ÍTALLO EMÍDIO LIRA VIANA

Efeito dos desafios erosivo ou erosivo/abrasivo sobre as estruturas dentárias adjacentes às restaurações realizadas com materiais contendo fluoreto ou cálcio

São Paulo
2017

ÍTALLO EMÍDIO LIRA VIANA

Efeito dos desafios erosivo ou erosivo/abrasivo sobre as estruturas dentárias adjacentes às restaurações realizadas com materiais contendo fluoreto ou cálcio

Versão Corrigida

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

Orientador: Profa. Dra. Taís Scaramucci Forlin

São Paulo

2017

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

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

Viana, Ítallo Emídio Lira.

Efeito dos desafios erosivo ou erosivo/abrasivo sobre as estruturas dentárias adjacentes às restaurações realizadas com materiais contendo fluoreto ou cálcio / Ítallo Emídio Lira Viana ; orientador Taís Scaramucci Forlin. -- São Paulo, 2017.

84 p. : fig., tab., graf.; 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. Erosão de dente. 2. Abrasão dentária. 3. Cimentos de ionômeros de vidro. 4. Resinas compostas. I. Forlin, Taís Scaramucci. II. Título.

Viana ÍEL. Efeito dos desafios erosivo ou erosivo/abrasivo sobre as estruturas dentárias adjacentes às restaurações realizadas com materiais contendo fluoreto ou cálcio. Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em: 29 / 01 / 2018

Banca Examinadora

Profa. Adj. Alessandra Bühler Borges

Instituição: Instituto de Ciência e Tecnologia de São José dos Campos

Julgamento: APROVADO

Profa. Dra. Rayssa Ferreira Zanatta

Instituição: Faculdade de Odontologia da APCD - FAOA

Julgamento: APROVADO

Prof. Tit. Roberto Ruggiero Braga

Instituição: Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Julgamento: APROVADO

*À minha avó, Maria Nilce Viana (in memoriam), por ter sido o
meu grande exemplo de dedicação, força e coragem. Te amo para
sempre!*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar agradecendo a **Deus** por ter me guiado e me mantido firme até aqui.

Agradeço à minha família, que sempre me apoiou em todas as minhas decisões e, mesmo querendo a minha presença em Fortaleza após o término da minha graduação, permitiram que eu continuasse os meus estudos e me tornasse Mestre em Odontologia.

Ao meu pai, **Francisco Emídio Viana**, que me transmite a sua força em todos os momentos.

À minha mãe, **Sônia Virgínia de Oliveira Lira**, que me transmite todo o seu amor, a sua paciência e a sua doçura.

Ao meu irmão, **Átilla Emídio Lira Viana**, que sempre está presente em todos os meus melhores e piores momentos, torcendo por mim e fazendo o possível e o impossível para manter a minha família bem em todos esses anos em que eu estive ausente. Aguenta mais um pouquinho que só falta o doutorado!

Às minhas avós, **Maria Nilce Viana** (*in memoriam*) e **Maria José de Oliveira**.

À minha tia-avó **Ana Silva Viana** (*in memoriam*).

Aos meus queridos amigos (e pais em alguns momentos) **Sylvio** e **Valdete Figueirôa**. Vocês me conhecem desde que eu era bem pequeno e desde sempre, mesmo com a distância entre São Paulo e Fortaleza, estiveram presentes. O carinho que vocês sentem por mim é muito importante. E ele é recíproco também. Muito obrigado por todo o suporte, carinho, palavras, conselhos e por serem meu colo nos momentos de dificuldade. Eu sei que vocês gostariam de ter participado mais de perto desta fase da minha vida, mas saibam que eu sempre pensei em vocês.

Aos meus amigos de Fortaleza, **Liana Cavalcante**, **Isabel Carvalho**, **Talita Brilhante**, **Thaís Lima**, **Taís Bezerra**, **Gislana Felício**, **André Moraes**, **Priscila Kilvia**, **Marcelo Victor**, **Nayara Lopes**, **Geovanna Viana**, **Gisele Vasconcelos**, **Pedryna Veras**, **Amanda Fonteles**, **Hayssa Falcão**, **Emanuelle Sales** e **Tháisia Furtado**. Cada um de vocês tem um papel fundamental na construção da minha personalidade. Muito obrigado pelo apoio, pela torcida, pelas recepções e despedidas.

Gostaria de agradecer à **Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”**, campus São José dos Campos por minha formação acadêmica. Além da minha tão sonhada profissão, a UNESP me deu amigos que eu vou levar para toda a minha vida.

Agradeço a eles e às suas respectivas famílias. **Carolina Fernandes, Christine Canedo, Débora Cópola, Erika Kaori, Felipe Kenji, Fernanda Longue, Laura Frank, Letícia Rodrigues, Liza Curado, Maria Fernanda Mattos e Tainá Rodrigues**, eu simplesmente não sei o que seria da minha vida sem vocês. Obrigado, do fundo do meu coração, por serem a família que eu escolhi enquanto morávamos em São José dos Campos e que vou levar para o resto da minha vida, por onde eu estiver. Muito obrigado também por dividirem suas famílias comigo nos momentos em que eu precisei e, obviamente, o meu muito obrigado às suas famílias, por terem me “adotado”, me dando todo o carinho e atenção.

Ao **Rafael Batista Marques**, sem o qual eu não conseguiria sequer respirar. Você me acompanhou durante todo o meu período de pós-graduação, riu dos meus momentos de desespero e me ajudou a sair deles, me incentivou a não desistir quando tudo parecia um “beco sem saída”, e sempre me deu a solução para cada um dos meus problemas. Mesmo quando eles não tinham solução, você simplesmente ficava comigo, sem a necessidade de falar uma palavra sequer. Obrigado também à sua família por sempre me receberem tão bem na sua casa e por sempre se preocuparem comigo e torcerem por mim.

Ao **Prof. Marco Antônio Bottino** por ter sido meu primeiro orientador de Iniciação Científica. O senhor me mostrou a importância da seriedade e da disciplina no mundo da pesquisa.

À minha querida **Fernanda Campos**, a pessoa mais louca e doce que eu já conheci na vida. Só o fato de você rir das minhas tolices já alegria meu dia. Já te falei inúmeras vezes que quando eu crescer eu quero ser igual a você. Você é o meu exemplo de equilíbrio entre uma pessoa com uma capacidade intelectual invejável e uma pessoa “normal”.

E o que falar da **Sabrina Feitosa**? Não sei se “muito obrigado” um dia vai ser suficiente para te agradecer por TUDO o que você fez e faz por mim, Sabri. Muito obrigado por ter me encontrado e me acolhido no meu momento acadêmico mais difícil. A confiança que você depositou em mim foi a mais desinteressada que eu já pude experimentar. Muito obrigado por ser meu exemplo dentro da Odontologia, da pesquisa, da vida. Você é uma das pessoas de melhor coração que eu conheço. Fico muito feliz por todo o seu crescimento e quero estar sempre por perto para que, juntos, possamos comemorar nossas vitórias. Quero te agradecer também por todo o esforço que você fez para me levar até Indianápolis, sempre querendo o melhor para mim. Você é incrível.

À **Profa. Adj. Alessandra Bühler Borges** por toda a sua colaboração não só no desenvolvimento deste trabalho, mas por toda a sua importância na minha escolha profissional. Você, professora, é um exemplo de pesquisadora para mim. É muito

gratificante ter sido seu aluno de Iniciação Científica e hoje, no Mestrado, poder contar com sua colaboração. Espero poder sempre fazer parcerias bem-sucedidas com você.

À **Profa. Dra. Rayssa Zanatta**, por sua orientação enquanto eu era seu aluno de Iniciação Científica, por toda a paciência que você teve comigo, por toda a ajuda que você me deu em relação a este trabalho. Juntamente com a **Daniele Ávila**, vocês foram minhas parceiras de pesquisa da Dentística da UNESP, e é muito bom poder contar com a colaboração de vocês, trocar experiências e saber que eu posso ter em vocês duas amigas incríveis em São José dos Campos.

Aos meus colegas de **Pós-Graduação da FOU SP** que me receberam tão bem. Eu não imaginava conseguir fazer amigos em São Paulo e vocês me mostraram que é possível. Aqui não me refiro somente aos colegas do departamento, mas também aos pós-graduandos de outras áreas de concentração que conviveram comigo nos créditos do Mestrado.

À minha orientadora **Profa. Dra. Taís Scaramucci Forlin** que, mesmo sem me conhecer, me acolheu desde o primeiro e-mail. A escolha de deixar São José dos Campos, a cidade do meu coração, para morar em São Paulo foi muito difícil, mas graças à sua orientação não só profissional quanto pessoal deixou tudo mais fácil. Muito obrigado por facilitar a vida de todos os seus orientados, inclusive a minha, sempre que possível. Sua visão prática e objetiva de pensar. Você é uma mãe para todos os seus orientados. Compra briga de todos, confia, conversa, briga (ou melhor, alguns puxões de orelha da forma mais delicada que eu já vi), brinca. A nossa relação é sempre harmônica, o que tornou o período do Mestrado muito mais fácil de se viver.

Aos meus “irmãos” **Sávio Cardoso José Bezerra**, **Alana Cristina Machado**, **Letícia Oba Sakae**. Vocês foram imprescindíveis na minha vida na FOU SP. Nós somos orientados pela mesma “mãe”. Nós formamos um time, juntamente com a **Profa. Ana Cecília** e seus orientados: **Sandra Cunha**, **Raquel Lopes**, **Samira Helena**, **Stephanie Garófalo**, **Vinícius Maximiano** e **Caio Colombini**.

