



## Artigo de Revisão

# COMPREENSÃO QUÍMICA NO USO DE QUELANTES NA REMOÇÃO DA *SMEAR LAYER*: REVISÃO DE LITERATURA

## *UNDERSTANDING THE CHEMISTRY IN CHELATE SMEAR LAYER REMOVAL: REVIEW OF LITERATURA*

### Resumo

Fabiano Luiz Heggendorn<sup>1</sup>  
Lúcio de Souza Gonçalves<sup>2</sup>  
Marcia Tereza Soares Lutterbach<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Fluminense -  
UFF  
Rio de Janeiro – RJ – Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio de  
Janeiro - UFRJ  
Rio de Janeiro – RJ – Brasil

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Tecnologia - INT  
Rio de Janeiro – RJ – Brasil

E-mail  
fabianohegg@gmail.com

O atrito promovido pelos instrumentos endodônticos sobre a matriz mineralizada da dentina gera raspas de dentina que associadas a restos orgânicos, originam uma camada sobre as paredes dos canais radiculares denominada de *smear layer* que influencia negativamente na penetração dos materiais obturadores nos túbulos dentinários. Logo, as paredes dentinárias completamente limpas, sem a presença de *smear layer*, garantem o sucesso endodôntico, permitindo um selamento eficaz do material obturador. Nesse sentido, este trabalho realizou uma revisão bibliográfica voltada para a definição e discussão sobre a *smear layer*, discutindo as propriedades desejáveis e a cinética química nos diferentes quelantes utilizados na remoção da camada de *smear layer*: EDTA e ácido cítrico. As diferenças do meio de ação entre o EDTA e o ácido cítrico resultam em diferentes resultados na remoção do *smear layer*, que devem ser aprofundados e avaliados no emprego clínico, assim como suas associações com outros irrigantes, que podem ou não resultar em uma potencialização ou uma redução de efetividade.

**Palavras-chave:** endodontia; ácido cítrico; camada de *smear*; EDTA.

### Abstract

The friction caused by endodontic instruments on mineralized matrix of the root canal begets dentin shavings. These shavings associated with organic debris take the appearance of *smear layer*, which can difficult the penetration of the root canal sealer. Thus, the root canal needs to be clean and free of *smear layer* in order to achieving the success of the endodontic therapy. In this way, the current study performed a bibliographic review in order to define and discuss about *smear layer*. It was discussed the desirable properties and chemical kinetics of two different chelating utilized to removing *smear layer*: EDTA e citric acid. Different mechanism of action of these chelating can provide difference in removing *smear layer*. Discussion of these results needs to be deepened and assessed regarding clinical utilization. In addition, the association with other irrigates can result in the decrease or enhancement of effectiveness.

**Key words:** endodontic; citric acid; *smear layer*; EDTA.

## Introdução

Os instrumentos endodônticos utilizados visam a eliminação de substratos orgânicos, debris e microorganismos. Entretanto, através do atrito promovido pelos instrumentos sobre a matriz mineralizada da dentina, são geradas raspas de dentina que, associadas a restos orgânicos, originam uma camada sobre as paredes dos canais radiculares denominada de *smear layer*<sup>1</sup>. Esta influencia negativamente a capacidade de penetração dos materiais obturadores, devido à obstrução física dos túbulos dentinários que ela pode causar<sup>2</sup>.

As paredes dentinárias completamente limpas, sem a presença de *smear layer*, garantem uma condição para o sucesso endodôntico permitindo um selamento eficaz do material obturador e impedindo uma percolação, onde, eventualmente, ocorreria uma penetração bacteriana, podendo associar-se à formação ou perpetuação de cistos periodontais apicais e granulomas apicais<sup>3,4</sup>, além de proporcionar um aumento da força adesiva entre cimento e dentina<sup>5</sup>. Isto pode ser conquistado, utilizando-se um condicionamento químico, através da combinação de um solvente orgânico (hipoclorito de sódio) e substâncias tenso-ativas como os agentes quelantes, EDTA ou os ácidos: cítrico, tânico e maleico<sup>6</sup>.

## Método

Esta pesquisa se caracteriza como uma revisão de literatura, referente à aplicação de quelantes na remoção da *smear layer*. Foram analisados livros e artigos publicados nas bases de dados SciELO, LILACS, BIREME e MEDLINE.

