010) analisaram concentrações de hipoclorito de sódio e tempos de contato na remoção da fase orgânica da dentina mineralizada com e sem o uso de EDTA e o efeito das concentrações de hipoclorito de sódio na erosão da parede do canal após o uso de EDTA como irrigador ativo final. Pó de dentina imersos em 5,25% ou hipoclorito de sódio a 1,3% em diferentes períodos de contato e, a seguir lavados com EDTA a 17% por 2 minutos. Antes e após o uso de 17% de EDTA para enxágue final e pós de dentina tratados com hipoclorito de sódio foram examinados usando espectroscopia para analisar a perda relativa de componentes orgânicos e inorgânicos. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) e eletrônica de transmissão (TEM) usadas para examinar a erosão das paredes do canal instrumentado e irrigadas com hipoclorito de sódio a 5,25%, EDTA ou hipoclorito de sódio a 1,3%/EDTA. Comparado com hipoclorito de sódio a 1,3%, o colágeno menos intacto permaneceu na subsuperfície do pó de dentina mineralizada após a utilização de hipoclorito de sódio a 5,25%, independentemente do enxágue subsequente com EDTA a 17%. A

erosão da parede do canal foi aparente apenas sob MEV quando os canais radiculares foram irrigados com hipoclorito de sódio a 5,25% seguido por EDTA a 17%. Ao exame do TEM a erosão subsuperficial estendeu-se de 10 a 15 μm abaixo da superfície da dentina, após o uso de hipoclorito de sódio a 5,25% por 20 minutos. O efeito destrutivo superficial do hipoclorito de sódio na dentina mineralizada é irreversível e está presente independentemente do EDTA ser posteriormente empregado como irrigador ativo final. O EDTA remove a fase de apatita com depleção de colágeno para expor a causa subjacente da destruição que é morfológicamente percebida como erosão da parede do canal.

Dineshkumar et al. (2012) avaliaram a microdureza da dentina radicular levando em conta a alteração no conteúdo mineral da dentina valendo-se de soluções de 17% de EDTA, MTAD e 18% de HEBP em dentes humanos usando o teste de microdureza Vickers. Quarenta dentes unirradulares foram seccionados longitudinalmente nos segmentos vestibular e lingual obtendo-se oitenta amostras divididas em quatro grupos ($n = 20$). Grupo I (controle) tratado com água destilada, grupos II, III e IV tratados com 1,3% de hipoclorito de sódio por 20 minutos, seguidos por 17% de EDTA, MTAD (Doxiciclina 3%, ácido cítrico 4.25% e detergente (Tween 80)) e 18% de HEBP (1-hidroxiethylideno-1,1-bisfosfonato (ácido Etidrônico), respectivamente. A dureza da dentina foi determinada em cada amostra com um testador de dureza Vickers. Entre os grupos experimentais, a HEBP apresentou a maior microdureza da dentina (53,74 MPa, $p < 0,001$). Foi encontrada menor microdureza com MTAD (42,85 MPa, $p < 0,001$). A HEBP como enxágue final que parece protocolo de irrigação promissor, com menos impacto no conteúdo mineral da dentina.

Garcia et al. (2013) pesquisaram *in vitro* a eficácia de três formulações de hipoclorito de sódio na microdureza da dentina nos terços cervical e apical do canal radicular em vinte e quatro dentes humanos que tiveram suas raízes seccionadas sendo metade de cada raiz selecionada e seccionada transversalmente, resultando em dois segmentos, cervical e apical, com comprimentos semelhantes. Foram divididas em três grupos ($n=16$): grupo 1, hipoclorito de sódio a 2,5%; grupo 2, Clor-XTRA; e grupo 3, gel de hipoclorito de sódio a 5,5%. Esses grupos foram subdivididos em dois subgrupos ($n = 8$): segmentos da raiz cervical e apical. Antes de testar as substâncias, a microdureza da dentina foi medida em cada seção, a 100 μm do canal radicular com um testador Knoop. Após 15 minutos de aplicação, uma nova medição foi realizada em cada segmento. Nos dois segmentos, as substâncias reduziram a microdureza da dentina em todos os espécimes não se observando diferenças significante entre os grupos, independentemente do segmento analisado.

Ulusoy e Görgül (2013) compararam os efeitos de irrigantes na microdureza da dentina, na erosão e remoção da *smear layer*. Dividiu-se 72 fatias de dentina em seis grupos, segundo irrigantes finais: Grupo 1: ácido etilenodiaminotetraacético a 17% + Hipoclorito de sódio 2,5%, Grupo 2: ácido maleico a 7% + 2,5 % de hipoclorito de sódio, Grupo 3: 1,3% hipoclorito de sódio + mistura de tetraciclina, ácido e detergente (MTAD), Grupo 4: Smear Clear + 2,5% hipoclorito de sódio, Grupo 5: 5% hipoclorito de sódio, Grupo 6: solução salina. Os valores de microdureza Vickers foram medidos antes e após o tratamento. Um total 42 metades foram preparadas para microscopia eletrônica de varredura para avaliar a quantidade de esfregaço e erosão nos terços coronário, médio e apical. O ácido maleico exibiu maior redução na microdureza da dentina, seguido pelo EDTA e MTAD. EDTA, ácido maleico, MTAD e Smear Clear removeram camada de esfregaço com eficácia nos terços coronário e médio do canal radicular e na região apical o ácido maleico retirou mais a camada de esfregaço do que outros irrigantes.

Medeiros et al. (2014) avaliaram a microdureza Vickers de dentes de resina valendo-se de microdurômetro. Os dentes foram acondicionados um a um em uma embutidora metalográfica onde adicionaram resina fenól-aldeído de cura a quente e por efeito de temperatura e pressão ocorre à fusão do pó de resina fenólica. Sobre esta primeira camada de pó de resina colocou-se o dente. O referido equipamento possui sistema hidráulico de precisão acionado manualmente através de alavanca lateral, manômetro e alarme sonoro luminoso. Cada dente foi acondicionado nessa embutidora sobre pó adicionando-se mais pó de resina fenol-aldeído e a cura da resina resultou em corpo de prova com o dente embutido. No corpo de prova usou-se lixadeiras com granulometria 120, 240, 400 e 600 *mesh* de pratos duplos marca Struers, modelo Knuth rotor 2, ao mesmo tempo com lubrificação de água corrente para resfriamento dos corpos de prova e remoção dos resíduos de material retirados pelas lixas e, após isso, lavados em água corrente. Depois os corpos de prova foram polidos em polítrix de parto rotativo Polipan-2 com pasta de diamante de granulometrias 3 μm e, depois, 1 μm e entre cada etapa os corpos de prova foram lavados em água corrente. A seguir, realizou-se os ensaios da dureza Vickers (HV) dos 5 dentes embutidos com microdurômetro equipado por uma base, penetrador com carga de 100gf que entrava em 5 pontos aleatoriamente escolhidos na superfície do dente durante 15 segundos. O valor numérico foi calculado no visor digital conectado no microscópio. As endentações são deixadas na superfície da amostra sob a forma de losango regular cujas diagonais foram medidas. Concluiu-se que, a média dos valores dos dentes artificiais de resina poliéster apresentou dureza Vickers equivalentes.

Aslantas et al. (2014) compararam *in vitro* efeitos dos irrigantes na microdureza da dentina radicular na presença e ausência de agentes modificadores de superfície. Foram divididas 48 metades da raiz preparadas longitudinalmente nas raízes distais de 24 terceiros molares inferiores humanos embebidos em resina acrílica deixando a superfície dentinária exposta. Após o polimento, os valores de microdureza das superfícies dentinárias não tratadas foram registrados usando o testador Vickers no nível da raiz média.

As metades da raiz foram divididas aleatoriamente em 6 grupos compostos de 8 amostras cada e tratadas por 5 minutos com irrigantes: 17% EDTA, REDTA, 2% de gluconato de clorexidina (CHX), 2% de CHX com modificadores de superfície (CHX-Plus), NaOCl a 6% e NaOCl a 6% com modificadores de superfície (Chlor-XTRA). Após tratamento superficial, valores de microdureza dentinária foram registrados nas proximidades das áreas iniciais de endentação. EDTA, REDTA, NaOCl e Chlor-XTRA diminuíram significativamente a microdureza da dentina radicular em comparação com controles e a adição de modificadores de superfície aos irrigantes não afetou a microdureza das amostras.

Taneja et al. (2014) estudaram *in vitro* o efeito de agentes quelantes sobre a perda de cálcio e seu efeito na microdureza da dentina. Selecionaram 10 pré-molares inferiores com raízes únicas que foram cortados em secções transversais grossas de 2 mm do terço coronário da raiz. Cada seção foi dividida em quatro quartos, cada parte constituindo uma amostra do mesmo dente para cada grupo. Os grupos foram: Grupo 1 (Controle): 5% de hipoclorito de sódio por 5 min + água destilada por 5 min; Grupo 2: hipoclorito de sódio a 5% durante 5 min + 17% de ácido etilenodiaminotetracico durante 5 minutos; Grupo 3: hipoclorito de sódio 5% durante 5 min + 2,25% de ácido Paracético (PAA) durante 5 min e Grupo 4: hipoclorito de sódio 5% durante 5 min + QMix durante 5 min, respectivamente. Após a perda de cálcio das amostras usando Espectrofotômetro de Absorção Atômica seguiu-se determinação da microdureza. A perda máxima de cálcio e a microdureza mínima foram observadas no Grupo 3, seguido dos Grupos 2, 4 e 1. Irrigação com hipoclorito de sódio + 2,25% PAA causou a perda máxima de cálcio da dentina radicular e reduziu a microdureza. Existia uma correlação negativa entre a perda de cálcio e a redução na microdureza da dentina radicular.

