

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Faculdade de Odontologia
Programa de Pós-graduação em Odontologia
Mestrado em Odontologia área de atuação: Ortodontia

Vanessa Dias da Silva

**Análise *in vitro* e *in vivo* das alterações de cor das ligaduras elásticas
estéticas**

Porto Alegre 2014

VANESSA DIAS DA SILVA

**ANÁLISE IN VITRO E IN VIVO DAS ALTERAÇÕES DE COR DAS
LIGADURAS ELÁSTICAS ESTÉTICAS**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos obrigatórios para obtenção do grau de mestre em Odontologia, área de concentração em Ortodontia, pelo programa de Pós-graduação da Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Martinelli Santayana de Lima

*Porto Alegre
2014*

Ficha Catalográfica

S586a Silva, Vanessa Dias da

Análise in vitro e in vivo das alterações de cor das ligaduras elásticas estéticas / Vanessa Dias da Silva . – 2014.

56 f.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Odontologia, PUCRS.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Martinelli Santayana de Lima.

1. Estética. 2. Pigmentação. 3. Ligadura. I. Lima, Eduardo Martinelli Santayana de. II. Título.

DEDICATÓRIA

Para aquela que eu sempre me espelhei. Minha amiga e meu exemplo,
minha irmã Caroline.

AGRADECIMENTOS

À Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, na pessoa de seu Reitor, Prof. Dr. Ir. Joaquim Clotet.

À Diretoria da Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, na pessoa de seu diretor, Prof. Dr. Alexandre Bahlis.

À CAPES, pelo apoio financeiro disponibilizado, indispensável para a realização deste curso.

Ao programa de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, na pessoa de sua coordenadora, Profa. Dra. Ana Maria Spohr.

Ao meu orientador e amigo, Prof. Dr. Eduardo Martinelli Santayana de Lima, pela amizade e ótima convivência durante todos esses anos na PUC e principalmente por me ensinar não somente sobre a Ortodontia, mas sobre a vida. Seus conselhos e lições fortaleceram minha formação pessoal e foram decisivos nas escolhas que eu fiz e nas que ainda farei.

Ao prof. Dr. Leandro Berni Osório pelo auxílio, disposição e atenção que me dedicou e por ter me recebido muito bem na cidade de Santa Maria durante a pesquisa. Sem a tua ajuda e paciência esse trabalho não seria possível.

À Profa. Suzana Maria Deon Rizzatto, por me acolher na PUC e transformá-la em minha segunda casa durante seis anos. Sem a tua presença tudo seria diferente. Sou eternamente grata por tudo que me ensinou durante esse período e principalmente pela sua amizade. Você sempre foi minha inspiração na Ortodontia e fico muito feliz de ter a oportunidade de aprender um pouco da sua maneira brilhante de trabalhar.

À Profa. Dra. Luciane Macedo de Menezes por todos os valiosos conhecimentos ortodônticos transmitidos durante a minha formação e por ser um exemplo de dedicação, excelência e comprometimento profissional.

À Profa. Dra. Tatiana Gonçalves, por ter sido uma ótima professora no início da minha formação e por agora ser uma amiga querida.

Ao Prof. Dr. Fernando Martinelli, grande colorado, pela afinidade e camaradagem em todos esses anos.

Ao Prof. Dr. Telmo Bandeira Berthold pela boa convivência e pelo carinho sempre demonstrado.

Ao Prof. Dr. Ernani Menezes Marchioro por ser sempre prestativo e transmitir alegria.

À banca examinadora, pela disposição em participar da arguição e pela leitura do trabalho.

Aos funcionários da Faculdade de Odontologia da PUCRS, pela constante ajuda e carinho.

Agradeço aos colegas e amigos do Mestrado, Especialização e Doutorado, por tornarem meus dias mais felizes na PUCRS, em especial à minha colega e grande amiga Cláudia Kochenborger, por todos os momentos em que fomos estudiosas, trabalhadoras, festeiras, atletas e cúmplices. Obrigada pela parceria, pelo sorriso, pelo abraço, pela mão que sempre se estendia quando eu precisava. Esta caminhada não seria a mesma sem você.

Aos maiores incentivadores de uma vida inteira, meus pais, Nelson e Sandra, pela perseverança em afirmar que o conhecimento ninguém, nunca, tira de nós. Agradeço o carinho incondicional, a presença, o apoio, a segurança, a paciência, o incentivo e o cuidado, mas principalmente pelo amor de sempre. Em meus vinte e oito anos de vida não houve um dia em que não me senti amada. Sinto-me abençoada por ter vocês, obrigada!

Obrigada ao Guilherme por ser quem é, por estar comigo em cada passo da vida, sempre me apoiando, motivando e ensinando a ser uma pessoa melhor com seu enorme amor.

Agradeço, sobretudo a Deus, Fonte que Tudo É, por prover grandes desafios à minha existência, iluminar com seu amor os meus caminhos e estar sempre junto à minha alma.

“I do not try to dance better than anyone else. I only try to dance better than
myself.”

Mikhail Baryshnikov

RESUMO

Proposição: O objetivo deste estudo foi avaliar *in vitro* e *in vivo* as alterações de cor das ligaduras elásticas estéticas de diferentes tonalidades frente a quatro corantes comumente encontrados na dieta dos pacientes e ao meio bucal.

Materiais e Métodos: A amostra *in vitro* foi composta por ligaduras elásticas estéticas as quais foram imersas durante 72 horas em cinco soluções diferentes: água destilada (grupo controle), café, chá, Coca-Cola® e vinho. A amostra *in vivo* foi avaliada em pacientes brasileiros, que se encontravam em tratamento ortodôntico, em um modelo de boca dividida. Quatro módulos elásticos de cada grupo foram aleatoriamente distribuídos nos quatro quadrantes de sete pacientes. As alterações de cor das ligaduras foram mensuradas com o auxílio de um espectrofotômetro, nos tempos T1 - como fornecidas pelo fabricante; T2 - após o processo de pigmentação.

Resultados: Os resultados indicaram que as ligaduras elásticas estéticas são suscetíveis à pigmentação tanto *in vivo* quanto *in vitro*, independente da tonalidade inicial. Dentre os corantes avaliados *in vitro*, todos alteraram o aspecto final e a cor das amostras testadas. Em ordem crescente, a coloração dos corpos de prova foi a seguinte: água destilada, Coca-Cola®, chá preto, vinho e café.

Conclusão: As substâncias que tiveram um maior potencial de pigmentação nas ligaduras elásticas estéticas foram o chá preto, vinho e café, respectivamente. Todas as tonalidades dos elásticos estéticos são suscetíveis à alteração de cor.

Palavras-chave: Estética; Pigmentação; Ligadura.

ABSTRACT

Proposition: The objective of this study was evaluated *in vitro* and *in vivo* the color changes of esthetic orthodontic elastomeric ligatures of different shades compared to four dyes commonly found in the diet of patients.

Materials and Methods: The *in vitro* sample consisted of esthetic orthodontic elastomeric ligatures with were immersed during 72 hours in five different solutions: distilled water, coffee, tea, Coca-Cola and wine. The *in vivo* sample was evaluated in Brazilian patients, who were in orthodontic treatment, in a split-mouth model. Four elastic modules from each group were randomly distributed in the four quadrants of seven patients. The color changes of the ligatures were measured with the aid of a spectrophotometer, at T1 times - as provided by the manufacturer; T2 - after the pigmentation process.

Results: The results indicated that esthetic orthodontic elastomeric ligatures are susceptible to pigmentation both *in vivo* and *in vitro*, regardless of the initial shade. Among the dyes evaluated *in vitro*, all changed the finished look and the color of the samples tested. In ascending order, a staining of the specimens for the following: distilled water, Coca-Cola®, black tea, wine and coffee.

Conclusion: The substances that had a greater potential of pigmentation in the esthetic orthodontic elastomeric ligatures were black tea, wine and coffee, respectively. All shades of esthetic orthodontic elastomeric ligatures are susceptible to color change.

Keywords: Esthetics; Pigmentation; Ligature.

SUMÁRIO

1. Introdução	8
2. Fundamentação teórica	10
3. Proposição	18
4. Delineamento da pesquisa	18
5. Análise estatística.....	23
5.1.Análise estatística <i>in vitro</i>	23
5.2.Análise estatística <i>in vivo</i>	23
6. Resultados.....	24
6.1.Resultados <i>in vitro</i>	24
6.2.Resultados <i>in vivo</i>	25
7. Artigos	26
7.1.Artigo I.....	26
7.2.Artigo II.....	39
8. Conclusão.....	51
9. Referências.....	54

1. INTRODUÇÃO

Estética tornou-se uma demanda durante o tratamento ortodôntico, principalmente em pacientes adultos, que usualmente têm preferência por acessórios menos evidentes em seus sorrisos. Em um estudo com indivíduos da Suécia, com média de 27 anos de idade, 67% dos entrevistados usariam bráquetes metálicos, se necessário, o que significa que um terço dos jovens adultos entrevistados se recusam a usar aparelhos não estéticos¹. Por esse motivo, o número de produtos estéticos cresceu significativamente no mercado ortodôntico, como bráquetes cerâmicos, arcos recobertos, bráquetes linguais, elásticos incolores, entre outros².

Os pacientes que procuram tratamento com aparelhos ortodônticos translúcidos, geralmente preferem ligaduras elásticas incolores, que complementam a boa aparência dos bráquetes estéticos^{3,4}. No entanto, depois de algumas semanas, quando estes retornam para o controle do tratamento, a pigmentação dos elásticos é perceptível. É relatado na literatura que a degradação da cor ocorre devido a inúmeros fatores, tais como: alimentos com corantes, bebidas e enxaguatórios bucais^{5,6}.

Portanto, prevenir a pigmentação das ligaduras elásticas tornou-se um desafio significativo, uma vez que o ambiente oral é exposto à várias substâncias na dieta diária, que podem alterar a cor dos elásticos, causando degradação estética³. Estudos revelam que a exposição prolongada à Coca-Cola® altera a cor das resinas restauradoras^{7,8}, resultado também encontrado com outras bebidas como o chá, café e vinho, que são normalmente associados à mudanças de cor dos dentes e restaurações de

adultos⁷⁻¹¹. As especiarias, comumente encontradas em alimentos processados (comidas preparadas, salgadinhos, molhos, condimentos) e em alimentos típicos mexicanos, italianos e asiáticos, são outros produtos que podem causar manchas nos materiais dentários³.

Inúmeros estudos nas áreas de Dentística e Prótese têm analisado a influência de alimentos e bebidas na estabilidade de cor das resinas compostas e restaurações de porcelana. No entanto, na literatura ortodôntica pouco é encontrado sobre o assunto, provavelmente devido à limitação na medição das cores das ligaduras elásticas, anteriormente. Recentemente, os estudos usam colorímetros, câmeras digitais ou espectrofotômetros para avaliar alterações de cor, sendo encontrada uma degradação de cor das ligaduras elásticas estéticas de todos os fabricantes testados, obtendo valores maiores do que o limiar de percepção visual humana^{3,4,9,12,13}.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O tratamento ortodôntico corretivo consiste na transmissão de forças aos dentes, a fim de ajustá-los para posições adequadas. Alças, molas e materiais elásticos são importantes fontes de força na movimentação ortodôntica.