## Revisão de literatura

### SMEAR LAYER

Rode & Santos<sup>7</sup> relataram a existência de duas camadas distintas de “*smear*” uma mais fina, obstruindo os túbulos dentinários, sendo a mais profunda denominada de *smear plug* e outra mais espessa, heterogênea, desorganizada e contaminada, depositando-se na superfície, sendo denominada de *smear layer*. Esta é formada por partículas de 15 µm a 0.5 µm, irregulares, com extremidades afiladas, não tendo orientações específicas, paralelas ou perpendiculares aos túbulos dentinários e com altas concentrações de enxofre, nitrogênio e carbono<sup>8</sup>. Também é possível verificar alterações que os instrumentos endodônticos provocam, inclinando os túbulos ao nível de conduto<sup>9</sup>.

Alguns autores discutem sobre o benefício na manutenção da camada de *smear layer*, demonstrando uma significativa redução da microinfiltração apical<sup>10</sup>, além de impedir a penetração e perpetuação bacteriana devido a obliteração dos túbulos dentinários<sup>11</sup>. Entretanto, a permanência desta camada impede a penetração dos cimentos obturadores nos túbulos dentinários<sup>5</sup>, sendo

proposto o uso de quelantes como uma forma de eliminação da camada de *smear layer*, que, eventualmente, serviria como substrato para crescimento bacteriano e futuras inflamações periapicais<sup>9</sup>, pois tem sido verificado, nos dentes onde permanece o *smear layer*, a ocorrência de penetração bacteriana em 60% dos casos<sup>12</sup>.

## PROPRIEDADES DESEJÁVEIS EM SOLUÇÕES

No intuito de promover a eliminação de raspas de dentina, restos orgânicos contaminados ou não, desinfecção e facilitar a ação dos instrumentos sem lesar os tecidos vivos do coto pulpar e periodonto apical, o uso de substâncias químicas tornam-se essenciais no tratamento endodôntico, possuindo características físicas, químicas e biológicas imprescindíveis, tais como: umectação, emulsão, solubilizante e antimicrobiana<sup>1</sup>.

A característica umectante da solução irá favorecer um rápido, íntimo e perfeito contato entre a dentina e a substância química. As soluções de substâncias mais tensoativas, de baixa tensão superficial como os detergentes, serão capazes de molhar toda a superfície dentinária, penetrando por difusão nos túbulos dentinários até igualar a tensão superficial, modificando as forças de tensão superficial ou interfacial, sendo denominados de agentes tensoativos. Tasman *et al.*<sup>13</sup> relataram maior tensão superficial no EDTA 17% (46 dyne/cm) quando comparado com o NaOCl 2,5% (41 dyne/cm) e NaOCl 5% (43 dyne/cm). Paralelamente a baixa tensão superficial do líquido, a volatilização, viscosidade, temperatura, capacidade emulsionante e as características da superfície modularão a capacidade de umectação<sup>1</sup>. Os emulsionantes irão favorecer a dispersão das fases sólidas e líquidas insolúveis no meio líquido, agindo sobre as raspas de dentina. A solução tem por função mantê-las em suspensão para uma remoção efetiva<sup>14</sup>, enquanto os solubilizantes irão acelerar a dissolução das fases sólidas e líquidas solúveis no meio líquido<sup>1</sup>.

A busca de soluções que associem propriedades quelantes<sup>15</sup> e antimicrobianas são almejadas em torno do conhecimento de que, mesmo após a ação dos instrumentos endodônticos, restos pulpares, debris e microorganismos permanecem no interior do sistema de canais<sup>1,16</sup>. A remoção da *smear layer* por si só já torna o canal radicular como um ambiente inóspito para o crescimento bacteriano, além de proporcionar um selamento do material obturador, não permitindo a penetração de tais elementos. Behrend *et al.*<sup>3</sup>, observaram um crescimento bacteriano significativamente mais baixo, quando foi removida a camada da *smear layer* com EDTA 17% em comparação com a permanência de tal camada. Já Nakashima & Terata<sup>5</sup> evidenciaram a capacidade antimicrobiana do EDTA 3% e 15% associados a medicações como fenol, formocresol e hidróxido de cálcio quando comparada a presença do *smear-layer* associado ao uso dos medicamentos. Baumgartner *et al.*<sup>17</sup> demonstraram a superioridade na eliminação de *Enterococcus faecalis* com uso do NaOCl 5.25% associado ao EDTA 15% quando comparado ao BioPure MTAD combinado com NaOCl 1.3%. Já Krause *et al.*<sup>18</sup> evidenciaram o poder antimicrobiano do ácido cítrico como sendo similar ao do BioPure MTAD e estes inferiores ao NaOCl. Vale ressaltar que a remoção da camada de *smear*