Ghisi et al. (2014) pesquisaram preparo do canal radicular e influência das soluções irrigantes na microdureza da dentina como o hipoclorito de sódio a 2%, hipoclorito de sódio a 5%), água superoxidada (Sterilox - Sx) a 400 ppm e 17 % de EDTA (E) em oitenta raízes de incisivos bovinos divididas aleatoriamente em 8 grupos (n = 10): 2NaOCl, 5NaOCl, Sx e 2NaOCl + E, 5NaOCl + E, Sx + E (associado a E como irrigante final por 5 minutos), E somente água destilada como controle negativo. Foram cortados 5 milímetros do terço cervical da raiz de cada amostra e submetidos ao teste de microdureza Vickers, em dois pontos, um a aproximadamente 500-1000 µm do lúmen do canal radicular (distância 1) e o outro a aproximadamente 500 -1000 µm da superfície radicular externa (distância 2). Os valores de microdureza na distância 1 foram significativamente inferiores aos da distância 2 em todos os grupos, exceto nos grupos 5NaOCl e 5NaOCl + E. O EDTA apresentou os menores valores de microdureza entretanto, nenhuma diferença estatisticamente significativa foi detectada entre os grupos na distância 1 e o EDTA diferiu significativamente apenas de Sx na distância 2. Todas as soluções testadas apresentaram menor microdureza na camada superficial de dentina do canal radicular mais superficial que a encontrada perto da externa.

Aydin et al. (2015) determinaram alterações na microdureza da dentina e do esmalte, após 2 e 12 meses de armazenamento em água deionizada, glutaraldeído a 0,2%, equilibrada solução salina de Hanks (HBSS), hipoclorito de sódio a 0,1% (NaOCl) ou timol a 0,1% em 60 pré-molares humanos intactos não estéreis, extraídos recentemente e distribuídos em cinco grupos. Para cada grupo 6 dentes foram avaliados após dois e 6 foram medidos após 12 meses de armazenamento no esmalte e na dentina utilizando uma ponta indentadora de diamante em pirâmide, exercendo 100g de carga por 15 segundos. Após 2 meses de armazenamento em soluções, a faixa dos valores de dureza (HV) do esmalte e dentina ficou entre 315-357 e 64-67, respectivamente. Em 12 meses de armazenamento os dentes diminuíram a microdureza quando comparada à microdureza daqueles armazenados por 2 meses e todas as soluções diminuíram a microdureza tanto no esmalte quanto na dentina. No entanto, a diminuição da microdureza foi relativamente menor nas soluções deionizadas de água e timol, enquanto o glutaraldeído diminuiu mais a microdureza: 63% para esmalte e 53% para dentina. A microdureza do esmalte e da dentina estava em uma faixa aceitável quando os dentes foram armazenados por 2 meses em água deionizada, glutaraldeído, HBSS, NaOCl ou timol; assim, os dentes mantidos por até 2 meses nessas soluções podem ser usados para testes mecânicos *in vitro*.

Baldasso et al. (2017) analisaram o efeito da irrigação na redução da microdureza e erosão da dentina em 60 canais radiculares de incisivos inferiores instrumentados e divididos aleatoriamente em seis grupos (n = 10) segundo o irrigante utilizado: QMiX, 17% EDTA, 10% ácido cítrico (CA), 1% ácido peracético (PA), 2,5% hipoclorito de sódio (NaOCl) (controle da solução) e água destilada (controle negativo). As soluções quelantes foram usadas para irrigar o canal, seguido por NaOCl a 2,5% como descarga final e, após isso, todas as amostras foram enxaguadas com 10mL de água destilada para remover qualquer resíduo das soluções químicas. A microdureza da dentina foi medida antes e após irrigação final três recuos a 100 µm e 500 µm do lúmen do canal radicular. Amostras foram avaliadas em microscópica eletrônica de varredura e a quantidade de erosão dentinária foi examinada. A 100 µm, todos os protocolos reduziram significativamente a microdureza da dentina, enquanto que a 500 µm, esse efeito foi detectado apenas nos grupos EDTA e QMiX. O ácido cítrico causou maior erosão nos túbulos dentinários seguida pela PA e EDTA. O QMiX abriu os túbulos dentinários, mas não causou erosão da dentina. Os efeitos apontam QMiX e 17% de EDTA reduziram a microdureza da dentina em maior profundidade e QMiX não causou erosão da dentina.

Saha et al. (2017) avaliaram *in vitro* o efeito de vários irrigantes endodônticos na microdureza da dentina em oitenta pré-molares inferiores com um único canal. As raízes foram cortadas longitudinalmente em duas metades e foram polidos e colocados em moldes de resina com a superfície polida voltada para fora. As amostras foram divididas em quatro grupos e imersos em hipoclorito de sódio a 3% (NaOCl a 3%), ácido diaminotetraacético EDTA a 17%, 0,2% de quitosana e 6% de suco de morindacitrifolia (MCJ) por 15 minutos cada. Os resultados indicaram que 17% de EDTA e 0,2% de quitosana diminuíram significativamente a microdureza da dentina radicular, enquanto 6% de MCJ e 3% de NaOCl não tiveram efeito significativo na microdureza antes e após a imersão nos irrigantes. Um MCJ a 6% e NaOCl a 3%, possuem propriedades antibacterianas, antifúngicas, anti-inflamatórias removeram manchas com efeito insignificante na microdureza da dentina, tornando-a solução irrigadora adequada.

Akbulut et al. (2019) julgaram *in vitro* efeitos de irrigantes como vinagres de romã, cidra de maçã e uva comparando com irrigantes utilizados como hipoclorito de sódio (NaOCl), gluconato de clorexidina (CHX) e cloridrato de octenidina (OCT) na microdureza e rugosidade da superfície da dentina. As coroas de 105 dentes incisivos inferiores humanos foram removidos e as raízes separadas longitudinalmente em duas metades embebidas em resina acrílica e retificadas. Dividiu-se ao acaso seis grupos de teste (n=30) sendo vinagre de romã, vinagre de maçã, vinagre de uva, hipoclorito de sódio a 2,5%, clorexidina a 2%, cloridrato de octenidina e um grupo controle com base no tempo de tratamento. As amostras foram divididas em dois subgrupos de 15 min e 30 min. Os vinagres de romã, cidra de maçã e uva apresentaram valores de rugosidade semelhantes e com resultados superiores aos de outros grupos. Não houve diferença entre os valores de microdureza dos irrigantes diminuindo a microdureza quando a exposição aumentou de 15 minutos para 30 minutos.

Elika et al. (2021) compararam o efeito do Chloroquick com composição de ácido etidrônico a 18% + hipoclorito de sódio a 5% (NaOCl) com outros irrigantes como Triphala, hipoclorito de sódio e ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) na microdureza da dentina em 40 dentes humanos uniradiculares não cariados recém-extraídos cortados as coroas na junção cimento-esmalte para padronizar o comprimento do canal e as raízes foram seccionadas longitudinalmente em duas metades. A avaliação foi feita pelo teste de microdureza Vickers antes da imersão dos irrigantes sendo as amostras divididas aleatoriamente em quatro grupos (n=20), com base no irrigante utilizado: Grupo 1 - Salina; Grupo 2 - NaOCl 5% + EDTA 17%; Grupo 3 - Triphala; e Grupo 4 - Chloroquick. Depois as amostras foram imersas nas soluções irrigadoras por 15 min a 37°C para cada grupo e submetidas ao teste de microdureza pós-tratamento. Os resultados apontam que as amostras testadas apresentaram uma diminuição nos valores de microdureza após a aplicação de diferentes soluções irrigadoras, exceto o grupo controle. O uso de Triphala e Chloroquick tem efeito mínimo na microdureza da dentina do canal radicular pós-tratamento quando comparado com 5% de NaOCl e 17% de EDTA. Chloroquick, e Triphala 0,005%, são seguros como irrigante com menos efeitos danosas na dureza da dentina.

Kulkarni et al (2021) estudaram as sequelas do gluconato de clorexidina a 2% (CHG) e do fluoreto de sódio a 2% (NaF) como irrigantes na microdureza da dentina em 24 dentes anteriores recém-extraídos seccionando-se 24 discos de dentina usando micrótomo de tecido duro de 2mm de espessura sendo as amostras imersas em soluções de ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) a 17% por 2 minutos seguido de hipoclorito de sódio a 2,5% (NaOCl) por 10 minutos. Em seguida, as amostras foram divididas ao acaso em três grupos com base no irrigante utilizado: Grupo I: solução salina (grupo controle); Grupo II: NaF 2%; Grupo III: CHG 2% por dois minutos cada. A microdureza dentinária foi medida antes, durante e após o período experimental foi usado teste Vickers. Os espécimes lavados em CHG 2% apresentaram um aumento significativo nos valores do número de dureza Vickers (VHN) em comparação com os grupos EDTA e NaOCl, enquanto os grupos solução salina e NaF 2% não mostraram diferenças. Concluíram que NaF não mostrou nenhum efeito significativo na microdureza da dentina e o CHG como irrigante demonstrou ter efeito de fortalecimento na microdureza da dentina em comparação com o NaOCl e o EDTA que diminuiu a resistência da dentina radicular.