Ao **Aloísio Neto** e ao **Ubiratan Jr**, que foram meus primeiros amigos na FOU SP. Nós todos viemos de outras faculdades para cá e juntos tivemos que descobrir todo o funcionamento da nossa nova casa. Obrigado pelas risadas, pela companhia nos créditos de Mestrado e por todos os bons momentos em que passamos juntos. Estarei sempre torcendo por vocês.

Às minhas alunas de Iniciação Científica, **Vilmara Rocha**, **Letícia Trevisan** e **Sara da Paz**. Muito obrigado pela paciência que vocês tiveram. A pesquisa era uma novidade para

vocês e eu espero ter desmistificado tudo. Fico feliz em ver o crescimento de vocês e em saber que eu fiz parte de um pouquinho de tudo isso. Tomara que eu tenha passado para vocês, de uma forma simples, tudo o que a pesquisa representa. E que vocês possam também ter se apaixonado por essa área.

Aos alunos da graduação da FOU SP, que tiveram paciência comigo e trocaram experiências, me permitindo ensinar e aprender.

Aos professores do Departamento de Dentística da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, de forma especial à **Patrícia Freitas** e **Maria Ângela Pitta Sobral**. Muito obrigado por todos os ensinamentos e por respeitarem os alunos de pós-graduação, nos tratando como colegas de profissão e deixando de lado por muitas vezes da hierarquia que existe.

Ao **Prof. Tit. Roberto Ruggiero Braga**, que, desde o primeiro contato acreditou no nosso projeto e se dispôs a ajudar. Muito obrigado por esta parceria, por sempre estar disponível para tirar as minhas dúvidas seja por e-mail ou pessoalmente. Foi muito bom trabalhar com você e espero que essa parceria se fortaleça.

À **Yvette Alania** e **Marina Chiari** por toda a ajuda no preparo das resinas experimentais utilizadas neste trabalho. Obrigado pelo envolvimento e por toda a ajuda.

À **Indiana University-Purdue University (IUPUI)**, pelo período de aprendizagem. Aqui aproveito para agradecer à **família Nytes-O'Brien** que me acolheu em sua casa como se eu fizesse parte da família, e também ao meu amigo argentino **Agustín Mangiarotti**, por ter me ajudado logo que eu cheguei em Indianápolis, perdido, sem saber o que precisava ser feito. Também agradeço à **Ashley Karczewski** e **Alain Moulari** por terem sido meus companheiros no laboratório, por me ensinarem Inglês e Francês e por tentarem aprender Português. Com certeza não teria sido o mesmo sem vocês.

À **Simone Duarte** e **Adriana da Fonte Carreiro** por toda a ajuda nos experimentos realizados na IUPUI. Obrigado por acreditarem nos nossos projetos, pela parceria e por serem minhas amigas Brasileiras nos EUA.

À **CAPES** (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de Mestrado concedida.

À **Universidade de São Paulo**, na pessoa do Magnífico Reitor, Prof. Dr. Marco Antônio Zago.

À **Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo**, representada pelo seu diretor Prof. Dr. Waldyr Antônio Jorge.

Ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Área de concentração em Dentística, representado pela coordenadora Profa. Tit. Adriana Bona Matos.

Aos funcionários do Departamento de Dentística da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo: Aldo Gomes, Selma Santi, David Lascalla, Leandro Nascimento e Sônia Alves.

“Tenha coragem para lidar com as grandes tristezas da vida. E paciência para lidar com as pequenas. E, depois de ter cumprido laboriosamente sua tarefa diária, vá dormir em paz. Deus continua acordado.”

Victor Hugo

RESUMO

Viana, ÍEL. Efeito dos desafios erosivo ou erosivo/abrasivo sobre as estruturas dentárias adjacentes às restaurações realizadas com materiais contendo fluoreto ou cálcio [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2017. Versão Corrigida.

Esse estudo avaliou *in vitro* o efeito dos desafios erosivo ou erosivo/abrasivo sobre materiais restauradores contendo fluoreto ou cálcio e sobre as estruturas dentárias adjacentes às restaurações realizadas com esses materiais. Fragmentos de esmalte e de dentina bovinos (4 mm × 4 mm × 2 mm), foram incluídos em resina acrílica e planificados. Uma cavidade padrão com dimensões 1,2 mm × 4 mm × 1,5 mm foi preparada nos espécimes, e restaurada de acordo com o material a ser testado: 1. Z350 - resina composta (Filtek Z350, 3M ESPE); 2. VB - compósito experimental contendo apenas vidros de bário; 3. DCPD30% - compósito experimental contendo 10% de vidros de bário e 30% partículas de fosfato di-cálcio di-hidratado (DCPD) funcionalizadas com dimetacrilato de dietilenoglicol (DEGDMA); 4. DCPD60% - compósito experimental contendo 60% partículas de DCPD funcionalizadas com DEGDMA; 5. Beautifil - GIOMER (Beautifil II, Shofu Dental Corporation); 6. Fuji IX - cimento de ionômero de vidro convencional de alta viscosidade (Fuji IX, GC Corporation); 7. Fuji II LC - cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Fuji II LC, GC Corporation). Na sequência, os espécimes foram polidos e submetidos a dois tipos de tratamentos: erosão somente (n=10) ou erosão mais abrasão por escovação (n=10). A erosão foi realizada pela imersão dos espécimes em ácido cítrico a 0,3% (pH~2,6) por 5 min, seguido de 60 min de imersão em saliva artificial. Esse procedimento foi repetido 4x/dia, por 5 dias. A escovação foi realizada com uma suspensão de dentifrício padrão (Colgate Total 12 Mint Clean; 1450 ppm F-, como NaF) por 15 s (2 min de exposição total a suspensão de dentifrício), 2x/dia, 30 min após o primeiro e o quarto desafios erosivos. Ao final da ciclagem, a perda superficial (em µm) do esmalte, da dentina e dos materiais restauradores foi determinada com um perfilômetro ótico. Para cada modelo (erosão e erosão-abrasão), os dados de perda superficial de esmalte, dentina e restauração foram analisados de maneira independente. Os dados foram analisados pelos testes de

Kruskal-Wallis e Tukey. O nível de significância utilizado foi de 5%. No modelo de erosão, para esmalte, ambos cimentos ionoméricos apresentaram menor perda superficial do que o compósito Z350, apesar de Fuji II LC não ter se diferenciado significativamente dos grupos Beautifil e DCPD30%. Os outros grupos não foram diferentes de Z350 nem entre si. Para dentina, nenhum dos grupos foi diferente de Z350, com exceção de DCPD60%, o qual apresentou a maior perda superficial. Ambos cimentos ionoméricos apresentaram menor perda do que DCPD30%, Beautifil e DCPD60%. Em relação à restauração, os materiais Z350, Beautifil, VB, DCPD30% apresentaram perda superficial mínima, sem diferenças entre eles. Os cimentos ionoméricos apresentaram os maiores valores de perda, não se diferenciando de DCPD60%. No modelo erosão-abrasão, para esmalte, a menor perda superficial foi observada em Fuji II LC, sem diferença da Beautifil. Os outros grupos não se diferenciaram entre si nem da Beautifil. Para dentina, os grupos DCPD60%, Beautifil, Fuji II LC, Z350 e Fuji IX não se diferenciaram e, apresentaram menor perda superficial do que VB. Os cinco grupos citados também não foram diferentes de DCPD30%, com exceção de Fuji IX. Em relação à restauração, a maior perda foi observada para Fuji IX, sem diferenças de Fuji II LC e Beautifil. DCPD30%, Z350, VB e DCPD60% apresentaram valores mínimos de perda superficial, sem diferenças entre si. Concluiu-se que o cimento ionomérico Fuji II LC foi único capaz de proteger o esmalte adjacente à restauração contra desafios erosivos e erosivos/abrasivos, apesar de ter sido um dos materiais mais susceptíveis ao desgaste por ambos desafios. Para dentina, nenhum material exibiu efeito protetor.

Palavras-chave: Erosão dental. Abrasão dental. Cimento de ionômero de vidro. Resina composta. GIOMER.

ABSTRACT

Viana ÍEL. Effect of erosive and erosive/abrasive challenges on the dental hard tissues adjacent to restorations performed with materials containing fluoride or calcium [dissertation]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2017. Versão Corrigida.