*layer* também possibilita a penetração de medicamentos intracanaís, permitindo uma efetiva difusão dentinária destes fármacos quando comparado com a manutenção da *smear layer*<sup>19</sup>.

## CINÉTICA QUÍMICA

A velocidade das reações químicas depende de fatores que controlam quão rapidamente as transformações químicas ocorrem. A composição química das moléculas ou íons envolvidos vão determinar a velocidade da reação, sendo algumas naturalmente rápidas e outras naturalmente lentas. Em reações heterogêneas, onde os reagentes estão em fases separadas, a velocidade depende da área de contato entre as fases. Partículas de menores dimensões proporcionarão maior velocidade à reação. Uma das mais importantes influências para a velocidade em uma reação é a concentração dos reagentes. Em geral, constata-se que a velocidade de uma reação química decresce gradualmente à medida que os reagentes são consumidos, “A velocidade é quase sempre diretamente proporcional à concentração dos reagentes”<sup>20</sup>.

Os quelantes formam complexos estáveis com cálcio. Quando todos os íons disponíveis formarem ligações, o equilíbrio é alcançado e nenhuma dissolução adicional ocorre<sup>15</sup>. Seidberg & Schilder<sup>21</sup> relataram a autolimitação do EDTA, associando tal fato às mudanças de pH durante a desmineralização da dentina. Inicialmente, na reação, o pH é neutro ou próximo e 99% do EDTA na reação está na forma de EDTAHNa<sub>3</sub>. A diminuição subsequente do pH no decorrer da reação se daria pela troca de cálcio da dentina através do hidrogênio. Devido à liberação do ácido, a efetividade do EDTA com o tempo seria reduzida<sup>22</sup>.

O EDTA a 17% é capaz de dissolver matéria inorgânica em dentina e material orgânico em polpa, sendo capaz de dissolver 70% de massa dentinária. Paiva & Antoniazzi<sup>1</sup> demonstraram que ao dissolver dentina, íons de cálcio são “seqüestrados” pelo EDTA (1 g de EDTA trissódico seqüestra 263 mg de cálcio, enquanto o EDTA tetrassódico seqüestra 215 mg de cálcio) em um período de 10 a 15 minutos. ÇALT & SERPER<sup>23</sup> sugeriram que a utilização do EDTA não deveria ultrapassar de 1 minuto. Em seus achados verificaram que a utilização do EDTA a 10 minutos, seguido de irrigação de 5% de NaOCl promove uma remoção completa da *smear layer*, juntamente com uma excessiva erosão de dentina intratubular e peritubular, enquanto TEIXEIRA *et al.*<sup>24</sup> não observaram diferença nos tempos de 1, 3 e 5 minutos, porém o grupo de EDTA a 15% no tempo de 1 minuto apresentava uma cobertura parcial de *smear layer*, principalmente no terço apical.

Já MACHADO-SILVEIRO *et al.*<sup>25</sup> verificaram uma maior efetividade do ácido cítrico 1 e 10%, EDTA 17% e citrato de sódio a 10% por 5 minutos, com decréscimo da ação quelante após 10 minutos e menor efetividade após 15 minutos. Entretanto, Scelza *et al.*<sup>26</sup> observaram uma melhor ação do quelante no tempo de 3 minutos do EDTA a 17%, EDTA-T e ácido cítrico a 10% com um decréscimo significativo entre os tempos de 3 a 10 minutos.

