

JÚLIO CÉSAR QUEIROZ RABELO

O efeito dos agentes clareadores sobre o esmalte, a resina composta e a interface adesiva: uma revisão da literatura

São Paulo

2020

JÚLIO CÉSAR QUEIROZ RABELO

O efeito dos agentes clareadores sobre o esmalte, a resina composta e a interface adesiva: uma revisão da literatura

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pelo programa de Pós-Graduação em Odontologia para obter o título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Dentística

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Míriam Lacalle Turbino

São Paulo

2020

Catálogo da Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Rabelo, Júlio César Queiroz .

O efeito dos agentes clareadores sobre o esmalte, a resina composta e a interface adesiva: uma revisão da literatura / Júlio César Queiroz Rabelo; orientadora Miriam Lacalle Turbino. -- São Paulo, 2020.

67 p. : 30 cm.

Dissertação (Mestrado) -- Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de concentração: Dentística. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão corrigida.

1. Clareadores dentários. 2. Resinas compostas. 3. Esmalte dentário. 4. Adesivos dentinários. 5. Peróxido de Hidrogênio. 6. Peróxido de Carbamida. I. Turbino, Miriam Lacalle. II. Título.

Rabelo JCQ. O efeito dos agentes clareadores sobre o esmalte, a resina composta e a interface adesiva: uma revisão da literatura. Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em: 21/01/2021

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). Eric Mayer

Instituição: FO-USP

Julgamento: Aprovado

Prof(a). Dr(a). Carlos Alberto Kenji Shimokawa

Instituição: FO-USP

Julgamento: Aprovado

Prof(a). Dr(a). Luciana Fávaro Francisconi dos Rios

Instituição: FO-USP

Julgamento: Aprovado

Dedico este trabalho aos meus queridos pais, **Socorro e César**, por todo o apoio e amor incondicional. Não tenho maneiras de expressar como imensa é a minha gratidão por todo o esforço e sacrifício que vocês sempre fizeram por mim. Gratidão por caminharem ao meu lado. Amo vocês.

Dedico também à minha querida orientadora, **Prof^a Dr^a Míriam Lacalle Turbino**, por ter me acolhido, apoiado e acreditado em mim (em certo momento até mais do que eu mesmo!). Agradeço por acreditar e depositar sua confiança em mim, pela disposição em sempre me ajudar, pela amizade, pelos “puxões de orelha” quando eles foram necessários, pelos ensinamentos, pela dedicação e paciência que me revigoraram a disposição ao longo desse tempo. Gratidão por tudo.

A todos os familiares e amigos que me acompanharam nessa jornada e torcem pelo meu sucesso.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, na pessoa do Diretor Pro. Dr. Rodney Garcia Rocha.

À Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

À CAPES, pelo apoio financeiro concedido para a realização deste trabalho.

A todos os professores do Departamento de Dentística, em especial às professoras **Adriana, Luciana, Maria Ângela e Maine**, pela maior proximidade, amizade, incentivo e apoio.

A todos os meus colegas de Pós-Graduação, em especial à **Olívia, Carlinhos e Amanda**, Pelo companheirismo e por me ajudarem no desenvolvimento deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Dentística, **Selminha, David, Leandro e Aldo**, por toda a ajuda durante o mestrado.

À **Silvana**, do Laboratório de Dentística, por toda a disposição, ajuda e incentivo que teve para comigo. Gratidão Sil, você foi luz para mim!

À **Cláudia**, da Biblioteca, por toda a ajuda na formatação do trabalho.

Aos meus queridos irmãos, **Germano e Letícia**, pelo nosso apoio mútuo e amizade inabalável, aos meus queridos amigos com quem convivo e que fazem parte da minha vida, **Gabriel, Messias, Ronan, Janderson e Vinicius**, gratidão pelo companheirismo e amizade.

A todos os familiares e amigos, que me acompanharam nessa jornada e torcem pelo meu sucesso.

"Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar.
Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota."

Madre Teresa de Calcutá

RESUMO

Rabelo JCQ. O efeito dos agentes clareadores sobre o esmalte, a resina composta e a interface adesiva: uma revisão da literatura [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2020. Versão Corrigida.

Esta revisão da literatura teve como objetivo sintetizar a informação disponível a respeito dos efeitos dos agentes clareadores sobre o esmalte dental, a resina composta e a sua interface adesiva. Os dados dos estudos revisados focam na utilização dos géis clareadores, em variadas concentrações e tempos de tratamento, agindo sobre a cor, a rugosidade superficial e a microdureza de diferentes tipos de resinas compostas e o efeito destes branqueadores sobre o esmalte dental. Enfoque também no efeito dos agentes clareadores sobre a interface adesiva das resinas compostas com a utilização de diferentes tipos de sistemas adesivos e modos de aplicação. As fontes de dados utilizados foram o PubMed e o Google Acadêmico, palavras-chave digitados: bleaching AND enamel AND bond strenght AND composite OR restoration AND color AND superficial roughness AND microhardness. Os estudos apontam um efeito adverso resultante do procedimento de clareamento sobre o esmalte, a resina composta e a interface adesiva. Este efeito é mais acentuado sobre os materiais dentários (compósitos e sistemas adesivos) do que no tecido dental (esmalte). Quanto maior for a concentração do clareador mais agressivo é o seu efeito nocivo sobre estrutura dental e materiais. As alterações das propriedades das resinas compostas dependem do tempo de exposição e do tipo de estrutura do compósito. Os pacientes devem ser alertados sobre a possível necessidade de reparo, conserto ou até mesmo a substituição das restaurações de resina composta ao realizarem o clareamento, devido às diferenças de como tecidos dentais e materiais restauradores reagem aos agentes clareadores. É interessante utilizar de formas propostas na literatura para amenizar os impactos negativos do clareamento sobre as restaurações como o polimento pós procedimento branqueador. O sistemas adesivo do tipo condicione e lave apresenta uma resistência maior comparado ao autocondicionante. O adesivo universal também apresenta maior resistência quando utilizado na forma condicione e lave.

Palavras-chave: Clareadores dentários. Resinas Compostas. Esmalte dentário. Sistemas adesivos. Peróxido de hidrogênio. Peróxido de carbamida.

ABSTRACT

Rabelo JCQ. The effect of bleaching agents on enamel, composite resin and adhesive interface: a literature review [dissertation]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2020. Versão Corrigida.

This literature review aimed to synthesize the available information regarding the effects of bleaching agents on dental enamel, composite resin and its adhesive interface. The data from the reviewed studies focus on the use of whitening gels, in varying concentrations and treatment times, acting on the color, surface roughness and microhardness of different types of composite resins and the effect of these whiteners on dental enamel. Also focus on the effect of bleaching agents on the adhesive interface of composite resins using different types of adhesive systems and application modes. The data sources used were PubMed and Google Scholar, keywords engines: bleaching AND enamel AND bond strength AND composite OR restoration AND color AND superficial roughness AND microhardness. The studies indicate a adverse effect resulting from the whitening procedure on the enamel, the composite resin and the adhesive interface. This effect is more pronounced on dental materials (composites and adhesive systems) than on dental tissue (enamel). The higher the concentration of the bleach, the more aggressive its harmful effect on dental structure and materials. Changes in the properties of composite resins depend on the exposure time and the type of composite structure. Patients should be alerted to the possible need for repair or even replacing composite resin restorations when performing bleaching, due to differences in how dental tissues and restorative materials react to bleaching agents. It is interesting to use in ways proposed in the literature to mitigate the negative impacts of bleaching on restorations such as pre- and post-whitening polishing. The adhesive systems of the condition and wash type have a higher resistance compared to the self-etching. The universal adhesive also presents greater resistance when used in the condition and wash form.

Keywords: Tooth whitening. Composite Resins. Dental enamel. Adhesive systems. Hydrogen peroxide. Carbamide peroxide.

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

H ₂ O ₂	peróxido de hidrogênio
mm	milímetro
nm	nanômetro
%	por cento
µm	micrômetro
p H	potencial hidrogeniônico
PC	peróxido de carbamida
PH	peróxido de hidrogênio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1	ESMALTE	21
2.2	EFEITOS DOS AGENTES CLAREADORES SOBRE AS PROPRIEDADES DAS RESTAURAÇÕES DE RESINA COMPOSTA.....	25
2.2.1	COR	25
2.2.2	Rugosidade Superficial e Microdureza	30
2.3	SISTEMAS ADESIVOS E INTERFACE ADESIVA	35
3	PROPOSIÇÃO	43
4	DISCUSSÃO	45
5	CONCLUSÕES	55
	REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

O conceito proposto pela Odontologia moderna é o da máxima conservação da estrutura dental e quando se fala em estética, vários são os fatores a serem considerados. Dentre eles a cor vem sendo atribuída pela maioria dos pacientes como o principal requisito associado à beleza e saúde. Isso visto sob a perspectiva da odontologia minimamente invasiva fez do clareamento dental um procedimento de grande procura pelos pacientes, por tratar-se do método mais conservador de branqueamento dos dentes (Alaghehmand et al., 2019).

Quando se fala em procedimento de clareamento de dentes vitais, também chamado de extra-coronal, estão disponíveis a técnica de consultório, referida como sendo a mais concentrada sendo realizada pelo dentista, o clareamento caseiro o qual utiliza concentrações mais baixas e é feita pelo próprio paciente sob a supervisão do profissional, e também a combinação de ambas as técnicas. Os procedimentos em consultório podem ser realizados com a luz azul (450nm) combinada com os peróxidos para obter um clareamento mais rápido (Ontiveros, 2011). Além disso, a partir dos anos 2000, o mercado passou a ofertar produtos clareadores vendidos livremente como cosméticos: os produtos over the counter. Tais produtos apresentam, geralmente, baixas concentrações de peróxido de carbamida ou de hidrogênio, e se apresentam na forma de tiras, vernizes, géis, pastas, moldeiras, gomas de mascar e dentifrícios sendo amplamente acessíveis aos consumidores em supermercados, farmácias e internet.

O mecanismo de clareamento é complexo e envolve a oxidação dos cromóforos, que são moléculas pigmentantes localizadas no esmalte e na dentina, ao passo que também degrada a matriz orgânica do tecido dentário. Apesar de serem considerados seguros, os agentes clareadores podem apresentar alguns efeitos adversos, como hipersensibilidade e irritação gengival, podendo provocar modificações na estrutura do dente. Tais efeitos adversos dos géis clareadores não se restringem apenas ao tecido dental, considerando o fato de que áreas contendo restaurações de resina composta são comumente expostas ao clareamento, os géis clareadores agem também sobre os compósitos, os quais devido à sua matriz orgânica são particularmente mais propensos a alterações químicas (Mourouzis et al., 2013).

A preservação da cor, rugosidade superficial, dentre outras propriedades dos materiais restauradores são cruciais para a longevidade das restaurações, sendo assim, uma demanda estética dos pacientes. Além disso, um inconveniente resultante do procedimento clareador em consultório está relacionado à diminuição da resistência adesiva das restaurações de compósitos ao esmalte clareado (Surmelioglu et al., 2020). As falhas de adesão decorrentes do clareamento

podem comprometer o resultado do tratamento na forma de coloração marginal, microinfiltração, cárie recorrente e falha restauradora, podendo levar à necessidade de reparo, ou mesmo em último caso a refazer as restaurações adesivas (Alkudhairy et al., 2018).

Considerando o fato de que boa parte da população tem ao menos uma restauração dental, os efeitos dos clareadores sobre os materiais restauradores vêm sendo investigados por numerosos estudos ao longo do tempo (Bailey; Swift, 1992; Gurgan; Yalcin, 2007; Hanning et al., 2007; Silva Costa et al., 2009; Yu et al., 2011). A cor e a rugosidade superficial são as propriedades que recebem maior atenção nos estudos, devido talvez ao fato de que suas modificações são imediatamente percebidas pelos pacientes, quando comparadas às demais propriedades.

Ao iniciar uma reabilitação estética completa o passo que consiste no clareamento de dentes vitais é feito, preferencialmente, antes da confecção de restaurações adesivas de resina composta, com o intuito que estas sejam feitas já com a cor final dos dentes atingida pelo procedimento branqueador, entretanto, considerando a popularidade do clareamento na atualidade, muitos pacientes que já possuem restaurações de compósitos procuram o procedimento com o intuito de melhorar a estética dental.

Em dentes anteriores, qualquer alteração é imediatamente notada pelos pacientes. As resinas compostas, apesar de suas excelentes propriedades estéticas, podem ter estas mesmas propriedades alteradas ao longo do tempo, principalmente devido à absorção de cromóforos provenientes da alimentação. Esta revisão busca sintetizar as informações disponíveis na literatura a respeito dos efeitos danosos decorrentes do procedimento clareador sobre o esmalte, as resinas compostas e sua interface adesiva.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ESMALTE

A composição do esmalte dental é de aproximadamente 95% de conteúdo mineral e 5% de água e matéria orgânica em peso. Em volume os valores correspondem a 86% de mineral, 12% de água e 2% de conteúdo orgânico (Fejerskov; Kidd, 2015). Um grupo de minerais contendo íons de cálcio (Ca^{2+}), juntamente com ortofosfatos (PO_4^{3-}), metafosfatos e pirofosfatos ($\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$) formam um composto denominado fosfato de cálcio, que é o componente primário da parte mineral do esmalte e que no tecido dentário está cristalizado, recebendo o nome de hidroxiapatita (Boyde, 1976).

Na configuração do esmalte esses cristais de cálcio e fosfato não estão dispostos de forma aleatória, mas organizados em unidades básicas chamadas de prismas, que são pequenos agrupamentos compactos de hidroxiapatita e estão firmemente compactados conferindo ao tecido uma aparência vítrea. De acordo com a disposição dos prismas. O esmalte pode ser dividido em esmalte aprismático, correspondente à camada mais superficial. Na região mais próxima à dentina, os primeiros cristais são depositados de forma perpendicular ao tecido dentinário, após essa camada mais profunda que mede cerca de 30 μm , os cristais passam a seguir uma curta projeção cônica e recebem o nome de esmalte prismático (Boyde, 1976; Fejerskov; Kidd, 2015).

A nível microscópico os cristais estão separados uns dos outros por pequenos espaços inter cristalinos que estão preenchidos com proteínas, lipídeos e água, os cristais ficam imersos em uma matriz orgânica formada principalmente pelas proteínas enamulina, que funciona como se fosse um tipo de “cola protéica” entre os cristais de hidroxiapatita formando os prismas e a amelogenina, responsável por formar uma bainha encapsulando os prismas (Elfallah et al., 2015).

Quando vistos em conjunto, estes espaços formam uma rede delgada de vias de difusão conhecidas como poros no esmalte, que alcançam a superfície externa do tecido. Além destes, há ainda um número variado de defeitos do desenvolvimento, as aberturas focais, que são pequenas fissuras irregulares e microporos com menos de um micrometro de diâmetro. Estas vias potenciais de difusão, assim como todos os espaços dentro do esmalte, independente do

seu tamanho, são preenchidos com proteínas de origem no desenvolvimento, lipídeos e água. (Fejerskov; Kidd, 2015).

Isso faz do esmalte um biocompósito, sólido e microporoso composto por cristais densamente compactados, apresentando uma característica de membrana semipermeável. Apesar de compor a menor parte do tecido, a presença de componentes orgânicos no esmalte modifica os processos de difusão para dentro e para fora do tecido, assim como modifica a reação da fase mineral aos fatores da cavidade oral (Elfallah et al., 2015). É esta característica de membrana semipermeável que permite a difusão dos agentes clareadores fazendo com que estes alcancem o limite amelo-dentinário e a dentina, difundindo-se então pelos túbulos dentinários.