Xu et al. (2022) examinaram as ações de concentrações de hipoclorito de sódio (NaOCl) com ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) 2-min em novo método clinicamente mais marcante usado no cálculo da resistência à fratura da dentina. Em incisivos bovinos obteve-se discos de dentina radicular. Os discos foram divididos em cinco grupos (n = 20) e tratados com diferentes concentrações de hipoclorito de sódio (NaOCl) a 5,25%, 2,5% e 1,3% por 30 minutos mais 17% EDTA por 2 minutos. Os espécimes fraturados foram examinados por microscopia eletrônica de varredura para avaliar as mudanças nas dimensões da dentina intertubular remanescente e no raio tubular. A microdureza também foi medida ao longo de um raio para determinar a profundidade da dentina corroída pela irrigação. O dano por NaOCl aumentou com sua concentração. NaOCl a 5,25% reduziu muito a resistência à fratura da dentina radicular a redução correspondente na microdureza na parede do canal radicular foi de 34,1%. Os danos atingiram uma profundidade de até 400µm. Com o uso do EDTA o NaOCl destruiu a superfície intratubular próxima ao canal radicular reduzindo a resistência mecânica da dentina radicular e quanto maior a concentração de NaOCl, maior o efeito. Portanto, os endodontistas devem evitar o uso de concentração excessiva alta de NaOCl para irrigação, a fim de evitar fraturas radiculares.

Cai et al. (2023) sugerem em estudo *in vitro* que as características dos biofilmes bacterianos poderiam afetar sua suscetibilidade ao hipoclorito de sódio (NaOCl). Aliás, a eficácia do NaOCl é afetada por parâmetros, como concentração,

temperatura, tempo de exposição e valor do pH do irrigante. Assim inúmeras técnicas desenvolveram-se na ativação do NaOCl, uma vez que sua aplicação isolada pode ser ineficaz durante o preparo, pois, há controvérsia quanto à sua eficácia. Apesar da capacidade antibacteriana e de dissolução tecidual, o NaOCl possui citotoxicidade no periápice, enquanto a forte propriedade oxidante infligiria impacto negativo nas propriedades mecânicas da dentina. O NaOCl deve ser usado com cuidado evitando seu efeito prejudicial na prática clínica e recomendam estudos futuros enfoquem na desinfecção no terço apical e camada mais profunda da dentina, pois, essas áreas são potenciais sítios de biofilmes bacterianos.

Gómez-Delgado et al. (2023) analisaram o uso de ácido cítrico no tratamento endodôntico avaliando os efeitos como resultados na remoção da *smear layer*, influência na resistência de união do cimento, ativação por meio de dispositivos sonicos ou ultrassônicos, na superfície da dentina, atividade antibacteriana e aumento da eficácia em procedimentos regenerativos, liberando fatores de crescimento da dentina e resultados do ácido acético como irrigante final e comparando-os com outros agentes quelantes. Tais estudos preencheram os critérios de elegibilidade para serem incluídos nesta revisão sendo 27 estudos *in vitro* usando dentes humanos extraídos e 10 estudos *in vitro* usando discos de dentina humana. O ácido cítrico mostrou eficácia na remoção da *smear layer*, apresentando melhores resultados nos terços coronário e médio da raiz, melhorando seu efeito quando combinado com a ativação dinâmica manual. A irrigação com ácido cítrico pode diminuir a microdureza da dentina e causar descalcificação e erosão, especialmente quando usada antes do hipoclorito de sódio.

É indispensável analisar substâncias como o hipoclorito de sódio que em altas concentrações compromete a dureza da dentina, nos diferentes terços das raízes. O intento desta investigação foi pesquisar a microdureza Vickers nos terços cervical, médio e apical da superfície interna da dentina próxima a luz do canal radicular em raízes de dentes humanos primeiros molares superiores extraídos valendo-se de microdurômetro após uso de duas substâncias químico-auxiliares de instrumentação.

2. Material e Métodos

Foram escolhidos 5 dentes primeiros molares superiores humanos extraídos de pacientes com faixa etária diversa obtidos através do banco de dentes da Universidade Brasil e protocolo aprovado sob o número CAAE 20709319.9.0000.5494 do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Brasil.

Os dentes escolhidos foram colocados individualmente em água deionizada e armazenados em estufa a 37°C durante 60 dias (Aydin et al. 2015).

Cada raiz dos 5 dentes foram cortadas axialmente, ou seja, de forma transversal segundo o longo eixo do dente na junção amelocementária com um disco diamantado dupla face número 7020 (KG Sorensen®, Ind. Com. Ltda, Barueri, SP, Brasil) sob constante irrigação de jato de água montado em baixa rotação obtendo-se assim três amostras de cada dente com tamanho aproximado de 10 milímetros de comprimento medidas feitas a partir da região onde foi cortado, isto é, da região cervical até a região do vértice anatômico constituindo a raiz mesio-vestibular (MV) do grupo I, a raiz disto-vestibular (DV) do grupo II e a raiz palatina (P) do grupo III no total de 15 raízes.

A seguir, as 5 raízes mesio-vestibulares seccionadas do grupo controle (G1) foram separados em recipientes numerados de 1 a 5 contendo solução fisiológica a 0,9% (Equiplex Indústria Farmacêutica LTDA, São Paulo-SP) enquanto as 5 raízes disto-vestibulares (G2 – grupo experimental) também em frascos numerados de 6 a 10 e as raízes palatinas (G3 - grupo experimental) foram inseridas em frascos numerados de 11 a 15 contendo ambas da mesma forma solução fisiológica a 0,9% e permanecidas aí por 72 horas (Figura 1).

Figura 1 – Primeiro molar superior cortado as três raízes, separadas e armazenadas em solução fisiológica.



Fonte: Autores.

As raízes mesio-vestibulares utilizadas no grupo controle (G1) não foram instrumentadas apenas introduzidas nos frascos contendo solução fisiológica a 0,9%, no entanto, as raízes dos grupos 2 (G2) e grupo 3 (G3) foram fixadas cada uma em um torno de bancada (Metal Sul, Joinville, Santa Catarina) a fim de realizar a instrumentação dos canais radiculares. Antes de realizar preparo químico-cirúrgico valendo-se de limas de uso manual em cada amostra do grupo experimental foi realizada a odontometria visual que consiste na introdução de lima tipo K#10 (VDW, Deutschland, Munchen) no interior do canal radicular e, uma vez, ultrapassado o forame apical recua-se o instrumento de modo que sua ponta permaneça no vértice anatômico.

As raízes disto-vestibulares e palatinas foram instrumentadas sequencialmente sendo inicialmente com limas manuais tipo K de fino calibre #08, #10 e #15 até o vértice anatômico (Figura 2) e, para tal, utilizou-se o creme de Endo-PTC (ASFER Industria Quimica Ltda, São Caetano do Sul - SP) neutralizado pelo hipoclorito de sódio a 0,5% de cloro ativo (ASFER Industria Quimica Ltda, São Caetano do Sul - SP) no grupo G2 e nas raízes do grupo G3 usou solução de hipoclorito de sódio a 4,94% de cloro ativo (Puro Daclor Cloro Ativo TOTAL QUÍMICA LTDA, Embu – SP) (Figura 3).

Figura 2 – Instrumentação manual dos canais radiculares com limas tipo K (08, 10 e 15) valendo-se de substância química auxiliar.



Fonte: Autores.

Figura 3 – Substância química auxiliar da instrumentação: Endo-PTC mais hipoclorito de sódio a 05% e 4,94%.



Fonte: Autores.

Em ambos os grupos experimentais (G2 e G3) as raízes foram irrigadas com 10 mililitros de solução de hipoclorito de sódio nas concentrações usadas de acordo com o grupo durante toda a instrumentação, ou seja, do início até o final do preparo manual. Findo o preparo químico-cirúrgico com o último instrumento manual tipo K#15 procedeu-se a utilização do sistema rotatório valendo-se de lima Reciproc R25 (VDW, Deutschland, Munchen-Germany) de pontas 0,25 e conicidade .08 considerando como limite apical de preparo o mesmo vértice anatômico. Para ambos os grupos foi usado motor VDW SILVER RECIPROC 150/30 (VDW GmbH Bayerwaldstr.15D-81737-München, Germany) instrumentação mecanizada para instrumentação rotatória, aparelho este que permite de acordo com o fabricante usar controle de torque e controle de velocidade, além é claro, sistema de auto-reverso automático. A velocidade é indicada pelo motor sendo a amplitude de reciprocitar 150 volta 30. Fazendo 120 graus a cada movimento em 3 movimentos fará 360 graus sendo controle de torque programado pelo fabricante (Figura 4).

Figura 4 - Instrumentação dos canais radiculares com limas do sistema rotatório Reciproc.



Fonte: Autores.

