

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES CORES DE ELÁSTICOS EM CADEIA SINTÉTICOS: *IN VITRO*

COMPARATIVE STUDY BETWEEN DIFFERENT COLORS OF ELASTOMERIC CHAIN: AN *IN VITRO* STUDY

Géssica Zamboni **Cigognini**^{1*}, Karoline **Markoski**², Matheus **Karch**³, Marcos **Giovanetti**¹, Simone Camargo Da **Silva**³.

¹São Leopoldo Mandic, Campinas, SP, Brasil.

²Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Chapecó, SC, Brasil.

³UNINGÁ - Centro Universitário Ingá, Maringá, PR, Brasil.

*gessicazc@unochapeco.edu.br

Recebido em: 27/04/2020; Aceito em: 16/10/2020.

RESUMO

Este estudo, *in vitro*, teve como meta medir a influência das cores sobre a degradação da força de elásticos ortodônticos em cadeia da marca Morelli®, após estirados e submersos em saliva artificial. Os valores foram obtidos após mensuração imediata (tempo zero), 30 minutos, 1 hora e 24 horas de submersão. Foram analisadas vinte amostras, escolhidas aleatoriamente, de cada uma das cores de elásticos em cadeia sintéticos. Cada amostra, composta por 4 elos, foi inicialmente pré-estiradas, com o auxílio de duas sondas exploradoras, até o estresse. A determinação da quantidade de estiramento dos elásticos para aferição corresponde a 50% do valor do pré-estiramento inicial. Após a leitura inicial, cada um dos elásticos foi retirado do dinamômetro com o auxílio de uma pinça clínica e em seguida assentados sobre um gabarito com pinos desenvolvidos para acomodação dos elásticos. Os conjuntos (gabarito + elásticos) foram imersos em saliva artificial a 37 °C (histerese $\pm 1^\circ$). Nos intervalos de tempo 30 minutos, 1 hora e 24 horas. As amostras no tempo zero apresentavam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as cores, com maior variação para a cinza e menor para a cor preta. Todas as cores mostraram maior degradação de força na primeira hora.

Palavras-chave: Cor. Elasticidade. Elastômeros. Ortodontia.

ABSTRACT

This *in vitro* study aimed to measure the influence of colors on the force degradation of orthodontic power chain of the Morelli® brand, after stretched and submerged in artificial saliva. The values were obtained after immediate measurement (time zero), 0.5, 1 and 24 hours of immersion. Twenty samples were selected at random from each of the colors of elastomeric chain. Each sample, composed of 4 links, was initially pre-stretched, with two probes, until stress. The determination of the amount of stretch of the elastics for measurement corresponds to 50% of the value of the initial pre-stretch. After the initial reading, each sample was removed from the dynamometer with the aid of



a clinical tweezers and then placed on a device (template with pins) developed to accommodate the rubber bands. The sets (device + samples) were immersed in artificial saliva at 37 ± 1 °C (hysteresis). In the time intervals 30 minutes, 1 hour and 24 hours. The samples at time zero showed significant differences ($p < 0.05$) between colors, with greater variation for gray and lesser for black. All colors showed greater force degradation in the first hour.

Keywords: Color. Elasticity. Elastomers. Orthodontics.

INTRODUÇÃO

Elastômero é o termo usado para materiais que retornam à sua configuração inicial após sofrer deformação substancial, são polímeros amorfos poliuretanos. A borracha natural, utilizada inicialmente por civilizações maias e incas, foi o primeiro elastômero conhecido (YOUNG; SANDRIK, 1979; BATY; STORIE; VON FRAUNHOFER, 1994).

A principal característica dos elásticos é a elasticidade, propriedade que determina sua efetividade. A elasticidade é determinada pelo padrão geométrico e pelo tipo de atração molecular existente nos mesmos (ALEXANDRE *et al.*, 2008).

As técnicas ortodônticas vêm recebendo melhorias e se aperfeiçoando com o passar dos anos, o que possibilita uma melhor condução do tratamento e obtenção de resultados cada vez mais satisfatórios. Os elásticos e elastômeros sofreram inúmeras modificações para melhorar suas propriedades tais como o processo de vulcanização possibilitando mais elasticidade e estabilidade térmica (ALEXANDRE *et al.*, 2008).