No final do século XIX iniciou-se o uso de elásticos na Ortodontia e com a melhora de suas propriedades essa utilização tem sido incrementada. São importantes instrumentos na obtenção de resultados favoráveis no tratamento ortodôntico¹⁴ e seu uso se dá com a transformação da energia potencial elástica em energia mecânica, resultando no movimento dentário^{15,16}.

O termo elastômero se refere aos materiais que retornam à sua dimensão original após sofrerem consideráveis deformações. Possivelmente, o primeiro material elástico conhecido foi a borracha natural utilizada por civilizações Maias e Incas¹⁷. A matéria-prima destas borrachas naturais era obtida da árvore seringueira *Hevea Brasiliensis* que pode ser encontrada na Amazônia. No entanto, o uso destas borrachas era limitado devido às suas propriedades físicas de absorção de água e instabilidade térmica. Em 1839, as propriedades físicas das borrachas foram melhoradas com o advento da vulcanização, preconizado por Charles Goodyear, fazendo com que a utilização deste material aumentasse consideravelmente¹⁷.

O polímero natural, sintetizado a partir de subprodutos dessa espécie vegetal, possuía alto peso molecular, sendo composto por três unidades de trans-isopreno no final da molécula e por milhares de unidades de cis-

isopreno ao longo da cadeia principal¹⁸. As borrachas naturais se deterioravam consideravelmente na presença de oxigênio, sendo assim sua utilização ainda era limitada para certas finalidades, sendo necessário o desenvolvimento de uma borracha sintética semelhante e com propriedades físicas melhores, em razão da escassez de borracha natural em decorrência da primeira guerra mundial. Agentes químicos foram desenvolvidos para inibir algumas reações indesejáveis como os antioxidantes e os anti-ozonizantes¹⁷.

Os elásticos sintéticos são produzidos a partir de materiais poliuretanos derivados do petróleo, cuja composição exata é segredo do fabricante. A composição interna destes materiais é determinada pelo nível de tecnologia empregada e pela qualidade das matérias primas empregadas na manufatura do material¹⁹. Os elastômeros poliuretanos mais utilizados em Ortodontia são os elásticos em cadeia e as ligaduras elásticas, sendo estas fabricadas de duas maneiras: a ligadura elástica tipo modular é feita pelo método de injeção em moldes e a ligadura elástica tipo bengala pelo método de extrusão¹⁹⁻²².

A borracha à base de isopreno sintético é um polímero com unidades cis-isopreno combinadas por ligações específicas na cadeia principal¹⁸. Quimicamente, os elastômeros são considerados polímeros. A origem grega da palavra explica sua estrutura, onde "poli" significa "muitas" e "meros" significa "partes". São substâncias compostas por várias moléculas que se repetem formando uma cadeia à parte das unidades fundamentais, que são denominadas monômeros²³. Estes polímeros são compostos por ligações primárias e secundárias com fraca atração molecular.

Os elásticos ortodônticos podem ser divididos de acordo com o seu material de fabricação: os de borracha natural e os sintéticos. Os elásticos de borracha natural ou látex são adquiridos a partir da extração vegetal, seguido de um processo de fabricação até a aquisição do produto final²⁴. Estes são usados como auxiliares para aparelhos extra bucais e também para aplicação como elásticos intermaxilares e intramaxilares.

Os elásticos sintéticos, também conhecidos como elastômeros ou simplesmente plásticos, são obtidos por meio de transformações químicas do carvão, petróleo e alguns álcoois vegetais²⁵. Como aplicação, podem ser utilizados para a fixação dos arcos aos bráquetes em substituição às ligaduras metálicas, assim como na retração e fechamento de espaços por elásticos do tipo corrente¹⁴.

As ligaduras elásticas apresentam vantagens como propriedade de memórraria elástica, são de fácil colocação, são confortáveis ao paciente, possuem biocompatibilidade, são de fácil higienização e estão disponíveis em várias cores, contribuindo para a motivação do paciente com o tratamento ortodôntico. Entretanto, também apresentam desvantagens como não serem capazes de liberar níveis de força constante por longo período de tempo e sofrerem alterações de suas propriedades físicas^{17,24-28}. Apresentam rápida degradação na cavidade bucal e, conseqüentemente, pequena vida útil. As principais causas da degradação acelerada são a variação do pH e da temperatura, a umidade do ambiente, o estresse e a ação bacteriana²⁹.

Ligaduras elásticas em cadeia ou individuais são fabricadas por inúmeras empresas e disponíveis em uma ampla variedade de cores para

atender a crescente demanda mundial por aparelhos ortodônticos estéticos. Ortodontistas e pacientes desenvolveram um olhar mais criterioso e uma preferência por aparelhos mais estéticos.

A demanda por aparelhos ortodônticos estéticos tem aumentado principalmente no tratamento de pacientes adultos. Bráquetes cerâmicos tornaram-se triviais e estão disponíveis para uso por aproximadamente 20 anos, apesar das propriedades clínicas negativas³⁰. Ao longo dos anos, o senso crítico dos pacientes tornou-se mais aguçado, e assim, a aparência estabelecida durante o tratamento com aparelhagem fixa tem se tornado uma exigência muito comum entre os pacientes³¹. Ziuchovski¹ (2008), constatou que um terço dos jovens adultos entrevistados se recusam a usar bráquetes metálicos. Por esse motivo, o número de produtos estéticos cresceu significativamente no mercado ortodôntico, como bráquetes cerâmicos, arcos recobertos, bráquetes linguais, elásticos incolores, entre outros².

O uso de ligaduras elásticas incolores ou de cor pérola valoriza a estética dos bráquetes cerâmicos. No entanto, estas podem descolorir se o paciente consumir certos alimentos ou bebidas, como café e chá, entre as consultas³². Enquanto os bráquetes de cerâmica são resistentes à alteração de cor, os elásticos estão sujeitos a descoloração por alimentos que possuem um elevado potencial de pigmentação, resultando num problema estético⁴.

O clínico e o paciente podem escolher uma cor esteticamente agradável para as ligaduras, entretanto, depois da colocação a susceptibilidade para a degradação da cor ao longo do tempo torna-se uma crítica preocupação³.

A qualidade, eficácia e custo-benefício dos elásticos tem se tornado uma preocupação cada vez maior para os ortodontistas. Muitos estudos foram realizados comparando o desempenho de diferentes marcas comerciais, tais como a degradação de força, a fricção e as alterações dimensionais de módulos elastoméricos^{17,28,33-35}. Entretanto, apesar da percepção dos ortodontistas sobre a susceptibilidade dos elastômeros à pigmentação, não existem muitos estudos sobre a estabilidade de cor desses módulos.

A capacidade de evitar as manchas extrínsecas e intrínsecas dos módulos poliuretanos tornou-se um desafio importante, devido ao ambiente oral ser exposto a uma variedade de corantes diariamente, muitos dos quais podem manchar ou alterar a superfície das ligaduras elásticas e causar degradação estética. Por conseguinte, é importante saber, não só se a exposição aos corantes pode alterar a cor do elastômero, mas também se é uma alteração que é perceptível pelo olho humano³.

A cor desempenha um importante papel em muitos aspectos da odontologia, particularmente na sua escolha nas restaurações e na crescente demanda de produtos para clareamento dentário³⁶. Vários estudos têm sido realizados sobre os efeitos da pigmentação de bebidas como café, chá e vinho, que são normalmente associados com manchamentos das restaurações de resina composta e alterações dos efeitos do clareamento dental⁷⁻¹¹.

A exposição prolongada as bebidas de cola é conhecida por causar alterações de cor nos materiais restauradores^{7,8} e também pode causar

pigmentação dos elastômeros ortodônticos. Especiarias e temperos também são conhecidos por causar manchas extrínsecas dos dentes. Estes são utilizados em alimentos processados (alimentos preparados, salgadinhos, molhos, condimentos, molhos para salada) e alimentos étnicos, especialmente na culinária mexicana, italiana e asiática.

Inúmeros estudos nas áreas de Dentística e Prótese têm se empenhado para estabelecer a influência de alimentos e bebidas na estabilidade de cor da resina composta e restaurações de porcelana. No entanto, na literatura ortodôntica, pouco se encontra sobre o assunto, provavelmente em virtude das limitações na medição das cores dos objetos até alguns anos atrás. Hoje em dia, os estudos freqüentemente usam colorímetros, câmeras digitais ou espectrofotômetros para avaliar alterações de cor².

Para calcular a intensidade da variação da cor de forma numérica e quantitativa foi definido pela Comissão Internacional da Iluminação (CIE – Commission Internationale de l'Eclairage), em 1978, o espaço de cores CIEL*a*b³⁷. Esse sistema padronizado internacionalmente representa a percepção do olho humano à cor³⁶, referindo-se à Teoria Tricromática onde a percepção de cor é baseada em três receptores separados no olho: Vermelho, Verde e Azul³⁷.

O espaço de cor CIE L*a*b* é constituído por três coordenadas L*, a*, b*, como mostrado na Figura 1. A coordenada L* refere-se à luminosidade e seus valores vão de zero (totalmente preto) a 100 (totalmente branco). A coordenada a* indica a cromaticidade do eixo vermelho ao verde, valores positivos indicam coloração vermelha e valores negativos coloração verde. A

coordenada b^* indica a cromaticidade do eixo amarelo ao azul, valores positivos indicam coloração amarela e valores negativos coloração azul³⁸.

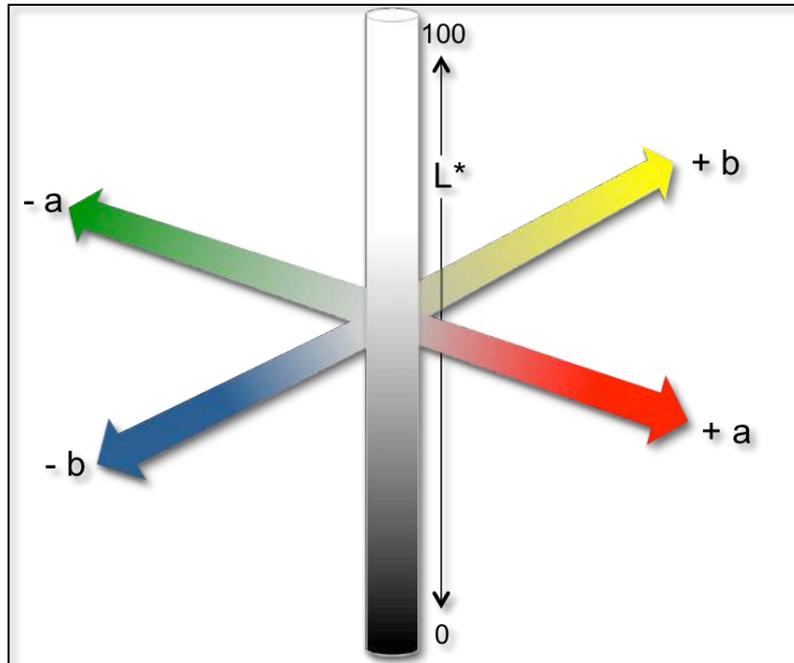


Figura 1. Espaço de cor CIEL*a*b*

As mudanças nas coordenadas de luminosidade e cromaticidade (ΔL^* , Δa^* e Δb^*) e a alteração da cor total (ΔE) são calculadas utilizando a relação:

$$\Delta E = \frac{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]}{2}$$

onde $\Delta L^* = L^*_f - L^*_i$; $\Delta a^* = a^*_f - a^*_i$ e $\Delta b^* = b^*_f - b^*_i$, e as letras “i” e “f” representam os valores iniciais e finais. O valor calculado de ΔE é tradicionalmente utilizado para avaliar as mudanças de cor.