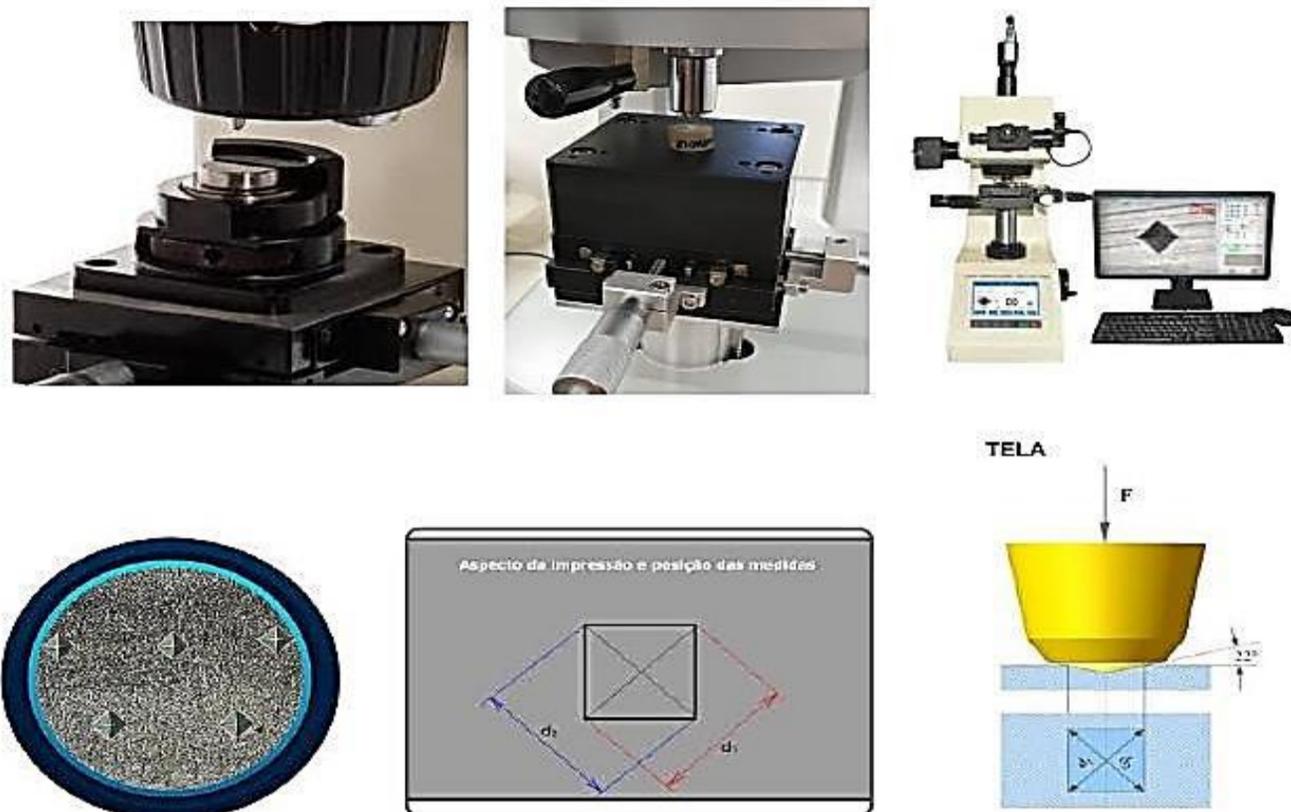
Terminada a instrumentação em cada raiz foi realizada irrigação-aspiração dos canais radiculares com 5mL de solução de EDTA-T a 17% (Farmácia Fórmula & Ação, São Paulo-SP) (Figura 5) e, após isso, as amostras foram mergulhadas em soro fisiológico a 0,9% em recipiente numerado de 1 a 15 sendo de 1 a 5 o grupo controle GI com as amostras 1, 2, 3, 4 e 5, de 6 a 10 a raiz disto-vestibular (GII) com as amostras 1, 2, 3, 4 e 5 e de 11 a 15 a raiz palatina (GIII) com as amostras 1, 2, 3, 4 e 5. A solução fisiológica foi trocada após 12 horas e repetida tal mudança durante uma semana.

Figura 5 - Irrigação-aspiração final dos canais radiculares com EDTA-T.



Fonte: Autores.

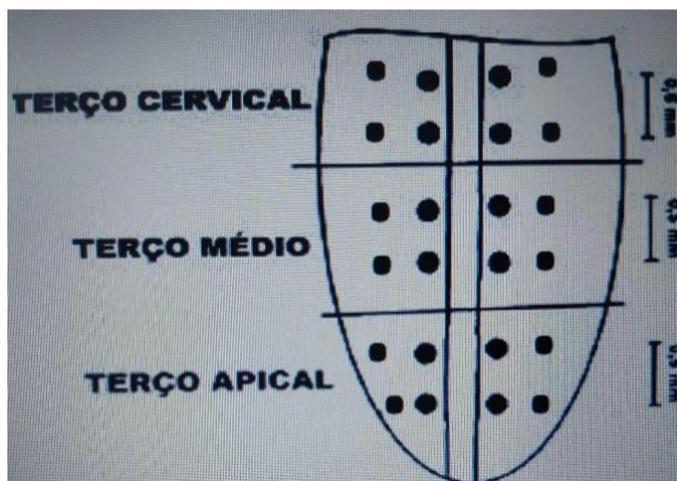
Figura 8 – Microscópio para visualização da superfície dos corpos de prova.



Fonte: Autores.

Por meio da lente objetiva de 10 vezes será ajustada a altura da amostra, no ponto onde a imagem ficou em foco. Um ajuste fino da posição será feito com a objetiva de 50 vezes. Para os procedimentos de leitura das amostras será aplicada uma carga de 100 gf as quais serão medidas a dureza em 4 diferentes pontos na superfície radicular das amostras em cada terço, ou seja, 4 pontos nos terços cervical, médio e apical de cada lado, sendo 2 pontos escolhidos mais próximos e 2 pontos mais afastados da luz do canal radicular (Figuras 8 e 9).

Figura 9 – Esboço do corte longitudinal da raiz mostrando os pontos de aplicação da carga.



Fonte: Autores.

O penetrador de diamante foi posicionado sobre a amostra, para, a seguir, acionar o disparador para que se inicie a aplicação da carga. Este penetrador é bastante duro talhado em diamante com forma de uma pirâmide quadrangular com ângulo de diedro de 136° (Melo 2013), o qual entra em contacto com as superfícies do material a ser examinado durante 15 segundos (Soprano 2008). As extensões da marca de penetração chamadas endentação foram deixadas na superfície da amostra sob a forma de losango regular, cujas diagonais foram medidas ficando registrada no visor digital do microscópio a área da superfície impressa pela medição das suas diagonais matematicamente e automaticamente calculada por meio de programa no microscópio o valor da dureza *Vickers* (HV) (Figura 8).

Na análise estatística tabelas e gráficos foram utilizados para mostrar os resultados da pesquisa e o comportamento dos dados. Estatística descritiva como média (\bar{x}), desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) foram apresentados. Caso o $CV \leq 15\%$ considera-se os dados homogêneos, caso o $15\% < CV < 30\%$ considera-se média dispersão e caso o $CV \geq 30\%$ considera-se os

dados heterogêneos. Para testar normalidade Teste “Kolmogorov-Smirnov” (Teste K-S) será utilizado. E, finalmente, como inferência estatística, para comparar duas amostras (Grupos), teste paramétrico “t” de Student será utilizado, caso os dados apresentem normalidade, caso contrário, teste não-paramétrico “Manny Whitney” (“Teste U”) fez as comparações. É importante ressaltar que todos os testes foram calculados com um nível de significância de 5%, correspondente a um nível de confiança de 95% (Mood et al. 1974) e o programa utilizado foi o Bioestat 5.0.

3. Resultados

Os resultados desta presente investigação estão revelados nas tabelas abaixo de 1 a 4 e nos gráficos 1, 2 e 3.

A Tabela 1 mostra a estatística descritiva das Durezas *Vickers* do terço cervical, bem como as inferências estatísticas (comparação entre os grupos). O Grupo I apresentou uma Dureza *Vickers* média de 57,1 e um desvio padrão (DP) de 15,63, com um coeficiente de variação (CV) de 27,4%, acima dos 15,0% e abaixo dos 30,0% citados na literatura, mostrando que os dados (Gráfico 1) coletados possuem média dispersão. O Grupo II apresentou uma Dureza *Vickers* média de 61,2 e um desvio padrão (DP) de 3,1, com um coeficiente de variação (CV) de 6,5%, abaixo dos 15,0% citado na literatura, mostrando que os dados (Gráfico 1) coletados são homogêneos. O Grupo III apresentou uma Dureza *Vickers* média de 61,3 e um desvio padrão (DP) de 8,5, com um coeficiente de variação (CV) de 13,8%, abaixo dos 15,0% citado na literatura, mostrando que os dados (Gráfico 1) coletados são homogêneos. É pertinente observar que para todos os grupos da amostra 1 o teste “Kolmogorov Smirnov” (KS) apresentou Pvalor>0,05, mostrando com isso que os dados seguem uma distribuição normal.