This in vitro study evaluated the effect of erosive or erosive/abrasive challenges on restorative materials containing fluoride and calcium, and on the dental hard tissues adjacent to restorations performed with these materials. Enamel and dentin specimens (4 mm × 4 mm × 2 mm), obtained from bovine incisors, were embedded in acrylic resin, flattened and polished. In the specimens, a standard cavity of 1,2 mm × 4 mm × 1,5 mm was prepared and restored with the following materials: 1. Z350 - Composite resin without actives, Filtek Z350 (3MESPE); 2. VB - experimental composite containing barium glass only; 3. DCPD30% - experimental composite containing 10% of barium glass and 30% of DCPD particles functionalized with DEGDMA; 4. DCPD60% - experimental composite containing 60% of DCPD particles functionalized with DEGDMA; 5. Beautifil - GIOMER (Beautifil II, Shofu Dental Corporation); 6. Fuji IX - high viscosity glass ionomer (Fuji IX, GC Corporation); 7. Fuji II LC - resin-modified glass ionomer (Fuji II LC, GC Corporation). The specimens were polished again and then submitted to one of the two treatments: erosion only (n=10) or erosion plus toothbrushing abrasion (n=10). Erosion was performed by immersing the specimens in 0.3% citric acid solution (p~2.6), for 5 min, followed by 60 min exposure to artificial saliva. This procedure was repeated 4 times a day, for 5 days. Toothbrushing was performed with a slurry of a standard dentifrice (Colgate Total 12 Mint Clean; 1450 ppm F, as NaF), for 15 s (2 min total exposure time to the slurry), 2 times a day, 30 min after the first and last erosive challenges. At the end of cycling, enamel, dentin and restorative material surface loss (in µm) were determined by optical profilometry. Data were analyzed by the Kruskal-Wallis and Tukey tests. The level of significance was 5%. In the erosion model, for enamel, both ionomeric cements presented lower surface loss than the Z350, although Fuji II LC did not differ significantly from Beautifil and DCPD30% groups. The other groups were no different from Z350 and from each other. For dentin, none of the groups were different from

Z350, except for DCPD60%, which presented the highest surface loss. Both ionomeric cements presented lower loss than DCPD30%, Beautifil and DCPD60%. Regarding the restoration, the materials Z350, Beautifil, VB, DCPD30% showed minimal surface loss, with no differences between them. The ionomeric cements had the highest loss values, not differing from DCPD60%. In the erosion-abrasion model, for enamel, the lowest loss was observed for Fuji II LC, with no difference to Beautifil. The other groups showed no difference among them and from Beautifil. For dentin, the groups DCPD60%, Beautifil, Fuji II LC, Z350 and Fuji IX were no significant different and presented lower loss than VB. These five groups were also no different from DCPD30%, except Fuji IX. Regarding the restoration, the highest loss was observed for Fuji IX, with no difference from Fuji II LC and Beautifil. DCPD30%, Z350, VB and DCPD60% presented minimum values of surface loss, without differences between them. It was concluded that Fuji II LC ionomeric cement was the only material able to protect the enamel adjacent to the restoration against erosive and erosive/abrasive challenges, although it was one of the materials that was most susceptible to be wear off by both challenges. For dentin, no material exhibited a significant protective effect.

Keywords: Teeth erosion. Teeth abrasion. Glass ionomer cements. Composite resins. GIOMER.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 4.1 - Secção dos espécimes	48
Figura 4.2 - Inclusão e polimento dos espécimes.....	49
Figura 4.3 - Preparo das cavidades.....	50
Figura 4.4 - Fita posicionada sobre a superfície polida dos espécimes	52
Figura 4.5 - Placa de cultura biológica com os espécimes de um grupo experimental fixos em sua tampa	54
Figura 4.6 - Máquina de escovação com os espécimes sendo escovados	56
Figura 4.7 - Perfilômetro ótico e uma imagem representativa da superfície do espécime escaneada	57
Figura 5.1 - Gráfico das médias e desvios-padrões da perda de superfície do esmalte, dentina e material restaurador no modelo de erosão	59
Figura 5.2 - Gráfico das médias e desvios-padrões da perda de superfície do esmalte, dentina e material restaurador no modelo de erosão/abrasão testado	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Materiais utilizados, com suas respectivas especificações	53
Tabela 4.2 - Sequência diária da ciclagem	55
Tabela 5.1 - Mediana (intervalo interquartil) da perda de superfície dos grupos experimentais para esmalte no modelo de erosão.....	60
Tabela 5.2 - Mediana (intervalo interquartil) da perda de superfície dos grupos experimentais para dentina no modelo de erosão	61
Tabela 5.3 - Mediana (intervalo interquartil) da perda de superfície dos grupos experimentais para material restaurador no modelo de erosão	61
Tabela 5.4 - Mediana (intervalo interquartil) da perda de superfície dos grupos experimentais para esmalte no modelo de erosão/abrasão.....	63
Tabela 5.5 - Mediana (intervalo interquartil) da perda de superfície dos grupos experimentais para dentina no modelo de erosão/abrasão.....	63
Tabela 5.6 - Mediana (intervalo interquartil) da perda de superfície de todos os grupos experimentais para material restaurador no modelo de erosão/abrasão	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

μm	micrômetro
Al_2O_3	óxido de alumínio
AmF	fluoreto de amina
Ca^{2+}	íons cálcio
CaF_2	fluoreto de cálcio
CEUA	Comitê de Ética no Uso de Animais
CIV	cimento de ionômero de vidro
CPP-ACP	fosfopeptídeo de caseína amorfo com cálcio e fosfato
DCPD	fosfato di-cálcio di-hidratado
DEGDMA	dimetacrilato de dietilenoglicol
DP	desvio padrão
F-	íons flúor
F	fluoreto
FOUSP	Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo
g	grama(s)
h	hora(s)
H^+	íons hidrogênio
min	minuto(s)
ml	mililitro(s)
Mm	milímetro(s)
NaF	fluoreto de sódio
pH	potencial de hidrogênio
ppm	parte por milhão
PS	perda de superfície
s	segundo(s)
SnF_2	fluoreto de estanho
TEGDMA	dimetacrilato de trietilenoglicol
TiF_4	tetrafluoreto de titânio
UPVC	cloreto de polivinil não plastificado

LISTA DE SÍMBOLOS

%	porcentagem
α	alfa
n	número de espécimes por grupo
°C	grau(s) Célsius
<	menor que
>	maior que

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	29
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	33
2.1	EROSÃO DENTAL: DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS.....	33
2.2	ESTRATÉGIAS PREVENTIVAS.....	37
2.3	MEDIDAS OPERATÓRIAS.....	39
2.4	MATERIAIS RESTAURADORES COM ATIVOS	41
3	PROPOSIÇÃO	45
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	47
4.1	ASPECTOS ÉTICOS.....	47
4.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	47
4.3	PREPARO DOS ESPÉCIMES	48
4.4	PREPARO DOS COMPÓSITOS EXPERIMENTAIS	49
4.5	CONFECÇÃO DAS RESTAURAÇÕES.....	50
4.6	AVALIAÇÃO DA CURVATURA INICIAL DOS ESPÉCIMES	51
4.7	GRUPOS EXPERIMENTAIS	52
4.8	DESAFIO EROSIVO/ABRASIVO	54
4.9	AVALIAÇÃO DA PERDA SUPERFICIAL	56
4.10	ANÁLISE ESTATÍSTICA	57
5	RESULTADOS.....	59
6	DISCUSSÃO	65
7	CONCLUSÃO	71
	REFERÊNCIAS.....	73
	ANEXO.....	84

1 INTRODUÇÃO

Evidências mostram que o desgaste erosivo é uma condição cada vez mais comum em populações de diversas regiões (1), a qual relaciona-se com o aumento do consumo de bebidas e alimentos ácidos nos últimos anos, bem como uma melhora na percepção da condição pelos profissionais (2). A erosão dentária consiste na perda irreversível da estrutura mineral do esmalte e da dentina, causada pela ação direta de ácidos de origem intrínseca ou extrínseca, sem o envolvimento de bactérias (3). O ácido clorídrico de origem estomacal é o único ácido intrínseco, e pode entrar em contato com os dentes em casos de refluxo gastresofágico ou vômitos crônicos (4), enquanto a dieta é a principal fonte de ácidos extrínsecos (5, 6). A associação entre ataques ácidos e a abrasão por escovação, ou a atrição pelo contato dente a dente, potencializa a perda de estrutura, resultando em um desgaste químico-mecânico da estrutura dentária (7).

A escovação é um procedimento corriqueiro, sendo considerada um fator primordial na manutenção da saúde oral (8). Para facilitar a remoção do biofilme, dentifrícios que contenham abrasivos são utilizados (9). Esse processo causa uma abrasão na superfície dos dentes, que é considerada fisiológica. Entretanto, dependendo da quantidade e do tamanho dos abrasivos presentes no dentifrício, bem como da frequência e força empregada na escovação, esse procedimento pode ser nocivo aos substratos dentais erodidos, removendo a camada superficial desmineralizada. Se o dentifrício possuir fluoretos em sua composição, a presença desse ativo irá compensar parcialmente a abrasividade do dentifrício em esmalte erodido, através da formação de precipitados globulares semelhantes ao fluoreto de cálcio (10). Em contrapartida, o substrato dentinário é menos receptivo à ação do flúor (11).

Em esmalte, a ação dos ácidos promove uma desmineralização superficial, deixando a superfície mais rugosa, com um padrão semelhante ao conseguido com o condicionamento ácido empregado em técnicas restauradoras adesivas (12). Com o avanço da lesão, ocorre perda estrutural progressiva, camada a camada (5). Na dentina, os ácidos atuam em sua porção mineral, enquanto que o conteúdo orgânico não é degradado (13). Assim, conforme a desmineralização progride, a matriz orgânica da dentina permanece, ficando localizada em um plano superior em relação

à porção mineral remanescente (12). Acredita-se que a presença dessa camada orgânica desmineralizada possa desacelerar a progressão do processo de desgaste erosivo, uma vez que os ácidos teriam que se difundir pela matriz orgânica para chegar até a porção mineral (14, 15). De fato, estudos prévios mostram que a dissolução da dentina não é um processo linear, pois ela diminui conforme o aumento de espessura da matriz orgânica (13, 16). Adicionalmente, ao contrário do esmalte, em que a escovação da camada desmineralizada pode removê-la, acelerando assim a perda de estrutura (17), estudos mostraram que a camada orgânica remanescente na dentina é resistente aos impactos mecânicos da abrasão por escovação. Assim, acredita-se que ao invés de remover a camada orgânica, a escovação possa apenas comprimi-la (18).

