

O EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE PH EM SOLUÇÕES DE FLÚOR A 1,1% NA CORROSÃO DE ARCOS NITI

THE EFFECT OF DIFFERENT PH LEVELS ON FLUORIDE SOLUTIONS AT 1.1% ON CORROSION OF NITI ARCHS

Fernando Akio Maeda*
 Nívea Amaral**
 Celso Massahiro Ogawa***
 Saulo Aguiar Farias****
 Karin de Sá Fernandes*****
 Paulo Eduardo Guedes Carvalho*****
 Tarcila Triviño*****
 Lucas Hian da Silva*****

RESUMO

Objetivo: Determinar o pH crítico para ocorrer a corrosão de arcos NiTi em soluções de flúor a 1,1%, variando o pH de 3,5 a 7,0. **Materiais e Métodos:** Doze amostras com 10mm de comprimento de fio superelástico NiTi 0017 x 0025 (Abzil), obtidas do segmento distal dos arcos. As amostras foram aleatoriamente separadas e imersas dentro de recipientes contendo 40ml de seis soluções (água, soluções fluoretadas com pH: 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5 e 7,0), sob uma mesa agitadora durante 90 minutos. Todas as amostras foram, então, levadas ao MEV. As imagens das amostras imersas em água e soluções fluoretadas com pH 7,0, 6,5 e 6,0 não se apresentaram diferentes, no entanto a partir da solução fluoretada com pH 5,5, as imagens superficiais apresentaram características diferentes dos grupos anteriores. **Conclusão:** Com base nos resultados obtidos neste estudo, o pH crítico para corrosão de arcos NiTi em soluções de flúor a 1,1% parece estar entre 6,0 e 5,5.

Descritores: Arco NiTi · Corrosão · Solução Fluoretada

ABSTRACT

Objective: To determine the critical pH to occur corrosion of NiTi arches in 1.1% fluoride solutions by varying the pH between 3.5 and 7.0. **Materials and Methods:** Twelve samples of 10 mm length superelastic NiTi wire 0017 x 0025 (Abzil) obtained in the distal segment of the arcs. The samples were randomly separated and immersed in 40 ml of six solutions (water, fluoride solutions with pH: 3.5; 4.0; 4.5; 5.0; 5.5; 6.0; 6.5 and 7.0) under a shaker table for 90 minutes. All samples were observed under SEM. The images of the samples immersed in water and fluoride solutions at pH 7.0, 6.5 and 6.0 did not show differences, however from the fluoride solution at pH 5.5, the surface characteristics of images presented differences from above groups. **Conclusion:** Based on the results obtained in this study the critical pH for corrosion of NiTi arches in fluoride solutions to 1.1% appears to be between 6.0 and 5.5.

Descriptors: NiTi arch · Corrosion · Fluoride solutions.

* Universidade Cidade de São Paulo – Professor, fernandoakiomaeda@gmail.com

** Universidade Cidade de São Paulo – Graduanda, nivea_amaral@hotmail.com

*** Universidade Paulista – Mestre, celsomassahiro@gmail.com

**** Universidade Cidade de São Paulo – Mestrando, sauloaguiar88@hotmail.com

***** Universidade Cidade de São Paulo – Professor, karin.fernandes@unicid.edu.br

***** Universidade Cidade de São Paulo – Professor, paulo@carvalho-ortodontia.com.br

***** Universidade Cidade de São Paulo – Professor, tarcilatrivino@uol.com.br

***** Universidade Cidade de São Paulo – Professor, cdhian@gmail.com

INTRODUÇÃO

Os sistemas arcos-braquetes são muito utilizados na ortodontia com objetivo de se obter a movimentação dentária¹. Para que essa movimentação seja mais eficaz, eficiente e fisiológica durante as fases iniciais de alinhamento e nivelamento, esse sistema deve gerar baixas forças ortodônticas, contínuas e dentro dos limites fisiológicos^{2,3}. Nesse intuito, as ligas de níquel titânio (NiTi) têm sido amplamente utilizadas graças à biocompatibilidade e às suas propriedades mecânicas como: efeito de memória da forma e superelasticidade⁴. As ligas de NiTi conseguem retornar à sua forma originalmente definida quando deformadas em até 8%⁵.