A vantagem do sistema CIEL*a*b* é que as diferenças de cor podem ser expressas em unidades que podem ser relacionadas à percepção visual e

significância clínica³⁶.

Para uma plena compreensão das mudanças complexas na cor das ligaduras elásticas é importante entender as mudanças relativas nas componentes de cor individuais (ΔL^* , Δa^* e Δb^*). As diferenças de uma ou duas unidades de ΔE pode indicar alguma mancha imperceptível. Valores de ΔE superiores a 3,3 mostram-se clinicamente visíveis, sendo esse valor utilizado para definição de significância clínica⁹.

Existem vários estudos sobre os limiares para as diferenças de cor que são visualmente perceptíveis ou clinicamente aceitáveis^{9,39,40}. Unidades de $\Delta E \geq 3,3$ foram considerados como um limite clinicamente perceptível com base nos materiais de resina composta^{9,13}.

Diversos autores avaliaram a degradação da cor das ligaduras elásticas estéticas de diferentes fabricantes, encontrando uma variação da cor maior do que o limiar de percepção visual humana^{2-4,13}.

3. PROPOSIÇÃO

Para caracterizar as alterações de cor das ligaduras elásticas sob a influência dos alimentos e das bebidas este estudo avaliará *in vivo* e *in vitro* as alterações de cor das ligaduras elásticas estéticas de quatro diferentes cores frente ao meio bucal e quatro soluções de corantes.

4. DELINEAMENTO DA PESQUISA

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (FO-PUCRS) em Porto Alegre, Brasil.

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Materiais Dentários do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Universidade Federal de Santa Maria e na Disciplina de Ortodontia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Para a análise *in vitro* duas marcas comerciais de ligaduras elásticas tipo modular foram utilizadas: American Orthodontics (AO) (Sheboygan, WI, EUA) e Ortho Technology (OT) (Tampa, FL, EUA) nas cores pérola, azul pérola, branco pérola e incolor, os quais foram distribuídas em 4 grupos: Grupo 1: incolor; Grupo 2: pérola; Grupo 3: azul pérola e Grupo 4: branco pérola. Cada grupo consiste em vinte e quatro elásticos (Tabela 1).

Tabela 1. Ligaduras elásticas estéticas avaliadas no estudo

Grupo	n	Cor	Fabricante
1	24	Incolor	American Orthodontics (Sheboygan, WI, EUA)
2	24	Pérola	Ortho Technology (Tampa, FL, EUA)
3	24	Azul Pérola	Ortho Technology (Tampa, FL, EUA)
4	24	Branco Pérola	American Orthodontics (Sheboygan, WI, EUA)

Cada ligadura elástica foi analisada antes e depois de 72 horas imersa em uma das cinco soluções de corantes utilizadas. O número total das amostras testadas foi 480 (4 diferentes cores X 24 espécimes X 5 soluções).

As seguintes soluções de corantes foram utilizadas: Coca-Cola®, café (Três Corações, MG, BR); vinho tinto (Viu Manet, cabernet sauvignon, reserva 2009, Chile) e chá preto (Twinings of London, UK). Como grupo controle foi utilizado água destilada. As soluções de chá e café preto foram preparadas previamente de acordo com as recomendações do fabricante.

Todos os módulos elastoméricos foram separados em recipientes individuais e imersos nas soluções durante 72 horas à 37°C, segundo a metodologia proposta por Ardesna³.

Depois do processo de imersão, as amostras foram limpas com água destilada e secas com papel toalha.

Com o auxílio de um espectrofotômetro portátil SP60 (X-Rite, Grand Rapid, MI, EUA) sobre uma superfície branca cada amostra foi avaliada como fornecida pelo fabricante (T1) e após o processo de imersão nas soluções (T2).

A leitura dos dados foi realizada através do sistema CIELAB (Commission Internationale d'Eclairage). Esse sistema correlaciona à percepção do olho humano em três coordenadas. A coordenada L* refere-se à claridade e seus valores vão de zero (totalmente preto) a 100 (totalmente branco). A coordenada a* indicadora a cromaticidade do eixo vermelho ao verde, valores positivos indicam coloração vermelha e valores negativos coloração verde. A coordenada b* indica a cromaticidade do eixo amarelo ao

azul, valores positivos indicam coloração amarela e valores negativos coloração azul³⁸.

A alteração da cor total (ΔE) foi calculada utilizando a relação

$$\Delta E = \frac{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]}{2}$$

Todas as amostras foram analisadas por um único examinador cegado com colocações aleatórias no equipamento, a fim de obter a média individual de cada uma.

Para o estudo *in vivo* a amostra consistiu de quatro cores de ligaduras elásticas do tipo modular de duas marcas comerciais: American Orthodontics (AO) (Sheboygan, WI, USA) e Ortho Technology (OT) (Tampa, FL, USA).

Estas foram divididas em 4 grupos e distribuídas da seguinte maneira: Grupo 1: Cor azul pérola (OT); Grupo 2: incolor (AO); Grupo 3: cor branco pérola (AO) e Grupo 4: cor pérola (OT). Cada grupo consistiu em 42 módulos elásticos.

Para o cálculo do tamanho da amostra levou-se em consideração um nível de confiança de 95%, um erro máximo de 1,65 unidades (que corresponde a praticamente metade do considerado significativo para percepção de cor, como está descrito a seguir) e estimativa de desvio padrão de 3,50. Esse valor foi confirmado a partir de ensaio piloto onde foi

determinada a variabilidade da amostra, confirmando assim o tamanho amostral desse ensaio.

A avaliação *in situ* foi realizada em duplicata, onde os módulos elásticos foram empregados em pacientes brasileiros, que se encontravam em tratamento ortodôntico em uma clínica privada, na cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul, em um modelo de boca dividida. As quatro ligaduras elásticas de cada grupo foram aleatoriamente distribuídas nos quatro quadrantes de sete pacientes, que concordaram em participar da pesquisa. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 1) foi assinado por todos e em se tratando de menor de 18 anos, pelo responsável. Os mesmos foram orientados de como realizar uma higiene bucal adequada, com o auxílio de escova, creme dental e fio dental.

Os critérios de elegibilidade de pacientes aptos a participarem do estudo foram:

- Não apresentarem problemas de saúde;
- Não portadores de síndromes ou fissuras lábio-palatina;
- Apresentarem ao menos 4 dentes em cada quadrante

Após 30 dias, os pacientes retornaram à clínica e os elásticos foram coletados para análise. Previamente foi realizada escovação pelo profissional com a finalidade de retirar qualquer resíduo que o paciente não tenha removido com a própria escovação.

O espectrofotômetro portátil SP60 (X-Rite, Grand Rapid, MI, EUA) foi utilizado sobre uma superfície branca para avaliação de cada grupo como fornecido pelo fabricante (T1) e após 30 dias *in situ* (T2).

5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

5.1. ANÁLISE ESTATÍSTICA *IN VITRO*

Os dados foram analisados estatisticamente utilizando-se o programa STATA 12.0 software (Stata Corporation, College Station, TX, USA). Foi realizada a verificação da normalidade através do teste de Kolgomorov-Smirnov e observou-se distribuição não normal. Foi realizada análise dos dados usando modelos lineares generalizados, aplicando a regressão de Poisson para determinar as razões das médias dos grupos dos elásticos e soluções, tendo o grupo 1 e a solução água destilada como controles para comparar os demais. O nível de significância empregado para todos os testes foi de 0,05.

5.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA *IN VIVO*

Os dados foram analisados estatisticamente utilizando-se o programa SPSS 20.0 (IBM Corp., Armonk, New York). Constatada a distribuição normal da amostra através do teste de Kolgomorov-Smirnov as variáveis dependentes (ΔL , Δa , Δb e $E\Delta$) foram examinadas estatisticamente através da Análise de Variância (ANOVA), onde a cor do elástico (Grupos) foi avaliada como fator. Múltiplas comparações foram executadas utilizando o Teste de Tukey. O nível de significância empregado para todos os testes foi de 0,05.

6. RESULTADOS

6.1 RESULTADOS *IN VITRO*

Tabela 1. Estatística descritiva dos valores encontrados no presente estudo

Estatística descritiva				
Solução	grupo	N	Média	Desvio Padrão
Coca-Cola	1	24	1,21	0,35
Café	1	24	5,14	2,88
Chá	1	24	4,90	0,35
Vinho	1	24	3,42	0,26
Água	1	24	0,35	0,08
Coca-Cola	2	24	1,05	0,17
Café	2	24	5,24	0,19
Chá	2	24	5,49	0,42
Vinho	2	24	3,66	0,11
Água	2	24	0,76	0,11
Coca-Cola	3	24	0,93	0,14
Café	3	24	4,98	0,15
Chá	3	24	4,54	1,09
Vinho	3	24	4,26	0,37
Água	3	24	0,57	0,11
Coca-Cola	4	24	1,04	0,09
Café	4	24	5,37	0,70
Chá	4	24	4,98	1,50
Vinho	4	24	4,34	0,13
Água	4	24	0,44	0,10

Tabela 2. Distribuição dos grupos testados pelo IRR (Incidence Rate Ratio)

Grupos	IRR	Std. Err.	P	95% conf. interval
2	1,08	0,08	0,293	0,94 1,25
3	1,02	0,08	0,812	0,88 1,18
4	1,08	0,08	0,309	0,93 1,24

Tabela 3. Distribuição das soluções testadas pelo IRR (Incidence Rate Ratio)

Soluções	IRR	Std. Err.	P	95% conf. interval
1	2,00	0,35	0,00	1,43 2,80
2	9,83	1,45	0,00	7,36 13,12
3	9,44	1,39	0,00	7,06 12,60
4	7,43	1,11	0,00	5,54 9,97

6.2 RESULTADOS *IN VIVO*

Tabela 1. Valores mínimos, máximos e média da variável Luminosidade ΔL

ΔL	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
1	41	-3,38	-0,77	-1,96a	0,59
2	34	-3,25	-1,46	-2,49b	0,47
3	36	-3,42	-1,31	-2,08a	0,52
4	34	-3,13	1,1	-1,93a	0,66

Tabela 2. Valores mínimos, máximos e média da coordenada Δa

Δa	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
1	41	-0,21	1,22	0,58a,b	0,39
2	34	-0,36	2,69	0,72a,b	0,61
3	36	-0,17	1,31	0,50a	0,43
4	34	0,05	1,92	0,83b	0,45

Tabela 3. Valores mínimos, máximos e média da coordenada Δb

Δb	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
1	41	3,19	5,83	4,52a	0,61
2	34	1,99	4,81	3,17c	0,88
3	36	2,17	4,98	3,76b	0,66
4	34	0,57	6,03	4,08a,b	1,10

Tabela 4. Valores mínimos, máximos e média de ΔE

ΔE	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
1	41	3,73	6,44	5,00a	0,68
2	34	2,62	6,37	4,15b	0,91
3	36	3,03	5,79	4,37b	0,71
4	34	1,24	6,87	4,65a,b	1,11

7.1. Artigo I

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS CORANTES NA COR DAS LIGADURAS ELÁSTICAS ESTÉTICAS

Proposição: O objetivo deste estudo foi avaliar *in vitro* as alterações de cor das ligaduras elásticas estéticas de diferentes tonalidades frente a quatro corantes comumente encontrados na dieta dos pacientes.