Clinicamente, as lesões de erosão, quando em estágios iniciais, possuem uma superfície rasa, com perda de brilho superficial. Com a sua progressão, concavidades se evidenciam, não havendo nitidez no término cavitário, uma vez que os ácidos causadores da erosão atingem toda a superfície dental. Caso haja restaurações, estas aparecem salientes em relação à estrutura dental adjacente, assemelhando-se a “ilhas” de material restaurador, pois os ácidos não são capazes de deteriorar os materiais restauradores da mesma maneira que afetam os tecidos dentários (5, 19).

O tratamento da erosão dentária deve incluir procedimentos preventivos e, muitas vezes, restauradores, dependendo do risco do paciente e da complexidade do caso (20). A primeira e mais importante manobra é identificação da causa destas lesões, por meio de anamnese detalhada incluindo, quando necessário, a análise do diário alimentar do paciente. O próximo passo seria instruir o paciente a evitar o contato frequente com os ácidos causadores da erosão. Nos casos de erosão causada por ácidos intrínsecos, a participação de um profissional da área médica está indicada para diagnóstico e tratamento de patologias associadas (21). A restauração dos elementos dentais acometidos por lesões avançadas de erosão é uma alternativa que, além de restabelecer a forma, a função e a estética do elemento, é capaz de prevenir a progressão destas lesões (22, 23). Indica-se a restauração de uma lesão erosiva em fase avançada quando houver perda considerável de estrutura dental; em casos de hipersensibilidade causada pela exposição dentinária; quando houver queixa estética relatada pelo paciente ou na probabilidade de ocorrer exposição pulpar (24).

Mesmo que em menor grau, as restaurações também são afetadas pelos ácidos, o que pode comprometer suas propriedades mecânicas e, por consequência, sua longevidade (20). A longevidade destas restaurações vai depender da durabilidade do próprio material utilizado e de suas propriedades, como a sua resistência ao desgaste; da durabilidade da interface entre o dente e a restauração; e da extensão da destruição dental. Além disso, hábitos do próprio paciente, como bruxismo, dieta e higiene oral, também devem ser levados em consideração (23).

Atualmente, os materiais restauradores diretos mais utilizados são os cimentos ionoméricos convencionais ou modificados por resina e as resinas compostas (22).

A escolha do cimento de ionômero de vidro (CIV) como material restaurador está relacionada com a sua boa adesão, tanto ao esmalte quanto à dentina, ao coeficiente de expansão térmica linear semelhante ao da estrutura dental e à sua liberação de flúor (25), o que pode ser vantajoso para reduzir os efeitos da erosão nos tecidos dentários adjacentes à restauração. Entretanto, resultados controversos (26, 27) podem ser encontrados na literatura em relação ao possível efeito protetor deste material frente a desafios erosivos, gerando uma necessidade de mais estudos sobre o tema.

Deve ser ressaltado, no entanto, que apesar desse possível efeito protetor dos cimentos ionoméricos, esse material sofre maior degradação frente a um desafio erosivo em comparação com as resinas compostas (28). Dessa maneira, a incorporação de componentes bioativos nas resinas compostas pode ser uma alternativa vantajosa para restaurar os dentes de pacientes com desgaste erosivo, pois, além de serem mais resistentes aos desafios químicos e mecânicos presentes no meio bucal do que os cimentos ionoméricos, a liberação de íons remineralizadores poderia reduzir a perda superficial dos tecidos dentais adjacentes à restauração.

Nesse sentido, o GIOMER é um material híbrido, que possui características comuns entre os CIV's e resinas compostas. Este material contém S-PRG (*Surface Pre-reacted Glass Ionomer*) em sua composição que, segundo o fabricante, é capaz de liberar 6 íons, sendo eles: flúor, sódio, estrôncio, alumínio, silicato e borato. O GIOMER foi elaborado com o objetivo de conferir aos compósitos as propriedades cariostáticas dos CIV's (29). Devido ao potencial de neutralizar ácidos, os GIOMERS também podem ser uma opção para proteger tecidos dentais adjacentes às

restaurações quanto aos desgastes erosivos, mas esse efeito ainda não foi estudado.

Alternativamente aos fluoretos, os fosfatos de cálcio vêm sendo bastante estudados devido ao seu papel na composição e mineralização de ossos e dentes. Materiais resinosos contendo ortofosfatos de cálcio mostraram resultados promissores na remineralização de lesões cariosas (30, 31). Ainda em relação à cárie, um estudo demonstrou que materiais resinosos experimentais contendo fosfato de cálcio promoviam maior remineralização de lesões em esmalte *in vitro* quando comparado a materiais comerciais contendo flúor (32). Entretanto, para erosão, o efeito dessas resinas modificadas ainda não foi muito explorado. Recentemente, foi descrita a síntese de partículas de fosfato di-cálcio di-hidratado (DCPD) funcionalizadas com dimetacrilato de trietilenoglicol (TEGDMA). Essa funcionalização teve o intuito de diminuir o tamanho dos aglomerados de DCPD e favorecer a interação entre as partículas de DCPD e a matriz orgânica do material, o que pode ser evidenciado pelo aumento no valor de resistência à flexão observado, sem redução substancial na liberação de íons cálcio do material (33). Em vista dessas características, essa resina destaca-se como um material interessante para ser testado no contexto da erosão dental.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 EROSÃO DENTAL: DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS

Com o aumento da expectativa de vida das populações e uma maior preocupação com a saúde bucal, os dentes passaram a ficar por mais tempo na cavidade oral, e, com isso, mais expostos aos processos que podem ocasionar o desgaste dental. Somado a isso, a mudança nos hábitos alimentares fez com que houvesse um aumento no consumo de alimentos ácidos, deixando os dentes mais susceptíveis à perda tecidual por um processo denominado de erosão dental. Tal perda pode ser considerada patológica se comprometer negativamente a qualidade de vida dos indivíduos, causando um quadro doloroso conhecido como hipersensibilidade dentinária, por exemplo. Devido a estes fatores, houve uma mudança de percepção da erosão dental que, até metade da década de 90 não era uma condição muito estudada, porém atualmente, passou a ter um grande espaço nas pesquisas mundiais, nas clínicas odontológicas, bem como ser algo de grande interesse para a saúde pública (2).

O desgaste erosivo é um fenômeno de superfície, que envolve fatores biológicos, químicos e comportamentais, sendo definido como uma dissolução dos tecidos duros dos dentes causada por ácidos não provenientes de subprodutos bacterianos (34). A origem destes ácidos pode ser intrínseca (ácido clorídrico proveniente do suco gástrico) (35) ou extrínseca (principalmente ácidos encontrados em alimentos e bebidas) (36).

Apesar de sua relação com o elevado consumo de bebidas ácidas, não há um pH crítico para que uma solução seja considerada causadora de erosão dental. Embora o pH seja considerado um fator crucial, ele sozinho não explica o potencial erosivo de bebidas. Isso porque, além dos fatores biológicos relacionados ao paciente, a acidez titulável, os níveis de cálcio, fosfato e flúor também têm um papel considerável no potencial erosivo de bebidas e alimentos (2).

A prevalência da erosão dental é bastante expressiva nas populações mundiais de sociedades desenvolvidas (1). No entanto, devido aos diferentes padrões de exame utilizados, tais como calibração dos examinadores, sistema de

pontuação, número e local dos dentes, e também ao fato de que grupos diferentes e não homogêneos são examinados (idade, sexo, número de indivíduos examinados e localização geográfica), é difícil fazer uma comparação dos estudos epidemiológicos realizados (1). Somado a isso, devido à maior facilidade de se recrutar crianças em idade escolar para pesquisas, a maioria dos estudos são realizados neste grupo, o que dificulta uma melhor compreensão da distribuição da erosão dentária nas diferentes faixas etárias. Ainda que os dentes decíduos sejam estruturalmente diferentes dos permanentes, apresentando uma menor espessura de esmalte, o qual também possui menor dureza, a susceptibilidade à erosão dental em crianças e adultos não apresenta grandes diferenças. Mesmo assim, percebe-se uma maior tendência ao acometimento de pacientes do sexo masculino. Além disso, também há uma relação com a idade, sendo que, quanto mais avançada a idade, maior o número de lesões. Esse tipo de lesão possui, ainda, uma predileção pela face palatina de incisivos superiores e pela face oclusal dos primeiros molares inferiores (1).

Salas e colaboradores (37), em uma revisão sistemática e meta-análise recente, estimam que a prevalência da erosão dental em dentes permanentes de crianças e adolescentes ao redor do mundo é de 30,4%. Um outro estudo recente avaliou crianças brasileiras entre 8 e 12 anos de idade. De um total de 1210 crianças, foi observada a presença de erosão dental em 25,1%. As lesões, porém, não eram severas, acometendo apenas o esmalte. A idade dos pacientes e tipo de escola (pública ou privada) em que estudavam foram fatores significativamente associados à maior prevalência de erosão dentária, o que nos leva a crer que a classe socioeconômica influencia no desenvolvimento dessa condição. Além disso, o apinhamento dental foi associado à uma menor probabilidade de erosão dentária. Surpreendentemente, o consumo de alimentos e bebidas ácidas não foi associado à erosão neste estudo (38). Luciano et al. (39) avaliaram indivíduos entre 12 e 30 anos de idade em uma cidade do nordeste brasileiro e concluíram que a prevalência da erosão refletiu a necessidade de programas de prevenção e orientação para os pacientes sobre os fatores etiológicos desta condição.