Entretanto, os arcos de NiTi apresentam baixa resistência à corrosão diante dos íons fluoreto, aumentando a rugosidade de superfície⁶, afetando o atrito do conjunto arco-braquete, influenciando na eficácia do tratamento, além de também poder iniciar reações tóxicas e alérgicas pela liberação do níquel^{7,8}. O flúor pode estar presente na água, em medicamentos ou em alimentos. Peixe de água salgada têm níveis relativamente elevados de fluoreto (1 a 3mg / 100g), bem como no chá (aproximadamente 0,5 a 1,5mg/l). Em produtos médicos (pasta de dentes, enxaguatórios bucais e flúor), o flúor pode variar entre 0,1% (1000 ppm) e 1% (10.000 ppm) e pode até mesmo chegar a 2% (20.000 ppm) em aplicações profissionais⁹.

A dificuldade de higienização dos pacientes em tratamento ortodôntico, resulta no acúmulo de placa ao redor dos braquetes, podendo levar ao surgimento de lesões brancas. Para esses casos, é frequente a prescrição de soluções fluoretadas pelo ortodontista, a fim de aumentar a capacidade de remineralização do esmalte. Os dentifrícios e enxaguatórios comuns apresentam um bom efeito na prevenção da desmineralização, no entanto, são as soluções com altas concentrações de flúor que produzem melhores resultados de remineralização¹⁰.

Os íons fluoreto degradam a camada passiva do óxido de titânio da superfície dos arcos de NiTi, através da absorção de hidrogênio^{11,12}, reduzindo a sua resistên-

cia à corrosão, influenciando, assim, na biocompatibilidade⁶. Fatores como tempo de exposição, concentração de flúor e um pH mais ácido podem facilitar a corrosão da superfície de ligas de NiTi, uma vez que esses fatores estão interligados¹²⁻¹⁴. É evidente que a corrosão do titânio acontece não só pela concentração do flúor, mas também pelo pH¹⁵. Para degradar a camada passiva dos arcos NiTi é necessária a concentração crítica de 30 ppm de flúor¹⁶. Isso ocorre em solução de 500 ppm de flúor a pH = 4¹⁵. O titânio não foi considerado ser resistente em solução contendo 500 ppm de flúor, com pH = 4 ou solução neutra com 2250 ppm¹¹.

Apesar disso, ainda não há um consenso de qual seria o pH crítico necessário para levar a corrosão dos arcos NiTi em soluções de flúor a 1,1 % em soluções para bochecho, imaginando que, em média, um arco permanece na cavidade bucal por volta de 90 dias. Nesse intuito, o objetivo deste estudo foi avaliar qual seria o pH limítrofe para ocorrer a corrosão de arcos NiTi em soluções de flúor a 1,1 %, variando o pH de 3,5 a 7,0.

MATERIAIS E MÉTODOS

Delineamento Experimental

O fator avaliado neste estudo foi desafio à solução de flúor a 1,1% em 8 níveis de pH (3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5 e 7,0) além do controle positivo (água). Formando ao final 9 grupos, com duas repetições para cada grupo. A variável de resposta foi qualitativa, através de imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV).

Obtenção das amostras

As 18 amostras foram obtidas de arcos superiores de NiTi superelástico 0017 x 0025 (Abzil, São José do Rio Preto, Brasil; lote: 0934100225), com 10mm de comprimento, obtidas do segmento distal dos arcos.

Desafio das amostras

A cada duas amostras, foram aleatoriamente separadas e imersas dentro de recipientes contendo 40ml das seis soluções (água, soluções de flúor com pH: 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5 e 7,0), sob uma mesa agitadora (Nova Ética Produtos e Equipamentos Científicos Ltda, São Paulo, Brasil)