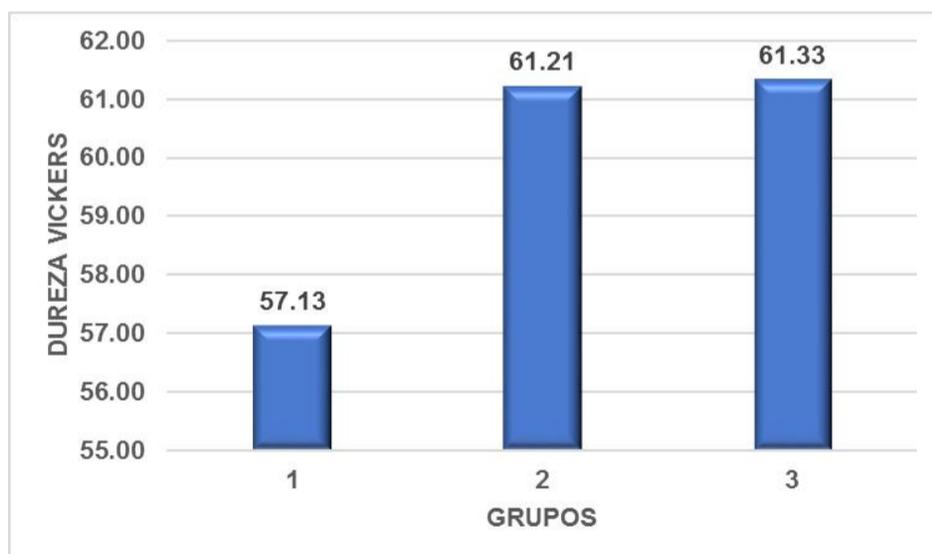
Na comparação entre os Grupos, o teste “t” de Student, indicou que não existe diferença significativa entre a Dureza Vichers média entre os Grupos I, II e III (Pvalor >0,05), ou seja, todos eles têm estatisticamente a mesma Dureza *Vickers* média.

Tabela 1 - Estatística das Durezas *Vickers* do terço cervical.

Grupo I				Grupo II				Grupo III			
Média (\bar{x})	DP	CV	KS	(\bar{x})	DP	CV	KS	(\bar{x})	DP	CV	KS
57,1	15,63	27,4%	>0,05	61,2	3,1	6,5%	>0,05	61,3	8,5	13,8%	>0,05
Comparação das Durezas <i>Vickers</i> entre os grupos, teste “t” Student											
Grupo I x Grupo II				Grupo I x Grupo III				Grupo II x Grupo III			
Pvalor>0,05				Pvalor>0,05				Pvalor>0,05			

Fonte: Autores.

Gráfico 1 - Média do terço cervical.



Fonte: Autores.

A Tabela 2 mostra a estatística descritiva das Durezas *Vickers* do terço médio, bem como as inferências estatísticas (comparação entre os grupos). O Grupo I apresentou uma Dureza *Vickers* média de 51,9 e um desvio padrão (DP) de 8,3, com um coeficiente de variação (CV) de 16,1%, acima dos 15,0% e abaixo dos 30,0% citados na literatura, mostrando que os dados (Gráfico 2) coletados possuem média dispersão. O Grupo II apresentou uma Dureza *Vickers* média de 63,6 e um desvio padrão (DP) de 3,9, com um coeficiente de variação (CV) de 6,2%, abaixo dos 15,0% citado na literatura, mostrando que os dados (Gráfico 2) coletados são homogêneos. O Grupo III apresentou uma Dureza *Vickers* média de 59,7 e um desvio padrão (DP) de 9,2, com um coeficiente de variação (CV) de 15,3%, acima dos 15,0% e abaixo dos 30,0% citados na literatura, mostrando que os dados (Gráfico 2) coletados

possuem média dispersão. É pertinente observar que para todos os grupos o teste “Kolmogorov Smirnov” (KS) apresentou $P_{valor} > 0,05$, mostrando com isso que os dados seguem uma distribuição normal.

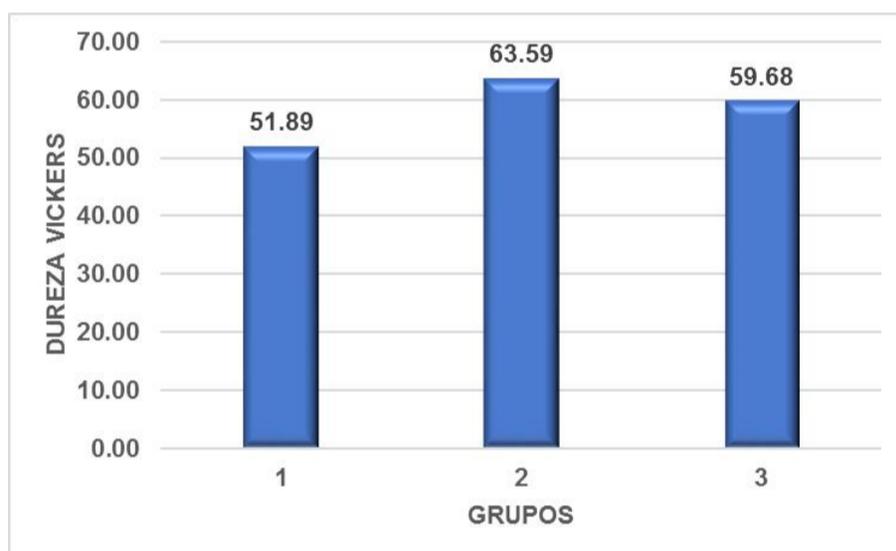
Na comparação entre os Grupos, o teste “t” de Student, indicou que existe diferença significativa entre a Dureza *Vickers* média entre os Grupos I e II ($P_{valor} < 0,05$), sendo a Dureza média do Grupo II maior que a do Grupo I. Entretanto, quando se compara o Grupos I e III e os Grupos II e III ($P_{valor} > 0,05$), constata-se que não existe diferença significativa entre as Durezas *Vickers* média entre eles, ou seja, todos eles têm estatisticamente a mesma Dureza *Vickers* média.

Tabela 2 - Estatística das Durezas *Vickers* do terço médio.

Grupo I				Grupo II				Grupo III			
Média (\bar{x})	DP	CV	KS	(\bar{x})	DP	CV	KS	(\bar{x})	DP	CV	KS
51,9	8,3	16,1%	<0,05	63,6	3,9	6,2%	>0,05	59,7	9,2	15,3%	>0,05
Comparação das Durezas <i>Vickers</i> entre os grupos, teste “t” Student											
Grupo I x Grupo II				Grupo I x Grupo III				Grupo II x Grupo III			
Pvalor<0,05				Pvalor>0,05				Pvalor>0,05			

Fonte: Autores.

Gráfico 2 - Média do terço médio.



Fonte: Autores.

A Tabela 3 mostra a estatística descritiva das Durezas *Vickers* do terço apical, bem como as inferências estatísticas (comparação entre os grupos). O Grupo I apresentou uma Dureza *Vickers* média de 51,8 e um desvio padrão (DP) de 7,5, com um coeficiente de variação (CV) de 14,5%, abaixo dos 15,0% citado na literatura, mostrando que os dados (Gráfico 3) coletados são homogêneos. O Grupo II apresentou uma Dureza *Vickers* média de 65,5 e um desvio padrão (DP) de 7,3, com um coeficiente de variação (CV) de 11,2%, abaixo dos 15,0% citado na literatura, mostrando que os dados (Gráfico 3) coletados são homogêneos. O Grupo III apresentou uma Dureza *Vickers* média de 57,0 e um desvio padrão (DP) de 9,5, com um coeficiente de variação (CV) de 16,6%, acima dos 15,0% e abaixo dos 30,0% citados na literatura, mostrando que os dados (Gráfico 3) coletados possuem média dispersão. É pertinente observar que para todos os grupos o teste “Kolmogorov Smirnov” (KS) apresentou $P_{valor} > 0,05$, mostrando com isso que os dados seguem uma distribuição normal.

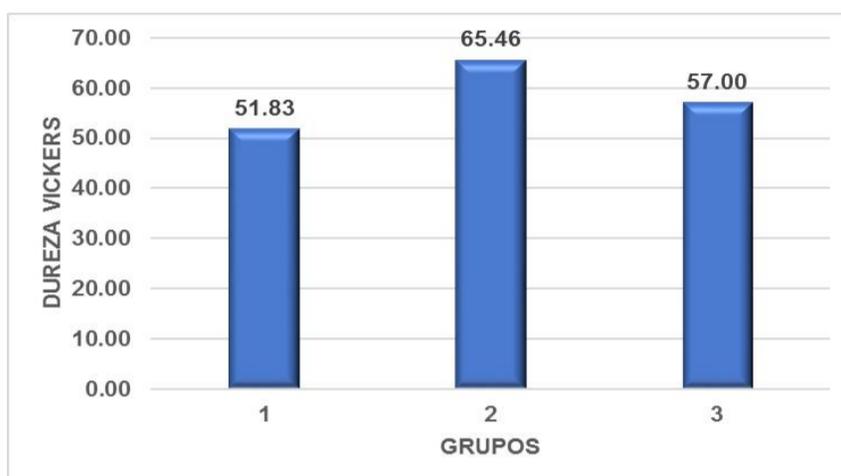
Na comparação entre os Grupos, o teste “t” de Student, indicou que existe diferença significativa entre a Dureza *Vickers* média entre os Grupos I e II ($P_{valor} < 0,05$), sendo a Dureza média do Grupo II maior que a do Grupo I. Entretanto, quando se compara o Grupos I e III e os Grupos II e III ($P_{valor} > 0,05$), constata-se que não existe diferença significativa entre as Durezas *Vickers* média entre eles, ou seja, todos eles têm estatisticamente a mesma Dureza *Vickers* média.