Os elásticos sintéticos começaram a ser produzidos a partir de 1920, sua utilização na Ortodontia se difundiu na década de 60. Esses elastômeros são práticos, biocompatíveis e eficientes. Os mais utilizados em ortodontia são os elásticos em cadeia e as ligaduras elásticas (KOCHENBORGER *et al.*, 2011).

Na ortodontia atual existem inúmeros dispositivos para realizar a movimentação dentária, os elastômeros, são amplamente utilizados em virtude de seu menor custo, a facilidade de uso e sua possibilidade de opções de cores, aumentando sua aceitação pelos pacientes (NETO; CAETANO, 2004).

A aplicação clínica dos elásticos deve ser baseada em evidências científicas de acordo com o tipo de movimentação ou efeito desejado. Para tratamentos ortodônticos corretivos os elásticos em cadeia são acessórios indispensáveis para o profissional, sendo consideradas importantes fontes de força na movimentação ortodôntica, a fim de obter maior controle sobre os tratamentos e resultados ortodônticos individualizados (LORIATO; MACHADO; PACHECO, 2006; QUEZER *et al.*, 2015).

Entretanto, os elásticos sintéticos possuem uma estrutura molecular relativamente frágil e não podem ser considerados materiais elásticos ideais, pois quando são estirados e expostos à água, enzimas e também a variações de temperatura, promovem uma deformação permanente. Além disso, sofrem significativa degradação na quantidade de força liberada ao longo do tempo de utilização (HUGET; PATRICK; NUNEZ, 1990; ARAUJO; URSI, 2006).

Para minimizar a perda de elasticidade e força, principalmente a que ocorre nas primeiras 24 horas, após sua aplicação clínica os elásticos necessitam ser pré-estirados. Esse procedimento é um recurso mecânico utilizado para evitar uma queda brusca na força liberada pelo elástico após sua aplicação. Os elásticos podem ser estirados em diferentes velocidades (lenta ou rápida) (KOVATCH; LAUTENSCHLAGER APFEL, 1976; MARTINS; LIMA; SOARES, 2008).

Os procedimentos de estiramento dos elásticos em cadeia, realizados através do método manual com pinça de separação mostraram-se efetivos, visto que a força liberada após os procedimentos de pré-estiramento tornou-se constante e nos níveis aceitáveis clinicamente para a movimentação dentária (MARTINS; LIMA; SOARES, 2008).

Alterações nas propriedades mecânicas dos elásticos em cadeia quando estirados são de grande interesse para a utilização desses materiais, uma vez que poderão permanecer por um tempo relativamente longo na cavidade bucal, sendo extremamente desejável que, durante esse intervalo, continuem exercendo uma força clinicamente estável (SOUZA *et al.*, 2008).

O objetivo desta pesquisa é mensurar, *in vitro*, a quantidade de força alcançada por elásticos ortodônticos em cadeia da marca Morelli® tipo médio e a influência das cores sobre essa degradação, quando submersos em saliva artificial a 37 ± 1 °C, em função da força e do tempo de estiramento a que foram submetidos.

As cadeias elastoméricas têm sido um meio popular de imersão de força em tratamentos ortodônticos. É indispensável que as forças aplicadas sejam leves e contínuas, o que justifica estudar a degradação de forças dos elásticos de diferentes cores da marca Morelli®.

MATERIAL E METÓDOS

Para a pesquisa foram utilizados elásticos ortodônticos em embalagens seladas e dentro do prazo de validade. Foram analisadas vinte amostras, escolhidas aleatoriamente, de cada uma das cores de elásticos em cadeia sintéticos (Tabela 1).