Para uma melhor compreensão da erosão dental, no entanto, é necessário conhecer a estrutura dos tecidos dentais. A histologia dos tecidos duros dentais erodidos é caracterizada por uma perda mineral progressiva, camada a camada, que atinge desde a superfície dental, podendo progredir até a polpa, caso as condições

erosivas persistam. Deve-se ter em mente que a estrutura do esmalte dentário difere da dentina, que é um tecido vivo e permeável, de estrutura complexa (12). Os dois tecidos duros são compostos basicamente por hidroxiapatita, matéria orgânica e água, entretanto, a distribuição desses componentes em ambos os substratos é diferente. Para o esmalte, o mineral está organizado em uma estrutura de prismas hexagonais, com o conteúdo orgânico reduzido, de 2%, e 11% de água. Devido ao seu alto conteúdo mineral, o esmalte sadio apresenta uma dureza capaz de resistir às injúrias físicas, incluindo o processo fisiológico da mastigação e a ação da escovação. Já a porção mineral da dentina é organizada em forma de túbulos, onde se encontram os odontoblastos. O material orgânico da dentina, colágeno em sua maior parte, representa 33% de sua estrutura e conta, ainda, com 21% de água. A própria organização estrutural desse substrato nos faz perceber a sua maior susceptibilidade aos desafios erosivos em relação ao esmalte, devido ao seu inferior módulo elástico, bem como sua dureza (40).

Quando o esmalte é submetido aos ácidos erosivos, a sua porção mineral superficial é desmineralizada, resultando em uma estrutura irregular rugosa, semelhante ao padrão conhecido pelo condicionamento ácido. Caso a exposição ao desafio ácido não cesse, uma perda superficial do esmalte ocorre e, com o tempo, um defeito visível pode se desenvolver (12). Já em dentina, apesar da dissolução de sua porção mineral, há uma exposição do seu conteúdo orgânico, que, pelo que é observado em estudos *in vitro*, não é degradado e, portanto, não há perda estrutural em massa (41). Em vez disso, permanece uma estrutura esponjosa, completamente desmineralizada, cuja superfície se mantém além da estrutura mineral, desde que esteja hidratada (12). Apesar de essa trama colágena funcionar como uma barreira que protege a dentina contra os ataques ácidos, no ambiente bucal, ela pode ser degradada por collagenases e outras enzimas proteolíticas. Estudos (42-44) vêm sendo desenvolvidos no intuito de inibir essas enzimas, de forma a manter o colágeno e, assim, diminuir a progressão da lesão.

Clinicamente, as lesões iniciais de erosão aparecem com uma superfície lisa e acetinada podendo, algumas vezes, ser áspera. Em superfícies lisas, áreas convexas aplainam ou concavidades podem aparecer. Com a progressão da lesão, ocorre arredondamento das cúspides, aparecimento de escavações nas superfícies incisais e oclusais e, se houver restaurações, estas aparentam estar salientes em relação à superfície dos dentes adjacentes. Em casos mais severos, toda a

morfologia oclusal desaparece, provocando a perda da dimensão vertical de oclusão (DVO). Além disso, como a dissolução do esmalte e exposição dentinária, os túbulos dentinários ficam expostos ao ambiente oral, causando um quadro doloroso, chamado hipersensibilidade dentinária (45).

A saliva humana é um importante fator natural que protege os dentes contra a desmineralização provocada pela erosão (46). Isso se deve à sua habilidade de atuar diretamente diluindo, limpando, neutralizando e tamponando os ácidos causadores da erosão. Além disso, reduz a taxa de desmineralização e aumenta a remineralização, pois fornece cálcio, fosfato e flúor aos substratos dentais. Tem, ainda, um importante papel na formação da película adquirida, uma membrana semipermeável que cobre a superfície dentaria, evitando o contato direto dos ácidos com o dente (47).

A película adquirida é considerada um fator-chave na prevenção da erosão dental, porque ela fornece um revestimento através do qual os íons são entregues durante o processo de des-remineralização (48, 49). A película adquirida é uma fina camada acelular, livre de bactérias, e formada pela adsorção de proteínas, peptídeos, lipídios e outras macromoléculas presentes na saliva, sendo um processo dinâmico. Durante a sua formação, duas camadas podem ser encontradas. A primeira, a camada basal, é formada por peptídeos e proteínas de ligação aos fosfatos de cálcio. A segunda camada é formada por acúmulo heterogêneo de proteínas e outras biomacromoléculas. Os peptídeos de ligação ao cálcio presentes na camada de película basal podem se ligar a íons de cálcio livres da saliva circundante e atuar como um reservatório de cálcio na película salivar, permitindo a homeostase mineral na superfície do esmalte. Além disso, o cálcio pode se difundir facilmente através da película, sendo que esta troca entre a saliva e a superfície do dente é importante para o processo de remineralização (50).

A ação da saliva acontece antes, durante e após episódios de erosão (47). Sua ação prévia à erosão se dá pelo aumento do fluxo salivar em resposta a um estímulo extra oral, seja olfativo ou visual. O aumento do fluxo salivar cria um cenário favorável para a prevenção do ataque erosivo inicial, devido ao aumento dos componentes orgânicos e inorgânicos que constituem a saliva. Os constituintes que estão associados à melhora da capacidade tampão da saliva e à manutenção da integridade dos dentes e, por isso, são de interesse para o processo de erosão, são os íons cálcio, fosfato e flúor (51). Uma vez que o ácido chega à cavidade bucal,

vários mecanismos salivares são ativados para promover a proteção dos dentes. Entretanto, alguns aspectos morfológicos podem interferir na ação da saliva e no desenvolvimento da erosão. Diferentes locais da boca podem tornar os dentes mais susceptíveis à erosão, não somente por proteção salivar diferente, mas também por sua exposição a forças mecânicas resultantes do contato a língua e com tecidos moles circundantes. Após o desafio erosivo, com o ácido neutralizado ou limpo da superfície do dente, o cálcio salivar e o fosfato podem remineralizar o esmalte erodido sendo que, na presença de íons fluoreto, essa remineralização é substancialmente maior (52).

2.2 ESTRATÉGIAS PREVENTIVAS

Apesar de o organismo saudável do ser humano ser capaz de promover certa proteção através da saliva e da película adquirida, esse efeito é limitado, portanto, algumas estratégias vêm sendo desenvolvidas no sentido de controlar a erosão dental, como por exemplo, a aplicação tópica de produtos fluoretados. O uso desses produtos tem um efeito de curta duração e/ou limitado frente a constantes exposições a desafios ácidos, o que gera uma predileção por veículos de aplicação frequente, como os dentifrícios e enxaguatórios bucais. No entanto, outros meios também são frequentemente testados, como os géis, os vernizes e as gomas de mascar (53). Além dos fluoretos, a utilização de lasers odontológicos de alta e baixa potência também tem sido testada, porém, os resultados ainda são controversos (54, 55).

Os fluoretos desenvolvem um importante papel na prevenção da erosão dentária, funcionando principalmente como um agente protetor de superfície durante os desafios ácidos, uma vez que, devido à magnitude dos desafios erosivos, pouca remineralização pode ser esperada na erosão (53). Existem dois principais mecanismos propostos para explicar o efeito do flúor na erosão. Primeiro, a formação de uma camada globular semelhante ao fluoreto de cálcio (CaF_2), que é observada especialmente quando se utilizam formulações ácidas com altas concentrações que, por sua dissolução, sob condições erosivas, protegem temporariamente o esmalte subjacente (56, 57). Em segundo lugar, quando da

utilização de fluoretos polivalentes, observa-se um revestimento ácido resistente, rico em metais, ou uma camada de esmalte superficial rica em metal (58, 59). Os fluoretos podem, portanto, ser encontrados em suas formas monovalentes, como o fluoreto de sódio (NaF) e o fluoreto de amina (AmF), ou polivalentes de cátions metálicos, como o fluoreto de estanho (SnF₂), e o tetrafluoreto de titânio (TiF₄), por exemplo. Os fluoretos monovalentes apresentam limitado efeito em relação à prevenção da erosão, por isso, devem ser utilizados em altas concentrações, formulações ácidas e com aplicação frequente. Já nos fluoretos metálicos polivalentes, há a formação de uma camada rica em metal, mais ácido resistente (53).

O TiF₄ possui características únicas, uma vez que o íon titânio é capaz de formar complexos simultaneamente com o flúor e com a estrutura dental (60), criando uma camada conhecida como *glaze* (61, 62). Essa camada funciona como uma barreira de difusão, sendo um reservatório de flúor (63).

O mecanismo de ação dos produtos contendo estanho baseia-se principalmente na deposição desse metal na superfície dos dentes, bem como sua possível incorporação nas camadas subjacentes após tempo prolongado de imersão nesses produtos (64). A reação entre o estanho e a hidroxiapatita do esmalte pode resultar na formação de sais contendo Sn. Esses depósitos de estanho e sua possível incorporação à superfície do esmalte formam uma camada protetora estável, que resulta em uma superfície de esmalte mais ácido resistente (65).