Materiais e Métodos: A amostra foi composta por ligaduras elásticas estéticas nas cores incolor, pérola, azul pérola e branco pérola, as quais foram imersas durante 72 horas em cinco soluções diferentes: água destilada (grupo controle), café, chá, Coca-Cola® e vinho. As alterações de cor das ligaduras foram mensuradas com o auxílio de um espectrofotômetro, nos tempos T1 - como fornecidas pelo fabricante; T2 - após o processo de pigmentação.

Resultados: Os resultados indicaram que as ligaduras elásticas estéticas são suscetíveis à pigmentação, independente da tonalidade inicial. Dentre os corantes avaliados, todos alteraram o aspecto final e a cor das amostras testadas. Em ordem crescente, a coloração dos corpos de prova foi a seguinte: água destilada, Coca-Cola®, chá preto, vinho e café.

Conclusão: As substâncias que tiveram um maior potencial de pigmentação nas ligaduras elásticas estéticas foram o chá preto, vinho e café, respectivamente. Todas as tonalidades dos elásticos estéticos são suscetíveis à alteração de cor.

Palavras-chave: Estética; Pigmentação; Ligadura.

INTRODUÇÃO

A demanda por aparelhos ortodônticos estéticos tem aumentado principalmente no tratamento de pacientes adultos. Por esse motivo, o número de produtos estéticos como bráquetes cerâmicos, arcos recobertos, bráquetes linguais e elásticos incolores, cresceu significativamente no mercado ortodôntico¹.

As ligaduras elásticas incolores ou com cores similares aos dentes são produtos que complementam os bráquetes estéticos. Contudo, certos alimentos, como chá e café, podem auxiliar na alteração de cor dos elásticos durante o intervalo de tempo entre as consultas de manutenção ortodôntica². Enquanto os bráquetes cerâmicos são resistentes à alteração de cor, as ligaduras elásticas estão sujeitas à coloração por alimentos que possuem um elevado potencial de pigmentação, resultando num problema estético³.

Inúmeros estudos têm se empenhado para estabelecer a influência de alimentos e bebidas na estabilidade de cor da resina composta e restaurações de porcelana. Bebidas como café, chá e vinho são normalmente associados com manchamentos das restaurações de resina composta e alterações dos efeitos do clareamento dental⁴⁻⁸. A exposição prolongada as bebidas de cola é conhecida por causar alterações de cor nos materiais restauradores^{4,5} e também pode causar alteração de cor dos elastômeros ortodônticos.

A capacidade de evitar a pigmentação das ligaduras elásticas tornou-se um desafio importante, devido ao ambiente oral ser exposto à uma variedade de corantes diariamente. Muitos podem manchar ou alterar a superfície dos elásticos e causar degradação estética, por conseguinte, é importante saber não só se a exposição aos corantes pode alterar a cor das ligaduras, mas também se é uma alteração que é perceptível pelo olho humano⁹.

Na literatura ortodôntica pouco se encontra sobre o assunto, provavelmente em virtude das limitações na medição das cores dos objetos até alguns anos atrás. Hoje em dia, os estudos freqüentemente usam

colorímetros, câmeras digitais ou espectrofotômetros para avaliar alterações de cor¹. Em estudos prévios, todas as ligaduras elásticas estéticas testadas apresentaram uma degradação de cor maior do que o limiar da percepção visual humana^{1,3,9,10}.

Para caracterizar as alterações de cor das ligaduras elásticas sob a influência dos alimentos e das bebidas, este estudo avaliou *in vitro* a possível alteração de cor das ligaduras elásticas estéticas de quatro tonalidades frente a diferentes corantes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (FO-PUCRS) em Porto Alegre, Brasil.

As amostras foram distribuídas em quatro grupos de ligaduras elásticas estéticas de diferentes cores: incolor, pérola, azul pérola e branco pérola (Tabela 1). Cada ligadura elástica foi analisada antes e depois de 72 horas imersa em uma das cinco soluções utilizadas. O número total das amostras testadas foi 480 (4 diferentes cores X 24 espécimes X 5 soluções).

As seguintes soluções de corantes foram utilizadas: Coca-Cola®, café (Três Corações, MG, BR); vinho tinto (Viu Manet, cabernet sauvignon, reserva 2009, Chile) e chá preto (Twinings of London, UK). A água destilada

foi utilizada como grupo controle. As soluções de chá e café preto foram preparadas previamente de acordo com as recomendações do fabricante.

Tabela 1. Ligaduras elásticas estéticas avaliadas no estudo

Grupo	n	Cor	Fabricante
1	24	Incolor	American Orthodontics (Sheboygan, WI, EUA)
2	24	Pérola	Ortho Technology (Tampa, FL, EUA)
3	24	Azul Pérola	Ortho Technology (Tampa, FL, EUA)
4	24	Branco Pérola	American Orthodontics (Sheboygan, WI, EUA)

Todas as ligaduras elásticas foram separadas em recipientes individuais (Figura 01) e imersos nas soluções, durante 72 horas à 37°C, conforme a metodologia proposta por Ardesna e Vaidyanathan⁹ (2009). Depois do processo de imersão, as amostras foram limpas com água destilada e secas com papel toalha.

Com o auxílio de um espectrofotômetro portátil SP60 (X-Rite, Grand Rapid, MI, EUA) sobre uma superfície branca, cada amostra foi avaliada como fornecida pelo fabricante (T1) e após o processo de imersão nas soluções (T2).

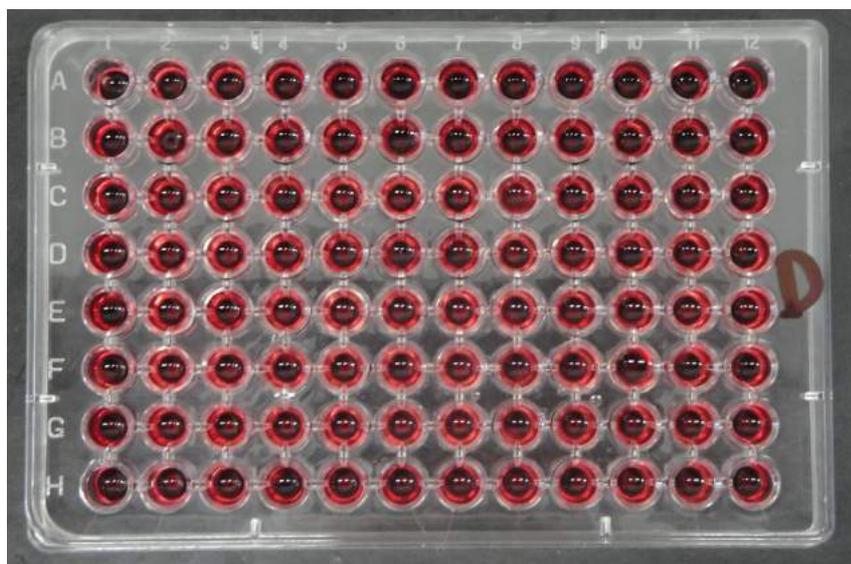


Figura 01. Amostras individualizadas e imersas na solução de vinho tinto

Para calcular a intensidade da variação da cor de forma numérica e quantitativa foi definido pela Comissão Internacional da Iluminação (CIE – Commission Internationale de l’Eclairage)¹¹, em 1978, o espaço de cores CIEL*a*b*, sendo este constituído por três coordenadas L*, a*, b*, como mostrado na Figura 02. A coordenada L* refere-se à luminosidade e seus valores vão de zero (totalmente preto) a 100 (totalmente branco). A coordenada a* indica a cromaticidade do eixo vermelho ao verde, valores positivos indicam coloração vermelha e valores negativos coloração verde. A coordenada b* indica a cromaticidade do eixo amarelo ao azul, valores positivos indicam coloração amarela e valores negativos coloração azul¹².

A alteração total da cor (ΔE) foi calculada utilizando a fórmula:

$$\Delta E = \frac{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]}{2}$$

onde $\Delta L^* = L^*_f - L^*_i$; $\Delta a^* = a^*_f - a^*_i$ e $\Delta b^* = b^*_f - b^*_i$, e as letras “i” e “f” representam os valores iniciais e finais.

A vantagem do sistema CIEL*a*b* é que as diferenças de cor podem ser expressas em unidades, possibilitando a relação com a percepção visual e significância clínica¹³. Valores de ΔE superiores a 3,3 mostram-se clinicamente visíveis, sendo esse valor utilizado para definição de significância clínica⁶.

Todas as amostras foram analisadas por um único examinador cegado com colocações aleatórias no equipamento, a fim de obter a média individual de cada uma.

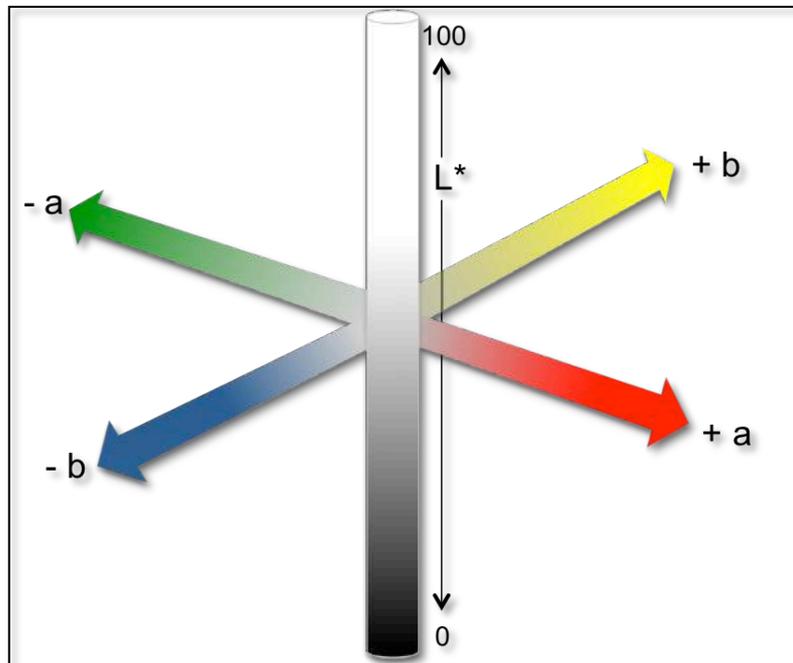


Figura 02. Espaço de cor CIE L*a*b*

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados estatisticamente utilizando-se o programa STATA 12.0 software (Stata Corporation, College Station, TX, USA). Foi realizada a verificação da normalidade através do teste de Kolmogorov-Smirnov e observou-se distribuição não normal. Foi realizada análise dos dados usando modelos lineares generalizados, aplicando a regressão de Poisson para determinar as razões das médias dos grupos dos elásticos e soluções, tendo o grupo 1 e a solução água como controles para comparar os demais. O nível de significância empregado para todos os testes foi de 0,05.