A elevação da temperatura determinará um aumento da velocidade de reação. Para muitas reações um aumento de um grau centesimal na temperatura causará um aumento na velocidade de reação na ordem de 5 a

10%. BRANDY & HUMISTON<sup>20</sup> reescreveram tal processo, obtendo a duplicação da velocidade de reação pelo aumento em 10°C na temperatura, sendo fundamental a natureza e extensão da superfície da reação. O efeito da temperatura na reação quelante do EDTA foi estudado por NIKIFORUK & SREEBNY<sup>15</sup>, os quais avaliaram a ação quelante em temperaturas de 4°, 25°, 37,5° e 60°C, concluindo maior efetividade em maiores temperaturas. Já Hunter & Nikiforuk<sup>27</sup> pesquisaram o efeito quelante do EDTA sobre tecidos ósseos e verificaram que soluções semelhantes em temperaturas distintas reagem diferentemente: 4°C., para a descalcificação total em sete dias; 23°C., seis dias; 37,5°C., três dias e 60°C., somente um dia.

Outro aspecto que deve ser avaliado é a capacidade volumétrica dos canais radiculares em comportar o volume adequado para o efeito quelante desejado. FRASER<sup>28</sup> demonstrou a incapacidade de diferentes quelantes em amolecer dentina no terço apical de canais radiculares e a pouca contribuição em dissolver dentina no terço médio e cervical. Tal achado foi relacionado à menor capacidade volumétrica no terço apical, o que leva a um reduzido volume de quelante neste terço quando comparado ao terço médio e cervical<sup>28</sup>.

## EDTA

Introduzido por Nygaard-Østby<sup>29</sup>, o EDTA, ácido etilenodiaminotetracético, e seus sais formam quelatos estáveis de cálcio. Por ser muito pouco solúvel em água (PS = 0,001 mol/litro) impossibilita uma efetiva dissolução iônica, levando a um reduzido poder quelante<sup>1,13,22</sup>, mas a sua conversão no sal dissódico, etilenodiaminotetracético dissódico, irá elevar sua solubilidade (PS = 0,4 mol/litro) levando a um aumento de atividade quelante no meio aquoso, sendo efetivo no amolecimento da dentina, além de possuir características antimicrobianas e de irritação moderada. Apresenta seletividade menor aos metais pesados (cromo, ferro, cobre e zinco), elevando sua seletividade aos alcalino-terrosos (cálcio e magnésio) e por fim de maior seletividade aos alcalinos (sódio e potássio), motivo pelo qual sua ação é interrompida na presença de hipocloritos<sup>1</sup>. A associação do EDTA com hipoclorito de sódio pode levar a uma redução de suas efetividades, havendo a formação de subprodutos após um período de 11 minutos, conduzindo a uma degradação muito lenta, mas progressiva do EDTA<sup>30,31</sup>. Entretanto, Niu *et al.*<sup>32</sup> demonstraram uma erosão dentinária significativa de aspecto irregular quando utilizaram EDTA 15% seguido por NaOCl em comparação à utilização isolada do EDTA. Além disso, O'CONNELL *et al.*<sup>33</sup> observaram uma maior eficiência das soluções EDTA dissódico a 15%, EDTA tetrassódico a 15% e EDTA tetrassódico a 25% quando alternadas com NaOCl, havendo ainda uma maior concentração de resquícios da *smear layer* no terço apical quando comparado aos terços médio e coronário, onde notadamente exibiam abertura dos túbulos dentinários.

A adição de 0,84g de brometo de acetil trimetilamonio, Cetavlon, no EDTA forma o EDTAC, que foi desenvolvido com o intuito de promover uma redução efetiva na tensão superficial<sup>1,22</sup>. Goldberg & Abramovich<sup>34</sup> analisaram os efeitos do EDTAC nas paredes do canal radicular, evidenciando-o como um eficaz auxiliar na desinfecção, remoção da *smear layer* e aumentando o

diâmetro das embocaduras tubulares. Também é possível verificar a utilização do EDTAC 15% associado ao NaOCl 1.0% e ultra-som, com comprovada eficácia na remoção do *smear layer*<sup>35</sup>.