O peróxido de carbamida, utilizado no clareamento caseiro, é um composto estável, que se dissocia quando em contato com a água, liberando peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Como o peróxido de carbamida libera peróxido de hidrogênio, a química predominante do clareamento dental é a desse composto, e que consiste na degradação dos cromóforos (Carey, 2014). O peróxido de hidrogênio é um agente oxidante que ao se difundir pela estrutura dental dissocia-se, liberando radicais livres instáveis como os radicais hidroxilas, peridroxilas e ânions superóxidos (Algahtani, 2014).

Radical livre é toda molécula que apresente um elétron desemparelhado, proporcionando-lhe alta reatividade. Estes reagem com a região rica em elétrons do dente, atacando as moléculas grandes e pigmentadas localizadas entre os cristais de sais inorgânicos do esmalte. Esse processo de decomposição dos cromóforos se dá através da clivagem das ligações duplas entre seus átomos de carbono, nitrogênio e oxigênio, transformando-as em moléculas mais polares e com menos peso molecular do que a molécula original. Essas características fazem com que estes produtos sejam mais fáceis de serem removidos em meio aquoso. Dessa forma através de um processo contínuo (clareamento em várias sessões) os cromóforos se tornam simples o bastante para serem eliminadas da estrutura dentária por difusão (Nari-Ratih; Widyastuti, 2019).

Entretanto, o clareamento dental à base de peróxido de hidrogênio é um processo dinâmico e complexo, fato pelo qual os mesmos radicais livres que promovem a quebra dos cromóforos também afetam os componentes orgânicos e inorgânicos dos tecidos dentais. No esmalte podem causar defeitos micromorfológicos, redução da microdureza e aumento da porosidade e rugosidade devido a uma maior suscetibilidade à desmineralização deixando-o mais vulnerável à formação de lesão de cárie (Josey et al., 1996; McCracken; Haywood, 1996; Hegedus et al., 1999). Além disso, a degradação do conteúdo mineral devido aos procedimentos

muito agressivos de clareamento pode fazer com que o dente apenas “pareça” mais branco, fato este atribuído à excessiva desmineralização do tecido (Carey, 2014).

A nocividade do agente clareador sobre o esmalte é atribuída à perda do núcleo do prisma e acúmulo de oxigênio residual com conseqüente obstrução dos espaços interprismáticos, isso afeta propriedades como a microdureza, a rugosidade e a cor. Coceska et al., 2016 demonstraram uma significativa perda de sódio e magnésio em amostras de esmalte submetidas ao clareamento com peróxido de hidrogênio, sendo que as amostras clareadas com a ajuda de led exibiram também grande perda de cálcio e fosfato, sendo que essa perda de minerais afeta diretamente a microestrutura dos cristais de esmalte.

Com as propriedades mecânicas do tecido comprometidas isso levaria a uma formação deficiente dos tags de resina durante uma restauração adesiva afetando a longevidade de tais restaurações, já que a adesão ao esmalte é basicamente micromecânica, resultando em falhas restauradoras como a microinfiltração. É preciso levar em consideração que em situações clínicas, a superfície de esmalte é conhecida por ter uma indistinta e anormal estrutura de prismas ou nenhuma estrutura prismática, sendo assim chamada de “prismless layer” (Attin et al., 2004).

Situação diferente está relacionada com a interação do clareador com a fase orgânica do esmalte. Apesar de a teoria da clivagem dos cromóforos ser bem aceita, os mecanismos pelos quais essa clivagem ocorre ainda não estão completamente esclarecidos. Alguns estudos levaram à especulação de que o efeito clareador seria resultante de modificações da cadeia polipeptídica do substrato orgânico, e não da interação do agente branqueador com os cromóforos. Os radicais hidroxilas liberados a partir das reações de oxidação interagiriam com os componentes orgânicos do esmalte resultando em espécies inofensivas como dióxido de carbono e água (Sencer et al., 2001; Kawamoto; Tsujinmoto, 2004).

Eimar et al. (2012) indicaram em seu estudo que o efeito branqueador provocado pelo peróxido se deve à reação de oxidação resultante do aumento na quantidade de oxigênio nos tecidos dentais e seu efeito sobre a matriz orgânica do dente, entretanto, sem afetar de forma significativa o seu conteúdo inorgânico. Segundo os autores, os cromóforos, se existirem, apresentam-se numa concentração muito baixa no esmalte e o efeito branqueador do peróxido poderia ser atribuído à diminuição na translucidez do tecido, tornando-o mais opaco e conseqüentemente mascarando a cor mais escurecida da dentina.

Isso sugere que embora o conteúdo orgânico represente menos de 1% da composição do esmalte, ele desempenha um papel significativo no comportamento mecânico do tecido (He; Swain, 2008). A fase orgânica ajuda a prevenir que a fratura se propague através do esmalte,

permitindo apenas um movimento limitado dos prismas durante o estresse (Hassan et al., 1981). De forma resumida, apesar da sua comprovada capacidade de promover o clareamento da estrutura dentária, o peróxido de hidrogênio pode também atacar os componentes tanto inorgânicos, mas principalmente, orgânicos do esmalte, resultando no comprometimento de suas propriedades mecânicas.

Rodrigues et al., 2005 avaliaram a microdureza do esmalte antes e após o tratamento de clareamento composta de ambas as técnicas: de consultório e caseira. Os autores encontraram valores menores de microdureza após o tratamento comparado com os valores iniciais, o que sugere uma desmineralização advinda do branqueamento. Basting et al., 2003 avaliaram a microdureza do esmalte submetido a sete clareadores diferentes aplicados durante oito horas por dia em um período de 42 dias. Os autores demonstraram que a microdureza do esmalte clareado diminuiu significativamente no período pós-tratamento. Contudo, através da imersão em uma solução similar à saliva humana; a microdureza foi recuperada, o resultado é atribuído ao potencial de remineralização da saliva artificial que pode reverter as alterações provocadas pelo clareamento.

No caso do estudo de Basting, o pH dos agentes clareadores utilizados ficou entre 6,22 a 7,84, sendo que nenhum apresentou pH inferior a 5,5 e portanto não contribuiria para a desmineralização do esmalte. Segundo Leonard et al., 1994 uma solução clareadora de pH moderadamente baixo na cavidade oral reduz o pH da saliva na boca durante os primeiros cinco minutos, mas um posterior aumento é esperado talvez devido à neutralização do peróxido pela saliva. Em condições *in vivo*, a presença de peroxidases, enzimas e saliva podem neutralizar os efeitos nocivos do peróxido de hidrogênio.

Sun et al., 2011 avaliaram os efeitos do peróxido de hidrogênio a 30% em pH ácido e neutro sobre o esmalte dental humano. Os espécimes foram então divididos em 3 grupos e armazenados de acordo com a seguinte divisão: peróxido de hidrogênio a 30% com pH igual a 7,0 durante 4 horas; peróxido de hidrogênio com pH de 3,6 por 4 horas e o último grupo ficou imerso em água destilada (pH = 6,8) pelo mesmo período. Foi avaliada a propriedade mecânica, a estrutura química, a morfologia da superfície do esmalte e a alteração de cor do dente. Os autores observaram que os espécimes imersos na solução de peróxido com pH neutro apresentaram menos efeitos adversos do que os espécimes que ficaram em solução ácida e ambos tiveram a mesma eficiência no clareamento dental. Concluindo, a desmineralização da estrutura dentária seria mais comumente causada pela erosão ácida do que pelo peróxido *in situ*.

A formação de radicais do tipo peridroxil (HO_2^-), os quais são extremamente reativos e capazes de aumentar a eficiência clareadora em cerca de 50%, ocorre em um ambiente com pH

entre 9,5 e 10,8 (Malkondu et al., 2011). Desse modo, em ambiente básico é necessária apenas uma baixa energia de ativação para o início da degradação do peróxido. Contudo, apesar dessa vantagem, é o pH ácido que mantêm o peróxido de hidrogênio estável, evitando sua degradação precoce e permitindo que o produto fique armazenado durante mais tempo, o que facilita a comercialização.

2.2 EFEITOS DOS AGENTES CLAREADORES SOBRE AS PROPRIEDADES DAS RESTAURAÇÕES DE RESINA COMPOSTA

Os agentes clareadores não atuam somente sobre os tecidos dentais, mas influenciam na sua interação com os materiais restauradores como as resinas compostas. No caso destas, os radicais livres podem atuar na interface matriz resinosa/carga levando ao descolamento das partículas inorgânicas da matriz orgânica. Esta é, inclusive a porção mais afetada do compósito, já tendo sido observada erosão evidente da matriz resinosa após procedimento clareador (Malkondu et al., 2011).

Dentre as propriedades das resinas compostas afetadas pelos procedimentos clareadores, duas se destacam por serem imediatamente percebidas pelos pacientes ao primeiro sinal de alteração, por mais suave que seja: cor e rugosidade superficial. A mudança de cor das resinas compostas é descrita como sendo dependente do tipo de matriz e de carga da resina, dos agentes pigmentantes assim como, das características do meio bucal (mais ácido ou mais alcalino) o que levará à posterior degradação da matriz orgânica do compósito (Topcu et al., 2017). A alteração da morfologia superficial da restauração também é um fator que leva à alteração de cor, pois uma superfície rugosa é mais suscetível à absorção de pigmentos além da acumulação de placa bacteriana, formação de lesão de cárie e irritação gengival (Dogan et al., 2008).

2.2.1 COR

Mudança de cor nas resinas compostas pode ser resultado da interação entre vários fatores como os tipos e a estrutura dos monômeros presentes em sua composição, a qualidade

da polimerização à qual o compósito foi submetido, o tipo e a concentração da carga, dentre outros a serem considerados (Willems et al., 1993). A descoloração compromete a estética do sorriso e consiste na maior causa de reclamações entre os pacientes, fazendo do clareamento um estimulador na criação de novas resinas, as quais imitem esteticamente o esmalte e a dentina.

As resinas compostas tendem a se descolorir devido à sua matriz hidrofílica que leva à absorção de água podendo exigir do paciente e do dentista o reparo, conserto ou mesmo a substituição das restaurações (Monaghan et al., 1992). O fato de os diferentes estudos que avaliaram a alteração de cor dos compósitos terem utilizado variadas concentrações de peróxidos, tempos de exposição e materiais testados diferentes é a explicação provável para os resultados controversos de grande parte dos estudos *in vitro*. Tais resultados da mensuração da cor podem mudar também devido à luz emitida pelo dispositivo utilizado que pode ser espalhada, absorvida, transmitida, refletida e dissipada em diferentes direções devido às propriedades ópticas dos materiais restauradores (Bolt et al., 1994). Além disso, as variadas texturas superficiais e a anatomia dos diferentes dentes avaliados também podem influenciar nos resultados.

Os principais fatores que determinam a mudança de cor são a concentração do peróxido e a duração do tratamento. Os estudos que avaliam a alteração de cor utilizam concentrações variadas dos agentes clareadores e diferentes tempos de exposição. Dentre estes estudos prévios, alguns reportaram mudanças de cor dos compósitos como resultado da ação do peróxido de carbamida a 10% (concentração baixa utilizada no clareamento caseiro). As mudanças encontradas foram similares aos compósitos armazenados em água e indetectáveis ao olho humano (Monaghan et al., 1992; Canay; Cehreli, 2003). Em contrapartida uma melhora significativa na cor proporcionada pelo mesmo agente e concentração foi relatada em outros estudos (Cooley; Burguer, 1991; Haywood, 2000).

Contudo, discrepâncias entre a cor das restaurações de compósito e a estrutura dentária após o clareamento com qualquer um dos agentes ocorrerão mesmo se as restaurações não forem “afetadas”. Se os compósitos combinam perfeitamente com a estrutura dentária circundante antes do clareamento, eles podem não combinar mais, uma vez que os dentes se tornaram mais claros e brilhantes como resultado do clareamento. Já a restauração não clareia (Canay; Cehreli, 2003).

Li et al., 2009 avaliaram o efeito do clareamento caseiro sobre, dentre outros materiais, duas resinas compostas. Os resultados encontrados mostraram que a variação de cor foi clinicamente aceitável após a sexta semana do período de teste, sendo que a alteração da cor

dos dentes foi bem maior quando comparada às restaurações. Tal achado pode ser um indicativo de que a cor das restaurações de resina pós-tratamento clareador, ocorre devido principalmente a um contraste maior entre o dente e a restauração, já que o elemento dental teria um nível de branqueamento bem mais acentuado. Os resultados ilustram que o tratamento com peróxido de carbamida a 15% já exerceria uma influência significativa na cor dos materiais.

Villalta e colaboradores (2006) em seu estudo avaliaram o efeito de duas soluções pigmentantes (café e vinho tinto) e três agentes clareadores, sobre a alteração de cor de duas resinas compostas (uma microhíbrida e um nanocompósito). Os agentes clareadores utilizados foram o peróxido de carbamida nas concentrações de 16%, 18% e 35%. No caso desse estudo, foi alertado que o pH baixo de ambas as bebidas e o álcool presente no vinho podem afetar a integridade superficial dos compósitos e causar o manchamento. A pesquisa também reforça a sentença “manchamento material-dependente” com a resina microhíbrida apresentando mais vulnerabilidade à pigmentação e um manchamento significativamente considerável a nível clínico com relação às duas substâncias, sendo ainda mais vulnerável ao vinho. O estudo também revela um ponto interessante: todos os espécimes testados voltaram à cor inicial, mesmo aqueles que passaram por uma intensa descoloração, revelando a efetividade dos clareadores em remover os pigmentos da superfície externa dos compósitos e não “clareá-los” de forma a alterar a sua cor original para outra mais clara.

A estabilidade de cor das resinas compostas é afetada por vários fatores tanto intrínsecos quanto extrínsecos. Os intrínsecos geralmente estão relacionados ao próprio material como modificações na matriz resinosa, carga inorgânica e polimerização incompleta, enquanto os extrínsecos são conhecidamente a ingestão de alimentos e bebidas pigmentantes (Ramesh et al., 2008).

A alteração da cor das resinas compostas tem sido atribuída à oxidação dos pigmentos superficiais e dos compostos de amina, os quais fazem parte da composição das aminas e podem ser responsáveis pela instabilidade de cor dos compósitos ao longo do tempo. Poros minúsculos na superfície dos materiais, resultado da dissolução química, seriam então preenchidos por ar ou saliva, e a inclusão de tais elementos provocaria alteração nas propriedades ópticas do material, alterando a refletância. A explicação mais provável poderia ser que os compostos orgânicos do ambiente oral entrariam nos microporos da superfície do material. Nesse contexto, dois mecanismos conduziriam a alterações de cor dos materiais: a dissolução superficial e alguma oxidação de seus componentes (Janda et al., 2004).

Canay e Çehreli (2003) avaliaram a eficiência dos peróxidos de carbamida e hidrogênio, os resultados revelaram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos

clareados com peróxido de carbamida; entretanto os materiais clareados com peróxidos de hidrogênio evidenciaram diferenças estatísticas significativas. Os autores concluíram que em comparação com o peróxido de carbamida, o peróxido de hidrogênio causou alterações de cor mais acentuadas nos compósitos testados.