MAEDA FA
AMARAL N
OGAWA CM
FARIAS SA
FERNANDES KS
CARVALHO PEG
TRIVIÑO T
SILVA LH

O EFEITO DE
DIFERENTES
NÍVEIS DE PH
EM SOLUÇÕES DE
FLÚOR A 1,1%
NA CORROSÃO DE
ARCOS NITI

• • 238 • •



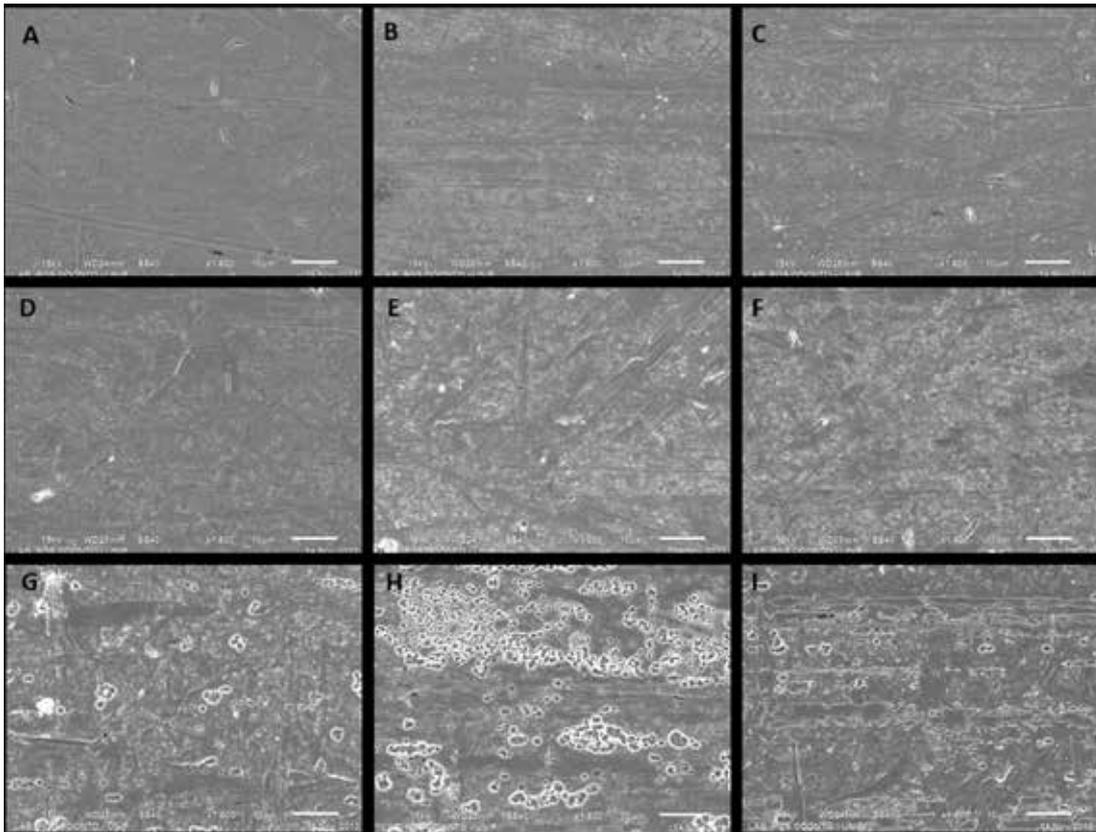


Figura 1. Imagens obtidas pelo MEV com aumento de 400x após a imersão em água e soluções de flúor com diferentes valores de pH: A: Controle água; B:7,0; C:6,5; D:6,0; E:5,5; F: 5,0; G:4,5; H:4,0; I:3,5.