Tabela 3 - Estatística das Durezas *Vickers* do terço apical.

Grupo I				Grupo II				Grupo III			
Média (\bar{x})	DP	CV	KS	(\bar{x})	DP	CV	KS	(\bar{x})	DP	CV	KS
51,8	7,5	14,5%	>0,05	65,5	7,3	11,2%	>0,05	57,0	9,5	16,6%	>0,05
Comparação das Durezas <i>Vickers</i> entre os grupos, teste “t” Student											
Grupo I x Grupo II				Grupo I x Grupo III				Grupo II x Grupo III			
Pvalor<0,05				Pvalor>0,05				Pvalor > 0,05			

Fonte: Autores.

Gráfico 3 - Média do terço apical.



Fonte: Autores.

Tabela 4 - Média da dureza *Vickers* dos três terços dos grupos controle (GI) e dos dois grupos experimentais (GII e GIII).

	GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III
MÉDIA DO TERÇO CERVICAL	57,12	61,21	61,33
MÉDIA DO TERÇO MÉDIO	51,89	63,58	59,68
MÉDIA DO TERÇO APICAL	51,83	65,46	56,99
MÉDIA (\bar{x})	53,61	63,41	59,33

Fonte: Autores.

Dependendo da amostra analisada foi possível observar diferenças estatisticamente significativas ($p < 0.05$) quando se realizou as análises entre os grupos I e II, I e III e entre os grupos II e III bem como em todos os 6 terços analisados.

4. Discussão

Os ensaios que se faz nos diversos substratos os valores da dureza se aproximam dos valores de dureza da dentina humana, uma vez que, nesses sítios é realizada a instrumentação dos canais radiculares, com atritos e desgastes causando deformação na superfície de corte desses instrumentos. Apesar de ser vantajosa a prática de análises com vistas a comparar qualidades dos vários substratos dentários e substratos a base de resinas, por outro lado, conforme salientam Callister Jr e Rethwisch (2014) em relação a dentes humanos decíduos, permanentes e dentes bovinos.

Anusavice (2005) considera que as lâminas de corte de instrumentos, quando em contato com substrato em ensaios, devem possuir, além de capacidade de corte, também uma resistência à fratura durante o preparo do canal radicular. Claro que os instrumentos quando utilizados no canal radicular entram em contato com dentina que possui em média dureza entre 57-60 HV, sofrem deformações graças às irregularidades presentes na superfície da dentina, bem como o grau de curvatura do canal radicular.

Na presente investigação, o intuito foi pesquisar a microdureza *Vickers* da superfície da dentina de dentes humanos extraídos.

Julga-se que a dentina humana, por apresentar indicadores de dureza *Vickers* que variam em média entre 57-60 HV confirmada por Anusavice (2005), há que se admitir que em diferentes terços dentinários radiculares de um mesmo dente o valor HV é diferente (Tabelas 1, 2 e 3). Assim, nota-se que para esses valores a dureza *Vickers* medida no microscópio variou do ponto de vista numérico na superfície da dentina do canal tanto na área cervical, como no terço médio e terço apical do mesmo dente e até

mesmo na mesma amostra como também em amostras diferentes dos outros dentes. Isto quer dizer que em determinado dente do paciente bem como entre dentes de indivíduos diferentes a ocorrência de micro dureza são díspares em cada terço do dente.

Em função dessas confirmações e da necessidade de conhecer mais a respeito do assunto, planejou pesquisa com vistas a verificar a micro dureza da superfície dentinária em função do uso de duas substâncias químico-auxiliares de instrumentação, o hipoclorito de sódio a 0,5% e o hipoclorito de sódio a 4,94%, uma vez que, até então, a literatura não exibiu estudos mais detalhados e exclusivos sobre micro dureza *Vickers*, sobretudo, em canais radiculares de dentes humanos com essas duas substâncias embora Oliveira et al. (2007) examinaram soluções de clorexidina e hipoclorito de sódio a 1% com significativa redução da microdureza da dentina do canal radicular em 500 microm e 1000 microm da interface polpa-dentina ocorrência essa demonstrado por Garcia et al. (2013) ao empregarem solução de hipoclorito de sódio em 3 diferentes concentrações de cloro ativo, ou seja 25%, 5,5% e 6,0%.

A esta altura convém comentar as variações numéricas encontradas nesta presente investigação (Tabelas 1, 2 e 3), especialmente na Tabela 4.

Aliás, justifica-se o motivo pelo qual os valores de HV dos pontos escolhidos para avaliação serem diferentes na microrregião, tais como incerteza da medida, do material, do equipamento, do operador e provavelmente dos dentes escolhidos. Por essa razão, as variações numéricas no ensaio de microdureza encontradas neste estudo nos pontos e nas superfícies dos dentes apresentaram variações numéricas diferentes de HV mesmo em apenas um só dente.

Tal fato deve-se as características individuais de cada dente humano em si, a idade do paciente bem como a razão da exodontia que foi realizada além do estado clínico da coroa do dente.

Apesar dessas diferenças numéricas em alguns casos não houve diferença estatisticamente significativa quando se compara os tratamentos com as substâncias químicas e em boa parte ocorreu significado estatístico quando computadas as médias entre as amostras dos grupos investigadas. Na verdade, a prática de se utilizar dentes humanos em pesquisas atualmente tem produzido não só uma extrema burocracia envolvendo a realização do projeto, como também esbarra em um impeditivo, ou seja, dificuldade de encontrar dentes humanos mesmo em banco de dentes.

Mais ainda a diferença numérica dos valores de dureza *Vickers* (HV) que ocorre em diferentes pontos na superfície da dentina aponta a diversidade destes valores. Este acontecimento deve-se provavelmente as calcificações da dentina, sobretudo, nas paredes da dentina justaposta aos canalículos dentinários nos 3 terços analisados, isto é, apical, médio e cervical o que determina na superfície dentinária maior dureza deste tecido.

Confirmam nos seus achados Soria et al. (2009) que nos diferentes terços dos canais radiculares de dentes incisivos bovinos, os valores de dureza em função da porosidade são diferentes. No terço cervical, médio e apical, por exemplo, ocorre variação de valores de dureza *Vickers*, de maneira que em partes da dentina cervical e média os índices são menores do que na região apical, o que traduz uma dentina mais dura nessa região do que na região do terço médio do canal radicular, bem como na região cervical, conforme pesquisa. Variações da microdureza na superfície da dentina nesta investigação é um fato entre as partes da região cervical (53,61HV) e média (63,41HV) dos dentes analisados, todavia os resultados desses índices confrontados com esta presente pesquisa possivelmente difere pelo motivo que estes autores pesquisaram em dentes bovinos, portanto, em amostras diferentes.

Neste particular, dado interessante foi aquele verificado nos pontos internos na superfície da dentina próxima a luz do canal radicular. No que se refere à média destes pontos na região cervical, média e apical constata-se na Tabela 4 valores numéricos bem distintos de microdureza *Vickers* entre o terço cervical com média 53,61HV com terço médio de 63,41HV e no terço apical em média com dureza de 59,33HV em função do tipo de substância química auxiliar empregado na instrumentação, para mais, resultados do terço médio (63,41HV) bem próximo o osso bovino desidratado que foi da ordem de 64,85HV segundo Claro (2004) e com pequenas variações de dureza da dentina observadas por Anusavice (2005) que em média apresenta valores entre 57-60 HV.

A este respeito, Ghisi et al. (2014) confirmam que todas as soluções testadas incluído aquelas à base de hipoclorito de sódio apresentaram menor microdureza na camada superficial de dentina do canal radicular mais que a encontrada perto do ponto externo da superfície do canal. Outro detalhe de importância fundamental diz respeito aos achados de Saha et al. (2017) que publicaram que a solução de hipoclorito de sódio a 3%, não obstante possuem propriedades antibacterianas, antifúngicas, anti-inflamatórias e removedoras de manchas, possui efeito insignificante na microdureza da dentina do canal radicular, tornando-a solução irrigadora endodôntica adequada.

Por outro lado, Pascon (2008) valendo-se de hipoclorito de sódio 1% e 5,25%, na microdureza *Vickers* observou em microscopia eletrônica de varredura que a dentina da câmara pulpar de dentes anteriores decíduos e permanentes diminuiu os valores da microdureza em ambos os dentes. Neste presente estudo, embora a concentração de cloro ativo fosse de 0,5% e 4,94%, portanto, diferente daquele usado pelo autor citado acima tal resultado contrasta com os resultados deste investigador em que a solução de hipoclorito de sódio a 1% e 5,25% produziram menores valores de microdureza *Vickers* para dentes decíduos e permanentes enquanto neste estudo os valores foram maiores do que o grupo controle.

Ora esta diminuição da dureza na superfície do canal deve-se ao fato de que o hipoclorito de sódio age na superfície da dentina produzindo além do aumento da permeabilidade dentinária, descalcificação nesta superfície e limpeza do conteúdo dos túbulos dentinários e subsequente remoção da parte orgânica deixando menos dura a área da dentina fato este que não foi observado nesta presente pesquisa. O ideal é ter grupos experimentais que apresentem mesmo quando utilizados resultados maiores de micro dureza dentinária, isto é, protocolos promissores de enxágüe final com menos impacto no conteúdo mineral da dentina radicular conforme atestam Dineshkumar et al. (2012) valendo-se de HEBP.