Rao et al. (2009) avaliaram o efeito de três clareadores caseiros sobre a estabilidade de cor entre três diferentes materiais restauradores. Dentre os materiais testados, a resina nanohíbrida foi a que apresentou mais estabilidade de cor, seguida pela resina microparticulada e pelo CIV. Os autores concluíram que o tipo de carga, a concentração e a distribuição morfológica na matriz da resina exercem influência na propagação e na percepção da cor.

Restaurações de resina composta em dentes anteriores são feitas geralmente com compósitos nanoparticulados, cujas partículas de carga são ultrafinas para garantir um melhor polimento, lisura e brilho superficial e assim atender aos exigentes padrões estéticos da região. Clinicamente, dentes adjacentes variam em diferentes graus policromáticos e de translucidez, o que torna necessário considerar que pequenas variações de cor entre um dente e outro após o tratamento branqueador podem ser desprezadas.

Hafez et al. (2010) avaliaram a alteração de cor e rugosidade superficial de duas resinas (microparticulada e microhíbrida), as quais foram submetidas ao manchamento com café e posterior clareamento de consultório. Os resultados do estudo revelaram que nenhum sistema clareador alterou de forma significativa a cor dos compósitos testados após a primeira sessão de branqueamento. Também, não foram encontradas diferenças entre os dois compósitos.

Em oposição a este estudo, Monaghan et al., 1992 revelou que o clareamento de consultório afeta significativamente a cor de diferentes compósitos, contudo vale lembrar que a técnica utilizada no estudo consistia de um condicionamento prévio com ácido fosfórico, seguidos de 4 ciclos (de 30 minutos cada) de clareamento com 30% de peróxido de hidrogênio, sendo portanto um procedimento muito mais agressivo do que o do estudo de Hafez et al., 2010. Outros estudos utilizando a técnica de consultório, revelaram alterações de cor ainda maiores (Janda et al., 2004; Matis et al., 2007). Diante de tais resultados conflitantes pode-se concluir que os compósitos não clareiam na mesma proporção que os dentes, o que condiciona o sucesso do tratamento à substituição de tais restaurações.

Yalcin e Gurgan (2013) em seu estudo *in vitro* compararam as alterações de cor em cinco tipos diferentes de materiais restauradores: nanohíbridas, compômeros, resina para dentes posteriores, resina flow e microhíbrida. Os sistemas clareadores utilizados foram: peróxido de carbamida a 10% (dissocia-se em peróxido de hidrogênio a 3,5%) e peróxido de hidrogênio a 6,5%. Ambos os sistemas modificaram a cor dos materiais restauradores, dentre os quais o

peróxido de hidrogênio apresentou valores mais elevados de alteração de cor. Atenta-se ao fato de que as características dos diferentes materiais podem influenciar diretamente a mudança de cor. Os autores também identificaram uma hierarquia no padrão de alteração, a resina híbrida foi a que apresentou a alteração de cor mais suave, seguida pela resina para posteriores, nanohíbrida e pela flow. O compômero apresentou os mais altos valores de alteração. A mudança de cor dos compósitos também foi influenciada por diferentes cores de resina, condições de polimerização, espessura da camada de resina, métodos de armazenamento dos espécimes durante as mensurações, diferenças entre os instrumentos utilizados nas medidas e os próprios métodos de mensuração da cor (Miyagawa et al., 1981).

No estudo de Monaghan et al., 1992 em que as resinas compostas foram tratadas com peróxido de carbamida, os autores constataram que as unidades de alteração de cor foram desprezíveis e que não houve mudança visual evidente para esses compósitos. Gurbuz et al., 2013 encontraram alterações de cor inaceitáveis clinicamente, concluindo que os efeitos dos clareadores nos compósitos são significativamente menores do que nos dentes naturais. Torres et al., 2012 estudaram o efeito de géis contendo 20% e 35% de peróxido de hidrogênio na cor, opacidade e fluorescência das resinas compostas. Os testes revelaram que o tratamento com o peróxido de hidrogênio a 35% resulta em uma maior variação de cor quando comparado ao peróxido a 20% e ao grupo controle.

Tal fato reforça a ideia de que a concentração do agente clareador é determinante para a intensidade de alteração da cor, existem outros estudos que observaram alterações similares com outros tipos de agentes clareadores, como o peróxido de carbamida. Como a matriz orgânica dos materiais testados era muito similar, isso não foi significativo para a alteração de cor, apesar das cargas serem diferentes.

O grau de conversão da matriz da resina composta em polímero também pode influenciar a estabilidade de cor. Isso se deve ao fato de que os monômeros não reagidos podem ser atacados e degradados pelos radicais livres (Monaghan et al., 1992). Em conformidade com o estudo de Torres et al., 2019 o tipo de compósito utilizado tem se confirmado com um fator determinante na alteração de cor pós-clareamento, devendo-se principalmente à sua matriz orgânica.

Para investigar os efeitos do clareamento de consultório nas propriedades de superfície dos materiais dentários em diferentes temperaturas, Yu et al., 2013 testaram quatro resinas compostas, um compômetro, um cimento de ionômero de vidro tradicional e uma cerâmica. Como conclusão os autores também reforçam que o comportamento dos materiais restauradores perante o branqueamento depende da composição da resina utilizada, com o nanocompósito

testado tendendo ao amarelo e a resina organicamente modificada tendendo ao azul (considerando o eixo azul/amarelo) e que o brilho das restaurações de resina aumentou significativamente após o clareamento.

2.2.2 Rugosidade Superficial e Microdureza

Em adição à cor, uma maior rugosidade superficial tem um efeito deletério sobre a reflexão da luz, resultando em uma aparência final destoante em relação ao restante dos dentes e promovendo a adesão de placa bacteriana com subsequente aumento do manchamento e formação de cárie (Lu et al., 2005).

A lisura dos materiais restauradores é de grande importância na aparência estética. Irregularidades na textura superficial dos dentes, favorecem a adesão de microrganismos presentes na placa bacteriana, ao passo que dificultam a remoção da mesma através da escovação diária sendo, um fator de alto risco para a formação de cárie (Dogan., et al 2008). Além disso, os pigmentos provenientes da dieta podem ocupar as microporosidades e irregularidades na superfície do material, provocando uma discrepância de cor ainda maior entre o compósito e a estrutura dental (Yalcin; Gürgan, 2005).

Os resultados nos estudos que avaliam a rugosidade das resinas compostas no pós-clareamento são conflitantes. Wattanapayungkul et al., 2004 constataram que o clareamento com 35% de peróxido de hidrogênio não causou efeitos deletérios no acabamento superficial dos compósitos, enquanto Moraes et al., 2006 revelaram que a técnica de consultório (35% de peróxido de hidrogênio) produz grandes alterações na superfície de compósitos microhíbridos, não tendo grande impacto nos microparticulados. Silva et al., 2006, em seu estudo *in situ*, relataram que peróxido de hidrogênio a 35% não causou efeitos na rugosidade superficial tanto de resinas para dentes posteriores como microhíbridas.

Mourorouzis et al., 2013 avaliaram os efeitos dos agentes clareadores da técnica de consultório sobre as propriedades físicas de três resinas compostas sendo uma das resinas à base de silorano e as outras duas à base de dimetacrilato. A diferença entre as resinas utilizadas no estudo diz respeito à sua matriz orgânica. Os resultados indicaram que altas concentrações produzem efeitos superficiais mínimos na composição das resinas testadas. Langsten et al., 2002 examinaram os efeitos de altas concentrações de peróxido de carbamida (20-35%) sobre

a rugosidade superficial das resinas compostas também não reportando nenhuma diferença significativa entre as resinas híbridas e microparticuladas.

A superfície da resina composta se torna mais porosa e rugosa após passar pelo processo de branqueamento, ainda assim as restaurações podem ser mantidas desde que a interface dente/restauração não seja afetada e a cor do esmalte clareado não destoe da resina. Entretanto, os resultados são bastante controversos: Wattanapayungkul et al., 2004 também revelaram em sua análise utilizando microscopia eletrônica de varredura, a presença de numerosas fraturas na superfície dos materiais restauradores após o clareamento. Enquanto outros autores, os quais também estudaram o efeito do clareamento na rugosidade superficial das restaurações não encontraram diferenças significativas entre os grupos controle e clareado (Turker; Biskin, 2003; Wattanapayungkul; Yap, 2003).

Quirynen et al., 1990 mostraram que um pequeno aumento na rugosidade superficial das restaurações de resina (2 micrômetros) resultou em uma acentuada colonização bacteriana destas superfícies em comparação com topografias suaves. Markovic et al., 2014 em seu estudo avaliaram o efeito dos agentes clareadores (16% e 22% de peróxido de carbamida e 38% de peróxido de hidrogênio) na rugosidade superficial de duas resinas compostas e um cimento de ionômero de vidro, antes e após o clareamento. A superfície de todos os materiais testados foi alterada tanto pelas formulações contendo peróxido de carbamida quanto pela alta concentração de peróxido de hidrogênio, sendo esta última a que provocou as maiores alterações na rugosidade superficial, apesar de os agentes com peróxido de carbamida também terem provocado mudanças significativas.

Segundo Hafez et al., 2010 o aumento da rugosidade superficial das resinas compostas em resposta ao clareamento parece ser dependente tanto da concentração do agente clareador utilizado quanto do tipo de compósito. A possível explicação aqui seria que a alta energia dos radicais livres liberados a partir dos peróxidos agiria sobre a interface matriz/carga, provocando o descolamento das partículas de carga da matriz orgânica, posterior absorção de água pelos microespaços deixados pelas partículas, resultando em estresse corrosivo e completa degradação da restauração (Wattanapayungkul; Yap, 2003).

Varanda et al., 2013 realizaram uma análise utilizando o microscópio de força atômica com o intuito de observar o nível de modificação da superfície de dois compósitos distintos: (um contendo nanopartículas e um microhíbrido), provocado por dois géis de peróxido de hidrogênio em diferentes concentrações (20% e 35%). As imagens em 3D da topografia dos compósitos fornecidas pelo microscópio revelaram que o peróxido de hidrogênio não causou modificações na resina Filtek Z350, que contém monômeros dimetacrilatos e nanopartículas.

Entretanto, os clareadores provocaram enfraquecimento da matriz orgânica e a consequente liberação das partículas de carga. Diante disso e, segundo os achados de Dogan et al., 2008, partículas de vidro contendo bário são mais vulneráveis à degradação hidrolítica quando comparadas às partículas de quartzo e sílica, assim como as partículas inorgânicas da resina microhíbrida são dissolvidas mais facilmente. Entretanto tais alterações são clinicamente discretas e poderiam ser eliminadas pelo polimento das restaurações.

Alguns outros estudos utilizando microscopia eletrônica de varredura revelaram que o peróxido de carbamida numa concentração entre 10%-16% (o equivalente à concentração de 3.6% a 5.76% de peróxido de hidrogênio) pode levar a um aumento significativo da rugosidade superficial em resinas compostas do tipo híbridas e microparticuladas (Bailey; Swift, 1992; Cehreli et al., 2003; Turker; Biskin, 2003).

Segundo Polydorou et al., 2006 o efeito do clareamento de consultório e caseiro sobre a morfologia da superfície dos materiais restauradores é dependente do tipo de material presente no compósito e do tempo de exposição. As restaurações com um melhor polimento apresentam também uma maior estabilidade de cor. De posse dessa informação pode-se dizer que um bom polimento de restaurações antigas antes do procedimento clareador é indicado com o intuito de suavizar os efeitos adversos sobre a restauração. O repolimento após o procedimento também seria recomendado segundo os autores, com o intuito de evitar os problemas causados pela alteração de superfície como manchamento, formação de biofilme e adesão bacteriana. A retenção bacteriana ocorre preferencialmente nas superfícies rugosas, já que existe a necessidade de que as bactérias permaneçam “protegidas” durante algum tempo para que possa haver a colonização.

Gurbuz et al., 2013 avaliaram o efeito do clareamento caseiro com peróxido de carbamida a 6,5% sobre a rugosidade superficial de duas resinas compostas, os autores não encontraram mudanças significativas na rugosidade superficial. De acordo com os resultados desse estudo, as restaurações podem se tornar mais brilhantes ao longo do tempo mesmo que inicialmente não apresentem um branqueamento tão eficiente quanto os elementos dentais e a substituição dessas restaurações após o clareamento pode não ser necessária.

Wang et al., 2011 usaram peróxido de hidrogênio a 35% em nanocompósitos, e detectaram um aumento significativo na rugosidade superficial. Os diferentes resultados desses estudos podem ser atribuídos às variadas concentrações do agente clareador utilizado. O peróxido de hidrogênio quando usado na concentração de 35% causou um aumento significativo na rugosidade superficial sobre um nanocompósito quando comparado à sua concentração de 16%.

Importante frisar primeiro a capacidade de difusão do peróxido de hidrogênio através da estrutura dentária, induzindo a uma quebra oxidativa das cadeias poliméricas, as ligações duplas como a parte mais suscetível desses polímeros e os radicais livres com um impacto significativo no enfraquecimento estrutural da restauração e formação de microporosidades (Luo et al., 2001).

Hafez et al., 2010 avaliaram o efeito do clareamento de consultório sobre duas resinas diferentes: uma microparticulada contendo 40% de carga de dióxido de silício e matriz de Bis-GMA e outra microhíbrida com 58% de carga boro-alumínio-flúor-silicato e matriz de Bis-GMA e TEGDMA, sendo este um monômero diluente incorporado à matriz resinosa para facilitar a sua manipulação e o Bis-GMA, por sua vez, um monômero de alta viscosidade. Os resultados revelaram alta rugosidade superficial em ambos os compósitos pós-procedimento apesar da eficiência em remover pigmentos externos dos compósitos, o que resultaria em maior suscetibilidade à futuras descolorações anulando assim o efeito positivo do branqueamento inicial. O aumento nas porosidades, também verificado, e como já mencionado, é tratado como um efeito deletério resultante da oxidação dos agentes clareadores na matriz polimérica dos materiais restauradores. A relação cor/rugosidade superficial torna-se paradoxal à medida que o clareamento de restaurações leva a um aumento na rugosidade e futuro remanchamento.

UDMA e Bis-EMA apresentam maior peso molecular e menos ligações duplas por unidade de peso, sendo assim, um maior peso molecular do monômero deixa a matriz resinosa menos suscetível à degradação pelo agente clareador. Uma cadeia polimérica formada por moléculas de alto peso molecular dificulta a difusão do agente clareador, sendo que o efeito dos agentes clareadores depende dessa profundidade de penetração.

Apesar de o clareamento dental não promover alterações estruturais macroscópicas, vários estudos têm relatado mudanças microestruturais provocadas pelos agentes clareadores, principalmente quando estes são aplicados em altas concentrações (Hanning et al., 2007). Diante dos estudos *in vitro*, é possível afirmar que o enfraquecimento químico resultante do clareamento afeta, de forma real, a durabilidade das restaurações de resina composta.

De forma complementar às pesquisas sobre clareamento como efeito adverso na rugosidade superficial das resinas compostas, existe na literatura uma ocorrência frequente de estudos a respeito da microdureza. A microdureza é definida como a resistência de um material à endentação ou à penetração, e é uma das mais importantes características dos materiais dentários (Bayley; Swift, 1992), podendo ser utilizada não apenas como uma medida de comparação das alterações de dureza, mas também como uma forma de avaliar a perda ou ganho mineral resultantes dos processos contínuos de desmineralização e remineralização (Potocnik

et al., 2000). Devido à suscetibilidade mais pronunciada da matriz orgânica ao clareamento, as resinas compostas têm se revelado mais vulneráveis quando comparadas às restaurações cerâmicas, metálicas ou mesmo ao esmalte dentário (Asmussen, 1982), sem falar que a redução da microdureza devido à erosão da matriz orgânica pode provocar diminuição na sua resistência.