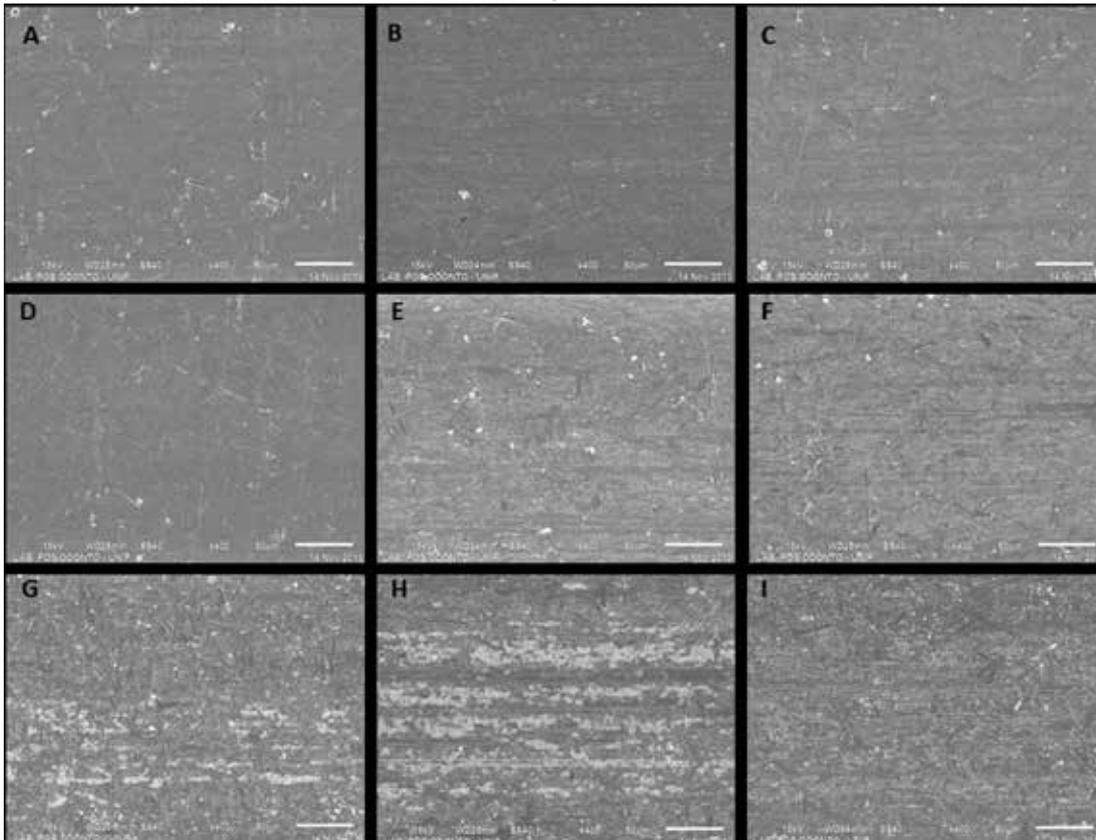


Figura 2. Imagens obtidas pelo MEV com aumento de 1600x após a imersão em água e soluções de flúor com diferentes valores de pH: A: Controle água; B:7,0; C:6,5; D:6,0; E:5,5; F: 5,0; G:4,5; H:4,0; I:3,5.

MAEDA FA
 AMARAL N
 OGAWA CM
 FARIAS SA
 FERNANDES KS
 CARVALHO PEG
 TRIVIÑO T
 SILVA LH

O EFEITO DE
 DIFERENTES
 NÍVEIS DE PH
 EM SOLUÇÕES DE
 FLÚOR A 1,1%
 NA CORROSÃO DE
 ARCOS NITI



a 66 ciclos/min, durante 90 minutos.

Preparo das amostras para MEV

Após o desafio, todas as amostras foram enxaguadas em água deionizada por 30s, e, em seguida, imersas em ultrassom (Unique - Ultra cleaner 1.400) em recipientes contendo acetona P.A. e posteriormente álcool isopropílico, por 5min cada imersão, secas então em papel absorvente e com ar comprimido. Todas as amostras foram, então, levadas ao microscópio eletrônico de varredura (MEV – JEOL. JSM 7401 F, Tóquio, Japão).

RESULTADOS

As imagens geradas pelo MEV (figuras 1 e 2) demonstraram que em 90 minutos de imersão das amostras em soluções fluoretadas com pH 7,0 (1B, 2B), 6,5 (1C, 2C) e 6,0 (1D, 2 D) não se diferenciaram da imersa em água deionizada. Porém, as amostras imersas em soluções fluoretadas com pH 5,5 (1E, 2E) e 5,0 (1F, 2F) apresentaram imagens de superfície com características diferentes das amostras anteriores, sugerindo corrosão. Já as amostras imersas em soluções fluoretadas com pH menores, 4,5 (1G, 2G), 4,0 (1H, 2H) e 3,5 (1I, 2I), apresentaram características ainda mais sugestivas de corrosão comparando-se com as imagens anteriores.

DISCUSSÃO

Durante o tratamento ortodôntico, pacientes que fazem uso de aparelhos fixos frequentemente apresentam a higiene bucal comprometida, o que pode dificultar até mesmo o tratamento com o surgimento de áreas de esmalte desmineralizadas e cárie¹⁷. Para combater esse potencial problema, os ortodontistas comumente prescrevem soluções fluoretadas para uso diário¹⁰. Alguns profissionais preferem a prescrição de soluções fluoretadas aciduladas por apresentarem uma dupla ação; a primeira seria fornecer íons de cálcio para a interação com os íons de fluoreto; e a segunda seria reduzir a quantidade de HPO_4^{2-} disponível, inibindo, assim, a deposição de fluoreto de cálcio, levando à formação de um produto mais facilmente solúvel¹⁸.

As soluções fluoretadas utilizadas neste estudo foram manipuladas com a concen-

tração de 1,1%, baseada no estudo de Walker *et al.*¹³. Estes autores justificam as escolhas por essa mesma concentração estar presente em dois produtos amplamente utilizados: Phos-flur gel e Prevident 5000 (ambos produtos da Colgate Palmolive), produtos que só apresentam diferenças no pH, 5,1 e 7,0 respectivamente. O tempo de imersão de 90 min também foi baseado nesse mesmo trabalho, pois equivaleria a 3 meses com o uso diário por 1 minuto que poderia ser em solução de colutório ou em gel.