Já o emprego do Endo Perp (RC-Prep) veiculado em um polímero glicólico, demulcente hidrossolúvel associado ao peróxido de uréia, peróxido de uréia (10%), EDTA (15%) e carburas (75%), forma o gel de EDTA<sup>1,22</sup>, freqüentemente utilizado em instrumentações rotatórias. Contudo, o fato de uma solução em forma líquida possuir maior molhabilidade que em forma de gel, pode determinar uma maior ação. Araújo<sup>36</sup> observou a maior efetividade do EDTA em forma líquida comparado a diversos géis de EDTA em diferentes concentrações, ainda que estes não sejam capazes de promover a remoção da *smear layer*. Entretanto, a combinação do RC-Prep com o NaOCl resulta na liberação de oxigênio que irá carrear facilmente restos pulpares para a superfície, mantendo efetividade antibacteriana do peróxido de uréia e a lubrificação do glicol<sup>22</sup>.

## ÁCIDO CÍTRICO

SMITH & WAYMAN<sup>15</sup>, na busca de uma solução quelante com características antimicrobianas, verificaram uma relativa efetividade do ácido cítrico, com os melhores resultados nos tempos de 15 minutos e concentrações de 25%. Já SCELZA *et al.*<sup>9</sup> obtiveram melhores resultados do ácido cítrico 10% por 15 e 30 segundos seguidos de água destilada, sendo o tempo de 60 segundos menos efetivo. Nos milímetros finais do terço apical, foi observada a presença de *smear layer* nos condutos instrumentados. BRESCHI *et al.*<sup>37</sup> avaliaram a melhor ação desmineralizadora, por 30 segundos. Contudo, as soluções de ácido cítrico a 8 e 10% são capazes de promover uma destruição de dentina peritubular e a solução de ácido cítrico a 4% não é capaz de remover a *smear layer*, permanecendo com densa concentração desta camada<sup>38</sup>.

Quando comparada a ação quelante do EDTA com a do Ácido cítrico a 25%, a superioridade do EDTA a 17% é demonstrada, seja de forma isolada ou associada a 5,25% de NaOCl<sup>39</sup>, enquanto outros trabalhos indicam uma atuação semelhante destes quelantes, mesmo havendo uma melhor atuação do ácido cítrico no terço apical<sup>6,40</sup>.

Já BASTOS NETO & GREGHI<sup>41</sup> encontraram semelhança entre a ação do ácido cítrico a 37% a do EDTA gel a 24%, ambos por 3 minutos, sendo a solução líquida de EDTA a 24% (pH 7.2) a de menor ação quelante, pois os túbulos dentinários encontravam-se parcialmente obstruídos.

Também tem sido descrita a superioridade da ação desmineralizadora do ácido cítrico em relação ao EDTA<sup>42</sup>. Em tempos de 5, 10 e 15 minutos, MACHADO-SILVEIRO *et al.*<sup>25</sup> observaram a maior ação desmineralizadora do ácido cítrico 10%, seguido pelo ácido cítrico 1%, EDTA 17% e o citrato de sódio a 10%. Entretanto, todos são efetivos na remoção de *smear layer*. Posteriormente, RUGGERI JR. *et al.*<sup>43</sup> verificaram a superioridade do ácido cítrico a 10% quando comparado ao EDTA a 17%, em superfícies radiculares expostas por 2 minutos. O ácido cítrico a 10% causou a remoção completa da *smear layer* e exposição de matriz orgânica, enquanto o EDTA a 17%

apresentou *smear layer* e obliteração parcial de túbulos dentinários. SCENZA *et al.*<sup>44</sup> estudaram a capacidade de remoção de íons  $Ca^{++}$ , em espectrometria de absorção de massa nos tempos de 3, 10 e 15 minutos, quando o ácido cítrico 10% apresentou melhor ação quelante em comparação ao EDTA 17%. Contudo, quando observados em microscopia eletrônica de varredura, foi observada melhor ação do ácido cítrico no menor tempo e melhor ação do EDTA para o tempo de 10 minutos<sup>26</sup>. Já COBANKARA *et al.*<sup>45</sup> relataram a ação específica de diferentes quelantes por determinados minerais na dentina radicular. Os autores relataram que o ácido peracético 2,25% reduziu significativamente P, K Mg, Na, Ca, Mn, Na, Zn e S, enquanto o ácido cítrico 10% reduziu Ca, Mn, Na e Zn e o EDTA 17%, somente, o Ca.