De fato, Zhang et al. (2010) apontam do efeito destrutivo superficial irreversível do hipoclorito de sódio na dentina mineralizada presente independentemente se o EDTA foi posteriormente empregado, pois, ela remove a fase de apatita com depleção de colágeno expondo o motivo da destruição que é morfológicamente percebida como erosão da parede do canal produzindo neste sítio diminuição da dureza ou perda máxima de cálcio e a microdureza mínima determinada pelo hipoclorito de sódio, sobretudo, nas maiores concentrações (Taneja et al. 2014) ocorrência oportuna que pode ter ocorrido nesta presente pesquisa, porém, sem elucidação do fato. Aliás, comprova-se que a camada de esfregaço e a erosão diminuem a dureza da dentina embora o ácido maleico removesse mais eficientemente camada de esfregaço do que os outros irrigantes conforme atestam Ulusoy e Görgül (2013), porém, ao realizar avaliação da dureza de dentina humana Aslantas et al. (2014) detectaram diminuição significativa da microdureza da dentina radicular em comparação com os grupos controles valendo-se de solução a base de hipoclorito de sódio.

A exposição alternada ao hipoclorito de sódio e EDTA aumenta, portanto, a profundidade da erosão e consequentemente destruição da superfície dentinária e menor dureza. Por essa razão deve-se fazer irrigação final com hipoclorito de sódio seguido de irrigação com EDTA-T repetindo-se nova irrigação com hipoclorito de sódio. Aliás, não ocorreu diferença estatisticamente significante entre os valores de microdureza dos grupos irrigantes dentre eles o hipoclorito de sódio, entretanto, a microdureza diminuiu quando aumentou o tempo de exposição de 15 minutos para 30 minutos fatos estes corroborado por Akbulut et al. (2019). O QMiX uma mistura de CHX (2%) e EDTA (17%) adicionados a um detergente, por sua vez, abriu os túbulos dentinários, mas não causou erosão da dentina. Os resultados sugerem que o QMiX e de EDTA a 17% reduziram a microdureza da dentina em maior espessura fato este que não impede o emprego destes agentes químicos a exemplo do EDTA na irrigação final do canal radicular desde que não exceda tempo de sua utilização (Baldasso et al. 2017; Elika et al. 2021; Kulkarni et al 2021; Xu et al. 2022). Claro está, que o hipoclorito de sódio muito embora deva ser utilizado com moderação evitando efeito deletério na prática clínica recomendando, ademais, futuras investigações na desinfecção no terço apical e na camada mais profunda da dentina, uma vez que essas áreas são potenciais sítios de biofilmes bacterianos e estudos clínicos são necessários para fornecer o devido crédito à eficácia das técnicas de agitação confirmam Cai et al. (2023).

De outra maneira quem sabe a explicação mais aceitável em relação a este exame comparativo que foi diferente entre o grupo I em relação aos dois grupos experimentais deve-se possivelmente a amostra do grupo I que ao ser escolhido aleatoriamente apresentou uma dureza menor de um dente de paciente mais jovem e mesmo a despeito de ser tratado com soro fisiológico demonstra que as raízes dos dentes escolhidos em uma amostra e em outra apresentava dureza às vezes até menor do que aqueles escolhidos que apresentavam dureza maior apesar de ser do grupo experimental. Ou então talvez esses elementos do grupo experimental II e III pertenciam a pacientes mais velhos com dentina mais dura e que a substância que atuou na superfície da parede dentinária pouco agiu ou atuou de modo a deixar a parede do canal radicular pouco menos dura.

Já a média dos pontos dos grupos II e III da Tabela 4 do terço apical e médio ocorreu diferença numérica entre a dureza Vickers em média, mas, foi maior numericamente a diferença entre os grupos I e II e entre os grupos I e III. Fica claro, portanto, quando se faz preparo químico-cirúrgico com as duas soluções de hipoclorito de sódio a 0,5% e a 4,94% do ponto de vista comparativo a micro dureza Vickers apresentou comportamentos iguais para os agentes empregados no preparo químico-cirúrgico do canal radicular. Na Tabela 1 ao comparar os grupos I, II e III no terço cervical em pontos situados próximo a luz do canal nota-se que não ocorreu diferença estatisticamente significante no que respeita as três substâncias usadas, ou seja, o soro fisiológico a 0,9% (GI) e os agentes utilizados no preparo do canal do GII o hipoclorito de sódio a 0,5% e a 4,94% do GIII. Deste modo, as médias dos 3 grupos observados na Tabela 1 frente ao teste estatístico “t” de Student para um nível de probabilidade de 0,5% permite assegurar que em média todos os 3 grupos apresentam comportamentos iguais, isto é, tem estatisticamente a mesma dureza em média no terço cervical.

Muito embora, os índices médios numericamente diferentes para dureza Vickers apontados na região cervical, ou diferente seja, 57,1HV no grupo I, 61,2HV do grupo II e 61,3HV do grupo III mostraram que não houve disparidade entre os agentes químicos utilizados (Gráfico 1). Referente ao terço médio, em sítios vizinhos a luz do canal radicular observa-se que entre os grupos I e II houve diferença estatisticamente significante no que tange as duas substâncias químicas, isto é, o soro fisiológico a 0,9% e o hipoclorito de sódio a 0,5%. Assim, as médias dos dois grupos examinados na Tabela 2 frente ao teste estatístico “t” de Student para

um nível de probabilidade de 0,5% possibilita garantir que em média os dois grupos proporcionam comportamentos diferentes, ou seja, estatisticamente possuem média de dureza Vickers desiguais no terço médio da raiz.

A média de valores da dureza Vickers do Grupo II (63,6) foi maior que a do Grupo I (51,9) mostrando que houve desigualdades de resultados frente ao tratamento estatístico o que significa que os agentes químicos utilizados na avaliação da dureza Vickers em média houve distinção daqueles pontos situados no terço médio da raiz (Gráfico 2). Em relação ao embate entre os grupos I e III e grupos II e III da mesma Tabela 2 não ocorreu diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) em relação à dureza Vickers, ou seja, nesta avaliação garantem-nos no terço médio comportamentos semelhantes entre os grupos analisados entre si (Gráfico 2). Por sua vez, a Tabela 3 referente às durezas Vickers no terço apical dão conta que ocorreu diferença estatisticamente significativa entre os grupos I e II nos pontos situados próximos a luz do canal. Isto quer dizer que, no que diz respeito às duas substâncias usadas, ou seja, o soro fisiológico a 0,9% (GI) e o agente químico utilizado no preparo do canal do GII o hipoclorito de sódio a 0,5% a dureza Vickers medida com o microdurômetro em média frente ao teste estatístico “t” de Student para um nível de probabilidade de 0,5% permite afirmar que em média esses dois grupos proporcionaram comportamentos díspares, isto é, mostrou do ponto de vista estatístico dureza heterogenia em média no terço apical.

Com vistas ao cruzamento entre os grupos I e III e grupos II e III da Tabela 3, por conseguinte, sem significado estatístico ($p > 0,05$) e que em relação à dureza Vickers neste confronto e avaliação a ocorrência que no terço médio os comportamentos foram semelhantes entre os grupos analisados (Gráfico 3), isto é, não existe diferença significativa entre as Durezas Vickers média entre eles.

Relembrando que dureza Vickers da dentina determinada por Anusavice (2005) apresenta em média entre 57-60 HV e mais próximo valor das médias foram observados nesta presente investigação nos grupos I, II e na média do terço cervical do grupo III. Do mesmo modo Oliveira et al. (2007) valendo-se de amostras irrigadas com hipoclorito de sódio a 1% apresentaram menores valores de microdureza da dentina com diferença estatisticamente significativa em relação ao grupo controle acontecimento este que ocorreu com esta presente pesquisa no grupo III fato também comprovado por Pascon (2008) e Garcia et al. (2013). É preciso entender ocorrência de locais de medida sendo a dentina adjacente o lúmen do canal menos dura do que a dentina próxima do cemento radicular conforme apontam Soria et al. (2009). Parece que junto ao canal radicular a dentina sofre mais alterações na sua dureza. Sem contar é claro com a modificação superficial causado pelo hipoclorito de sódio na dentina mineralizada presente independentemente do EDTA ser posteriormente utilizado como irrigante final removendo a fase de apatita com depleção de colágeno e exposição e destruição subjacente observando-se morfologicamente erosão da parede do canal conforme interpretam Zhang et al. (2010). Mais ainda Dineshkumar et al. (2012) apontam o ácido etidrônico (HEBP) apresentando maior microdureza da dentina contrariamente à aplicação de enxágue do MTAD parecendo ser um protocolo de irrigação com mais impacto no conteúdo mineral da dentina radicular.

Finalizando observa-se quando o ácido cítrico é associado durante o preparo químico-cirúrgico ao hipoclorito de sódio em diferentes regimes de concentrações na investigação de Sória et al. (2009) não ocorre diferenças no que diz respeito a microdureza da dentina, sobretudo, nos terços da raiz. No entanto, o ácido cítrico produziu menor microdureza na apreciação de Dineshkumar et al. (2012) enquanto Baldasso et al (2017) admitem que o ácido cítrico produz maior erosão nos túbulos dentinários. Não obstante, acontecimento este foi comprovado por Gómez-Delgado et al. (2023) quando se usa ácido cítrico que diminui a dureza da dentina determinando neste sítio descalcificação e erosão especialmente quando usado antes do hipoclorito de sódio.