Os estudos presentes na literatura que tratam do efeito deletério do branqueamento sobre esta propriedade das resinas compostas têm trazido resultados muito conflitantes (Bailey; Swift, 1992; García-Godoy et al., 2002; Turker; Biskin, 2003; Mujdeci; Gokay, 2006; Taher, 2005). Mujdeci e Gokay., 2006 avaliaram o efeito do peróxido de carbamida a 10% e do peróxido de hidrogênio a 14% sobre a microdureza de uma resina nanohíbrida e um compômero. Os resultados mostraram que os produtos não tiveram efeito sobre a microdureza das restaurações. Garcia e Godoy et al., 2002 também não revelaram alterações significativas na microdureza superficial após o clareamento. Taher, 2005 reportou uma diminuição da microdureza que foi dependente da concentração do gel clareador utilizado.

Potocnik et al., 2000 em seu estudo, de forma contraditória, não encontraram alterações significativas na microdureza do esmalte após o clareamento com peróxido de carbamida a 10%, entretanto os autores reportaram uma alta variabilidade nos valores de microdureza entre os dentes testados. Tais alterações foram atribuídas às diferenças na estrutura mineral dos elementos dentais, como a configuração dos cristais de esmalte, o que modificaria o padrão da dissolução mineral.

Tais resultados conflitantes podem ser explicados pelo fato de que os estudos são *in vitro*, portanto, diferem na metodologia utilizada, tempo de exposição ao clareador e concentração dos géis. Yu et al., 2008 em seu estudo utilizando 15% de peróxido de carbamida na microdureza de quatro materiais restauradores revelaram um efeito do clareador sobre a restauração “material-dependente”. Além disso, a divergência de resultados pode ser explicada pela presença de diferentes componentes tanto na matriz orgânica como na carga inorgânica das resinas compostas, sendo assim até mesmo os materiais que pertencem à mesma classificação podem reagir diferentemente a um mesmo clareador (Wang et al., 2011).

Hanning et al., 2007 investigando a influência de duas técnicas clareadoras caseiras (10% de peróxido de carbamida e 6% de peróxido de hidrogênio) sobre a microdureza de uma resina composta, uma resina flow e um compômero com o intuito de verificar os efeitos sobre as matrizes orgânicas assim como a alta ou baixa concentração de carga, revelaram que todas as técnicas clareadoras utilizadas reduziram consideravelmente a microdureza das amostras dos três materiais.

Como já mencionado para a rugosidade superficial, os danos gerados pelos radicais livres através do processo de oxidação do peróxido de hidrogênio afetam também a microdureza do material. A enorme capacidade de difusão destes radicais através da estrutura dental, clivando as cadeias poliméricas e em especial das ligações duplas dos polímeros (Wattanapayungkul; Yap, 2003) impactam sobre a interface matriz/carga e promovem o descolamento das partículas de carga inorgânica da matriz orgânica (Malkondu et al., 2011). Esta redução do seu conteúdo mineral, proporciona um enfraquecimento estrutural importante das restaurações de compósitos levando ao seu colapso.

Considerando o impacto negativo dos clareadores sobre a performance das restaurações, o procedimento deve ser evitado em dentes com restaurações extensas que envolvam a superfície oclusal. Malkondu et al. (2011) avaliaram os efeitos de dois sistemas clareadores contendo 20% de peróxido de carbamida e 10% de peróxido de hidrogênio sobre a microdureza de compósitos nanoparticulados e cerâmicas. Os resultados revelaram uma redução significativa da microdureza nos compósitos, a qual pode ser atribuída a uma maior quantidade de matriz orgânica em relação às cerâmicas. Além disso a microdureza é, assim como a rugosidade superficial e a cor, altamente influenciada pela quantidade e pelo tipo de carga inorgânica.

Outro ponto a ser considerado é a profundidade de penetração do agente clareador na estrutura dentária. Resinas constituídas por polímeros de alto peso molecular são mais resistentes à penetração do peróxido, e conseqüentemente aos efeitos adversos dos radicais livres. Diante disso o clareamento caseiro, que utiliza baixas concentrações, causaria um efeito “mais suave” ou mesmo mínimo sobre a microdureza de tais restaurações, sendo preferível à técnica de consultório. Por outro lado, o valor do pH também é um fator importante. A ionização do peróxido de hidrogênio em um meio ambiente alcalino (entre 9.5 e 10.8) produz mais radicais livres do tipo peridroxilas, e o resultado é um efeito clareador 50% maior do que em ambientes com pH inferiores à 4.2 (Araujo et al., 2013)

2.3 SISTEMAS ADESIVOS E INTERFACE ADESIVA

Idealmente, a restauração não deveria ser quimicamente ligada à estrutura dental, mas teria que se comportar física, termodinâmica e mecanicamente como se fosse o próprio dente, particularmente ao ser submetida a esforços mastigatórios. Para alcançar a tão desejada

longevidade das restaurações adesivas é necessário um “encaixamento” das propriedades do material restaurador com as da estrutura dental. Diante disso, é de grande importância dados que indiquem como seria o comportamento da interface adesiva frente a procedimentos agressivos, e que ao mesmo tempo se tornaram comuns, como é o caso do clareamento. Há dúvidas de qual teste é o ideal para avaliar a performance antes e após o procedimento, já considerando a eliminação do oxigênio residual.

Os sistemas adesivos são, de forma simplificada, soluções compostas por monômeros dos dois grupos: hidrofílicos e resinosos que possibilitam a interação entre o compósito e a estrutura dental. Além dos grupamentos de monômeros também há a presença de iniciadores de polimerização, inibidores ou estabilizadores, solventes e, em alguns casos, partículas inorgânicas. Nem a acidez do agente adesivo, nem a espessura da camada híbrida ou mesmo o comprimento dos tags de resina são os responsáveis pela efetividade da adesão e estabilidade de todos os adesivos, devido à enorme variedade de formulações disponíveis (Perdigão, 2007).

De forma resumida e simplificada, os sistemas adesivos atuais são classificados de acordo com o tipo de condicionamento da estrutura dental em dois tipos:

1 - Condicione e lave: que utiliza o ácido fosfórico para a desmineralização seletiva do substrato dental seguida da lavagem/remoção da smear layer.

2 – Autocondicionante: aqui não há a utilização do condicionamento ácido como um passo separado. Os sistemas adesivos autocondicionantes usam um primer ácido, que provoca uma desmineralização menos acentuada, a smear layer não é removida mas modificada e incorporada à camada híbrida. (Sofan et al., 2017).

Importante salientar que o condicionamento com ácido fosfórico aumenta a energia de superfície, a área e a porosidade no substrato (Tsujiimoto et al., 2010). Como a retenção ao esmalte é predominantemente micromecânica, uma melhor resistência adesiva pode ser atribuída à penetração mais profunda dos monômeros entre os cristais e prismas, logo quanto maior for a desmineralização dessa estrutura maior será a retenção. Entretanto, cabe ressaltar que na prática clínica, é extremamente difícil definir precisamente que apenas o esmalte está sendo condicionado, ou seja, existe uma enorme possibilidade de condicionar também a dentina exposta com o ácido fosfórico, resultando em uma diminuição na qualidade de adesão da dentina devido à incompleta penetração dos monômeros resinosos na dentina desmineralizada (Van Meerbeek et al., 2011). Isso significa que, apesar de mostrarem um bom selamento do esmalte, o ácido fosfórico pode causar desmineralização severa da dentina resultando em

sensibilidade pós-operatória, essa sensibilidade é atribuída à movimentação do fluido no interior dos túbulos dentinários devido ao incompleto selamento. Cabe ressaltar também que, diante de um procedimento de clareamento, a perda mineral advinda do processo poderia se somar à desmineralização já provocada pelo condicionamento com ácido fosfórico exacerbando a sensibilidade (Halabi et al., 2019).

Os adesivos autocondicionantes ganharam importância pelo seu bom desempenho de união à estrutura dentária, adesão química à hidroxiapatita e desmineralização reduzida da dentina. Mas, provavelmente, a principal vantagem oferecida seja a menor incidência da incômoda sensibilidade pós-operatória. Nesse caso como a smear plug em geral não é completamente removida dos túbulos dentinários, o sistema utiliza a smear layer como substrato de adesão, promovendo um selamento mais eficiente e dessa forma diminuindo a movimentação do fluido dentinário dentro dos túbulos (Suzuki et al., 2016).

Quando se fala de modo de aplicação, devido à maior simplicidade da técnica, os adesivos autocondicionantes reduzem a possibilidade de má manipulação clínica, como enxágue insuficiente e secagem excessiva, por exemplo, erros estes que resultam em falhas iatrogênicas. Entretanto, como nem tudo são vantagens, os autocondicionantes seguem com a sua incapacidade de condicionar o esmalte na mesma profundidade que o ácido fosfórico, o que resulta em grandes taxas de falhas restauradoras com margens em esmalte, como descolorações marginais. A maior degradação dos adesivos autocondicionantes é atribuída à sua menor acidez, fator este que aumenta a hidrofobicidade da camada adesiva e leva à captação e plastificação da água (Sofan et al., 2017).

Erickson et al., 2009 reportaram que os adesivos autocondicionantes produzem um padrão de condicionamento que afeta apenas uma camada na superfície do esmalte, área que corresponde às extremidades dos prismas, com um efeito mínimo sobre as regiões interprismáticas. Com tais limitações, a durabilidade da adesão dos adesivos autocondicionantes permanece menor quando comparada à técnica condicione e lave, e o ácido fosfórico continua sendo recomendado para condicionar o esmalte, particularmente quando a maior parte das cavidades marginais termina nesse tecido, numa técnica que ficou conhecida como “condicionamento seletivo” (Hanabusa et al., 2012).

Com o desenvolvimento da tecnologia adesiva nessa última década surgiram no mercado os adesivos conhecidos como universais. Assim chamados devido à sua versatilidade de aplicação, podem ser utilizados na técnica condicione e lave, autocondicionante ou condicionamento seletivo do esmalte (Ayar; Erdemir, 2017). A ideia proposta inicialmente por esses novos sistemas seria utilizar a opção mais simples de cada estratégia: autocondicionante

de um passo e o condicione e lave de dois passos, tudo em um único frasco de solução adesiva, o qual é definitivamente mais desafiador para os substratos dentais de diferentes naturezas (dentina sadia, cariada, esclerótica assim como o esmalte (Sofan et al., 2017).

Apesar das similaridades a composição dos adesivos universais difere dos atuais adesivos autocondicionantes, sendo mais complicada pela necessidade aqui de se condicionar tecidos heterogêneos sem um pré-tratamento (Suzuki et al., 2016). Para alcançar a adesão, tanto ao esmalte como à dentina, é necessária a incorporação de monômeros, que são capazes de produzir uma adesão tanto química quanto micromecânica aos substratos dentais. Essa composição é um fator importante a ser levado em consideração, desde que a maioria dos adesivos universais contém monômeros específicos carboxilato e/ou fosfato que se ligam ionicamente ao cálcio encontrado na hidroxiapatita influenciando na efetividade da ligação. (Sofan et al., 2017).

Estudos sugerem que alguns aspectos referentes aos processos químicos dos radicais livres podem acelerar a degradação hidrolítica das resinas compostas, tendo também consequências sobre a interface adesiva. A maioria desses estudos destaca a resina composta, e principalmente, o sistema adesivo como o fator de variação dos resultados de desempenho no pós-clareamento (Stokes et al., 1992; Cavalli et al., 2005). A maior parte dos estudos presentes na literatura utiliza o teste de microinfiltração para avaliar a qualidade da interface adesiva. Moosavi et al., 2009 verificaram que o clareamento pós procedimento restaurador com peróxido de carbamida aumenta a microinfiltração marginal tanto nas margens de esmalte como em dentina das restaurações de compósitos e ionômero de vidro modificado por resina. Recomendam considerar o retratamento de restaurações adesivas após o clareamento e contraídicam a utilização de cimento de ionômero de vidro resino-modificado como material restaurador pré-branqueamento, devido à sua grande suscetibilidade à microinfiltração marginal.

Outros estudos que avaliaram a microinfiltração de restaurações de resina composta submetidas a diversas técnicas de clareamento, utilizando diferentes tipos de sistemas adesivos trazem resultados controversos (Moosavi et al., 2009; Klein et al., 2018). Tais dados tornam-se ainda mais conflitantes, considerando o fato de que a maioria das pesquisas disponíveis nos documentos da literatura atual realizam o clareamento antes dos procedimentos adesivos e restauradores (Gogia et al., 2018; Oz; Kutuk, 2018; Halabi et al., 2019; Nair R., et al 2019; Nari-Ratih; Widyastuti, 2019).

A diminuição da resistência de união da interface dente/restauração permanece como um problema clínico importante resultante das mudanças estruturais nos tecidos dentais decorrentes do clareamento. Embora o mecanismo ainda não esteja claro, essa deprecação da adesão resina composta/tecidos dentários vêm sendo associada justamente à presença dos íons de oxigênio (Kwon et al., 2015; Ayar; Erdemir, 2017). Curiosamente, além dos efeitos branqueadores que a formação destes radicais tem sobre a estrutura dentária, a presença do mesmo oxigênio dificulta a correta penetração e polimerização do adesivo podendo comprometer o desempenho das restaurações de compósitos confeccionadas posteriormente ao clareamento (Surmelioglu et al., 2020), daí a recomendação de se esperar, no mínimo sete dias, para a realização de restaurações adesivas visando a eliminação total dos íons de oxigênio dos tecidos dentais.

Bittencourt et al. (2010) realizaram um estudo *in situ* avaliando a influência de diferentes intervalos de tempo depois do clareamento dental com peróxido de hidrogênio a 35% na resistência adesiva de restaurações de resina composta. Os autores concluíram que o peróxido de hidrogênio a 35% reduz a resistência adesiva ao esmalte e a dentina, sendo necessário aguardar sete dias antes de confeccionar os procedimentos adesivos, reforçando que esse tempo seria necessário para que todo o oxigênio residual fosse liberado da estrutura dentária.

Cheng et al., 2019 testaram se a redução de 0,5 mm da superfície do esmalte pós-clareamento afetava a resistência de união às resinas compostas e se o envelhecimento térmico diminuía de alguma forma o desempenho da adesão. Os autores reportaram que, embora não tenham sido encontradas mudanças significativas, a resistência de união média do esmalte clareado foi menor do que o esmalte não clareado, além disso, o padrão de falha mais frequentemente encontrado no esmalte clareado foi a adesiva, quando comparado ao grupo controle, fortalecendo ainda mais a teoria de que o clareamento dental diminui a performance da interface adesiva.

A durabilidade da adesão é influenciada por muitos fatores como ataque bacteriano devido à presença de biofilme, degradação hidrolítica e fadiga do adesivo. A presença de espaço nas margens pode ocorrer, desde que não existam microorganismos. A composição do esmalte é homogênea, devido a um conteúdo orgânico mínimo o processo de degradação da interface adesiva é mais simples de verificar comparado à dentina que envolve as fibras colágenas e consequentemente maior interação do adesivo com a fase orgânica. Como há um grande predomínio de componentes inorgânicos no esmalte, as falhas adesivas nesse tecido são indicativas de deficiências na composição e propriedades do adesivo (Suzuki et al., 2016).