Em detrimento à capacidade de penetração nos túbulos dentinários de diversos materiais obturadores, utilizados após o uso de hipoclorito de sódio a 5.25% ou do EDTA a 17% por 3 minutos, De Deus *et al.*<sup>2</sup> demonstraram uma maior eficiência dos grupos onde o EDTA 17% foi utilizado. Contudo, em relação à adesividade dos cimentos endodônticos nas paredes dentinárias, SALEH *et al.*<sup>46</sup> relataram o maior poder quelante do ácido cítrico a 25% e do  $H_3PO_4$  a 37%, ambos por 30 segundos, pelo fato de não haver presença significativa de *smear layer*. Quando utilizado o EDTA a 17% por 5 minutos, observou-se uma camada de *smear layer*, levando a uma redução na adesão de tais materiais.

O potencial irritante dos quelantes também deve ser avaliado. O EDTA é relatado como o mais irritante, apresentando um potencial menor de irritação o ácido cítrico<sup>47,48</sup>.

Com a revisão bibliográfica apresentada fica evidente que não existe um padrão no tempo de exposição, na concentração e volume dos quelantes e no tipo de dentina que estes estudos foram avaliados. A variação destes parâmetros podem ser os responsáveis pelos diferentes resultados encontrados na literatura. Logo, o estudo aprofundado destes parâmetros pode representar a consagração do melhor quelante para a aplicação endodôntica.

## Conclusões

A partir do levantamento bibliográfico realizado, foi possível concluir que as intervenções como alteração de temperatura e volume podem influenciar a ação dos quelantes na dentina. Além disso, as associações dos quelantes com outros irrigantes podem potencializar a ação desmineralizadora. Assim as diferenças do meio de ação entre o EDTA e o ácido cítrico são dependentes não só da ação química desmineralizadora do quelante, mas, possivelmente, de outros elementos como temperatura, volume, associações químicas e tempo de exposição.

## Referências Bibliográficas

1. PAIVA JG, ANTONIAZZI JH. Fases do Preparo do Canal Radicular. In: Paiva JG, Antoniazzi JH. Endodontia: Bases para a Prática Clínica. Artes Médicas; 1991. p. 588-629.
2. DE DEUS G, GURGEL FILHO ED, FERREIRA CM, COUTINHO FILHO T. Penetração Intratubular de Cimentos Endodônticos. Pesqui. Odontol. Bras. 2002; 16(4): 332-6.
3. BEHREND GD, CUTLER CW, GUTMANN JL. An *in-vitro* Study of Smear Layer Removal and Microbial Leakage Along Root-Canal Fillings. International Endodontics Journal 1996; 29: 99-107.
4. RIBEIRO FC, FABRI B, ROLDI A, PEREIRA RS, INTRA JBG, PEÇANHA M, *et al.* Prevalência de lesões periapicais em dentes tratados endodônticamente. Rev. Saúde.com 2013; 9(4): 244-252.
5. NAKASHIMA K, TERATA R. Effect of pH Modified EDTA Solution to the Properties of Dentin. Journal of Endodontics 2005; 31(1): 47-9.
6. DI LENARDA R, CADENARO M, SBAIZERO O. Effectiveness of 1 mol L<sup>-1</sup> Citric Acid and 15% EDTA Irrigation on Smear Layer Removal. International Endodontic Journal 2000; 33: 46-52.
7. RODE SM, SANTOS JFF. Limpeza cavitária - remoção da camada de "smear". RBO 1990; 47(5): 46-51.
8. ELFERSI S, GRÉGOIRE G, SHARROCK P. Characterization of Sound Human Dentin Particles of Sub-millimeter Size. Dental Materials 2002; 18: 529-34.
9. SCENZA MFZ, CHEVITARESE O, DE ALMEIDA NS, PANTALEO S. A Utilização de Ácido Cítrico a 10% em Condutos Radiculares (Estudo "IN VITRO"). Revista Brasileira de Odontologia 1986; 43(3): 25-32.
10. TIMPAWAT S, VONGSAVAN N, MESSER HH. Effect of Removal of Smear Layer on Apical Microleakage. Journal of Endodontics 2001; 27(5): 351-3.
11. DRAKE DR, WIEMANN AH, RIVERA EM. Bacterial Retention in Canal Walls *In Vitro*: Effect of Smear Layer. Journal of Endodontics 1994; 20(2): 78-82.
12. CLARK-HOLKE D, DRAKE D, WALTON R, RIVERA E, GUTHMILER JM. Bacterial penetration through canals of endodontically treated teeth in the presence or absence of the smear layer. Journal of Dentistry 2003; 31: 275-81.
13. TASMAN F, CEHRELI ZC, OGAN C, ETIKAN L. Surface Tension of Root Canal Irrigants. Journal of Endodontics 2000, 26(10): 586-7.
14. SIMI JUNIOR J, PESCE HF, MEDEIROS JMF. Eficácia de substâncias químicas auxiliares na instrumentação de canais radiculares. Rev Odontol Univ São Paulo 1999, 13(2): 153-7.
15. NIKIFORUK G, SCREEBNEY L. Demineralization Of Hard Tissues By Organic Chelating Agents At Neural pH. J Dent Res. 1953, 32: 859-67.
16. SMITH JJ, WAYMAN BE. An Evaluation of Antimicrobial Effectiveness of Citric Acid as a Root Canal Irrigant. Journal of Endodontics 1986, 12(2): 54-8.
17. BAUMGARTNER JC, JOBAL S, MARSHALL G. Comparison of The Antimicrobial Efficacy of 1.3% NaOCl/Biopure MTAD to 5.25% NaOCl/15% EDTA for Root Canal Irrigation. JOE 2007, 33(1): 48-51.
18. KRAUSE TA, LIEWEBR FR, HABN C. The Antimicrobial Effect of MTAD, Sodium Hypochlorite, Doxycycline, and Citric Acid on Enterococcus Faecalis. JOE 2007, 33(1): 28-30.
19. HOLLAND R. MURATA SS, KISSIMOTO R, SAKAGAMI RN, SALIBA O. Difusão na dentina de três associações de corticosteróide-antibiótico. Estudo "*in vitro*". Ver. Paul. de Odontol. 1998, 20(2): 40-8.