RESULTADOS

Os valores encontrados são apresentados descritivamente na Tabela 2. Avaliando os resultados obtidos, pode-se observar que o comportamento dos grupos foi similar como verifica-se na Tabela 3, onde a alteração de ΔE não sofreu influência da cor dos elásticos.

Tabela 2. Estatística descritiva dos valores encontrados no presente estudo

Estatística descritiva				
Solução	grupo	N	Mean	Std. Deviation
Coca-Cola	1	24	1,21	0,35
Café	1	24	5,14	2,88
Chá	1	24	4,90	0,35
Vinho	1	24	3,42	0,26
Água	1	24	0,35	0,08
Coca-Cola	2	24	1,05	0,17
Café	2	24	5,24	0,19
Chá	2	24	5,49	0,42
Vinho	2	24	3,66	0,11
Água	2	24	0,76	0,11
Coca-Cola	3	24	0,93	0,14
Café	3	24	4,98	0,15
Chá	3	24	4,54	1,09
Vinho	3	24	4,26	0,37
Água	3	24	0,57	0,11
Coca-Cola	4	24	1,04	0,09
Café	4	24	5,37	0,70
Chá	4	24	4,98	1,50
Vinho	4	24	4,34	0,13
Água	4	24	0,44	0,10

O IRR (Incidence Rate Ratio) é a razão da média tendo como denominador o grupo com menor valor. Assim considera-se que o grupo 2 apresentou alteração de cor 1,08 vezes maior que o grupo 1. Não foi possível determinar diferença estatisticamente significativa entre os grupos (Tabela 3).

Tabela 3. Distribuição dos grupos testados pelo IRR (Incidence Rate Ratio)

Grupos	IRR	Std. Err.	P	95% conf.	interval
2	1,08	0,08	0,293	0,94	1,25
3	1,02	0,08	0,812	0,88	1,18
4	1,08	0,08	0,309	0,93	1,24

Ao analisar os valores referentes às soluções, pode-se observar que estas apresentaram influência estatisticamente significativa para ΔE , como demonstrado na Tabela 4. A Coca-Cola® apresentou a menor variação, demonstrando uma variação 2 vezes maior que o grupo controle e o café foi a solução que apresentou maior variação, apresentando uma variação 9,83 vezes maior que o grupo controle.

Tabela 4. Distribuição das soluções testadas pelo IRR (Incidence Rate Ratio)

Soluções	IRR	Std. Err.	P	95% conf.	interval
Coca-Cola®	2,00	0,35	0,00	1,43	2,80
Café	9,83	1,45	0,00	7,36	13,12
Chá	9,44	1,39	0,00	7,06	12,60
Vinho	7,43	1,11	0,00	5,54	9,97

Os valores permitiram verificar que independente do elástico as soluções exercem influência estatisticamente significativa para ΔE .

DISCUSSÃO

A escolha do aparelho ortodôntico estético estará incompleta se não analisada as características dos elásticos utilizados para aplicação da mecânica ortodôntica ao dente. As ligaduras elásticas consideradas estéticas podem ser incolores ou de variações da cor pérola. Observa-se alteração de cor destas após exposição aos corantes presentes nos alimentos e bebidas, independentemente da tonalidade inicial do elástico escolhido pelo

ortodontista e esta é uma das deficiências clínicas conhecidas dos elastômeros. Com o intuito de identificar a alteração de cor das ligaduras elásticas estéticas sob a influência das bebidas mais comumente ingeridas pelos pacientes, este estudo avaliou a modificação da cor dos elásticos estéticos de tonalidades diferentes frente a quatro corantes distintos.

Todas as soluções alteraram o aspecto final e a cor das amostras testadas, independente da cor dos elásticos. Em ordem crescente, a coloração dos corpos de prova foi a seguinte: água destilada, Coca-Cola®, chá preto, vinho e café.

Estes resultados são relevantes em consequência que os pacientes adultos são extremamente críticos sobre a estética do aparelho ortodôntico e são consumidores freqüentes de vinho tinto, café e chá. No estudo de Fernandes et al¹ (2012) onde as mesmas soluções foram testadas, os resultados encontrados foram equivalentes apesar de outra marca comercial de ligadura elástica ser avaliada.

Ardeshta e Vaidyanathan⁹ (2009) também encontraram resultados similares, sendo as maiores alterações encontradas nos grupos de chá e café e a menor variação de cor também foi encontrada no grupo imerso na solução de cola. No entanto, não investigaram as alterações de cor causadas pelo vinho tinto. Vinho tinto, por sua vez, mostrou um grande efeito sobre a coloração nas restaurações de resina em outros estudos^{8,14}.

Nos materiais restauradores, a coloração pelo chá pode ser devido à adsorção de corantes sobre a superfície do material, podendo ser removido

na escovação. Por outro lado, a coloração pelo café pode ser devido tanto a adsorção quanto a absorção de corantes. Esta absorção e penetração de corantes ocorre, provavelmente, devido a compatibilidade com os corantes amarelos do café^{15,16}. Nas ligaduras elásticas, apesar do café pigmentar mais que o chá^{1,9} não há relato sobre a diferença entre adsorção e absorção de corantes nesses materiais.

Absorção de pigmento é potencialmente relacionado com a retenção de água e do inchaço resultante no polímero. O tamanho da superfície e volume das amostras pode influenciar fortemente a absorção de água, representando variações de cores dos módulos elastoméricos⁹. Os estudos de Ardeshta e Vaidyanathan⁹ (2009) e Fernandes et al¹ (2012) não mensuraram as ligaduras elásticas propriamente ditas, mas sim uma área da haste que une as unidades elásticas modulares, encontrando assim valores de ΔE superiores ao do presente estudo.

Na literatura não há consenso sobre os limites de variação cromática que seriam perceptíveis ao olho humano. A maioria das pesquisas considera valores de ΔE superiores a 3,3 como visualmente perceptível com base em investigações anteriores^{6,17,18}. Neste estudo, os valores de ΔE para os grupos imersos em água destilada foram todos $\leq 0,76$ independentemente da cor inicial, alterações consideradas imperceptíveis visualmente. Estes resultados foram similares aos de Soldati et al¹⁰ (2013) e indicam que a água é um bom meio de controle e pode simular o efeito que a saliva pode ter no ambiente bucal.

Apesar dos valores de ΔE das amostras imersas em Coca-Cola® serem abaixo de 3,3, o que seria clinicamente aceitável para restaurações em resina, as ligaduras apresentam variações cromáticas distinguíveis em comparação com o grupo controle. Isso significa que o valor de 3,3 embora adequado para compósitos restauradores, não pode ser considerado um limite para a visibilidade das variações de cores ao avaliar ligaduras elásticas ortodônticas.

Independente da tonalidade testada todas as soluções exerceram influência estatisticamente significativa quando comparadas com o grupo controle. Esses resultados demonstram que a ligadura elástica estética é suscetível à pigmentação, como descrito por inúmeros autores^{3,9,10,19}.

As ligaduras elásticas são fabricadas através da síntese de poliuretano, que pode ser produzido com diferentes produtos químicos. A alteração química influencia a configuração das cadeias elastoméricas e a sua capacidade de resistir à deterioração de agentes externos. As condições de processamento podem também afetar a estrutura e configuração das cadeias de polímero. Além disso, as características de superfície, tais como a textura e porosidade, pode ser diferente entre os fabricantes e influenciada por agentes externos^{1,9,20}.

Do ponto de vista clínico, o estudo mostrou que as ligaduras elásticas estéticas são propensas a alterações de cor significativas independente da tonalidade inicial. Os ortodontistas devem estar cientes da instabilidade da cor dos elásticos e assim planejar um intervalo de tempo menor entre as consultas a fim de satisfazer a necessidade estética dos pacientes.

CONCLUSÃO

Dentre as substâncias avaliadas as que tiveram um maior potencial de coloração nas ligaduras elásticas estéticas foram o chá preto, vinho e café, respectivamente. Todas as tonalidades dos elásticos estéticos são suscetíveis à alteração de cor, não ocorrendo diferença estatisticamente significativa entre as cores testadas.

REFERÊNCIAS

1. Fernandes AB, Ribeiro AA, Araujo MV, Ruellas AC. Influence of exogenous pigmentation on the optical properties of orthodontic elastic ligatures. *J Appl Oral Sci.* 2012;20(4):462-466.
2. Lew KK. Staining of clear elastomeric modules from certain foods. *J Clin Orthod.* 1990;24(8):472-474.
3. Kim SH, Lee YK. Measurement of discolouration of orthodontic elastomeric modules with a digital camera. *Eur J Orthod.* 2009;31(5):556-562.
4. Abu-Bakr N, Han L, Okamoto A, Iwaku M. Color stability of compomer after immersion in various media. *J Esthet Dent.* 2000;12(5):258-263.
5. Fay RM, Servos T, Powers JM. Color of restorative materials after staining and bleaching. *Oper Dent.* 1999;24(5):292-296.
6. Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater.* 1987;3(5):246-251.
7. Uchida H, Vaidyanathan J, Viswanadhan T, Vaidyanathan TK. Color stability of dental composites as a function of shade. *J Prosthet Dent.* 1998;79(4):372-377.
8. Wiltshire WA, Labuschagne PW. Staining of light-cured aesthetic resin restorative materials by different staining media: an in vitro study. *J Dent Assoc S Afr.* 1990;45(12):561-565.
9. Ardesna AP, Vaidyanathan TK. Colour changes of orthodontic elastomeric module materials exposed to in vitro dietary media. *J Orthod.* 2009;36(3):177-185.
10. Soldati DC, Silva RC, Oliveira AS, Kaizer MR, Moraes RR. Color stability of five orthodontic clear elastic ligatures. *Orthodontics (Chic.).* 2013;14(1):e60-65.
11. Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). Recommendations on uniform color spaces, color difference equations and psychometric color terms. CIE Publication; 1978.
12. McLaren K. Development of Cie 1976 (Lab) Uniform Color Space and Color-Difference Formula. *Journal of the Society of Dyers and Colourists.* 1976;92(9):338-341.