Se o agente clareador pode penetrar na estrutura dental, então ele pode afetar a interface adesiva e os radicais livres provenientes da reação química do clareamento podem eventualmente combinar-se e formar moléculas de oxigênio e água, resultando na aceleração da degradação hidrolítica da interface adesiva. Diferentes fontes de luz podem acelerar os processos de clareamento, e de liberação de radicais, levando a uma depreciação adesiva ainda mais intensa. É importante monitorar a temperatura da polpa durante esse processo (Alaghehmand et al., 2019).

No estudo de Alaghehmand et al., 2019 foi avaliada a resistência adesiva de restaurações classe V de compósito confeccionadas em paredes de esmalte e de dentina, as cavidades foram tratadas com o mesmo sistema adesivo e a mesma resina composta, submetidas a diferentes técnicas de clareamento: não clareado, peróxido de hidrogênio a 25%, peróxido de hidrogênio + luz ultravioleta, peróxido de hidrogênio + fotopolimerizador e peróxido de hidrogênio mais laser de diodo. Os resultados indicaram que todas as fontes de luz utilizadas aceleraram o processo de clareamento, sendo que o laser de diodo foi a melhor unidade para o clareamento dental pois teve o menor efeito na resistência entre a resina composta e o esmalte e apresentou também a maior alteração de cor do dente. Além disso, o padrão de falha mais frequente tanto nos grupos de esmalte como nos de dentina foi também a adesiva.

Cavalli et al., 2005 avaliaram o efeito do clareamento sobre a interface adesiva de restaurações de resina composta ao esmalte dental, variando a técnica adesiva: condicione e lave ou autocondicionante. Os resultados mostraram que a resistência adesiva era menor quando utilizado o adesivo autocondicionante enquanto na técnica condicione e lave além de apresentar um valor de resistência superior inicialmente, esta não foi afetada significativamente pelo clareamento. Os autores afirmam que uma alta variabilidade no valor da dureza é consequência da estrutura mineral diferente e da variação na configuração dos cristais no esmalte dos diferentes elementos dentais (Potocnik et al., 2000).

Halabi et al., 2019 avaliaram o efeito do clareamento de consultório sobre a resistência adesiva ao esmalte clareado. Para o grupo clareado, as superfícies de esmalte bovino foram divididas em dois grupos principais: no primeiro o adesivo foi aplicado imediatamente após o clareamento e no segundo uma semana depois. Os autores utilizaram em seu estudo dois tipos de adesivos autocondicionantes: um de dois passos e o outro de passo único, ambos aplicados com e sem o condicionamento ácido. Verificaram que o clareamento afetou negativamente os valores de resistência adesiva do esmalte ao microcislhamento para ambos os adesivos mesmo utilizando-se o condicionamento com ácido fosfórico. Então o clareamento foi deletério para todos os grupos experimentais.

Uma melhora nas propriedades físicas dos agentes adesivos seria uma forma de aumentar a resistência adesiva. A inclusão de partículas de carga em sua composição vem sendo apontada como um recurso promissor. De uma forma semelhante ao que é feito com as resinas compostas, as partículas inorgânicas tendem a resultar num aumento da resistência coesiva da película de adesivo depositada sobre o substrato, a qual ajudaria a transmitir melhor as forças que incidem sobre a interface. Alguns autores tem constatado um aumento na resistência adesiva quando da adição de carga nos sistemas adesivos, assim como a diminuição da microinfiltração marginal (Tani et al., 1994; Perdigão et al., 1999). O adesivo também se torna mais viscoso, com a adição de partículas de carga, o que proporciona interfaces mais espessas e, conseqüentemente, mais elásticas que absorvem melhor o estresse da contração de polimerização das resinas compostas, evitando o descolamento da interface.

Surmelioglu et al., 2020 compararam o efeito da fototerapia e da redução de superfície como medidas para minimizar a redução da resistência de união ao esmalte clareado, utilizando o adesivo universal em diferentes formas de aplicação: técnica condicione e lave e técnica autocondicionante. O estudo mostra uma maior resistência de união com o sistema adesivo universal utilizado na forma condicione e lave em todos os grupos, sendo o grupo testado com clareamento associado ao adesivo aplicado na forma autocondicionante e remoção da camada superficial de esmalte após o branqueamento, o que apresentou a menor resistência adesiva, e o grupo controle, o qual foi tratado com o adesivo na técnica condicione e lave, o que apresentou a maior resistência adesiva.

Oz e Kutuk (2018) avaliaram a resistência adesiva de dois adesivos universais, dentre eles o Single Bond Universal, usados na técnica condicione e lave e na técnica autocondicionante ao esmalte clareado. Os autores não encontraram diferenças estatisticamente significantes nos valores de resistência adesiva ao microcisalhamento entre os grupos experimentais que receberam diferentes tratamentos de clareamento e o grupo não clareado. Também não houve diferenças entre os valores de resistência entre os dois adesivos quando eles foram utilizados no mesmo modo de aplicação, entretanto nos grupos que receberam o adesivo na forma autocondicionante apresentaram valores de resistência significativamente inferiores aos grupos que foram tratados com os adesivos na forma condicione e lave ($p < 0.05$).

Suzuki et al., 2016 avaliaram o desempenho da adesão de três adesivos universais utilizados na forma autocondicionante e no modo condicione e lave, utilizando como controle um adesivo autocondicionante de passo único. Os autores reportaram valores menores de resistência adesiva em todos os adesivos universais utilizados no modo autocondicionante, não tendo havido diferenças significativas com o adesivo autocondicionante utilizado.

A implicação clínica que pode ser tirada é que os adesivos universais devem ser usados após o pré condicionamento do esmalte com ácido fosfórico, sendo este passo mais importante que o tipo de adesivo utilizado. Além disso são pontos para futuras investigações: a presença de lacunas entre os cristais de esmalte, a penetração dos tags de resina, criação de retenção micromecânica na superfície do esmalte através da utilização do ácido fosfórico contribuindo assim para o aumento da resistência adesiva em longo prazo. Se a cavidade for muito pequena ou tiver uma configuração que dificulte a utilização do modo de condicionamento seletivo em esmalte quando da opção pelos adesivos autocondicionantes, os adesivos universais seriam uma boa indicação para aumentar a resistência adesiva.

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo desta revisão é sintetizar a informação disponível a respeito dos efeitos dos agentes clareadores sobre o esmalte, as restaurações de resina composta e sua interface adesiva. Todos os artigos originais estão listados no PubMed ou no Google Acadêmico (termos de busca utilizados: bleaching AND enamel AND bond strenght AND composite OR restoration AND color AND superficial roughness AND microhardness).

4 DISCUSSÃO

Baseado nas referências revisadas e diante dos resultados controversos, cabe destacar o efeito do clareamento sobre os materiais restauradores como dependente dos protocolos utilizados nos estudos, especialmente do tipo de material testado, da concentração do peróxido e do tempo de tratamento, os quais serão os fatores que determinarão a intensidade das alterações sobre os compósitos e suas diferentes propriedades.

Mudanças mais acentuadas são verificadas, geralmente, por altas concentrações do gel clareador. Yu et al., 2017 em seu estudo avaliaram, dentre outras propriedades, a alteração de cor e rugosidade superficial de sete materiais restauradores, incluindo quatro resinas compostas. Os espécimes foram tratados com peróxido de hidrogênio em alta concentração (40%) durante 80 minutos em temperaturas diferentes (25° e 37°). Houve um aumento da rugosidade superficial nos compósitos e alteração de cor significativa em todos os espécimes após o clareamento, apesar de o resultado poder ser justificado pela alta concentração do peróxido, no estudo de Markovic et al., 2014, onde foram utilizadas três concentrações diferentes (16% e 22% de peróxido de carbamida e 38% de peróxido de hidrogênio) na avaliação da rugosidade superficial de dois compósitos e de um cimento de ionômero de vidro, a mesma não aumentou significativamente em todos os espécimes testados ($p < 0,05$).

Entretanto, há relatos de alterações mesmo em concentrações mais baixas. Basting et al., 2005 em seu estudo, utilizando um protocolo de clareamento com peróxido de carbamida a 10%, (que é considerado um material seguro devido à sua baixa concentração), demonstraram aumento na rugosidade superficial nas três resinas compostas analisadas em comparação ao grupo controle que ficou imerso em saliva artificial.

É preciso levar em consideração que a dissolução química do compósito é dependente da profundidade de penetração do peróxido. Supondo que a restauração seja confeccionada com uma resina formada por polímeros de alto peso molecular, o agente clareador precisará de mais tempo para se difundir, tornando essa profundidade, dependente da concentração do gel branqueador, da composição do material restaurador e do tempo de exposição (Plotino et al., 2008). Isso está de acordo com o estudo de Torres et al., 2012 que analisaram o efeito do peróxido de hidrogênio na concentração de 20% e 35% sobre a cor de sete resinas compostas diferentes. A concentração de 35% resultou em maiores alterações quando comparada a de 20%.

É conhecido que o peróxido de hidrogênio tem uma alta capacidade de oxidação através da formação de radicais livres, os quais provocam o descolamento das partículas de carga inorgânica. Assim como a rugosidade superficial, a alteração da microdureza no pós-clareamento é extremamente dependente da matriz orgânica, da quantidade e do tipo de carga presente no compósito (Chung, 1990). Bayley e Swift (1992) demonstraram alterações tanto na rugosidade superficial como na microdureza das resinas compostas após o clareamento. Segundo Yu et al., 2011 a microdureza das resinas também é afetada pelas altas temperaturas, apresentando um decréscimo significativo quando o clareamento é realizado a uma temperatura de 37°C. Kwon et al., 2010 demonstraram que após o clareamento com diferentes concentrações de géis (carbamida e hidrogênio) houve uma diminuição sutil da microdureza de resinas nanoparticuladas. Tal redução foi semelhante em todos os grupos e inclusive nos espécimes do grupo controle, que ficaram armazenados em água destilada. A alteração de cor, verificada pelos autores, também foi sutil em todos os grupos estudados.

Tais resultados controversos talvez possam ser atribuídos ao fato de que os materiais estudados apresentam diferentes sistemas de monômeros em sua composição (Basting et al., 2003). Resinas que apresentam matrizes compostas por Bis-GMA podem ter sua resistência reduzida em condições *in vivo* por químicos com padrões similares de solubilidade. Deve-se atentar ao fato de que os clareadores apresentam solventes aquosos em sua composição, os quais poderiam contribuir para a solubilidade da matriz resinosa, se não fosse pelo pH, felizmente próximo de neutro da maioria dos géis branqueadores (Langsten et al., 2002).

A alteração de cor das restaurações de compósito após o clareamento tem sido reportada como sendo dependente do tipo de resina utilizada, devido à sua matriz orgânica e principalmente à sua composição inorgânica (Canay; Cehreli, 2003). No que diz respeito às partículas de carga, vários fatores influenciam na propagação e percepção da luz na restauração: o tipo, tamanho, concentração assim como a sua distribuição morfológica através da matriz resinosa (Rao et al., 2009).

Quando se observa os resultados dos estudos, o instrumento utilizado para a mensuração da cor deve ser analisado pois tais resultados podem mudar conforme a fonte de luz emitida pelo dispositivo seja absorvida, refletida, transmitida, difundida ou deslocada em diferentes direções devido às propriedades ópticas das resinas compostas (Bolt et al., 1994). Também já foi reportado que a textura superficial pode afetar a acurácia das mensurações de cor (Wang et al., 2011), resultando em variações significativas nos resultados dos estudos de laboratório.

É preciso considerar como as diferenças de metodologia podem influenciar os resultados, ao se comparar os efeitos das variadas concentrações dos géis utilizados no clareamento sobre as diferentes propriedades: rugosidade superficial, microdureza e cor. Canay e Cehreli (2003) concluíram que em comparação com o peróxido de carbamida a 10%, o peróxido de hidrogênio a 10% causou uma alteração de cor maior nos compósitos testados. Os resultados estão de acordo com Monaghan et al., 1992, que reportaram alterações de cor significativas das resinas compostas apenas na técnica de consultório, não evidenciando mudanças na técnica caseira, com Torres et al., 2012 que reportaram mudanças de cor significativas das restaurações de resina composta após o clareamento com peróxido de hidrogênio a 35% e Li et al., 2009, que também não encontraram evidências de alterações de cor significativas em restaurações de resina submetidas ao clareamento com peróxido de carbamida a 15%. Entretanto, opondo-se a estes achados, de Alexandre et al., 2006 demonstraram que o mesmo peróxido de carbamida a 10% afeta a microdureza dos materiais restauradores, levando também a um aumento do desgaste e da rugosidade superficial, assim como o estudo de Yalcin e Gurgan (2005), em que os efeitos do peróxido de carbamida a 10% (e peróxido de hidrogênio a 6,5%) causaram aumento na rugosidade superficial dos materiais testados. Os achados se contrapõem aos de Potocnik et al., 2000, que não reportou alterações de microdureza significativas com o peróxido de carbamida a 10%.

De acordo com os resultados demonstrados por Li et al., 2009 em seu estudo, a diferença de cor dos materiais restauradores verificada no pós-clareamento se deve às diferenças entre o efeito do clareador sobre os dentes naturais e os materiais. Os autores revelaram através de imagens em microscopia eletrônica de varredura, que a dissolução da matriz orgânica dos compósitos devido à química do peróxido, expõe poros no material que são posteriormente preenchidos por ar e água levando a um aumento da refletância. Parte-se da premissa de que a cor dos materiais restauradores poderia ser afetada pelos regimes de clareamento, tornando-se necessário considerar o tipo de material antes de iniciar o procedimento. Para Topcu et al., 2009 o tipo de resina composta utilizada é um fato determinante na alteração de cor, além do tipo de dieta do paciente.

Uma concentração de peróxido de carbamida um pouco maior -15%- também provocou diminuição da dureza superficial segundo Yu et al., 2008. Os autores reforçam a relação material dependente para que ocorram as alterações. Esses resultados estão de acordo com Hanning et al., 2006 que encontraram valores de microdureza afetados pelo procedimento clareador não apenas superficialmente mas também nas camadas mais profundas das resinas compostas. Moraes et al., 2006 reportaram aumento significativo na rugosidade superficial de

resinas compostas após o clareamento com peróxido de carbamida a 35%, o clareador também provocou o mesmo efeito sobre o esmalte dentário. Porém, o mesmo agente na concentração de 10% não produziu alterações significativas.

Para esclarecer qual tipo de peróxido (carbamida ou hidrogênio) seria mais deletério para a estrutura dentária, Wattanapayungkul et al., 2003 analisaram a mesma concentração de ambos -35%- não encontrando diferenças significativas na rugosidade superficial das resinas clareadas por ambos os agentes, ou mesmo aos do grupo controle. Os achados estão de acordo com Mourouzis et al., 2013 que também utilizaram peróxido de carbamida e de hidrogênio em altas concentrações, não evidenciando diferenças na rugosidade superficial e na microdureza das resinas testadas. Entretanto, para justificar tais achados Wang et al., 2011 argumentam que o tempo de contato com o gel clareador é que seria o fator determinante para que a rugosidade superficial do compósito se altere, os autores também confirmam a menor vulnerabilidade das resinas nanoparticuladas, Rao et al., 2009 concordam que as resinas microparticuladas são mais suscetíveis do que os nanocompósitos e Varanda et al., 2013 concluíram que o uso do peróxido de hidrogênio provoca alterações apenas na superfície de compósitos microhíbridos, não observando mudanças nos compósitos nanoparticulados. Os autores ainda ressaltam que as alterações verificadas foram suaves, não tendo relevância clínica e podem ser facilmente removidas através do polimento.