Tabela 1 - Cores comerciais dos elásticos sintéticos estudados

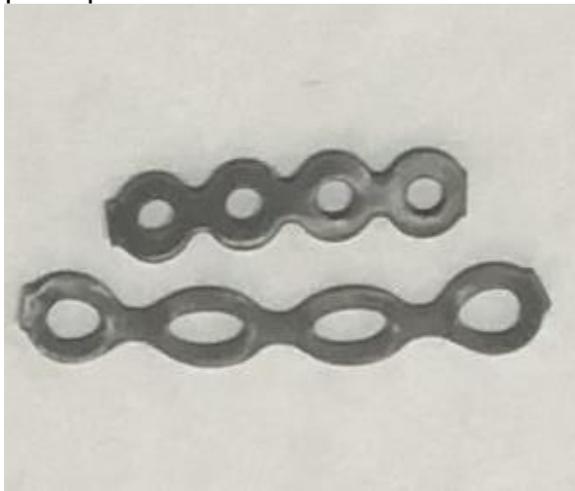
Marca	Tipo	Cor	Referência
Morelli®	Médio	Preto	60.05.211
Morelli®	Médio	Verde Musgo	60.05.207
Morelli®	Médio	Transparente	60.05.251
Morelli®	Médio	Cinza	60.05.511

Fonte: os autores

Cada uma das oitenta amostras, compostas por 4 elos, foi inicialmente pré-estirada (Figura 1), com o auxílio de duas sondas exploradoras, até o estresse. A determinação da quantidade de estiramento dos elásticos para aferição corresponde a 50% do valor do pré-estiramento inicial.

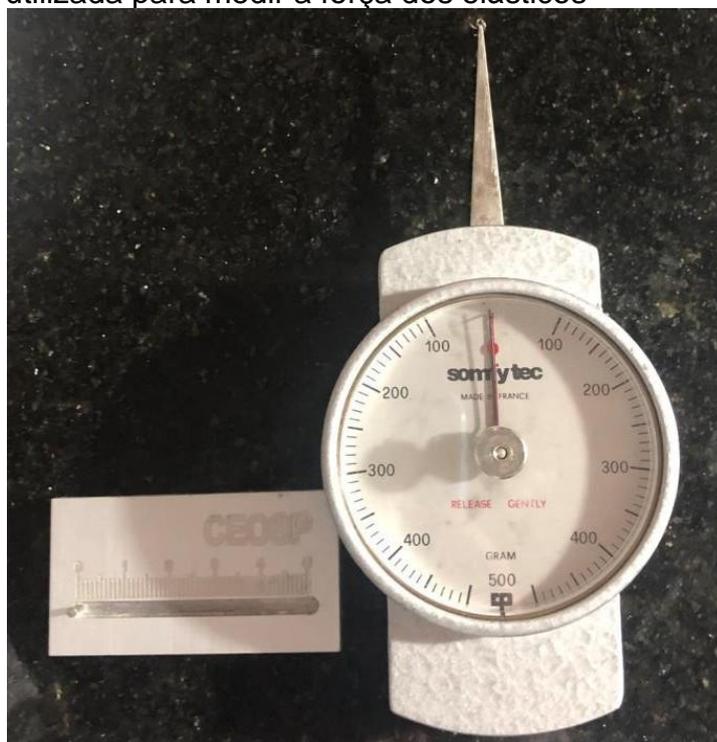
Para realizar as leituras utilizou-se um dinamômetro da marca Somfytec®, mais régua criadas para permitir a estabilização da força para todas as amostras (Figura 2).

Figura 1 - Fotografia de uma amostra pré e pós estiramento



Fonte: os autores.

Figura 2 - Fotografia do dinamômetro e régua utilizada para medir a força dos elásticos



Fonte: os autores.

Antes do início dos experimentos, fez-se o pré-aquecimento da saliva artificial (Tabela 2) a 37 ± 1 °C no dispositivo de termociclador em ensaios estáticos.