13. Burkinshaw SM. Colour in relation to dentistry. Fundamentals of colour science. *Br Dent J.* 2004;196(1):33-41; discussion 29.
14. Yannikakis SA, Zissis AJ, Polyzois GL, Caroni C. Color stability of provisional resin restorative materials. *J Prosthet Dent.* 1998;80(5):533-539.
15. Bagheri R, Burrow MF, Tyas M. Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *J Dent.* 2005;33(5):389-398.
16. Um CM, Ruyter IE. Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. *Quintessence Int.* 1991;22(5):377-386.
17. Valentini F, Oliveira SG, Guimaraes GZ, Barbosa RP, Moraes RR. Effect of surface sealant on the color stability of composite resin restorations. *Braz Dent J.* 2011;22(5):365-368.
18. Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. *Dent Mater.* 2004;20(6):530-534.
19. Cavalcante JS, de Castellucci e Barbosa M, Sobral MC. Evaluation of the susceptibility to pigmentation of orthodontic esthetic elastomeric ligatures. *Dental Press J Orthod.* 2013;18(2):20 e21-28.
20. Wong AK. Orthodontic elastic materials. *Angle Orthod.* 1976;46(2):196-205.

7.2. Artigo II

AVALIAÇÃO *IN VIVO* DAS ALTERAÇÕES DE COR DAS LIGADURAS ELÁSTICAS ESTÉTICAS

Proposição: O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações de cor das ligaduras elásticas estéticas de diferentes tonalidades expostas ao meio bucal durante 30 dias.

Materiais e Métodos: A amostra foi composta por ligaduras elásticas estéticas nas cores incolor, pérola, azul pérola e branco pérola, os quais foram colocadas em pacientes brasileiros, que se encontravam em tratamento ortodôntico, em um modelo de boca dividida. Quatro módulos elásticos de cada grupo foram aleatoriamente distribuídos nos quatro quadrantes de sete pacientes. As alterações de cor das ligaduras foram mensuradas com o auxílio de um espectrofotômetro, nos tempos T1 - como fornecidas pelo fabricante; T2 - após 30 dias *in situ*.

Resultados: Os resultados indicaram que as ligaduras elásticas estéticas são suscetíveis à pigmentação, independente da tonalidade inicial. Os valores de ΔE identificaram que o grupo 1 apresentou diferença estatisticamente significativa dos demais grupos testados. No entanto observou-se que as quatro cores testadas apresentaram valores superiores a 3,3.

Conclusão: As ligaduras elásticas estéticas apresentaram modificação perceptível, apresentando uma coloração final amarelada, evidenciando a variação de cor maior no grupo que, inicialmente, apresentou valores menores de *b (eixo azul-amarelo).

Palavras-chave: Estética; Pigmentação; Ligadura.

INTRODUÇÃO

Os avanços na odontologia e a crescente demanda por tratamento ortodôntico em adultos têm obrigado a indústria a lançar aparelhos ortodônticos cada vez mais estéticos e menos visíveis. Bráquetes linguais, alinhadores transparentes, bráquetes de policarbonato, cerâmica ou safira,

ilustram alguns dos produtos lançados pelo mercado a fim de satisfazer as necessidades desses indivíduos¹⁻³

Os pacientes que buscam tratamento ortodôntico e optam por aparelhos ortodônticos estéticos geralmente preferem ligaduras elásticas incolores⁴ que complementam a boa aparência dos bráquetes translúcidos². No entanto, depois de algumas semanas, quando os pacientes retornam para a manutenção do aparelho ortodôntico, a pigmentação das ligaduras elásticas é perceptível⁵. Enquanto os bráquetes de cerâmica são resistentes a manchas, as ligaduras estão sujeitas a descoloração em decorrência dos corantes presentes na dieta, onde alguns alimentos apresentam maior grau de pigmentação, alterando as características estéticas das ligaduras².

A qualidade, eficácia e custo-benefício das ligaduras elásticas são fatores determinantes na escolha desse material, uma vez que estas podem ser influenciadas quando expostas ao meio bucal. Estudos avaliaram esses efeitos na degradação de força, a fricção do conjunto bráquete e fio ortodôntico, assim como alterações dimensionais das mesmas⁶⁻¹⁰. Entretanto, apesar da percepção dos ortodontistas sobre a susceptibilidade dos elastômeros à pigmentação, existe carência em estudos sobre a estabilidade de cor dessas ligaduras destinadas ao uso com bráquetes estéticos.

A exposição prolongada aos refrigerantes de cola é uma causa comprovada de mudanças de cor em compósitos restauradores, enquanto especiarias e condimentos podem causar manchas extrínsecas dos dentes¹¹⁻¹⁴. Na Ortodontia, estudos relatam que as ligaduras elásticas estéticas apresentam alterações de cor após imersas em soluções com alta

capacidade de pigmentação^{1,2,4,5,15,16}. Uma vez que as avaliações foram realizadas *in vitro*, elas não podem reproduzir os fatores presentes na cavidade oral, que podem contribuir para as alterações de cor, tais como o biofilme, a saliva, a flora oral, o efeito mecânico da escovação, alimentos sólidos e semi-sólidos, que também podem manchar¹⁷⁻¹⁹.

As ligaduras consideradas estéticas podem ser incolores ou com variações da cor pérola, porém não há relato na literatura sobre qual tonalidade é mais resistente à pigmentação. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar, *in vivo*, a alteração de cor que ocorre nas ligaduras elásticas estéticas de diferentes cores após uso clínico.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostra

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (FO-PUCRS) em Porto Alegre, Brasil. Os benefícios e riscos foram explicados e um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi assinado por todos pacientes autorizando sua participação na pesquisa.

A amostra consistiu de quatro cores de ligaduras elásticas estéticas do tipo modular de duas marcas comerciais: American Orthodontics (AO) (Sheboygan, WI, USA) e Ortho Technology (OT) (Tampa, FL, USA).

Estas foram divididas em 4 grupos, conforme distribuídos a seguir:
Grupo 1: Cor azul pérola (OT); Grupo 2: incolor (AO); Grupo 3: cor branco

pérola (AO) e Grupo 4: cor pérola (OT). Cada grupo consistiu em 42 módulos elásticos.

As ligaduras elásticas foram colocadas em pacientes brasileiros, que se encontravam em tratamento ortodôntico em clínica privada, na cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul, em um modelo de boca dividida. Quatro módulos elásticos de cada grupo foram aleatoriamente distribuídos nos quatro quadrantes de sete pacientes. Os mesmos foram orientados de como realizar uma higiene bucal adequada, com o auxílio de escova, creme dental e fio dental.

Os critérios de elegibilidade de pacientes aptos a participarem do estudo foram:

- Não apresentarem problemas de saúde;
- Não portadores de síndromes ou fissuras lábio-palatinos;
- Apresentem ao menos 4 dentes em cada quadrante

Após 30 dias, os pacientes retornaram à clínica e os elásticos foram coletados para análise. Previamente foi realizada escovação pelo profissional com a finalidade de retirar qualquer resíduo que o paciente não tenha removido com a própria escovação.

Após a remoção cada espécime foi colocada em um recipiente marcado, onde cada unidade permaneceu acondicionada até o momento da mensuração da cor (Figura 01).

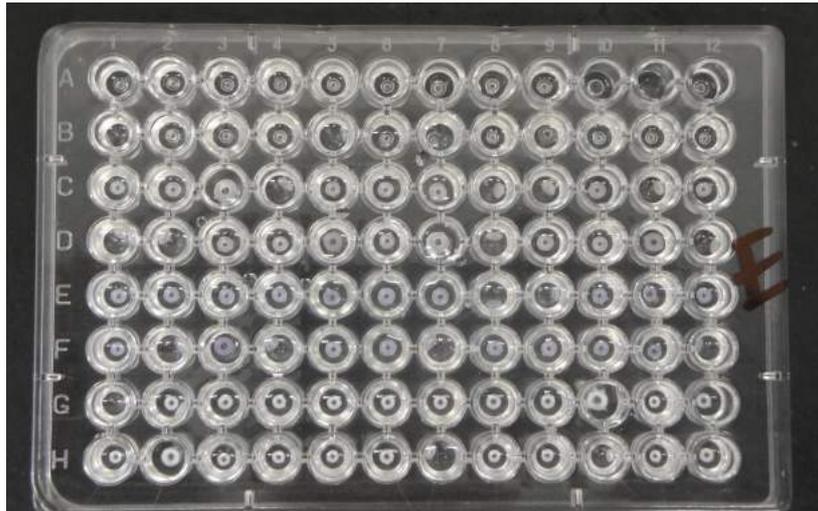


Figura 01. Recipiente utilizado para acondicionar as amostras após o uso.

Determinação da cor

A medição de materiais translúcidos é influenciada pelas propriedades do fundo²⁰. Existem diferentes fundos possíveis para fazer esta medição, podendo ser preto, branco ou espelhado¹. A leitura foi realizada sempre com fundo branco⁴ no mesmo ambiente, sem qualquer diferença de luz.

O espectrofotômetro portátil SP60 (X-Rite, Grand Rapids, MI, EUA) foi usado para avaliar a variação de brilho e cor dos corpos de prova (Figura 02). Esta diferença foi analisada quantitativa e qualitativamente no tempo inicial, como fornecido pelo fabricante (T1) e após 30 dias *in situ* (T2).

A leitura dos dados foi realizada através do sistema CIELAB (Commission Internationale d'Eclairage). Esse sistema correlaciona à percepção do olho humano em três coordenadas. A coordenada L* refere-se à claridade e seus valores vão de zero (totalmente preto) a 100 (totalmente branco). A coordenada a* indica a cromaticidade do eixo vermelho ao verde, valores positivos indicam coloração vermelha e valores negativos coloração verde. A coordenada b* indica a cromaticidade do eixo amarelo ao azul,

valores positivos indicam coloração amarela e valores negativos coloração azul²⁰.

A alteração da cor total (ΔE) foi calculada utilizando a relação:

$$\Delta E = \frac{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]}{2}$$

onde $\Delta L^* = L^*_f - L^*_i$; $\Delta a^* = a^*_f - a^*_i$ e $\Delta b^* = b^*_f - b^*_i$, e as letras “i” e “f” representam os valores iniciais e finais.

Todas as amostras foram analisadas por um único examinador cegado com colocações aleatórias no equipamento, a fim de obter a média individual de cada uma.



Figura 02. a) Espectrofotômetro portátil SP60 (X-Rite); b,c) Medição da amostra em T0

Análise estatística

Os dados foram analisados estatisticamente utilizando-se o programa SPSS 20.0 (IBM Corp., Armonk, New York). Constatada a distribuição normal

da amostra através do teste de Kolgomorov-Smirnov as variáveis dependentes (ΔL , Δa , Δb e $E\Delta$) foram examinadas estatisticamente através da Análise de Variância (ANOVA), onde a cor do elástico (Grupos) foi avaliada como fator. Múltiplas comparações foram executadas utilizando o Teste de Tukey. O nível de significância empregado para todos os testes foi de 0,05.

RESULTADOS

Após a recuperação das ligaduras elásticas em um intervalo de 30 dias, ocorreu alteração visual na cor da amostra (Figura 03). Durante a manipulação e mensuração das mesmas houve perda da amostra, onde a avaliação consistiu de 41 no Grupo 1, 36 no Grupo 3 e 34 nos Grupos 2 e 4.