Uma possível explicação para os resultados seria a alta energia dos radicais livres liberados da dissociação do peróxido. Como já descrito, os radicais livres atuam na interface matriz-carga dos compósitos, provocando o descolamento das partículas de carga inorgânica da matriz orgânica, onde ocorre absorção de água resultando em estresse corrosivo do material e naturalmente aumentando a rugosidade superficial (Wattanapayungkul; Yap, 2003). Dependendo da maior ou menor quantidade de certos radicais liberados, eles agiriam de forma mais ou menos agressiva sobre os diferentes tipos de carga inorgânica, como é o caso da capacidade de remoção pelo peróxido, do dióxido de silício da carga inorgânica dos materiais restauradores (de Alexandre et al., 2006).

Hafez et al., 2010 utilizando a técnica de consultório não reportaram não haver mudanças de cor significativas, reforçando que os dentistas devem levar em consideração que as restaurações de compósito podem não responder ao clareamento da mesma forma que os dentes naturais. No que diz respeito à cor, Topcu et al., 2009 não verificaram alterações nas resinas nanoparticuladas. Silva Costa et al., 2009 concluíram não haver diferenças de cor e microdureza de resinas compostas nanoparticuladas após o clareamento, não sendo necessário substituí-las. Isso difere do estudo de Villalta et al., 2006 que demonstraram uma mudança de

cor mais expressiva neste tipo de resina a bebidas cromógenas (café e vinho) em relação aos compósitos microparticulados e Gurbuz et al., 2013, que não encontraram diferenças significativas na rugosidade superficial, entretanto as restaurações de resina apresentaram uma alteração de cor clinicamente inaceitável após o clareamento. A rugosidade superficial também não foi alterada no estudo de Garcia-Godoy et al., 2002 e Turker e Biskin, 2003. Os achados estão de acordo com os de Langsten et al., 2002, os quais concluíram que a rugosidade superficial dos compósitos híbridos e microparticulados não se alterou significativamente após uma exposição a uma concentração de 20-35% de peróxido de carbamida. Por outro lado, Markovic et al., 2014 encontraram um aumento da rugosidade superficial das restaurações de compósito em todos os espécimes após o clareamento, recomendando o polimento das restaurações após o procedimento. A justificativa para os resultados controversos seria que o efeito do clareamento na rugosidade superficial dos compósitos depende do material e do tempo de exposição ao gel clareador (Polydorou et al., 2006).

Uma concentração de 25% de peróxido de hidrogênio já é capaz de formar variadas formas de radicais livres a depender do pH, luz, temperatura dentre outras condições. Radicais hidroxilas (HO_2^-), por exemplo, são conhecidos por seu grande poder oxidativo e reatividade com as moléculas de cromóforos dentro da estrutura inorgânica e na matriz orgânica (Fasanato, 1992). A seleção do tipo de sistema adesivo pode influenciar a performance da interface no esmalte clareado. Sabe-se que o oxigênio residual proveniente do procedimento branqueador contribui para a falha dos sistemas adesivos pós-clareamento e um tempo de espera seria crucial para, após a sua liberação total, se alcançar melhores valores de adesão (Oz; Kutuk, 2018). Os efeitos da concentração de carga inorgânica e dos componentes resinosos nas propriedades das resinas compostas também devem ser considerados. Chung, 1990 concluiu que o aumento da resistência do compósito se deve a uma maior concentração de carga, e conseqüentemente, a uma adesão maior entre carga inorgânica e matriz orgânica.

Uma redução na resistência adesiva do esmalte clareado tem se confirmado na literatura. Contudo, as informações disponíveis são limitadas devido à variedade de padronização das metodologias. Como uma forma de eliminar o oxigênio residual e o tempo de espera para se executar a restauração após o clareamento, é sugerida a remoção da camada superficial do esmalte. Cheng et al., 2019 sugerem que o procedimento adesivo poderia ser executado no esmalte clareado após uma redução superficial de 0,5 mm imediatamente após o tratamento clareador. Bittencourt et al., 2010 evidenciaram que o peróxido de hidrogênio reduz a resistência adesiva do esmalte e que seria necessário esperar sete dias, antes de se realizar procedimentos restauradores adesivos.

Os radicais livres, provenientes da dissociação do peróxido, interferem na formação dos tags de resina e inibem a polimerização do sistema adesivo, Gurgan et al., 2009 em seu estudo observaram o comportamento da interface adesiva de uma resina composta nanohíbrida ao esmalte clareado, imediatamente depois e 15 dias após o clareamento, os autores utilizaram um sistema adesivo do tipo condicione e lave e outro autocondicionante. Os autores não encontraram diferenças estatisticamente significantes nos grupos que receberam a aplicação do adesivo imediatamente após ou 15 dias depois do clareamento, contudo, os grupos tratados com o sistema condicione e lave apresentaram valores de resistência adesiva superiores aos tratados com o adesivo autocondicionante.

Adesivos utilizados no formato condicione e lave apresentam valores de resistência de união maiores do que os mesmos utilizados na forma autocondicionante. Falhas coesivas e mistas são padrões mais frequentes no modo condicione e lave, o condicionamento com ácido fosfórico aumenta a energia de superfície, a área e a porosidade no substrato. Como a retenção ao esmalte é predominantemente micromecânica, uma melhor resistência adesiva pode ser atribuída à penetração mais profunda dos monômeros entre os cristais e prismas, logo quanto maior for a desmineralização dessa estrutura maior será a retenção (Ayar; Erdemir, 2017). Por outro lado, os sistemas adesivos autocondicionantes apresentam falhas adesivas predominantemente, demonstrando uma ligação mais fraca entre a resina composta e a superfície do esmalte devido à ausência do tratamento com ácido fosfórico antes da aplicação do adesivo e conseqüentemente a ausência de micro retenções sendo, portanto, mais suscetíveis à agressividade do clareamento (Tsujimoto et al., 2010). Para Klein et al., 2018 tanto o clareamento caseiro como o de consultório exercem influência sobre a interface adesiva de restaurações de resina, produzindo mudanças e induzindo à microinfiltração marginal.

Erickson et al., 2009 demonstraram que a resistência dos adesivos autocondicionantes ao esmalte foi significativamente menor em relação ao grupo controle (condicione e lave), entretanto, quando a resistência dos mesmos adesivos autocondicionantes foi mensurada ao esmalte previamente condicionado com o ácido fosfórico não houve diferenças em relação à técnica condicione e lave. De acordo com estes resultados Gurgan et al., 2009 verificaram um aumento da resistência adesiva nos adesivos condicione e lave enquanto os menores valores ficaram com os adesivos autocondicionantes e Halabi et al., 2019 também encontraram valores baixos de resistência adesiva para ambos os adesivos autocondicionantes (Clearfil SE Bond 2 e G-Premio Bond) ao esmalte clareado. Contrapondo-se a estes achados, Klein et al., 2018 indicaram que a microinfiltração marginal de restaurações de resina composta é afetada pelo clareamento, não importando o tipo de adesivo utilizado (condicione e lave ou

autocondicionante). Moosavi et al., 2009 também evidenciaram microinfiltração marginal após o clareamento com peróxido de carbamida a 15%, recomendando considerar a substituição das restaurações de resina.

Os adesivos universais levariam vantagem ao serem utilizados tanto no esmalte como na dentina, mas dados disponíveis sobre a durabilidade da adesão dos adesivos universais em seus diferentes modos de aplicação ainda são limitados. A flexibilidade dos adesivos universais pode ser aproveitada na durabilidade da adesão ao esmalte na técnica condicione e lave ou para reduzir a sensibilidade da técnica no modo autocondicionante na dentina, o que torna muito atraente o seu uso. O clínico selecionará o modo de condicionamento de acordo com a configuração da cavidade e a proporção de esmalte e dentina (Takeda et al., 2019). Cabe observar que, apesar do progresso evidente feito na adesão dos materiais restauradores parece haver, ao mesmo tempo, uma diminuição da efetividade dessa adesão nos sistemas adesivos mais simplificados, apesar da redução da sensibilidade.

Os adesivos universais foram analisados no estudo de Oz e Kutuk, 2018 e aplicados em diferentes modos ao esmalte já clareado. Os sistemas apresentavam solventes distintos (álcool e acetona), os quais mostraram resultados similares no modo condicione e lave, entretanto, os grupos que não receberam clareamento e foram tratados com ácido fosfórico também não apresentaram alterações de resistência adesiva significativas. Para justificar esses resultados, algumas pesquisas sugerem que o uso de adesivos compostos por solventes orgânicos, diminui o comprometimento da interface adesiva (Kalili; Yoshida, 1993; Barghi; Godwin, 1994; Sung et al., 1999), entretanto, devido à diferença de padronização e metodologia entre os estudos não é possível aferir com exatidão qual seria o adesivo com melhor interação ao esmalte clareado.

Os monômeros mais utilizados na composição da matriz dos sistemas adesivos atuais são o 2-hidroxietil metacrilato (HEMA) e o bisfenol glicidil metacrilato (bis-GMA), que também estão na matriz dos adesivos universais, além do decandiol dimetacrilato (D3MA). O monômero HEMA (hidrofílico), por causa de seu baixo peso molecular age como um co-solvente, ou seja, ele aumenta a miscibilidade de componentes hidrofílicos e hidrofóbicos em solução. Esse comportamento de agente “molhador” favorece a utilização do HEMA na incorporação de formulações químicas complexas como os adesivos autocondicionantes (Van Landuyt et al., 2007) e aqui pode-se incluir também os adesivos universais. Entretanto, Navarra et al., 2009 sugeriram que a polimerização de adesivos simplificados (autocondicionantes e universais) pode ser comprometida devido à presença na composição de monômeros altamente hidrofílicos como o HEMA. A hidroflicidade excessiva do monômero pode reduzir dramaticamente a evaporação de água (Pashley et al., 1998) fazendo com que a camada adesiva

seja mais suscetível a atrair a água intrínseca ao substrato, mesmo após a polimerização. Isso provoca uma movimentação de água do substrato através da camada adesiva, resultando em degradação hidrolítica da interface, na prática significa que a longevidade da restauração pode ser comprometida mesmo que em um momento inicial ela apresente uma resistência adequada (Jang et al., 2019).

No estudo de Oz e Kutuk (2018) que avaliaram dois adesivos universais (Single Bond Universal e Gluma Universal) em diferentes modos de aplicação ao esmalte clareado observaram que o padrão de falha mais frequentemente encontrado foi a coesiva para o Single Bond no modo condicione e lave, enquanto que na forma autocondicionante a falha adesiva foi mais recorrente. Já no Gluma foram observadas falhas mistas em maior frequência no modo condicione e lave como também falhas adesivas na forma autocondicionante. De forma similar, em outro estudo experimental também realizado após o clareamento, os adesivos universais utilizados no formato condicione e lave também apresentaram valores mais altos de resistência adesiva em relação à forma autocondicionante (Can-Karabulut; Karabulut, 2011).

Para Ayar e Erdemir (2017), que utilizaram o Single Bond Universal, a resistência adesiva dos adesivos universais depende do seu modo de aplicação, sendo que a utilização do ácido fosfórico é a forma que promove maior adesão. Esses achados estão de acordo com os de Can-Karabulut e Karabulut (2011), que recomendam esperar um intervalo de duas a três semanas entre o procedimento com peróxido de hidrogênio para aplicação de resinas compostas, tanto à base de silorano como metacrilato, devido à diferença significativa na resistência adesiva, a qual foi inferior no esmalte clareado comparada ao não clareado. Suzuki et al., 2016 reportaram resistência adesiva menor nos adesivos universais utilizados na forma autocondicionante. Hanabusa et al., 2012 avaliando a efetividade dos adesivos universais demonstraram que estes, quando usados após o condicionamento prévio do esmalte com ácido fosfórico, apresentam uma performance adesiva superior. Surmelioglu et al., 2020 confirmam estes achados evidenciando uma superioridade nos valores de resistência adesiva dos adesivos universais quando estes são utilizados no modo condicione e lave. O sistema utilizado foi Single Bond Universal.

O Single Bond Universal, como um exemplo de adesivo universal, este apresenta em sua composição 10-metacrilóiloxidecil di-hidrogênio fosfato (MDP) e etanol, além de água, copolímero de ácido polialquênico, silano, iniciadores e o monômero HEMA, dentre outros componentes. O 10-MDP é um monômero funcional e hidrofílico com propriedades de condicionamento suave e que proporciona que um adesivo universal seja utilizado com qualquer técnica. O monômero cria ligações químicas através da formação de sais estáveis de

cálcio (Ca^{2+}) formados durante a reação e depositados em nanocamadas de qualidade e graus variados dependendo do sistema adesivo. (Takeda et al., 2019). Isso significa que além da retenção micromecânica, haveria aqui também uma retenção química.

Acredita-se que a presença no Single Bond Universal, do co-polímero de ácido polialquenoico, um composto que integra a composição dos cimentos de ionômero de vidro Vitrebond e Vitremer, contribua na formação de complexos na região superficial da camada híbrida e dentro dos túbulos dentinários, que podem estabilizar a interface de união, criando um efeito de amortecimento de tensões (Yoshida et al., 2000). Este efeito de relaxamento do estresse mecânico seria semelhante ao provocado pela adição de carga inorgânica na composição de alguns outros sistemas adesivos, como o Adper Single Bond 2, inibindo a propagação de trincas. Van Landuyt et al. (2007), numa revisão sobre os componentes dos sistemas adesivos, indicaram que a inclusão deste monômero na composição do adesivo é realizada para melhorar a estabilidade da camada híbrida em meio úmido.

Os sais de Ca^{2+} formados pela reação do 10-MDP com a hidroxiapatita promovem o selamento das margens da restauração prevenindo o aparecimento de cáries secundárias e absorção de água pela camada híbrida. Isso pode ser importante em termos de durabilidade, pois a retenção e plastificação da água que resulta em quebra hidrolítica da interface adesiva ao longo do tempo é implicada como uma das principais causas de falha das restaurações adesivas. (Sofan et al., 2017). O 10-MDP fornece ligação química à estrutura do esmalte e leva ao aumento do desempenho da ligação a longo prazo, já o etanol, também presente na composição do sistema adesivo, limita os efeitos indesejáveis das moléculas de oxigênio livre na superfície do dente, reagindo com a água e o oxigênio após o tratamento clareador (Surmelioglu et al., 2020). Assim como dependendo da espessura da camada híbrida, essa propagação do oxigênio nascente também pode ser inibida, contudo estudos que avaliam a eficiência das diferentes formas de aplicação dos adesivos universais após o tratamento clareador ainda são limitados.

Uma redução na resistência do esmalte clareado também tem se confirmado na literatura. Contudo, as informações disponíveis são limitadas devido à variedade de padronização das metodologias. O clareamento de consultório utilizando peróxido de carbamida a 37%, o clareamento caseiro com peróxido de carbamida a 10%, e a combinação de ambos resultaram em diminuição da microdureza do esmalte, segundo Rodrigues et al., 2005. Entretanto, os autores alertam que estes efeitos não foram analisados a longo prazo e clinicamente revelaram-se insignificantes. Os resultados de Coceska et al., 2016 confirmam, que os procedimentos de clareamento levam a alterações no esmalte. Basting et al., 2003 utilizando diferentes concentrações do peróxido de carbamida também verificaram diminuição

na microdureza do esmalte, com uma recuperação dessa dureza após um período de armazenamento em saliva artificial.