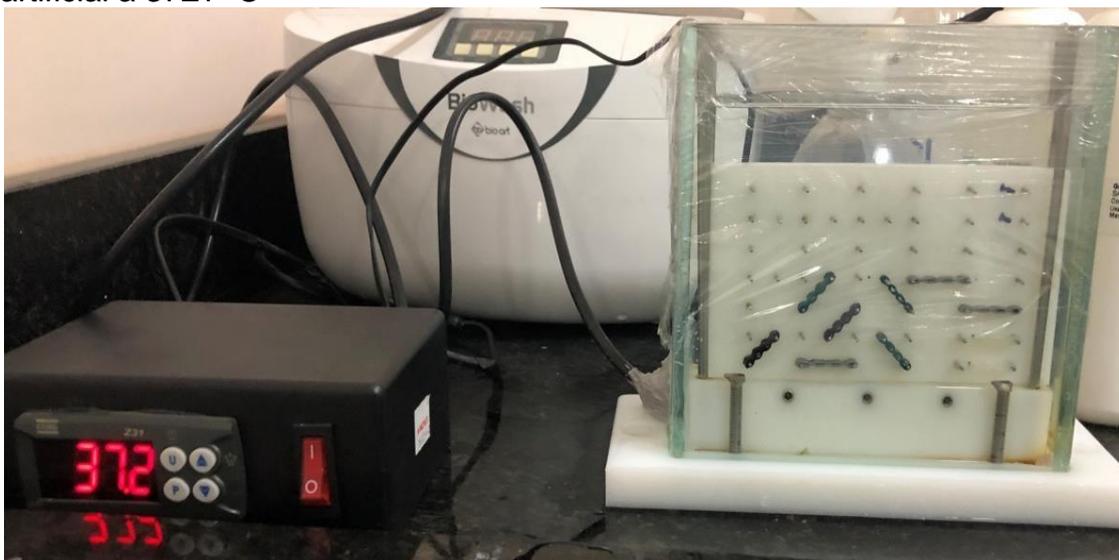
Tabela 2 - Formulação para Saliva Artificial

Carboximetilcelulose Sódica	10g
Sorbitol	30g
Cloreto de Potássio	1,2g
Fosfato de Potássio Monobásico	342mg
Cloreto de Sódio	84mg
Cloreto de Cálcio Anidro	146mg
Cloreto de Magnésio	52mg
Água Destilada qsp	1.000ml

Fonte: os autores.

Após a leitura inicial, cada um dos elásticos foi retirado do dinamômetro, com o auxílio de uma pinça clínica e assentados sobre uma placa de acrílico e seus respectivos pinos desenvolvidos para acomodação dos elásticos. Os conjuntos (gabarito + elásticos) foram imersos em saliva artificial a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ (Figura 3). Nos intervalos de tempo 30 minutos, 1 hora e 24 horas; A placa foi retirada da saliva artificial e colocada sobre papel absorvente e, com a pinça, anteriormente citada, os elásticos foram levados para aferição no dinamômetro.

Figura 3 - Fotografia do conjunto placa-pinos + elásticos imersos em saliva artificial a $37 \pm 1^\circ\text{C}$



Fonte: os autores.

Os testes de Shapiro-Wilk e Levene foram utilizados para a análise da normalidade e da igualdade das variâncias, respectivamente. Foi utilizada a estatística descritiva com média e respectivos intervalos de confiança para representação das variáveis analisadas ou pontos médios de Friedmann.

As comparações da resistência dos elastômeros nos tempos estudados foram realizadas por meio da análise de variância de dois fatores de Friedmann. A comparação entre grupos no tempo zero foi realizada por meio do teste de Kruskal-Wallis e para as comparações múltiplas foi utilizado o teste de Mann-Whitney com a correção de Bonferroni. Todos os testes foram bicaudais, com nível de significância de 5% e utilizou-se o software SPSS™ versão 24.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da Análise de Variância para medidas repetidas, observou-se a existência de diferenças significativas entre os perfis de evolução dos elásticos ao longo do tempo.

A análise da Tabela 3 revelou que o elástico corrente da cor preta apresentou a maior média de força inicial (442,25g), seguida dos módulos elastoméricos da cor verde musgo (383,5g), transparente (292,75) e cinza (272,75). A maior média final de tensão, ao longo das 24 horas de experimento permaneceu, sendo à da cor preta (321,75g), acompanhadas das amostras verde musgo (245,74g), transparente (135,5g) e cinza (110,5g).

Tabela 3 - Médias e erros-padrão para a tensão dos elásticos de diferentes cores em função do tempo

Tempo	Preto	Verde musgo	Cinza	Transparente
0 min.	442,25 (2,5)	383,5 (4,0)	272,75 (4,9)	292,75 (5,4)
30 min.	407 (4,7)	346,25 (3,5)	181,75 (3,3)	214,25 (4,0)
60 min.	345,5 (2,7)	282,5 (2,5)	113,25 (4,0)	150 (3,2)
24 horas	321,75 (2,4)	245,75 (3,3)	110,50 (1,5)	135,5 (3,5)

Fonte: os autores.