Ramos-Oliveira e colaboradores (66) avaliaram o efeito *in situ* de uma solução comercialmente encontrada contendo AmF/NaF/SnCl₂ e encontraram que essa solução é capaz de reduzir a erosão em esmalte. Um estudo *in situ* recente de João-Souza e colaboradores (67) comprova esse limitado efeito de soluções contendo fluoretos monovalentes, uma vez que, sob condições altamente erosivas, o uso de uma solução de NaF não foi suficiente para prevenir a erosão em esmalte. Entretanto, quando da associação do NaF com o SnCl₂, esse efeito anti-erosivo se evidenciou. Ávila et al. (68) mostraram que a incorporação do polímero Carbopol à uma solução fluoretada com 900ppm de NaF foi capaz de reduzir a perda de superfície mesmo após severos desafios erosivos.

Existem ainda alternativas ao uso do flúor quando se fala em prevenção da erosão dental, através da busca de: 1. uma camada ácido-resistente na superfície dos dentes, seja por meio da aplicação de uma barreira como adesivos ou selantes,

seja por meio de bochechos ou utilização de dentifrícios contendo polímeros capazes de se depositar nas superfícies dentais; 2. melhora no mecanismo de deposição mineral, que pode ser induzida pelo uso de diferentes fontes de fosfatos e/ou cálcio 3. preservação da matriz orgânica no caso do substrato dentinário, através de agentes proteolíticos capazes de inibir proteases responsáveis pela degradação da trama colágena exposta por meio de uma desmineralização da dentina (69).

Além disso, a suplementação de bebidas ácidas com diferentes tipos de cálcio e/ou fosfato também é uma alternativa para a prevenção de lesões de erosão, sendo que o cálcio é mais eficaz que o fosfato, devido à sua maior proporção na apatita, bem como ao tipo de íon fosfato disponível na solução. O efeito da suplementação iônica, portanto, é dependente do tipo de sal, da concentração, do valor de pH e do tipo de ácido/solução (70). Esses íons agem baseados no efeito do íon comum, em que a dissolução da superfície dental pode ser diminuída pelo estado saturado da bebida em relação aos íons cálcio e fosfato (71).

2.3 MEDIDAS OPERATÓRIAS

Quando as medidas preventivas não forem suficientes para controlar a erosão, ocorrendo uma perda substancial de estrutura dental, deve-se lançar mão de medidas restauradoras de modo a promover a reabilitação oral. Essa restauração deve ser sempre realizada de forma minimamente invasiva, graças à adesão, através de restaurações diretas ou indiretas, em casos de lesões mais avançadas (23). A técnica restauradora direta possui como vantagens o fato de não requererem preparo dental, de serem facilmente ajustadas e de serem consideradas reversíveis. Entretanto, a confecção de uma restauração direta extensa requer muito tempo do profissional, podendo ser difícil atingir resultados estéticos ideais e necessitarem de manutenção frequente (72).

O tratamento restaurador é dependente das necessidades individuais de cada paciente e a etiologia das lesões deve ser determinada no intuito de estacionar esta condição. Caso contrário, o processo erosivo irá continuar a destruir a estrutura dental. Em todo caso, um tratamento restaurador bem-sucedido só é possível

quando a causa é eliminada (23). Se a erosão dental for diagnosticada precocemente, é possível proteger a dentição contra futuros danos. Para isso, deve-se investigar o paciente quanto aos seus hábitos alimentares, frequência de consumo de bebidas ácidas, atividades físicas praticadas e a presença de distúrbios gastroesofágicos. Além disso, caso um paciente seja considerado de alto risco, deve ser realizado o teste de fluxo salivar, bem como a capacidade tampão da saliva (23).

Em casos iniciais de erosão, as restaurações podem ser realizadas por motivos estéticos, restabelecendo o contorno dental, e/ou para prevenir a progressão destas lesões. Já nos casos mais avançados, quando a lesão atingiu a dentina, a restauração se torna necessária quando a integridade estrutural do dente está ameaçada, quando a dentina exposta está hipersensível, quando o defeito estético causado pela erosão é inaceitável para o paciente e quando há uma iminente exposição pulpar (24). Os tratamentos de escolha são as restaurações diretas com resinas compostas ou restaurações indiretas, pois isso irá selar o esmalte, reestabelecer o contorno dental e minimizar futuras perdas de esmalte provocadas por exposições a ácidos. A opção da escolha restauradora exige a análise da estrutura dentária remanescente, a localização do desgaste e a avaliação da oclusão (73). Ambas as opções de tratamento necessitam de uma efetiva adesão para o sucesso clínico. Deve-se levar em consideração que a histologia de um substrato erodido não é a mesma de um substrato hígido, o que pode levar a falhas na adesão. Um estudo clínico randomizado mostrou uma maior taxa de falhas em restaurações diretas e indiretas de resina composta em pacientes com desgaste dental causados por erosão em comparação a pacientes sem estas lesões (74). Além disso, um dos mais efetivos meios de prevenção da erosão, o uso de estanho, parece interferir na adesão (75). Isso porque, o estanho incorporado à superfície dental pode interferir com o adesivo aplicado durante o processo restaurador e, assim, prejudicar a adesão à resina composta, reduzindo a longevidade da restauração. Entretanto, a utilização de adesivos contendo MDP (10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate) parece contornar esse fato (76, 77).

Uma revisão sistemática recente (78) avaliou a taxa de sobrevivência de restaurações anteriores realizadas com compósitos no manejo do desgaste dental e concluiu que, apesar da técnica direta ser uma opção de tratamento minimamente invasiva, somente há evidências para suportar o uso de restaurações anteriores em resina composta de curto a médio prazo, sendo que os resultados de longo prazo

são escassos. Além disso, o aumento da DVO resultou no restabelecimento da oclusão posterior em 91% dos pacientes em 18 meses.

Independentemente da técnica restauradora escolhida e do material, um acompanhamento pós-tratamento é essencial para motivar o paciente mudar seus hábitos para um prognóstico positivo e prolongado da reabilitação oral (73).

2.4 MATERIAIS RESTAURADORES COM ATIVOS

Uma das principais causas de falhas em restaurações diretas é a reincidência de lesões de cárie próximo à interface dente/restauração (79). Diferentemente da erosão, onde a porção mais superficial do dente é a mais afetada, nas lesões de cárie ocorre uma desmineralização da camada subsuperficial, sendo que a superfície permanece relativamente intacta. Por conta disso, pouca remineralização pode ser esperada na erosão, sendo que o efeito predominante dos tratamentos preventivos deve ser a proteção da superfície. Já para as lesões cariosas, essa camada subsuperficial pode ser remineralizada (53).

Sendo assim, para cárie, materiais restauradores contendo produtos capazes de promover a remineralização dessa subsuperfície foram propostos, sendo que os CIV's, por conterem flúor, possuem uma conhecida capacidade de potencializar a remineralização das lesões iniciais. Há uma tendência da utilização desses produtos para a prevenção de lesões de erosão, uma vez que eles podem proteger o esmalte e/ou a dentina adjacentes à essas restaurações. Os CIV's são materiais bastante versáteis na Odontologia restauradora. Isso se deve às suas propriedades de adesão tanto à dentina quanto ao esmalte por trocas iônicas, caracterizando a adesão química. Ademais, ele é biocompatível e funciona como um reservatório de flúor, que pode ser liberado durante toda a existência da restauração. Esse flúor é fornecido por dentifrícios ou pela aplicação tópica de flúor na superfície do material, podendo ser liberado novamente e absorvido pelo esmalte e/ou dentina desmineralizados (80, 81). Além disso, existem os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina e os de alta viscosidade, que foram desenvolvidos com o intuito de melhorar as propriedades físicas deste material e de acelerar a reação de presa, que é longa, e pode comprometer a resistência do material (82).

Apesar de todas essas vantagens dos CIV's, as restaurações diretas com compósitos ainda são a principal escolha, devido às suas excelentes propriedades estéticas, ao seu baixo custo e à sua menor necessidade de remoção de tecido dental sadio em comparação às restaurações indiretas (79). Entretanto, esse material não possui a vantagem da liberação de íons. Sendo assim, o desenvolvimento de materiais restauradores permanentes com capacidade de remineralização ou antimicrobiana têm sido uma aspiração na Odontologia restauradora como um possível caminho para reduzir o risco de cárie adjacente às restaurações (83). Nesse sentido, os materiais chamados GIOMER's foram desenvolvidos na tentativa de conferir às resinas compostas as propriedades vantajosas de liberação de flúor inerentes ao CIV. Um estudo clínico (84) com dois anos de acompanhamento mostrou uma taxa de 80% de sucesso para restaurações cervicais realizadas com o GIOMER Beautifil e uma taxa de 100% de sucesso para restaurações oclusais realizadas com o mesmo material. Um outro estudo clínico (85) com três anos de acompanhamento concluiu que o GIOMER pode ser usado com confiança em restaurações de lesões cervicais.