Araujo et al., 2003 avaliaram a influência do pH do gel clareador na microdureza do esmalte e o efeito remineralizante de géis após o clareamento. Em sua pesquisa todos os espécimes foram submetidos a clareamento com peróxido de hidrogênio a 35%, um grupo com um gel neutro e outro ácido. Posteriormente, os grupos foram divididos em três subgrupos de acordo com o tratamento pós-branqueamento: armazenamento em saliva artificial, aplicação de gel fluoreto ou aplicação de gel com nitrato de potássio, fluoreto e fosfato de cálcio. Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos, nas vinte e quatro horas após o clareamento, entretanto, com a repetição do teste quinze dias depois o grupo que recebeu o gel com pH neutro apresentou uma redução significativa da microdureza. As soluções remineralizantes não apresentaram efeitos significativos na recuperação da microdureza do esmalte clareado. Os achados estão de acordo com os de Kwon et al., 2015, que não encontraram evidências de alterações morfológicas significativas na superfície do esmalte com as técnicas clareadoras estudadas. Em contrapartida os resultados de Elfallah et al., 2015 indicaram uma redução significativa da dureza e do módulo de elasticidade do esmalte após o clareamento tanto com peróxido de carbamida como de hidrogênio, revelando uma desnaturação das proteínas do tecido devido aos procedimentos branqueadores. Os resultados estão de acordo com os de Josey et al., 1996, os quais verificaram uma mudança na textura superficial do esmalte após o clareamento.

Devido à grande variedade de sistemas adesivos e resinas compostas presentes no mercado, pesquisas futuras são necessárias para identificar as diferenças entre esses produtos assim como as modificações e características da adesão ao esmalte após o tratamento com o peróxido de hidrogênio.

5 CONCLUSÕES

- Os agentes clareadores podem provocar efeitos adversos sobre a estrutura do esmalte e sobre as restaurações de resina, sendo que os efeitos do clareamento desses agentes nos compósitos são significativamente menores do que nos dentes naturais. A intensidade das alterações é dependente de vários fatores como: concentração do gel, tempo de exposição, tipo e quantidade de carga inorgânica, tipo de matriz orgânica, qualidade da polimerização dentre outros fatores. Tais mudanças são observadas através da modificação de suas propriedades como cor, rugosidade superficial e microdureza, o que pode levar à necessidade de reparo ou em último caso a substituição da restauração. Portanto procedimentos restauradores devem ser executados de forma cautelosa, utilizando-se das formas propostas na literatura para minimizar os impactos causados pelo procedimento clareador, como o polimento pós clareamento.
- O clareamento pode afetar também a integridade e o desempenho da interface adesiva. Os sistemas adesivos do tipo condicione e lave apresentam uma maior resistência após submetidos ao procedimento clareador se comparados aos sistemas autocondicionantes. Os adesivos universais também demonstram maior resistência de adesão no modo condicione e lave do que quando aplicados no modo autocondicionante. Os pacientes devem ser alertados sobre a possível necessidade de reparo/substituição das restaurações de compósitos ao realizarem o clareamento, devido às diferenças das formas como tecidos dentais e materiais restauradores reagem à ação dos agentes clareadores.

REFERÊNCIAS¹

Alaghehmand H, Rohaninasab M, Bijani A. The effect of office bleaching on the color and bond strength of resin restorations. *Dent Res J (Isfahan)*. 2019 Jan-Feb;16(1):47-52.

Algahtani MQ. Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: a literature review. *Saudi Dent J*. 2014 Apr;26(2):33-46. doi: 10.1016/j.sdentj.2014.02.002.

Alkudhairy F, Naseem M, Bin-Shuwaish M, Vohra F. Efficacy of Er Cr: YSGG laser therapy at different frequency and power levels on bond integrity of composite to bleached enamel. *Photomed Laser Surg*. 2018 Aug;36(8):431-8. doi: 10.1016/j.pdpdt.2018.02.019. Epub 2018 Feb 24.

Araujo NC, da Costa Soares MU, Nery MM, Sales WS, Gerbi ME. Effect of pH values of two bleaching gels on enamel microhardness. *Gen Dent*. 2013 Jul;61(4):55-8.

Dogan A, Ozcelik S, Dogan OM, Hubbezoglu I, Cakmak M, Bolayir G. Effect of Bleaching on Roughness of Dental Composite Resins, *The Journal of Adhesion*. 2008;84:11, 897-914, doi: 10.1080/00218460802505234.

Asmussen E. Factors affecting the quantity of remaining double bonds in restorative resin polymers. *Scand J Dent Res*. 1982 Dec;90(6):490-6. doi: 10.1111/j.1600-0722.1982.tb00767.x.

Attin T, Hannig C, Wiegand A, Attin R. Effect of bleaching on restorative materials and restorations--a systematic review. *Dent Mater*. 2004 Nov;20(9):852-61. doi: 10.1016/j.dental.2004.04.002.

Ayar MK, Erdemir F. Bonding performance of universal adhesives to er,cr:YSGG laser-irradiated enamel. *Microsc Res Tech*. 2017 Apr;80(4):387-93. doi: 10.1002/jemt.22807. Epub 2016 Nov 23.

Bailey SJ, Swift EJ Jr. Effects of home bleaching products on composite resins. *Quintessence Int*. 1992 Jul;23(7):489-94.

Barghi N, Godwin JM. Reducing the adverse effect of bleaching on composite-enamel bond. *J Esthet Dent*. 1994;6(4):157-61. doi: 10.1111/j.1708-8240.1994.tb00852.x.

¹ De acordo com Estilo Vancouver.

Basting RT, Rodrigues AL Jr, Serra MC. The effects of seven carbamide peroxide bleaching agents on enamel microhardness over time. *J Am Dent Assoc.* 2003 Oct;134(10):1335-42. doi: 10.14219/jada.archive.2003.0047.

Bittencourt ME, Trentin MS, Linden MS, de Oliveira Lima Arsati YB, França FM, Flório FM, et al. Influence of in situ postbleaching times on shear bond strength of resin-based composite restorations. *J Am Dent Assoc.* 2010 Mar;141(3):300-6. doi: 10.14219/jada.archive.2010.0164.

Bolt RA, Bosch JJ, Coops JC. Influence of window size in small-window colour measurement, particularly of teeth. *Phys Med Biol.* 1994 Jul;39(7):1133-42. doi: 10.1088/0031-9155/39/7/006.

Boyde A. Enamel structure and cavity margins. *Oper Dent.* Winter 1976;1(1):13-28.

Can-Karabulut DC, Karabulut B. Influence of activated bleaching on various adhesive restorative systems. *J Esthet Restor Dent.* 2011 Dec;23(6):399-408. doi: 10.1111/j.1708-8240.2011.00413.x.

Canay S, Cehreli MC. The effect of current bleaching agents on the color of light-polymerized composites in vitro. *J Prosthet Dent.* 2003 May;89(5):474-8. doi: 10.1016/S0022391303001689.

Carey CM. Tooth whitening: what we now know. *J Evid Based Dent Pract.* 2014 Jun;14 Suppl:70-6. doi: 10.1016/j.jebdp.2014.02.006.

Cavalli V, de Carvalho RM, Giannini M. Influence of carbamide peroxide-based bleaching agents on the bond strength of resin-enamel/dentin interfaces. *Braz Oral Res.* 2005 Jan-Mar;19(1):23-9. doi: 10.1590/s1806-83242005000100005.

Cehreli ZC, Yazici R, García-Godoy F. Effect of home-use bleaching gels on fluoride releasing restorative materials. *Oper Dent.* 2003 Sep-Oct;28(5):605-9.

Celiberti P, Pazera P, Lussi A. The impact of ozone treatment on enamel physical properties. *Am J Dent.* 2006 Feb;19(1):67-72.

Cheng YL, Musonda J, Cheng H, Attin T, Zheng M, Yu H. Effect of surface removal following bleaching on the bond strength of enamel. *BMC Oral Health.* 2019 Mar 27;19(1):50. doi: 10.1186/s12903-019-0742-4.

Chung KH. The relationship between composition and properties of posterior resin composites. *J Dent Res.* 1990 Mar;69(3):852-6. doi: 10.1177/00220345900690030401.

Coceska E, Gjorgievska E, Coleman NJ, Gabric D, Slipper IJ, Stevanovic M, et al. Enamel alteration following tooth bleaching and remineralization. *J Microsc.* 2016 Jun;262(3):232-44. doi: 10.1111/jmi.12357.

Cooley RL, Burger KM. Effect of carbamide peroxide on composite resins. *Quintessence International* [Internet]. 1991 Oct [cited 2020 Nov 7];22(10):817–21. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,shib,sso,uid&db=ddh&AN=38714101&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>

de Alexandre RS, Sundfeld RH, Briso AL, Bedran-Russo AK, Valentino TA, Sundfeld ML. Effect of 10% carbamide peroxide dental bleaching on microhardness of filled and unfilled sealant materials. *J Esthet Restor Dent.* 2006;18(5):273-8; discussion 279. doi: 10.1111/j.1708-8240.2006.00037.x.

Eimar H, Siciliano R, Abdallah MN, Nader SA, Amin WM, Martinez PP, et al. Hydrogen peroxide whitens teeth by oxidizing the organic structure. *J Dent.* 2012 Dec;40 Suppl 2:e25-33. doi: 10.1016/j.jdent.2012.08.008. Epub 2012 Aug 24.

Elfallah HM, Bertassoni LE, Charadram N, Rathsam C, Swain MV. Effect of tooth bleaching agents on protein content and mechanical properties of dental enamel. *Acta Biomater.* 2015 Jul;20:120-8. doi: 10.1016/j.actbio.2015.03.035. Epub 2015 Apr 1.

Erickson RL, Barkmeier WW, Kimmes NS. Bond strength of self-etch adhesives to pre-etched enamel. *Dent Mater.* 2009 Oct;25(10):1187-94. doi: 10.1016/j.dental.2009.04.004. Epub 2009 May 26.

Fasanaro TS. Bleaching teeth: history, chemicals, and methods used for common tooth discolorations. *J Esthet Dent.* 1992 May-Jun;4(3):71-8. doi: 10.1111/j.1708-8240.1992.tb00666.x.

Fejerskov O, Kidd E. *Cárie Dentária: a doença e seu tratamento clínico.* 2a ed. São Paulo: Santos; 2015.

García-Godoy F, García-Godoy A, García-Godoy F. Effect of bleaching gels on the surface roughness, hardness, and micromorphology of composites. *Gen Dent.* 2002 May-Jun;50(3):247-50.

Gogia H, Taneja S, Kumar M, Soi S. Effect of different antioxidants on reversing compromised resin bond strength after enamel bleaching: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2018 Jan-Feb;21(1):100-4. doi: 10.4103/JCD.JCD_325_16.

Gurbuz A, Ozkan P, Yilmaz K, Yilmaz B, Durkan R. Effect of at-home whitening strips on the surface roughness and color of a composite and an ormocer restorative material. *J Prosthodont*. 2013 Jan;22(1):69-73. doi: 10.1111/j.1532-849X.2012.00918.x. 17.

Gurgan S, Yalcin F. The effect of 2 different bleaching regimens on the surface roughness and hardness of tooth-colored restorative materials. *Quintessence Int*. 2007 Feb;38(2):e83-7.

Gurgan S, Alpaslan T, Kiremitci A, Cakir FY, Yazici E, Gorucu J. Effect of different adhesive systems and laser treatment on the shear bond strength of bleached enamel. *J Dent*. 2009 Jul;37(7):527-34. doi: 10.1016/j.jdent.2009.03.012. Epub 2009 Apr 28.

Hafez R, Ahmed D, Yousry M, El-Badrawy W, El-Mowafy O. Effect of in-office bleaching on color and surface roughness of composite restoratives. *Eur J Dent*. 2010 Apr;4(2):118-27.

Halabi S, Matsui N, Nikaido T, Burrow MF, Tagami J. Effect of office bleaching on enamel bonding performance. *J Adhes Dent*. 2019;21(2):167-77. doi: 10.3290/j.jad.a42362.

Hanabusa M, Mine A, Kuboki T, Momoi Y, Van Ende A, Van Meerbeek B, et al. Bonding effectiveness of a new 'multi-mode' adhesive to enamel and dentine. *J Dent*. 2012 Jun;40(6):475-84. doi: 10.1016/j.jdent.2012.02.012.

Hannig C, Duong S, Becker K, Brunner E, Kahler E, Attin T. Effect of bleaching on subsurface micro-hardness of composite and a polyacid modified composite. *Dent Mater*. 2007 Feb;23(2):198-203. doi: 10.1016/j.dental.2006.01.008.

Hassan R, Caputo AA, Bunshah RF. Fracture toughness of human enamel. *J Dent Res*. 1981 Apr;60(4):820-7. doi: 10.1177/00220345810600040901.

Haywood VB. Current status of nightguard vital bleaching. *Compend Contin Educ Dent Suppl*. 2000;(28):S10-7; quiz S48.

He LH, Swain MV. Understanding the mechanical behaviour of human enamel from its structural and compositional characteristics. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2008 Jan;1(1):18-29. doi: 10.1016/j.jmbbm.2007.05.001.

Hegedüs C, Bistey T, Flóra-Nagy E, Keszthelyi G, Jenei A. An atomic force microscopy study on the effect of bleaching agents on enamel surface. *J Dent*. 1999 Sep;27(7):509-15. doi: 10.1016/s0300-5712(99)00006-8.

Janda R, Roulet JF, Kaminsky M, Steffin G, Latta M. Color stability of resin matrix restorative materials as a function of the method of light activation. *Eur J Oral Sci*. 2004 Jun;112(3):280-5. doi: 10.1111/j.1600-0722.2004.00125.x.

Jang JH, Jeon BK, Mo SY, Park M, Choi D, Choi KK, Kim DS. Effect of various agitation methods on adhesive layer formation of HEMA-free universal dentin adhesive. *Dent Mater J*. 2019 Feb 8;38(1):101-106. doi: 10.4012/dmj.2018-031.

Josey AL, Meyers IA, Romaniuk K, Symons AL. The effect of a vital bleaching technique on enamel surface morphology and the bonding of composite resin to enamel. *J Oral Rehabil*. 1996 Apr;23(4):244-50. doi: 10.1111/j.1365-2842.1996.tb00848.x.

Kalili K, Yoshida K. Effect of alcohol on composite bond strength to bleached enamel. *J Dent Res*. 1993;72:283.

Kawamoto K, Tsujimoto Y. Effects of the hydroxyl radical and hydrogen peroxide on tooth bleaching. *J Endod*. 2004 Jan;30(1):45-50. doi: 10.1097/00004770-200401000-00010.

Klein CA Jr, da Silva D, Reston EG, Borghetti DL, Zimmer R. Effect of At-home and In-office bleaching on marginal microleakage in composite resin restorations using two adhesive systems. *J Contemp Dent Pract*. 2018 Mar 1;19(3):248-52.

Kwon SR, Kurti SR, Oyoyo U, Li Y. Effect of various tooth whitening modalities on microhardness, surface roughness and surface morphology of the enamel. *Odontology*. 2015 Sep;103(3):274-9. doi: 10.1007/s10266-014-0163-4.