Na avaliação da claridade (ΔL) toda a amostra tornou-se mais escura, entretanto o grupo 2 teve uma alteração estatisticamente maior quando comparado com os outros grupos (Tabela 1).

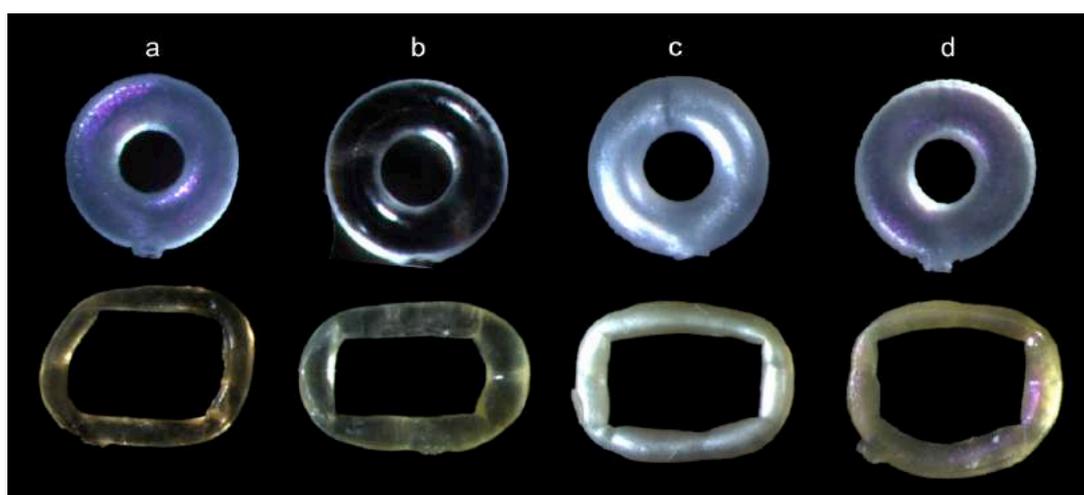


Figura 03. Ligaduras elásticas conforme fornecido pelo fabricante e após 30 dias *in situ*. a) Grupo 1; b) Grupo 2; c) Grupo 3; d) Grupo 4.

Tabela 1. Valores mínimos, máximos e média da variável Luminosidade ΔL .

ΔL	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
1	41	-3,38	-0,77	-1,96a	0,59
2	34	-3,25	-1,46	-2,49b	0,47
3	36	-3,42	-1,31	-2,08a	0,52
4	34	-3,13	1,1	-1,93a	0,66

A variável Δa (Tabela 2), onde valores positivos designam coloração vermelha e valores negativos coloração verde, indica que as amostras tornaram-se levemente avermelhadas. Os resultados de Δb (Tabela 3) demonstram que todas as ligaduras elásticas mudaram para uma coloração mais amarelada, porém com diferenças estatísticas entre as marcas, sendo a maior alteração no Grupo 1 e a menor alteração no Grupo 2.

Tabela 2. Valores mínimos, máximos e média da coordenada Δa .

Δa	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
1	41	-0,21	1,22	0,58a,b	0,39
2	34	-0,36	2,69	0,72a,b	0,61
3	36	-0,17	1,31	0,50a	0,43
4	34	0,05	1,92	0,83b	0,45

Tabela 3. Valores mínimos, máximos e média da coordenada Δb .

Δb	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
1	41	3,19	5,83	4,52a	0,61
2	34	1,99	4,81	3,17c	0,88
3	36	2,17	4,98	3,76b	0,66
4	34	0,57	6,03	4,08a,b	1,10

Os valores de ΔE (Tabela 4) identificaram que o Grupo 1 apresentou diferença estatisticamente significativa dos demais grupos testados. No entanto, observa-se que as quatro cores testadas apresentaram valores superiores a 3,3.

Tabela 4. Valores mínimos, máximos e média de ΔE .

ΔE	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
1	41	3,73	6,44	5,00a	0,68
2	34	2,62	6,37	4,15b	0,91
3	36	3,03	5,79	4,37b	0,71
4	34	1,24	6,87	4,65a,b	1,11

DISCUSSÃO

Existe um grande investimento por parte das indústrias em pesquisas relacionadas com a produção de cerâmicas poli e monocristalinas com a finalidade de proporcionar bráquetes transparentes e imperceptíveis que, durante o tratamento, podem vir a sofrer a influência negativa da mudança de cor das ligaduras elásticas. Clinicamente, a estética é um critério importante para a seleção dos elásticos na prática ortodôntica, e a coloração destes é, portanto, uma grande preocupação para os pacientes e ortodontistas. As ligaduras elásticas, conceituadas estéticas, podem ser incolores ou com variações de cor pérola. No ambiente oral, os aparelhos ortodônticos são inevitavelmente expostos à saliva e inúmeros alimentos e bebidas, fatores que alteram a cor das ligaduras elásticas, prejudicando a estética dos aparelhos. Na literatura existe inúmeros estudos sobre a pigmentação dos elásticos *in vitro*, entretanto há uma carência da análise de tais mudanças de cor *in vivo*. Neste contexto, o presente estudo buscou investigar as alterações de cor das ligaduras elásticas estéticas de diferentes cores após a exposição ao ambiente oral.

As ligaduras elásticas testadas apresentaram modificação da cor após 30 dias no meio bucal. Os resultados revelaram alteração de $\Delta E > 3,3$ em todos os grupos testados, o que segundo Ruyter²¹, torna as mudanças de cor

significativas e clinicamente perceptíveis. Os valores de ΔE (Tabela 04) identificaram que as ligaduras do Grupo 1 apresentaram diferença estatisticamente significativa dos demais grupos testados e consequentemente apresenta uma alteração de cor maior. Em ordem crescente, a alteração dos corpos de prova foi a seguinte: Grupo 2, Grupo 3, Grupo 4 e Grupo 1.

Para calcular a intensidade da variação da cor de forma numérica e quantitativa foi definido pela Comissão Internacional da Iluminação (CIE – Commission Internationale de l’Eclairage)²², em 1978, o espaço de cores CIEL*a*b*. Esse sistema padronizado internacionalmente fundamenta-se na percepção humana à cor, referindo-se à Teoria Tricromática, baseada nos três receptores separados no olho: Vermelho, Verde e Azul²³. As mudanças nas coordenadas de luminosidade (ΔL), e cromaticidade (Δa e Δb) definem a alteração total da cor (ΔE).

Os resultados de Δb (Tabela 3), demonstram que as todas as ligaduras elásticas mudaram para uma coloração mais amarelada, sendo a maior alteração no Grupo 1. A coordenada b^* indica as variações de cor do eixo amarelo ao azul, valores positivos indicam coloração amarela e valores negativos coloração azul²⁰. Esse é o motivo pelo qual o elástico azul pérola obteve a maior alteração total da cor (ΔE), visto que os seus valores na coordenada b^* eram menores inicialmente e após a exposição ao meio bucal ocorreu a perda da pigmentação devido à degradação e ao envelhecimento, fato que igualmente aconteceu com todos os elastômeros.

Exames laboratoriais foram realizados na tentativa de encontrar alterações na coloração dessas ligaduras elásticas após imersão em diferentes soluções. Kim e Lee² (2009) investigaram *in vitro* a variação de cor de ligaduras elásticas incolores e como resultado todas as marcas comerciais tiveram alterações de cor visíveis clinicamente. Apesar dos resultados serem semelhantes ao do presente estudo, a comparação dos dados deve ser feita com cautela, visto que as amostras foram expostas à uma solução de azul de metileno o que pode ser considerada uma situação extrema e difícil de ser relacionada com o ambiente bucal.

Ardesna e Vaidyanathan⁴ (2009) também encontraram alteração significativa dos elásticos incolores submetidos à quatro soluções diferentes utilizando imersão contínua por 72 horas. No ambiente oral, no entanto, os períodos de exposição aos agentes de coloração são mais curtos e com maior frequência.

Com o intuito de fornecer resultados mais próximos da realidade, Silva et al³ (2012) avaliaram as mudanças de cor em ligaduras elásticas após a exposição ao ambiente oral através de avaliação visual quanto à variação de cor, por escores de 0 a 3. Apesar do estudo avaliar as alterações *in vivo*, os resultados não podem ser calculados de maneira quantitativa e numérica, visto que os mesmos são baseados na interpretação visual dos examinadores e não através de uma análise computacional.

Apesar das amostras do presente estudo terem sido expostas ao meio bucal, a avaliação da cor das ligaduras elásticas foi realizada sobre uma superfície branca, sendo assim algumas diferenças com situações clínicas

devem ser apontadas. Por exemplo, não havia nenhuma consideração da área circundante, tal como a cor do dente, bráquetes de metal ou transparentes e a incidência de luz na cavidade bucal, uma vez que a medição de materiais translúcidos é influenciada pelas propriedades do fundo^{4,20}.

Uma série de fatores são conhecidos por influenciar a estabilidade da cor. A composição química e os detalhes específicos de processamento e de fabricação são variáveis importantes. No presente estudo, todas as ligaduras elásticas estéticas testadas foram fabricadas pelo método de injeção em moldes (modular), visto que no estudo de Ardesbna e Vaidyanathan⁴ (2009) a ligadura elástica fabricada pelo método de extrusão mostrou-se mais suscetível a coloração do que a ligadura elástica feita pelo método de injeção em moldes. As condições de processamento podem também afetar a estrutura e configuração das cadeias poliméricas. Além disso, as características de superfície, tais como textura e porosidade podem ser diferentes¹⁹.

O processo de lixiviação que ocorre no elastômero quando na cavidade bucal, acarretou em mudanças permanentes na textura e morfologia dos materiais testados. As alterações morfológicas, como a porosidade da superfície e rugosidade, são conhecidos por afetar negativamente a percepção da cor, devido ao fato de que a textura da superfície pode modificar significativamente os efeitos da dispersão de luz. Microfissuras durante o processamento pode provocar a penetração do

pigmento que contribui para uma maior pigmentação e descoloração da amostra^{4,24}

Durante a colocação da ligadura elástica ao bráquete, a mesma é estirada e a sua superfície é alterada, o que pode influenciar a reação com o meio ambiente circundante, tais como substâncias com corantes². O estiramento e a imersão em água resultam na degradação das ligaduras elásticas, porém soluções etanol-água induzem envelhecimento e degradação mais acelerados do que o estiramento²⁵, fator que deve ser considerado visto que os pacientes que procuram tratamento ortodôntico com bráquetes e ligaduras elásticas estéticas são adultos e ingerem bebidas alcoólicas.

Dessa forma o presente estudo demonstrou alteração de cor significativa dos elásticos durante a exposição ao ambiente oral, e esta é uma potencial deficiência no tratamento ortodôntico com braquetes e ligaduras estéticas. Os pacientes avaliados retornaram para troca dos elásticos em 30 dias, por ser o tempo médio de intervalo entre as consultas ortodônticas. Período inferior de acompanhamento poderá revelar menor alteração de cor, sendo dessa forma uma alternativa enquanto não surgirem ligaduras elásticas resistentes a pigmentação.