20. BRANDY JE, HUMISTON GE. Cinética Química. In: Brandy JE, Humiston GE. Química Geral. 2nd ed. Livros técnicos e científicos editora; 1986. p.454-74.
21. SEIDBERG B, SCHIDER H. An evaluation of EDTA in endodontics. Oral surgery, Oral medicine and Oral Pathology 1974, (37): 609-20.
22. HÜLMANN M, HECKENDORFF M, LENNON Á. Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indication for their use. International Endodontics Journal 2003, (36): 810-30.
23. ÇALT S, SERPER A. Time-Dependent Effects of EDTA on Dentin Structures. Journal of Endodontics 2002, 28(1):17-9.
24. TEIXEIRA CS, FELIPPE MCS, FELIPPE WT. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: an SEM analysis. International Endodontic Journal 2005, 38: 285-90.
25. MACHADO-SILVEIRO LF, GONZÁLES-LOPES S, GONZÁLES-RODRÍGUES MP. Descalcification of root Canal Dentine by citric acid, EDTA and Sodium citrate. International Endodontic Journal 2004, 37: 365-96.
26. SCENZA MFZ, PIERRO V, SCENZA P, PEREIRA M. Effect of three different time periods of irrigation with EDTA-T, EDTA, and citric acid on smear layer removal. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2004, 98: 499-503.
27. HUNTER HA, NIKIFORUK G. Staining Reactions Following demineralization of hard tissues by chelating and other decalcifying agents. J. D. Res. 1954, 33: 136-8.
28. FRASER JG. Chelating agents: Their softening effect on root canal dentin. Oral Surg 1974, 37(5): 803-811.
29. NYGAARD-ØSTBY B. Chelation in root canal therapy. Ethylenediamine tetra-acetic acid for cleansing and widening of root canals. Odont. Tids. 1957, 65: 3-11.
30. GRAWEHR M, SENER B, WALTIMO T, ZEHNDER M. Interactions of Ethylenediamine Tetraacetic Acid With Sodium Hypochlorite in Aqueous Solutions. International Endodontic Journal 2003, 36: 411-5.
31. GRANDE NM, PLOTINO G, FALANGA A. Interaction between EDTA and Sodium Hypochlorite: A Nuclear Magnetic Resonance Analysis. JOE 2006, 32(5): 460-4.
32. NIU W, YOSHIOKA T, KOBAYASHI C, SUDA H. A scanning electron microscopic study of dentinal erosion by final irrigation with EDTA and NaOCl solutions. International Endodontic Journal 2002, 35: 934-9.
33. O' Connell MS, Morgan LA, Beeler WJ, Baumgartner JG. A Comparative Study of Smear Layer Removal Using Different Salts of EDTA. Journal of Endodontics 2000, 26(12): 739-43.
34. GOLDBERG F, ABRAMOVICH A. Analysis of the effect of EDTA on the Dentinal Walls of the root canal. Journal of Endodontics 1977, 3(3): 101-5.
35. GUERISOLI DMZ, MARCHESAN MA, WALMSLEY AD, LUMLEY PJ, PECORA JD. Evaluation of smear layer removal by EDTAC and sodium hypochlorite with ultrasonic agitation. International Endodontic Journal 2002, 35: 418-21.
36. Araujo CJR. Análise Morfológica da ação de géis de EDTA nas paredes do canal radicular e sua correlação com suas estruturas físico-químicas. [Tese]. [Camagibe] – Faculdade de Odontologia de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, 2005.
37. BRESCHI L, GOBBI P, MAZZOTTI G, FALCONI M, ELLIS TH, SATNGEL I. High Resolution SEM Evaluation of Dentin Etched With Maleic and Citric acid. Dental Materials 2002, 18: 26-35.
38. GÖTZE GR, CUNHA CBCS, PRIMO LSSG, MAIA LC. Effect of The sodium hypochlorite and citric acid association on smear layer removal of primary molars. Braz Oral Res. 2005, 19(4): 261-6.