Na primeira aferição de força (0min.), mesmo antes da ação do tempo e da imersão em saliva artificial, já existiam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre algumas cores, com valores médios mais altos para a cor preta e mais baixos para a cinza (Tabela 3). Estes dados indicam que o grupo 0 min. não é homogêneo e sugere que o processo de produção das diferentes cores pode ter influência na quantidade de força gerada. Autores como Martins *et al.* (2006), já sugeriram que o material utilizado para colorir os elásticos em cadeia poderia promover alteração na quantidade de força inicial gerada e na capacidade do elástico em reter a força original. Entretanto para Souza (2003), a coloração dos elásticos não interfere de forma significativa na força inicial gerada.

Na averiguação (30min.) houve a maior degradação de força o que confere a com a pesquisa de Araujo e Ursi (2006), onde as cadeias elastoméricas sofreram uma significativa redução na quantidade média de força nos primeiros 30 minutos de teste, depois, as tensões foram gradativamente liberadas numa menor intensidade.

As amostras, independentemente da cor sofreram significativa redução nos valores de força na primeira hora (60 min.), comprovando, juntamente com Baty, Storie e Von Fraunhofer (1994), que os elásticos em cadeia são incapazes de gerar forças constantes durante um período considerável de tempo.

Os valores encontrados em relação ao percentual de degradação das forças geradas nesta pesquisa; confirmam os dados encontrados por Bishara e Andreasen (1970) que avaliaram a degradação da força liberada pelos elásticos sintéticos, em função do tempo de estiramento a que foram submetidos, e observaram que a maior redução na quantidade de carga liberada pelos elásticos ocorreu na primeira hora de teste.

No tempo (24h), todos os grupos de cores mostraram diferença significativa em relação ao tempo inicial. Resultado que concorda com a

pesquisa realizada por Martins *et al.* (2006), que constatou diferenças estatisticamente significativas entre as forças médias geradas pelas ligaduras elásticas nos tempos 0min. e 24h.

Os resultados sugerem que os pigmentos utilizados para colorir as ligaduras elásticas podem ter influência na força gerada, pois houve uma padronização no experimento, onde as diversas cores permaneceram pelo mesmo tempo imersas em saliva artificial e foram distendidas com velocidade e distância padronizadas.

As cadeias elastoméricas da cor cinza apresentaram maior percentual de redução na quantidade de força gerada em 24 horas de testes (59,4%), seguidas pelos espécimes da cor transparente (53,7%), verde musgo (35,9%) e preto (27,2%) (Tabela 3 e 4).

A degradação de força analisada concorda com os autores Baty, Storie e Von Fraunhofer (1994) que relatam uma variação entre 50% a 75% de perda da força inicial. Para Andreasen e Bishara (1970), a escolha do elástico sintético deve ser realizada obtendo-se uma força inicial cerca de 4 vezes maior que a desejada para aplicação no dente, pois, após primeiro dia, há um decréscimo da força de aproximadamente 75%. Porém, durante a movimentação ortodôntica, forças muito elevadas não são desejadas.

Tabela 4 - Percentual de redução de força em função do tempo de análise dos elásticos correntes

Tempo	Preto	Verde musgo	Cinza	Transparente
30 min.	7,9%	9,7%	33,3%	26,8%
60 min.	21,8%	26,3%	58,4%	48,7%
24 horas	27,2%	35,9%	59,4%	53,7%

Fonte: os autores.