CONCLUSÃO

As ligaduras elásticas estéticas analisadas apresentaram modificação perceptível em 30 dias de avaliação, onde as mesmas tendem a apresentar

um amarelamento evidenciando a maior variação de cor no grupo que, inicialmente, apresentou valores menores de *b (eixo azul-amarelo).

1. Fernandes AB, Ribeiro AA, Araujo MV, Ruellas AC. Influence of exogenous pigmentation on the optical properties of orthodontic elastic ligatures. *J Appl Oral Sci.* 2012;20(4):462-466.
2. Kim SH, Lee YK. Measurement of discolouration of orthodontic elastomeric modules with a digital camera. *Eur J Orthod.* 2009;31(5):556-562.
3. Silva AVMd, Mattos GVd, Kato CM, Normando D. In vivo color changes of esthetic orthodontic ligatures. *Dental Press Journal of Orthodontics.* 2012;17(5):76-80.
4. Ardesbna AP, Vaidyanathan TK. Colour changes of orthodontic elastomeric module materials exposed to in vitro dietary media. *J Orthod.* 2009;36(3):177-185.
5. Lew KK. Staining of clear elastomeric modules from certain foods. *J Clin Orthod.* 1990;24(8):472-474.
6. Baty DL, Storie DJ, von Fraunhofer JA. Synthetic elastomeric chains: a literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994;105(6):536-542.
7. Baty DL, Volz JE, von Fraunhofer JA. Force delivery properties of colored elastomeric modules. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994;106(1):40-46.
8. Bousquet JA, Jr., Tuesta O, Flores-Mir C. In vivo comparison of force decay between injection molded and die-cut stamped elastomers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129(3):384-389.
9. De Genova DC, McInnes-Ledoux P, Weinberg R, Shaye R. Force degradation of orthodontic elastomeric chains--a product comparison study. *Am J Orthod.* 1985;87(5):377-384.
10. Taloumis LJ, Smith TM, Hondrum SO, Lorton L. Force decay and deformation of orthodontic elastomeric ligatures. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997;111(1):1-11.
11. Abu-Bakr N, Han L, Okamoto A, Iwaku M. Color stability of compomer after immersion in various media. *J Esthet Dent.* 2000;12(5):258-263.
12. Fay RM, Servos T, Powers JM. Color of restorative materials after staining and bleaching. *Oper Dent.* 1999;24(5):292-296.
13. Uchida H, Vaidyanathan J, Viswanadhan T, Vaidyanathan TK. Color stability of dental composites as a function of shade. *J Prosthet Dent.* 1998;79(4):372-377.
14. Wiltshire WA, Labuschagne PW. Staining of light-cured aesthetic resin restorative materials by different staining media: an in vitro study. *J Dent Assoc S Afr.* 1990;45(12):561-565.
15. Soldati DC, Silva RC, Oliveira AS, Kaizer MR, Moraes RR. Color stability of five orthodontic clear elastic ligatures. *Orthodontics (Chic.).* 2013;14(1):e60-65.

16. Cavalcante JS, de Castellucci e Barbosa M, Sobral MC. Evaluation of the susceptibility to pigmentation of orthodontic esthetic elastomeric ligatures. *Dental Press J Orthod.* 2013;18(2):20 e21-28.
17. Eliades T, Eliades G, Watts DC. Structural conformation of in vitro and in vivo aged orthodontic elastomeric modules. *Eur J Orthod.* 1999;21(6):649-658.
18. Beattie S, Monaghan P. An in vitro study simulating effects of daily diet and patient elastic band change compliance on orthodontic latex elastics. *Angle Orthod.* 2004;74(2):234-239.
19. Wong AK. Orthodontic elastic materials. *Angle Orthod.* 1976;46(2):196-205.
20. McLaren K. Development of Cie 1976 (Lab) Uniform Color Space and Color-Difference Formula. *Journal of the Society of Dyers and Colourists.* 1976;92(9):338-341.
21. Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater.* 1987;3(5):246-251.
22. Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). Recommendations on uniform color spaces, color difference equations and psychometric color terms. CIE Publication; 1978.
23. Burkinshaw SM. Colour in relation to dentistry. Fundamentals of colour science. *Br Dent J.* 2004;196(1):33-41; discussion 29.
24. Huet EF, Patrick KS, Nunez LJ. Observations on the elastic behavior of a synthetic orthodontic elastomer. *J Dent Res.* 1990;69(2):496-501.
25. Eliades T, Eliades G, Silikas N, Watts DC. In vitro degradation of polyurethane orthodontic elastomeric modules. *J Oral Rehabil.* 2005;32(1):72-77.

REFERÊNCIAS

1. Ziuchkovski JP, Fields HW, Johnston WM, Lindsey DT. Assessment of perceived orthodontic appliance attractiveness. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133(4 Suppl):S68-78.
2. Fernandes AB, Ribeiro AA, Araujo MV, Ruellas AC. Influence of exogenous pigmentation on the optical properties of orthodontic elastic ligatures. *J Appl Oral Sci.* 2012;20(4):462-466.
3. Ardeshna AP, Vaidyanathan TK. Colour changes of orthodontic elastomeric module materials exposed to in vitro dietary media. *J Orthod.* 2009;36(3):177-185.
4. Kim SH, Lee YK. Measurement of discolouration of orthodontic elastomeric modules with a digital camera. *Eur J Orthod.* 2009;31(5):556-562.
5. Stober T, Gilde H, Lenz P. Color stability of highly filled composite resin materials for facings. *Dent Mater.* 2001;17(1):87-94.
6. Lee YK. Colour and translucency of tooth-coloured orthodontic brackets. *Eur J Orthod.* 2008;30(2):205-210.
7. Fay RM, Servos T, Powers JM. Color of restorative materials after staining and bleaching. *Oper Dent.* 1999;24(5):292-296.
8. Abu-Bakr N, Han L, Okamoto A, Iwaku M. Color stability of compomer after immersion in various media. *J Esthet Dent.* 2000;12(5):258-263.
9. Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater.* 1987;3(5):246-251.
10. Uchida H, Vaidyanathan J, Viswanadhan T, Vaidyanathan TK. Color stability of dental composites as a function of shade. *J Prosthet Dent.* 1998;79(4):372-377.
11. Wiltshire WA, Labuschagne PW. Staining of light-cured aesthetic resin restorative materials by different staining media: an in vitro study. *J Dent Assoc S Afr.* 1990;45(12):561-565.
12. Eliades T, Gioka C, Heim M, Eliades G, Makou M. Color stability of orthodontic adhesive resins. *Angle Orthod.* 2004;74(3):391-393.
13. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Dent Res.* 1989;68(5):819-822.
14. Loriato LB, Machado AW, Pacheco W. Considerações clínicas e biomecânicas de elásticos em ortodontia. *Rev Clín Ortod Dental Press.* 2006;5(1):43-55.
15. Beattie S, Monaghan P. An in vitro study simulating effects of daily diet and patient elastic band change compliance on orthodontic latex elastics. *Angle Orthod.* 2004;74(2):234-239.
16. Graber T, Vanarsdall R. *Orthodontics: Current Principles and Techniques.* 1994.
17. Baty DL, Storie DJ, von Fraunhofer JA. Synthetic elastomeric chains: a literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994;105(6):536-542.
18. Bode HB, Kerkhoff K, Jendrossek D. Bacterial degradation of natural and synthetic rubber. *Biomacromolecules.* 2001;2(1):295-303.
19. Morton M. *Rubber Technology.* Londres: Springer; 1987.
20. Brantley WA, Eliades T. *Orthodontic Materials: Scientific and Clinical Aspects.* Thieme; 2001.

21. Kidd PD, Sterrett TL. The Use of Thermoplastic Polyurethane Elastomers in Orthodontics. *Journal of Elastomers and Plastics*. 1984;16(3):199-205.
22. Zdrahala RJ, Zdrahala IJ. Biomedical applications of polyurethanes: a review of past promises, present realities, and a vibrant future. *J Biomater Appl*. 1999;14(1):67-90.
23. Miles D, Briston JH. *Polymer Technology*. Temple; 1965.
24. Wong AK. Orthodontic elastic materials. *Angle Orthod*. 1976;46(2):196-205.
25. Henriques JFC, Hayasaki SM, Henriques RP. Elásticos Ortodônticos: como Seleccionálos e Utilizálos de Maneira Eficaz. *Jornal Brasileiro de ORTODONTIA & Ortopedia Facial*. 2010;8(48).
26. Bishara SE, Andreasen GF. A comparison of time related forces between plastic alastiks and latex elastics. *Angle Orthod*. 1970;40(4):319-328.
27. Huget EF, Patrick KS, Nunez LJ. Observations on the elastic behavior of a synthetic orthodontic elastomer. *J Dent Res*. 1990;69(2):496-501.
28. Taloumis LJ, Smith TM, Hondrum SO, Lorton L. Force decay and deformation of orthodontic elastomeric ligatures. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997;111(1):1-11.
29. von Fraunhofer JA, Coffelt MT, Orbell GM. The effects of artificial saliva and topical fluoride treatments on the degradation of the elastic properties of orthodontic chains. *Angle Orthod*. 1992;62(4):265-274.
30. Karamouzos A, Athanasiou AE, Papadopoulos MA. Clinical characteristics and properties of ceramic brackets: A comprehensive review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997;112(1):34-40.
31. Faltermeier A, Behr M, Mussig D. Esthetic brackets: the influence of filler level on color stability. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007;132(1):5 e13-16.
32. Lew KK. Staining of clear elastomeric modules from certain foods. *J Clin Orthod*. 1990;24(8):472-474.
33. Baty DL, Volz JE, von Fraunhofer JA. Force delivery properties of colored elastomeric modules. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1994;106(1):40-46.
34. Bousquet JA, Jr., Tuesta O, Flores-Mir C. In vivo comparison of force decay between injection molded and die-cut stamped elastomers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006;129(3):384-389.
35. De Genova DC, McInnes-Ledoux P, Weinberg R, Shaye R. Force degradation of orthodontic elastomeric chains--a product comparison study. *Am J Orthod*. 1985;87(5):377-384.
36. Burkinshaw SM. Colour in relation to dentistry. Fundamentals of colour science. *Br Dent J*. 2004;196(1):33-41; discussion 29.
37. Commission Internationale de l'Eclairage (CIE). Recommendations on uniform color spaces, color difference equations and psychometric color terms. CIE Publication; 1978.
38. McLaren K. Development of Cie 1976 (Lab) Uniform Color Space and Color-Difference Formula. *Journal of the Society of Dyers and Colourists*. 1976;92(9):338-341.
39. Douglas RD, Brewer JD. Acceptability of shade differences in metal ceramic crowns. *J Prosthet Dent*. 1998;79(3):254-260.
40. Lagouvardos PE, Diamanti H, Polyzois G. Effect of individual shades on reliability and validity of observers in colour matching. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2004;12(2):51-56.