Alguns estudos *in vitro* testaram a habilidade de materiais restauradores em resistir aos ácidos causadores da erosão dentária. Honório et al. (22) utilizaram um refrigerante sabor cola para simular o desafio erosivo. Os materiais utilizados foram o CIV, o CIV resino-modificado, uma resina composta e o amálgama de prata. Sob as condições adotadas neste estudo, a resina composta foi considerada o material de escolha para restauração de lesões de erosão, uma vez que apresentou menores alterações frente aos desafios aos quais foram submetidos. Este estudo, entretanto, não considerou a proteção marginal que os materiais poderiam fornecer aos substratos dentais, apenas o comportamento do material em si. Já Salas et al. (27) avaliaram, através de microdureza, a perda mineral do esmalte adjacente à restaurações realizadas com diferentes tipos de CIV's, tanto para cárie quanto para erosão, e obteve que os espécimes que foram restaurados com resina composta apresentaram a maior perda mineral. Ainda no mesmo trabalho, os CIV's apresentaram efeito protetor apenas para o desafio cariogênico, mas não para o erosivo. Este resultado pode ser explicado pelo modelo utilizado no estudo, em que foi realizada apenas uma imersão de 10 min em solução de ácido cítrico 1% sob agitação. Este modelo pode ter sido muito agressivo, não tendo dado chance para o material exercer sua função de remineralização. Por fim, Alghilan et al. (20)

avaliaram o efeito protetor, através da avaliação da perda de superfície, de diferentes CIV's comparados a uma resina composta, sob condição normal e uma condição simulada de hipossalivação. Este estudo sugere que o CIV resino-modificado seja considerado o material de escolha para a restauração de lesões de erosão, uma vez que foi o material que obteve um equilíbrio entre a proteção do esmalte e da dentina adjacentes à restauração, e a susceptibilidade à perda de superfície provocada pelo desafio erosivo.

Materiais resinosos bioativos contendo fosfatos de cálcio também vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de melhorar o processo de remineralização. Os fosfatos de cálcio são de interesse da área odontológica uma vez que calcificações podem ser encontradas no organismo de forma fisiológica, como é o caso das estruturas dentárias e dos ossos, ou de forma patológica, no caso de cálculos dentais ou salivares. Além disso, têm um importante papel na formação, progressão e também no controle da cárie dental, podendo ser utilizados na prática odontológica restauradora e preventiva. Isso porque, com o aumento do consumo de refrigerantes por crianças e adolescentes, pode-se supor que houve uma diminuição do consumo de leite e seus derivados, o que leva a uma deficiência de cálcio (86). Dentre eles, o fosfato de cálcio amorfo (ACP), o fosfato dicálcico anidro (DCPA) e o fosfato tricálcico (TCP) são os mais utilizados. Estudos (31, 87, 88) mostram que a adição de 40% em peso de fosfato de cálcio é capaz de liberar íons suficientes para recuperar o conteúdo mineral de lesões artificiais de cárie em esmalte. No entanto, a incorporação de fosfatos de cálcio à matriz resinosa parece comprometer negativamente as características mecânicas desses materiais (89, 90). Com o intuito de contornar essas adversidades, estudos foram realizados utilizando o fosfato dicálcico dihidratado (DCPD) funcionalizado, com resultados promissores em relação às suas propriedades mecânicas e liberação de íons (33, 91-93). Uma pesquisa recente (dados não publicados) utilizou materiais resinosos contendo DCPD sobre lesões de cárie artificiais e esmalte e esse material foi capaz de recuperar entre 16 e 23% do conteúdo mineral após ciclagem de pH, demonstrando uma possível utilização também para lesões de erosão.

Diante do exposto, ao escolher um material de uso direto para a restauração de lesões de erosão, deve-se levar em consideração que as restaurações também são afetadas pelos ácidos erosivos, diminuindo potencialmente seu desempenho clínico e sua longevidade (22, 94). Além disso, a resina composta apresenta uma maior

resistência à degradação ácida. Por isso, teoricamente, um material resinoso capaz de liberar íons seria o material de eleição para restaurações diretas.

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo desse trabalho foi avaliar, *in vitro*, o efeito dos desafios erosivo ou erosivo/abrasivo sobre materiais restauradores contendo fluoreto ou cálcio e sobre as estruturas dentárias adjacentes às restaurações realizadas com esses materiais.

As hipóteses nulas do presente trabalho foram:

1. Os materiais restauradores testados não se diferenciarão quanto ao grau de desgaste superficial quando submetidos à erosão ou à erosão/abrasão;
2. Os materiais restauradores promoverão similar grau de proteção ao esmalte e à dentina adjacentes as suas respectivas restaurações.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ASPECTOS ÉTICOS

O presente estudo foi submetido ao Comitê de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (CEUA), onde obteve a isenção de sua análise (Protocolo CEUA/FOUSP Nº 014/2016), por se tratar de um estudo que utilizou dentes bovinos obtidos em frigorífico (ANEXO A).

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O presente estudo seguiu um delineamento experimental aleatorizado, com um fator de variação:

1. Tipo de material restaurador, em sete níveis:

1. Resina composta convencional (Filtek Z350, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA);
2. Compósito experimental contendo 10% em peso de vidros de bário e 30% em peso de partículas de DCPD funcionalizadas com DEGDMA;
3. Compósito experimental contendo 60% em peso de partículas de DCPD funcionalizadas com DEGDMA;
4. Compósito experimental contendo 40% em peso de vidros de bário;
5. GIOMER (Beautifil II, Shofu Dental Corporation, San Marcos, California, USA);
6. Cimento de ionômero de vidro de alta viscosidade (Fuji IX, GC Corporation, 76-1Hasunuma-Cho, Itabashi-Ku, Tokyo, Japan);
7. Cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Fuji II LC, GC Corporation, 76-1Hasunuma-Cho, Itabashi-Ku, Tokyo, Japan).

Foram confeccionados 140 espécimes, cada um deles contendo um fragmento de esmalte e um de dentina. Em cada espécime, foi preparada uma

cavidade padronizada, que foi restaurada com um dos materiais testados. Os espécimes foram então submetidos à erosão (n=10) ou à erosão-abrasão (n=10). Ao final da ciclagem, a perda de superfície (em μm) dos três substratos (esmalte, dentina e material restaurador) foi determinada. Todos os procedimentos foram realizados numa sequência aleatória.

4.3 PREPARO DOS ESPÉCIMES

Incisivos bovinos com completa formação radicular tiveram suas coroas separadas da raiz com o auxílio de um disco diamantado de dupla face (KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil). Fragmentos de dentina e de esmalte ($4 \times 4 \times 2 \text{ mm}$) foram seccionados, respectivamente, das raízes e das coroas utilizando uma cortadora automática (Isomet, Buehler, Lake Bluff, IL, USA). Os fragmentos foram incluídos em resina acrílica quimicamente ativada (Varidur, Buehler, Lake Bluff, IL, USA), com o auxílio de uma matriz de silicone, de forma que um fragmento de dentina e um fragmento de esmalte ficassem posicionados em um mesmo bloco, a uma distância de 0,5 a 0,8 mm (20). Os blocos resultantes foram planificados com discos abrasivos de Al_2O_3 de granulação 240, sob constante refrigeração, de forma que os substratos ficassem em um mesmo plano. O preparo dos espécimes pode ser observado nas figuras 4.1 e 4.2 abaixo.

Figura 4.1 – Secção dos espécimes

Figura 4.2 – Inclusão e polimento dos espécimes

4.4 PREPARO DOS COMPÓSITOS EXPERIMENTAIS

Neste estudo foram testados três compósitos experimentais, com diferentes proporções entre matriz resinosa, vidros de bário e partículas de DCPD funcionalizadas com DEGDMA. Em todos os compósitos foi utilizada uma matriz orgânica contendo BisGMA (2,2-bis[4-(2-hidroxi-3-metacriloxipropoxi)fenil]-propano), e TEGDMA na proporção 1:1 (em mols), 0,5% em peso de canforoquinona e 0,5% em peso de EDMAB (4-dimetilaminoetil benzoato) (91).

Para o compósito controle, foi adicionado 40 vol% de vidros de bário silanizado (D_{50} : 0,5 μm , FGM, Joinville, SC, Brasil) a essa matriz. Para o segundo compósito, foram adicionadas 30 vol% de nanopartículas de DCPD funcionalizadas com DEGDMA e 10 vol% de vidros de bário a essa matriz. Por fim, para o último compósito, foram adicionadas 60 vol% de nanopartículas de DCPD funcionalizadas com DEGDMA.

Para determinar a quantidade do DCPD em volume a ser adicionada à matriz resinosa dos compósitos, as nanopartículas tiveram suas densidades mensuradas

em um picnômetro a hélio (Ultracyc 1200e, Quantachrome Instruments, Boynton Beach, FL, EUA) obtendo-se 1,7 g/ml para o DCDP funcionalizado (93).

Os componentes foram pesados com auxílio de uma balança analítica com precisão de 0,1 mg (Mettler Toledo XS105 Dual Range, Columbus, OH, EUA) e misturados manual e mecanicamente (2500 RPM), sob vácuo, com o auxílio de um misturador mecânico planetário (SpeedMixer DAC150.1 FVZ-K, FlackTek Inc. Landrum, SC, EUA). Os compósitos foram armazenados em recipientes protegidos da luz e sob refrigeração até 1 hora antes do uso (92).

4.5 CONFEÇÃO DAS RESTAURAÇÕES

Para cada espécime, uma cavidade (1,2 × 4 × 1,5 mm) foi preparada manualmente entre os fragmentos de esmalte e de dentina utilizando-se uma ponta diamantada cilíndrica de número 2292 (KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil), que possui um dispositivo de *stop*, utilizado para padronizar a profundidade do preparo em 1,5 mm, em alta rotação, com refrigeração água-ar.