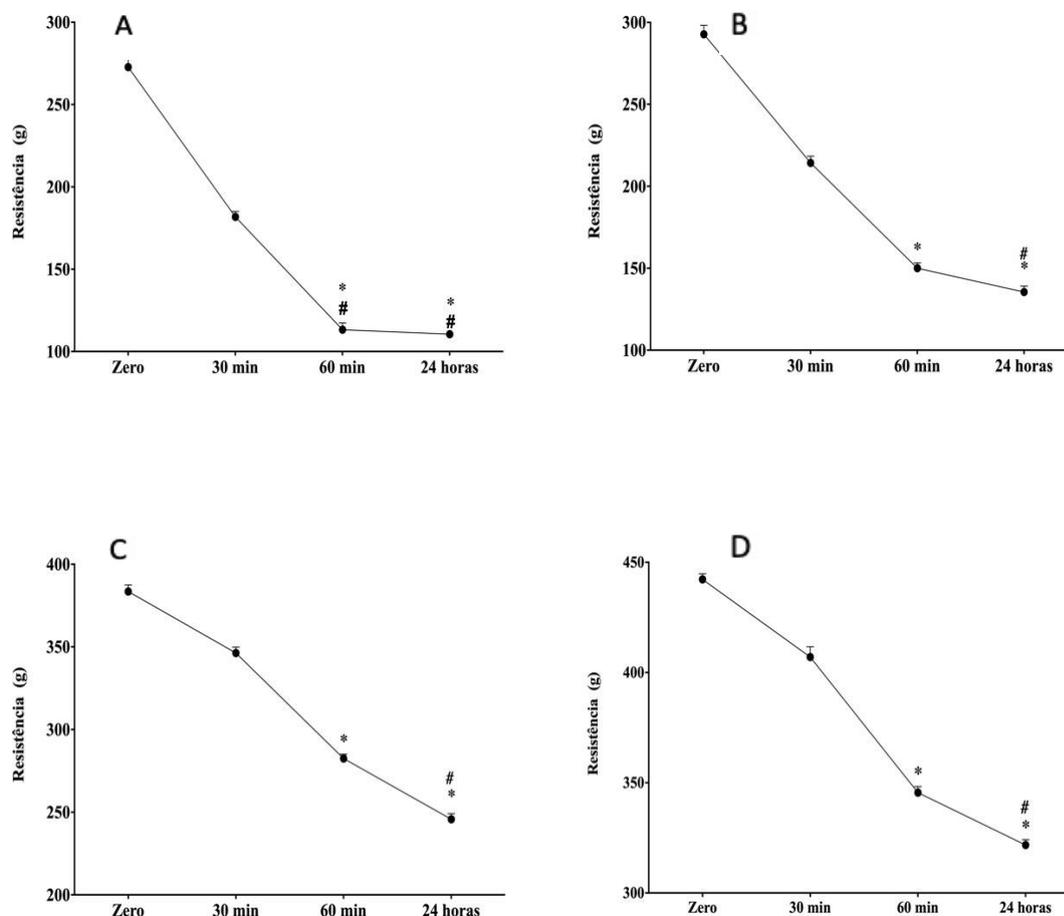
O teste de Friedmann (Figura 4) mostrou que a resistência dos elastômeros da cor cinza (A) diferiu significativamente entre os tempos analisados [$X^2(3) = 57,92$; $p < 0,001$]: o teste de *post hoc* mostrou que os tempos de 60 minutos e 24 horas foram diferentes dos tempos zero e 30 minutos ($p < 0,05$).

Para os elastômeros das cores transparente (B), verde (C) e preto (D) também foram evidenciadas diferenças estatisticamente significantes entre os tempos medidos [$X^2(3) = 60,00$; $p < 0,001$].

Não houve diferenças significativas na degradação de força no tempo (30 min.), provavelmente porque este estudo foi realizado na condição *in vitro* e os efeitos do meio bucal e suas variáveis foram negligenciados, o que concorda com os autores Mirhashemi *et al.* (2012).

As cores que apresentaram piores resultados de degradação da força foram às cores transparente (53,7%) e cinza (59,4%). Esses dados confirmam os encontrados na literatura, por autores como Matta (1996) e Martins *et al.* (2006), que justificam o melhor desempenho das demais cores em relação à cinza, devido a pigmentos e materiais que tornam estes elastômeros transparentes, exceto o cinza que sua forma inicial se apresenta nesta cor.

Figura 4 - Distribuição por postos de Friedman relativas à resistência de elastômeros das cores cinza (A), transparente (B), verde (C) e preto (D) nos tempos zero, 30 minutos, 60 minutos e 24 horas



Notas: * Diferença estatisticamente significativa em relação ao tempo zero ($p < 0,05$);

Diferença estatisticamente significativa em relação ao tempo 30 minutos ($p < 0,05$).

Fonte: os autores.

CONCLUSÃO

As características da degradação de força relacionada às diferentes cores, das cadeias elastoméricas, diferem significativamente em força.