Neste trabalho, as imagens obtidas dos arcos de NiTi, que foram imersos em soluções fluoretadas com pH entre 7,0 e 6,0, não se mostraram muito diferentes das imagens do grupo-controle, achados semelhantes aos relatados por Koushik *et al.*¹⁹. Entretanto, são diferentes das imagens encontradas por Mane *et al.*²⁰, que relataram que, utilizando uma solução fluoretada semelhante à deste estudo, 1,1% com pH 7,0 imersa por 90 min, exibiram alterações corrosivas superficiais. Yadav *et al.*²¹ também encontraram a corrosão superficial dos arcos NiTi em soluções fluoretadas com pH 6,54, porém a concentração era de 0,05 % de fluoreto, somado a isso, essa solução também afetaria negativamente na força de deflexão com dispositivo de 3 pontos quando comparado à água deionizada.

As amostras imersas em soluções fluoretadas com pH 5,5 e 5,0 apresentaram imagens de superfície com características diferentes das amostras com pH mais básicos, apresentando alterações que poderiam possivelmente ser associadas à corrosão superficial, resultados estes que corroboram outros estudos que utilizaram o Phos-Flur e apresentaram imagens com características semelhantes^{9,19-21}. Já as amostras imersas em soluções fluoretadas com pH menores, 4,5 a 3,5, apresentaram características ainda mais sugestivas de corrosão, concordando com os achados de Rerhrhaye *et al.*⁹ e Ramalingam *et al.*²². O comportamento de corrosão de titânio seria afetado não só pela concentração de flúor, mas também por pH^{15, 21}. Segundo o trabalho clínico de Ramalingam *et al.*²², que utilizaram duas soluções ácidas de flúor, o grupo mais ácido apresentou alte-



rações no módulo de elasticidade.

Apesar de ser evidente que o flúor é benéfico na prevenção da cárie, o ortodontista deve estar ciente de que esse material preventivo pode vir a afetar o tratamento ortodôntico. A liberação de substâncias tóxicas, especialmente Ni, poderia ser responsável por alergias em indivíduos predispostos²³. As ranhuras na superfície dos arcos NiTi, resultantes da corrosão, podem aumentar o atrito, retardando o alinhamento dental durante a fase de nivelamento²⁴, e poderiam dar origem à fratura dos arcos NiTi na presença de um defeito estrutural decorrente de algum problema

durante o processo de fabricação.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos neste estudo, o pH crítico para corrosão de arcos NiTi em soluções de flúor a 1,1% parece estar entre 6,0 e 5,5. Uma boa higiene oral deve ser ensinada e cobrada a cada consulta, a fim de promover a eliminação mecânica da placa bacteriana. Porém, se ainda assim o ortodontista perceber que o paciente possui risco de cáries, deve-se optar pela prescrição de soluções fluoretadas com pH mais básico.

REFERÊNCIAS

- Schiff N, Boinet M, Morgon L, Lissac M, Dalard F, Grosogeat B. Galvanic corrosion between orthodontic wires and brackets in fluoride mouthwashes. *European journal of orthodontics*. 2006;28(3):298-304.
- Persson M. A 100th anniversary: Sandstedt's experiments on tissue changes during tooth movement. *Journal of orthodontics*. 2005;32(1):27-8.
- Sandhu SS, Shetty VS, Mogra S, Varghese J, Sandhu J, Sandhu JS. Efficiency, behavior, and clinical properties of superelastic NiTi versus multistranded stainless steel wires: a prospective clinical trial. *The Angle orthodontist*. 2012;82(5):915-21.
- Kusy RP. A review of contemporary archwires: their properties and characteristics. *The Angle orthodontist*. 1997;67(3):197-207.
- Dayananda GN, Subba Rao M. Effect of strain rate on properties of superelastic NiTi thin wires. *Mater Sci Eng A Struct Mater*. 2008;486(1-2):8.
- Huang HH. Effects of fluoride concentration and elastic tensile strain on the corrosion resistance of commercially pure titanium. *Biomaterials*. 2002;23(1):5.
- Kao CT, Ding SJ, He H, Chou MY, Huang TH. Cytotoxicity of orthodontic wire corroded in fluoride solution in vitro. *The Angle orthodontist*. 2007;77(2):349-54.
- Kassab EJ, Gomes JP. Assessment of nickel titanium and beta titanium corrosion resistance behavior in fluoride and chloride environments. *The Angle orthodontist*. 2013;83(5):864-9.
- Rerhrhaye W, Bahije L, El Mabrouk K, Zaoui F, Marzouk N. Degradation of the mechanical properties of orthodontic NiTi alloys in the oral environment: an in vitro study. *International orthodontics / Collège européen d'orthodontie*. 2014;12(3):271-80.
- Alexander SA, Ripa LW. Effects of self-applied topical fluoride preparations in orthodontic patients. *The Angle orthodontist*. 2000;70(6):424-30.
- Lee TH, Huang TK, Lin SY, Chen LK, Chou MY, Huang HH. Corrosion resistance of different nickel-titanium archwires in acidic fluoride-containing artificial saliva. *The Angle orthodontist*. 2010;80(3):547-53.
- Yokoyama K, Kaneko K, Moriyama K, Asaoka K, Sakai J, Nagumo M. Hydrogen embrittlement of Ni-Ti superelastic alloy in fluoride solution. *J Biomed Mater Res A*. 2003;652(2):6.