39. YAMADA RS, ARMAS A, GOLDMAN M, LIN PS. A Scanning Electron Microscopic Comparison of a High Volume Final Flush With Several Irrigating Solutions: Part 3. *Journal of Endodontics* 1983, 9(4): 137-42.
40. SCELZA MFZ, ANTONIAZZI JH, SCELZA P. Efficacy of Irrigation – A scanning electron microscopic evaluation. *Journal of Endodontics* 2000, 26(6): 355-8.
41. BASTOS NETO FVR, GREGHI SLA. Análise em microscopia eletrônica de varredura de superfícies radiculares antes e após raspagem e condicionamento com ácido cítrico e EDTA: Um estudo “*in vitro*”. *J. Appl. Oral. Sci.* 2003,11(1): 41-7.
42. SOUZA V, HOLLAND R, NERY MJ, BRUNINI SHS, RODRIGUES RR, MELHADO HAS, et al. Ação Desmineralizadora de Algumas Soluções Empregadas no Tratamento Endodôntico. *J Bras Endod.* 2003, 4(12): 72-6.
43. RUGGERI JR A, PRATI C, MAZZONI A, NUCCI C, DI LENARDA R, MAZZOTI G, et al. Effects of Citric Acid and EDTA Conditioning on Exposed Root Dentin: An Immunohistochemical Analysis of Collagen and Proteoglycans. *Arch Oral Biol.* 2007, 52: 1-8.
44. SCELZA MFZ, TEIXEIRA AM, SCELZA P. Decalcifying effect of EDTA-T, 10% citric acid, and 17% EDTA on root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003, 95(2): 234-6.
45. COBANKARA FK, ERDOGAN H, HAMURCU M. Effects of chelating agents on the mineral content of root canal dentin. *Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011, 112: e149-e154.
46. SALEH IM, RUYTER IE, HAAPASALO MP, ORTAVIK D. Adhesion of Endodontic Sealers: Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive Spectroscopy. *J Endod.* 2003, 29(9): 595-601.
47. SCELZA MF, DANIEL RL, SANTOS EM, JAEGER MM. Cytotoxic Effects of 10% Citric Acid and EDTA-T used as Root Canal Irrigants: An *in vitro* Analysis. *J Endod.* 2001, 27(12): 741-3.
48. SOUZA SMG, BRAMANTE CM, TAGA EM. Biocompatibility of EDTA, EGTA and Citric Acid. *Braz Dent J.* 2005, 16: 3-8

---

**Endereço para correspondência**

Rua Feliz da Cunha 11, apt. 806, Tijuca.  
Rio de Janeiro - Brasil  
CEP 20260-3000

Recebido em 05/11/2014  
Aprovado em 01/06/2015