Kwon YH, Shin DH, Yun DI, Heo YJ, Seol HJ, Kim HI. Effect of hydrogen peroxide on microhardness and color change of resin nanocomposites. *Am J Dent*. 2010 Feb;23(1):19-22.

Langsten RE, Dunn WJ, Hartup GR, Murchison DF. Higher-concentration carbamide peroxide effects on surface roughness of composites. *J Esthet Restor Dent*. 2002;14(2):92-6. doi: 10.1111/j.1708-8240.2002.tb00157.x.

Leonard RH Jr, Bentley CD, Haywood VB. Salivary pH changes during 10% carbamide peroxide bleaching. *Quintessence Int*. 1994 Aug;25(8):547-50.

Li Q, Yu H, Wang Y. Colour and surface analysis of carbamide peroxide bleaching effects on the dental restorative materials in situ. *J Dent*. 2009 May;37(5):348-56. doi: 10.1016/j.jdent.2009.01.003.

Lu H, Roeder LB, Lei L, Powers JM. Effect of surface roughness on stain resistance of dental resin composites. *J Esthet Restor Dent*. 2005;17(2):102-8; discussion 109. doi: 10.1111/j.1708-8240.2005.tb00094.x.

Luo MR, Cui G, Rigg B. The development of the CIE2000 Colour difference formula: CIEDE2000. *Colour Res Appl* 2001; 26:340-50. <https://doi.org/10.1002/col.1049>.

Malkondu Ö, Yurdagüven H, Say EC, Kazazoğlu E, Soyman M. Effect of bleaching on microhardness of esthetic restorative materials. *Oper Dent*. 2011 Mar-Apr;36(2):177-86. doi: 10.2341/10-078-L. Epub 2011 Jun 24.

Markovic L, Jordan RA, Glasser MC, Arnold WH, Nebel J, Tillmann W, et al. Effects of bleaching agents on surface roughness of filling materials. *Dent Mater J*. 2014;33(1):59-63. doi: 10.4012/dmj.2012-217.

Matis BA, Cochran MA, Franco M, Al-Ammar W, Eckert GJ, Stropes M. Eight in-office tooth whitening systems evaluated in vivo: a pilot study. *Oper Dent*. 2007 Jul-Aug;32(4):322-7. doi: 10.2341/06-135.

McCracken MS, Haywood VB. Demineralization effects of 10 percent carbamide peroxide. *J Dent*. 1996 Nov;24(6):395-8. doi: 10.1016/0300-5712(95)00113-1.

Miyagawa Y, Powers JM, O'Brien WJ. Optical Properties of Direct Restorative Materials. *J Dent Res*. 1981;60(5):890-4. doi:10.1177/00220345810600050601.

Moosavi H, Ghavamnasiri M, Manari V. Effect of postoperative bleaching on marginal leakage of resin composite and resin-modified glass ionomer restorations at different delayed periods of exposure to carbamide peroxide. *J Contemp Dent Pract*. 2009 Nov 1;10(6):E009-16.

Monaghan P, Lim E, Lautenschlager E. Effects of home bleaching preparations on composite resin color. *J Prosthet Dent*. 1992 Oct;68(4):575-8. doi: 10.1016/0022-3913(92)90368-k.

Moraes RR, Marimon JL, Schneider LF, Correr Sobrinho L, Camacho GB, Bueno M. Carbamide peroxide bleaching agents: effects on surface roughness of enamel, composite and porcelain. *Clin Oral Investig*. 2006 Mar;10(1):23-8. doi: 10.1007/s00784-005-0016-1.

Mourouzis P, Koulaouzidou EA, Helvatjoglu-Antoniades M. Effect of in-office bleaching agents on physical properties of dental composite resins. *Quintessence Int.* 2013 Apr;44(4):295-302. doi: 10.3290/j.qi.a29154.

Mujdeci A, Gokay O. Effect of bleaching agents on the microhardness of tooth-colored restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2006 Apr;95(4):286-9. doi: 10.1016/j.prosdent.2006.01.010.

Nair R, Bandhe S, Ganorkar OK, Saha S, Sial S, Nair A. A comparative evaluation of the three different antioxidant treatments on the bond strength of composite resin to bleached enamel: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2019 Jan-Feb;22(1):82-6. doi: 10.4103/JCD.JCD_193_18.

Nari-Ratih D, Widyastuti A. Effect of antioxidants on the shear bond strength of composite resin to enamel following extra-coronal bleaching. *J Clin Exp Dent.* 2019 Feb 1;11(2):e126-e132. doi: 10.4317/jced.55359.

Nassau K. *Color for Science, art and technology.* North Holland: Elsevier Science, 1987; 3:246-51.

Ontiveros JC. In-office vital bleaching with adjunct light. *Dent Clin North Am.* 2011 Apr;55(2):241-53, viii. doi: 10.1016/j.cden.2011.01.002.

Oz FD, Kutuk ZB. Effect of various bleaching treatments on shear bond strength of different universal adhesives and application modes. *Restor Dent Endod.* 2018 Apr 16;43(2):e20. doi: 10.5395/rde.2018.43.e20.

Pashley EL, Zhang Y, Lockwood PE, Rueggeberg FA, Pashley DH. Effects of HEMA on water evaporation from water-HEMA mixtures. *Dent Mater.* 1998 Jan;14(1):6-10. doi: 10.1016/s0109-5641(98)00003-7.

Perdigão J. New developments in dental adhesion. *Dent Clin North Am.* 2007 Apr;51(2):333-57, viii. doi: 10.1016/j.cden.2007.01.001.

Perdigão J, Baratieri LN, Lopes M. Laboratory evaluation and clinical application of a new onebottle adhesive. *J Esthetic Dentistry* 1999;11(1): 23-35.

Plotino G, Buono L, Grande NM, Pameijer CH, Somma F. Nonvital tooth bleaching: a review of the literature and clinical procedures. *J Endod.* 2008 Apr;34(4):394-407. doi: 10.1016/j.joen.2007.12.020. Epub 2008 Feb 15.

Polydorou O, Hellwig E, Ausschill TM. The effect of different bleaching agents on the surface texture of restorative materials. *Oper Dent*. 2006 Jul-Aug;31(4):473-80. doi: 10.2341/05-75.

Potocnik I, Kosec L, Gaspersic D. Effect of 10% carbamide peroxide bleaching gel on enamel microhardness, microstructure, and mineral content. *J Endod*. 2000 Apr;26(4):203-6. doi: 10.1097/00004770-200004000-00001.

Quirynen M, Marechal M, Busscher HJ, Weerkamp AH, Darius PL, van Steenberghe D. The influence of surface free energy and surface roughness on early plaque formation. An in vivo study in man. *J Clin Periodontol*. 1990 Mar;17(3):138-44. doi: 10.1111/j.1600-051x.1990.tb01077.x.

Ramesh N, Moratti SC, Dias GJ. Hydroxyapatite-polymer biocomposites for bone regeneration: A review of current trends. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2018 Jul;106(5):2046-57. doi: 10.1002/jbm.b.33950.

Rao YM, Srilakshmi V, Vinayagam KK, Narayanan LL. An evaluation of the color stability of tooth-colored restorative materials after bleaching using CIELAB color technique. *Indian J Dent Res*. 2009 Jan-Mar;20(1):60-4. doi: 10.4103/0970-9290.49071.

Rodrigues JA, Marchi GM, Ambrosano GM, Heymann HO, Pimenta LA. Microhardness evaluation of in situ vital bleaching on human dental enamel using a novel study design. *Dent Mater*. 2005 Nov;21(11):1059-67. doi: 10.1016/j.dental.2005.03.011.

Sa Y, Sun L, Wang Z, Ma X, Liang S, Xing W, Jiang T, Wang Y. Effects of two in-office bleaching agents with different pH on the structure of human enamel: an in situ and in vitro study. *Oper Dent*. 2013 Jan-Feb;38(1):100-10. doi: 10.2341/11-173-L.

Sencer P, Wang Y, Walker MP, Swafford JR. Molecular structure of acid-etched dentin smear layers--in situ study. *J Dent Res*. 2001 Sep;80(9):1802-7. doi: 10.1177/00220345010800090601.

Silva MF, Davies RM, Stewart B, DeVizio W, Tonholo J, da Silva Júnior JG, et al. Effect of whitening gels on the surface roughness of restorative materials in situ. *Dent Mater*. 2006 Oct;22(10):919-24. doi: 10.1016/j.dental.2005.11.029. Epub 2005 Dec 20.

Silva Costa SX, Becker AB, de Souza Rastelli AN, de Castro Monteiro Loffredo L, de Andrade MF, Bagnato VS. Effect of four bleaching regimens on color changes and microhardness of dental nanofilled composite. *Int J Dent*. 2009;2009:313845. doi: 10.1155/2009/313845.

Sofan E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Ann Stomatol (Roma)*. 2017 Jul 3;8(1):1-17. doi: 10.11138/ads/2017.8.1.001.

Stokes AN, Hood JA, Dhariwal D, Patel K. Effect of peroxide bleaches on resin-enamel bonds. *Quintessence Int*. 1992 Nov;23(11):769-71.

Sun L, Liang S, Sa Y, Wang Z, Ma X, Jiang T, Wang Y. Surface alteration of human tooth enamel subjected to acidic and neutral 30% hydrogen peroxide. *J Dent*. 2011 Oct;39(10):686-92. doi: 10.1016/j.jdent.2011.07.011.

Sung EC, Chan SM, Mito R, Caputo AA. Effect of carbamide peroxide bleaching on the shear bond strength of composite to dental bonding agent enhanced enamel. *J Prosthet Dent*. 1999 Nov;82(5):595-9. doi: 10.1016/s0022-3913(99)70060-0.

Surmelioglu D, Ozdemir ZM, Atilan S, Yeniceri NE. Effect of surface flattening and phototherapy on shear bond strength immediately after bleaching with different modes of universal adhesive. *Niger J Clin Pract*. 2020 Jan;23(1):110-5. doi: 10.4103/njcp.njcp_337_19.

Suzuki T, Takamizawa T, Barkmeier WW, Tsujimoto A, Endo H, Erickson RL, et al. Influence of Etching Mode on Enamel Bond Durability of Universal Adhesive Systems. *Oper Dent*. 2016 Sep-Oct;41(5):520-30. doi: 10.2341/15-347-L.

Taher NM. The effect of bleaching agents on the surface hardness of tooth colored restorative materials. *J Contemp Dent Pract*. 2005 May 15;6(2):18-26.

Takeda M, Takamizawa T, Imai A, Suzuki T, Tsujimoto A, Barkmeier WW, Latta MA, Miyazaki M. Immediate enamel bond strength of universal adhesives to unground and ground surfaces in different etching modes. *Eur J Oral Sci*. 2019 Aug;127(4):351-60. doi: 10.1111/eos.12626.

Tani C, Itoh K, Hisamitsu H, Wakumoto S. Effect of filler content on bonding efficacy of 4-META MMA/TBB bonding agent. *Dent Mat J*. 1994; 13(2): 131-7.

Topcu FT, Erdemir U, Ozel E, Tiryaki M, Oktay EA, Yildiz E. Influence of Bleaching Regimen and Time Elapsed on Microtensile Bond Strength of Resin Composite to Enamel. *Contemp Clin Dent*. 2017 Jul-Sep;8(3):451-8. doi: 10.4103/ccd.ccd_234_17.

- Topcu FT, Sahinkesen G, Yamanel K, Erdemir U, Oktay EA, Ersahan S. Influence of different drinks on the colour stability of dental resin composites. *Eur J Dent.* 2009 Jan;3(1):50-6.
- Torres CRG, Zanatta RF, Fonseca BM, Borges AB. Fluorescence properties of demineralized enamel after resin infiltration and dental bleaching. *Am J Dent.* 2019 Feb;32(1):43-6.
- Torres CR, Ribeiro CF, Bresciani E, Borges AB. Influence of hydrogen peroxide bleaching gels on color, opacity, and fluorescence of composite resins. *Oper Dent.* 2012 Sep-Oct;37(5):526-31. doi: 10.2341/11-189-L.
- Tsujimoto A, Iwasa M, Shimamura Y, Murayama R, Takamizawa T, Miyazaki M. Enamel bonding of single-step self-etch adhesives: influence of surface energy characteristics. *J Dent.* 2010 Feb;38(2):123-30. doi: 10.1016/j.jdent.2009.09.011.
- Turker SB, Biskin T. Effect of three bleaching agents on the surface properties of three different esthetic restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2003 May;89(5):466-73. doi: 10.1016/s0022-3913(03)00105-7.
- Varanda E, Do Prado M, Simão RA, Dias KR. Effect of in-office bleaching agents on the surface roughness and morphology of different dental composites: an AFM study. *Microsc Res Tech.* 2013 May;76(5):481-5. doi: 10.1002/jemt.22190.
- Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, Coutinho E, Suzuki K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials.* 2007 Sep;28(26):3757-85. doi: 10.1016/j.biomaterials.2007.04.044.
- Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt KL. State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater.* 2011 Jan;27(1):17-28. doi: 10.1016/j.dental.2010.10.023.
- Villalta P, Lu H, Okte Z, Garcia-Godoy F, Powers JM. Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resins. *J Prosthet Dent.* 2006 Feb;95(2):137-42. doi: 10.1016/j.prosdent.2005.11.019.
- Wang L, Francisconi LF, Atta MT, Dos Santos JR, Del Padre NC, Gonini A Jr, et al. Effect of bleaching gels on surface roughness of nanofilled composite resins. *Eur J Dent.* 2011 Apr;5(2):173-9.

Wattanapayungkul P, Yap AU, Chooi KW, Lee MF, Selamat RS, Zhou RD. The effect of home bleaching agents on the surface roughness of tooth-colored restoratives with time. *Oper Dent*. 2004 Jul-Aug;29(4):398-403.

Wattanapayungkul P, Yap AU. Effects of in-office bleaching products on surface finish of tooth-colored restorations. *Oper Dent*. 2003 Jan-Feb;28(1):15-9.

Willems G, Celis JP, Lambrechts P, Braem M, Vanherle G. Hardness and Young's modulus determined by nanoindentation technique of filler particles of dental restorative materials compared with human enamel. *J Biomed Mater Res*. 1993 Jun;27(6):747-55. doi: 10.1002/jbm.820270607.

Yalcin F, Gürgan S. Effect of two different bleaching regimens on the gloss of tooth colored restorative materials. *Dent Mater*. 2005 May;21(5):464-8. doi: 10.1016/j.dental.2004.07.011.

Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Snauwaert J, Hellemans L, Lambrechts P, Vanherle G, Wakasa K. Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *J Dent Res*. 2000 Feb;79(2):709-14. doi: 10.1177/00220345000790020301.

Yu H, Li Q, Cheng H, Wang Y. The effects of temperature and bleaching gels on the properties of tooth-colored restorative materials. *J Prosthet Dent*. 2011 Feb;105(2):100-7. doi: 10.1016/S0022-3913(11)60007-3.

Yu H, Li Q, Hussain M, Wang Y. Effects of bleaching gels on the surface microhardness of tooth-colored restorative materials in situ. *J Dent*. 2008 Apr;36(4):261-7. doi: 10.1016/j.jdent.2008.01.008.

Yu H, Zhang CY, Wang YN, Cheng H. Hydrogen peroxide bleaching induces changes in the physical properties of dental restorative materials: Effects of study protocols. *J Esthet Restor Dent*. 2018 Mar;30(2):E52-E60. doi: 10.1111/jerd.12345.