MAEDA FA
 AMARAL N
 OGAWA CM
 FARIAS SA
 FERNANDES KS
 CARVALHO PEG
 TRIVIÑO T
 SILVA LH

O EFEITO DE
 DIFERENTES
 NÍVEIS DE PH
 EM SOLUÇÕES DE
 FLÚOR A 1,1%
 NA CORROSÃO DE
 ARCOS NITI



13. Walker MP, White RJ, Kula KS. Effect of fluoride prophylactic agents on the mechanical properties of nickel-titanium-based orthodontic wires. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2005;127(6):662-9.
14. Watanabe I, Watanabe E. Surface changes induced by fluoride prophylactic agents on titanium-based orthodontic wires. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2003;123(6):653-6.
15. Nakagawa M, Matsuya S, Shiraishi T, Ohta M. Effect of fluoride concentration and pH on corrosion behavior of titanium for dental use. *Journal of dental research*. 1999;78(9):1568-72.
16. Lausmaa J, Kasemo B, Hansson S. Accelerated oxide grown on titanium implants during autoclaving caused by fluorine contamination. *Biomaterials*. 1985;6(1):5.
17. Gorelick L, Geiger AM, Gwinnett AJ. Incidence of white spot formation after bonding and banding. *American journal of orthodontics*. 1982;81(2):93-8.
18. Rolla G, Saxegaard E. Critical evaluation of the composition and use of topical fluorides, with emphasis on the role of calcium fluoride in caries inhibition. *Journal of dental research*. 1990;69 Spec No:780-5; discussion 820-3.
19. Koushik SRH, Hegde N, Mahesh CM, Chandrashekar BS, Shetty B, Mahendra S. Effect of fluoride prophylactic agents on the mechanical properties of Nickel-Titanium Wires: An in vitro Study. *J Ind Orthod Soc*. 2011;45(4):6.
20. Mane PP, Pawar R, Ganiger C, Phaphe S. Effect of fluoride prophylactic agents on the surface topography of NiTi and CuNiTi wires. *The journal of contemporary dental practice*. 2012;13(3):285-8.
21. Yadav SK, Sehgal V, Mittal S. Effects of Fluoride on NiTi Orthodontic Archwires: An X-ray Diffraction Study. *J Ind Orthod Soc*. 2013;47(4):5.
22. Ramalingam A, Kailasam V, Padmanabhan S, Chitharanjan A. The effect of topical fluoride agents on the physical and mechanical properties of NiTi and copper NiTi archwires. An in vivo study. *Australian orthodontic journal*. 2008;24(1):26-31.
23. Bogdanski D, Koller M, Muller D, Muhr G, Bram M, Buchkremer HP, et al. Easy assessment of the biocompatibility of Ni-Ti alloys by in vitro cell culture experiments on a functionally graded Ni-NiTi-Ti material. *Biomaterials*. 2002;23(23):4549-55.
24. Jaber LC, Rodrigues JA, Amaral FL, Franca FM, Basting RT, Turssi CP. Degradation of orthodontic wires under simulated cariogenic and erosive conditions. *Brazilian oral research*. 2014;28(1).

Recebido em 14/08/2017

Aceito em 16/10/2017