No tempo zero já existem diferenças estatisticamente significantes, entre algumas cores, os valores médios mais altos são relacionados à cor preta e mais baixos a cor cinza.

Em relação ao tempo a maior quantidade de degradação foi na primeira hora. A evolução da degradação também foi diferente de acordo com a cor, indicando que o pigmento influencia na quantidade de força inicial e no perfil de como a força diminui.

Clinicamente essa informação pode basear o operador a indicar cores de acordo com tipo de movimentação, necessidade de força, ou intervalo entre consultas.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, L. P. *et al.* Avaliação das propriedades mecânicas dos elásticos e cadeias elastoméricas em ortodontia. **Revista Odonto**, v. 16, n. 32, p. 53-63, 2008.

ANDREASEN, G. F.; BISHARA, S. E. Comparison of alastik chains with elastics involved with intra-arch molar to molar forces. **Angle Orthodontist**, v. 40, n. 3, p.151-158,1970.

ARAUJO, F. B. C.; URSI, W. J. S. Estudo da degradação da força gerada por elásticos ortodônticos sintéticos. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, v. 11, n. 6, p. 52-61, 2006.

BATY, D. L.; STORIE D. J.; VON FRAUNHOFER J. A. Synthetic elastomeric chains: a literature review. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 105, n. 6, p. 536-542, 1994.

BISHARA, S. E.; ANDREASEN, G. F. A comparison of time related forces between plastic alastiks and látex elastics. **Angle Orthodontist**, v. 4, n. 4, p. 319-328, 1970.

HUGET, E. F.; PATRICK, K. S.; NUNEZ, L. J. Observations on the elastic behavior of synthetic orthodontic elastomer. **Journal of Dental Research**, v. 69, n. 2, p. 496-501, 1990.

KOCHENBORGER, C. *et al.* Avaliação das tensões liberadas por elásticos ortodônticos em cadeia: estudo *in vitro*. **Dental Press Journal of Orthodontics**, v. 16 n. 6, p. 93-99, 2011.

KOVATCH, J. S.; LAUTENSCHLAGER, E. P.; APFEL, D. A. Load-Extension-Time behavior of orthodontic alastiks. **Journal of Dental Research**, v. 55, n. 5, p. 783-786, 1976.

LORIATO, L. B.; MACHADO, A. W.; PACHECO, W. Considerações clínicas e biomecânicas de elásticos em ortodontia. **Revistas de Ortodontia Dental Press**, v. 5, n. 1, p. 42-55, 2006.

MARTINS, M. M. *et al.* Estudo comparativo entre as diferentes cores de ligaduras elásticas. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, v. 11, n. 4, p. 81-90, 2006.

MARTINS, M. M.; LIMA, T. A.; SOARES, C. M. O. Influência do pré-estiramento nas forças geradas por elásticos ortodônticos em cadeia. **Brazilian Dental Science**, v. 11, n. 3, p. 38-46, 2008.

MATTA, E. N. R. **Avaliação laboratorial da deformação plástica e da capacidade de liberação de força por elásticos plásticos**. 1996. 86f.

Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996.

MIRHASHEMI, A. H. *et al.* Force-Degradation Pattern of Six Different Orthodontic Elastomeric Chains. **Journal of Dentistry of Tehran University of Medical Sciences**, v. 9, n. 4, p. 204-215 2012.

NETO, J. J. F.; CAETANO, M. T. O. A degradação da força de segmentos de elásticos em cadeia de diferentes tamanhos – estudo comparativo *in vitro*. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, v. 9, n. 51, p. 225-233, 2004.

QUENZER, J. P. *et al.* Influence of elastic chain in the degradation of orthodontic forces - *in vitro* study. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 44, n. 6, p. 320-325, 2015.

SOUZA, E. V. *et al.* Percentual de degradação das forças liberadas por ligaduras elásticas. **Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial**, v. 13, n. 2, p. 138-145, 2008.

SOUZA, E. V. **Avaliação das forças liberadas por ligaduras elásticas**. 2003. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ortodontia) - Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

YOUNG, J.; SANDRIK, J. The influence of preloading on stress relaxation of orthodontic elastic polymers. **Angle Orthodontist**, v. 49, n. 2, p. 104-109, 1979.