5. Considerações Finais

Observaram menor variação numérica na média da dureza Vickers na superfície dentinária das amostras do grupo III (Hipoclorito de sódio a 4,94%) nos terços médio e apical em relação a média do terço cervical acontecimento esse verificado nos grupos I (Soro fisiológico a 0,9%), todavia, nos grupos II ((Hipoclorito de sódio a 0,5%) ocorreram maior variação numérica dos terços médio e apical em relação ao terço cervical. No entanto, para o grupo III (Hipoclorito de sódio a 4,94%) aponta maior microdureza Vickers no terço cervical enquanto nos terços médio e apical constataram menor microdureza na superfície dentinária.

Agradecimentos

Agradecimentos a Universidade Brasil por meio do Programa de Fomento de Docentes, do curso de Mestrado Profissional em Bioengenharia da Universidade Brasil. Ao Professor Doutor Evandro Luiz Nohara, por alocar o Laboratório de Nanotecnologia do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté à disposição e por toda assistência laboratorial a esta pesquisa, especialmente, o Sr. Arauto Ribeiro.

Referências

- Akbulut, M. B., Guneser, M. B., & Eldeniz, A. U. (2019). Effects of fruit vinegars on root dentin microhardness and roughness. *J Conserv Dent*. 22(1):97-101.
- Alkmin, S. T., Pinto, C. A., Habitante, S. M., Zöllner, N. A., Medeiros, J. M. F., & Lage-Marques, J. L. (2007). Concepção de um modelo experimental à base de resina fenólica utilizado em endodontia. In: 24ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica; 2007; set; Atibaia. São Paulo: SBPqO.
- Anusavice, K. J. (2005). Phillips materiais dentários. (11a ed.), Elsevier. 337,338.
- Anusavice, K. J., Shen, C., Rawls, & H. R. (2013). *Phillips' Science of Dental Materials*. (12a ed.) Elsevier.
- Aslantas, E. E., Buzoglu, H. D., AltundAsar E., & Serper, A. (2014). Effect of EDTA, sodium hypochlorite, and chlorhexidine gluconate with or without surface modifiers on dentin microhardness. *J Endod*. 40(6):876-9.
- Aydin, B., Pamir, T., Baltaci, A., Orman, M. N., & Turk, T. (2015). Effect of storage solutions on microhardness of crown enamel and dentin. *Eur J Dent*. 9(2):262-266.
- Baldasso, F. E. R., Roletto, L., Silva, V. D. D., Morgental, R. D., & Kopper, P. M. P. (2017). Effect of final irrigation protocols on microhardness reduction and erosion of root canal dentin. *Braz Oral Res*. 15;31:e 40.
- Bertoldo, C. E., Miranda, D. A., Souza-Júnior, E. J., Aguiar, F. B., Lima, D. A., Ferreira, R. L., & Claes, I. (2011). Surface hardness and color change of dental enamel exposed to cigarette smoke. *Int J Den Clinics*, 3(4): 1-4
- Cai, C., Chen, X., Li, Y., & Jiang, Q. (2023). Advances in the Role of Sodium Hypochlorite Irrigant in Chemical Preparation of Root Canal Treatment. *Biomed Res Int*. 1:1-17.
- Callister Jr, W. D., & Rethwisch, D. G. (2014). *Materials Science and Engineering*. (9a ed.) Wiley.
- Claro, F. A. E. (2004). Avaliação do desempenho de limas endodônticas de níquel-titânio após tratamento de superfície. [Dissertação] Taubaté: Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté.
- Dineshkumar, M. K., Vinothkumar, T. S., Arathi, G., Shanthisree, P., & Kandaswamy, D. (2012). Effect of ethylene diamine tetra-acetic acid, MTAD™, and HEBP as a final rinse on the microhardness of root dentin. *J Conserv Dent*. 15(2):170-3.
- Elfallah, H. M., & Swain, M. V. (2013). A review of the effect of vital teeth bleaching on the mechanical properties of tooth enamel. *N Zealand Den J*. 109(3), 87-96.
- Elika, V., Kunam, D., Anumula, L., Chinni, S. K., & Govula, K. (2021). Comparative evaluation of Chloroquick with Triphala, sodium hypochlorite, and ethylenediaminetetraacetic acid on the microhardness of root canal dentin: An *in vitro* study. *J Clin Transl Res*. 21;7(1):72-76
- Garcia, A. J., Kuga, M. C., Palma-Dibb, R. G., Só, M. V., Matsumoto, M. A., Faria, G., & Keine, K. C. (2013). Effect of sodium hypochlorite under several formulations on root canal dentin microhardness. *J Investig Clin Dent*. 4(4):229-32.
- Ghisi, A. C., Kopper, P. M., Baldasso, F. E., Stürmer, C. P., Rossi-Fedele, G., Steier, L., Figueiredo, J. A., Morgental, R. D., & Vier-Pelisser, F. V. (2014). Effect of super-oxidized water, sodium hypochlorite and EDTA on dentin microhardness. *Braz Dent J*. 25(5):420-4.
- Gómez-Delgado, M., Camps-Font, O., Luz, L., Sanz, D., & Mercade, M. (2023). Update on citric acid use in endodontic treatment: a systematic review. *Odontology*. 111(1):1-19. <http://www.sidneymelo.com.br/Discipl/Material/dureza.pdf>
- Junqueira, L. C., Carneiro, J., (2004). *Histologia Básica*. (4a ed.), Guanabara Koogan.
- Kulkarni, S., Mustafa, M., Ghatole, K., AlQahtani, A. R., I Asiri, F. Y., Alghomlas, Z. I., Alotman, T. A., & Alhajri, F. F. (2021). Evaluation of 2% Chlorhexidine and 2% Sodium Fluoride as Endodontic Irrigating Solutions on Root Dentine Microhardness: An In Vitro Study. *Eur J Dent*. 15(2):253-258.
- Medeiros, J. M. F., Ferreira, G. S., Habitante, S. M., Von Dollinger, C. F. A., Rosa, L. C. L., & Haddad Filho, M. S. (2014). Análise da dureza vickers da superfície de dentes artificiais em resina poliéster. *Rev Odontol Univ Cid São Paulo*. 26(1):23-37.
- Melo, S. Material para Produção Industrial. Ensaio de Dureza. 8º Período.
- Mood, A. M., Graybill, F. A., & Boes, D. C. (1974). *Introduction To The Theory Of Statistics*, third edition, Singapore: McGraw-Hill International Editions.
- Oliveira, L. D., Carvalho, C. A., Nunes, W., Valera, M. C., Camargo, C. H., & Jorge A. O. (2007). Effects of chlorhexidine and sodium hypochlorite on the microhardness of root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 104(4):125-8.
- Pascon, F. (2008). Influência da irrigação endodôntica sobre a microdureza, morfologia e rugosidade de dentes decíduos e permanentes [Tese]. Piracicaba, 75f. Departamento de Odontologia, Universidade Estadual de Campinas.
- Saha, S. G., Sharma, V., Bharadwaj, A., Shrivastava, P., Saha, M. K., Dubey, S., Kala, S., & Gupta, S. (2017). Effectiveness of Various Endodontic Irrigants on the Micro-Hardness of the Root Canal Dentin: An *in vitro* Study. *J Clin Diagn Res*. 11(4):ZC01-ZC04.
- Smith R. L., & Sandland, G. E. (1925). Apud: Crocoli, C. Dureza Vickers, <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAATbEAE/dureza-vickers>.
- Soprano, V. (2008). Estudo de parâmetros para ensaios de micro dureza em amálgama de prata, resina composta, dentina e esmalte bovinos. 8 140p. Dissertação (Mestrado em Dentística) - Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo.
- Soria, G. S., Barbin, E. L., & Spanò, J. C. E. (2009). Avaliação da microdureza de dentes bovinos tratados endodônticamente com diferentes soluções de irrigações. In: XVIII Congresso de Iniciação Científica, XI Encontro de Pós-Graduação e I Mostra Científica da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- Taneja, S., Kumari, M., & Anand, S. (2014). Effect of QMix, peracetic acid and ethylenediaminetetraacetic acid on calcium loss and microhardness of root dentine. *J Conserv Dent*. 17(2):155-8.
- Ulusoy, Ö.İ., & Görgül, G. (2013). Effects of different irrigation solutions on root dentine microhardness, smear layer removal and erosion. *Aust Endod J*. 39(2):66-21.
- Xavier, C. F. A., Cavalcanti, A. L., Montenegro, R. V., & Melo J. B. C. A. (2010). Avaliação *in vitro* da microdureza do esmalte dentário após exposição a bebidas isotônicas. *Rev Pesq Bras Odontoped Clin Integr*, 10(2):145-150.
- Xu, H., Ye, Z., Zhang, A., Lin, F., Fu, J., & Fok, A. S. L. (2022). 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*. 55(10):1091-1102.
- Zhang, K., Tay, F. R., Kim, Y. K., Mitchell, J. K., Kim, J. R., Carrilho, M., Pashley, D. H., & Ling J. Q. (2010). The effect of initial irrigation with two different sodium hypochlorite concentrations on the erosion of instrumented radicular dentin. *Dent Mater*. 26(6):514-23.