Figura 4.3 – Preparo das cavidades

As cavidades foram preenchidas com o respectivo material restaurador seguindo as recomendações do fabricante. Para os materiais que necessitam de fotoativação, essa foi realizada de acordo com as normas do fabricante, com o aparelho Radium-cal (SDI, Victoria, Bayswater, Austrália), com intensidade de 1200mW/cm².

Os espécimes foram mantidos em umidade relativa 100% por uma semana antes dos testes, para permitir a completa reação de presa dos materiais restauradores (22). Passados os 7 dias, estes espécimes receberam então o acabamento e o polimento com discos abrasivos de Al₂O₃ sob refrigeração, de acordo com a seguinte sequência de granulação: 400, 600, 1200 e 4000 (Buehler, Lake Bluff, IL, USA), de forma a garantir que o material restaurador estivesse ao mesmo nível dos fragmentos de esmalte e de dentina (20). Após o procedimento de polimento, as amostras foram lavadas em ultrassom com água deionizada por 3 min.

4.6 AVALIAÇÃO DA CURVATURA INICIAL DOS ESPÉCIMES

Os espécimes foram levados a um perfilômetro óptico (Proscan 2100, Scantron, Venture Way, Tauton, UK – Processo FAPESP 2011/17699-1) para avaliação da curvatura inicial dos fragmentos de esmalte, de dentina e das restaurações. Fragmentos com curvatura maior que 0,4 µm foram descartados. Os espécimes também foram observados em lupa estereoscópica, com o objetivo de eliminar aqueles que apresentavam trincas ou algum outro defeito de superfície.

Duas tiras de fita adesiva do tipo UPVC foram aplicadas sobre a superfície polida dos espécimes selecionados, de maneira a deixar uma área de aproximadamente 1 mm exposta, como mostrado na Figura 4.4. Os espécimes foram mantidos em umidade relativa 100% até a próxima etapa do estudo.

Figura 4.4 – Fita posicionada sobre a superfície polida dos espécimes

4.7 GRUPOS EXPERIMENTAIS

Ao todo foram utilizados 140 espécimes, os quais foram aleatoriamente distribuídos nos 7 grupos experimentais, de acordo com o tipo de material restaurador que foi utilizado, como descrito na seção de delineamento experimental. Metade dos espécimes foi submetida ao desafio erosivo-abrasivo ($n=10$), e a outra metade apenas ao desafio erosivo ($n=10$). A tabela 4.1 mostra a descrição dos materiais utilizados.

Tabela 4.1 – Materiais utilizados no estudo, com suas respectivas especificações

MATERIAL	LOTE	CLASSIFICAÇÃO	COMPOSIÇÃO
Filtek ^{MR} Z350XT Restaurador Universal 3M ESPE (Cor A2B)	1635100182	Resina composta microhíbrida	Bis-GMA, UDMA, bis-EMA, TEGDMA e PEGDMA. 78 wt% (ou 59 vol%) de zircônia/partículas de sílica e partículas de sílica não aglomeradas
VB	-	Compósito experimental (Controle negativo experimental)	Bis-GMA, TEGDMA, CQ, EDMAB, 40% vidros de bário
DCPD30%	-	Compósito experimental	Bis-GMA, TEGDMA, CQ, EDMAB, 10% vidros de bário, 30% DCPD funcionalizado com DEGDMA
DCPD60%	-	Compósito experimental	Bis-GMA, TEGDMA, CQ, EDMAB, 60% DCPD funcionalizado com DEGDMA
Fuji IX GC Corporation (Cor A2)	1610031	Cimento de ionômero de vidro de alta viscosidade	Ácido poliacrílico, vidro de fluoroaluminossilicato e ácido carboxílico polibásico
Fuji II LC GC Corporation (Cor A2)	1611251	Cimento de ionômero de vidro modificado por resina	2-hydroxyethyl methacrylate, Ácido poliacrílico e água. 58 wt% fluoroaluminossilicato
Beautifil II Shofu Dental Corporation (Cor A2O)	061618	GIOMER	Bis-GMA, UDMA, Bis-MPEPP, TEGDMA. 83.3 wt% Vidro de fluoro-silicato
Single Bond Universal 3M ESPE	1631400412	Adesivo Universal	-
Cavity Conditioner GC Corporation	1510031	-	-

4.8 DESAFIO EROSIVO/ABRASIVO

Os espécimes foram fixados com cera pegajosa em tampas de placas de cultura biológica. Em seguida, eles foram imersos em 4,5 ml de solução ácida ou saliva artificial, que foram adicionadas aos poços das placas com auxílio de uma pipeta.

Figura 4.5 – Placa de cultura biológica com os espécimes de um grupo experimental (n=10) fixos em sua tampa

A tabela 4.2 mostra a sequência diária da ciclagem. A cada dia, metade dos espécimes de cada grupo (n=10) foram imersos por 5 min em uma solução de ácido cítrico a 0,3%, com pH aproximado de 2,6, seguido de imersão em saliva artificial (pH 7,09) por 60 min. A formulação da saliva artificial consistiu em 0,213 g/L de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 0,738 g/L de KH_2PO_4 ; 1,114 g/L de KCl; 0,381 g/L de NaCl; 12 g/L de Tris buffer, pH ajustado para 7 com solução de HCl concentrada (95). Esse procedimento foi repetido quatro vezes ao dia, por cinco dias.

A escovação foi realizada em uma máquina de escovação (MEV-2T Odeme Equipamentos Médicos e Odontológicos Ltda. – Joaçaba, SC, Brasil), duas vezes ao dia (45 ciclos / 150 g / 15 s), 30 min após o primeiro e o quarto desafios erosivos, com uma suspensão de um dentifrício padrão (Colgate Total 12 Mint Clean, Colgate-Palmolive, 1450 ppm F, como NaF) e água destilada, na proporção 1:3 (96). O tempo total de exposição dos espécimes à suspensão foi de 2 minutos, contando o tempo de escovação. Todos os procedimentos foram conduzidos em temperatura ambiente. No final de cada dia de ciclagem, os espécimes foram armazenados em umidade relativa. A solução erosiva e a saliva artificial foram renovadas a cada exposição.

Tabela 4.2 – Sequência diária da ciclagem

	Sequência	Procedimentos
1	Desafio erosivo	5 min (ácido cítrico a 0.3%)
	Remineralização	30 min (saliva artificial)
	Escovação	15 s (2 min de exposição ao <i>slurry</i>)
	Remineralização	30 min (saliva artificial)
2	Desafio erosivo	5 min (ácido cítrico a 0.3%)
	Remineralização	60 min (saliva)
3	Desafio erosivo	5 min (ácido cítrico a 0.3%)
	Remineralização	60 min (saliva)
4	Desafio erosivo	5 min (ácido cítrico a 0.3%)
	Remineralização	30 min (saliva artificial)
	Escovação	15 s (2 min de exposição ao <i>slurry</i>)
	Remineralização	30 min (saliva artificial)

Figura 4.6 – Máquina de escovação com espécimes sendo escovados

A outra metade dos espécimes de cada grupo foi submetida à mesma ciclagem, porém, sem a escovação.

Os espécimes foram então armazenados em umidade relativa até o dia seguinte, onde foi dada continuidade à ciclagem. Ao final da ciclagem, os espécimes foram mantidos em umidade relativa até a realização do teste de perfilometria, onde foi quantificada, em μm , a perda de superfície, da mesma maneira como descrito anteriormente.

4.9 AVALIAÇÃO DA PERDA SUPERFICIAL

Após a ciclagem, as restaurações e os fragmentos de esmalte e de dentina foram analisados em relação à perda superficial. Três leituras foram realizadas, uma no centro da restauração e uma em cada um dos substratos, o mais próximo possível da interface com a restauração. Para isso, uma área de 2 mm de

comprimento (no eixo x) e 1 mm de largura (no eixo y) foi escaneada com um perfilômetro óptico (Proscan 2100, Scantron). Essas leituras abrangeram a área erodida e as duas áreas de referência em ambos os lados. No eixo x, o tamanho do passo foi definido em 0,01 mm e o número de passos em 200. Já no eixo y, esses valores foram de 0,1 mm e 10, respectivamente. A profundidade da área erodida foi calculada com base na subtração da altura média da área teste pela altura média das duas áreas de referência, com o uso de um software específico (Proscan Application software v. 2.0.17). Para padronização, os espécimes foram escaneados ainda úmidos, para evitar a retração da matriz colágena da dentina erodida (97).

Figura 4.7 – Perfilômetro óptico e uma imagem representativa da superfície dos espécimes escaneada com os parâmetros descritos

4.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para cada modelo (erosão e erosão-abrasão), os dados de perda superficial de esmalte, dentina e restauração foram analisados de maneira independente. A normalidade e homogeneidade dos dados foram checadas com os testes de Shapiro-Wilk e Brown-Forsythe, respectivamente. Como essas premissas não foram satisfeitas, os dados de perda superficial foram analisados pelos testes de Kruskal-

Wallis e Tukey. O nível de significância utilizado foi de 5%. O software Sigma Plot 13.0 (Systat Software Inc., Chicago, IL, EUA) foi utilizado para os cálculos.

5 RESULTADOS

Esta seção será dividida em duas partes, uma para a ciclagem apenas erosiva, e outra, para a ciclagem erosiva-abrasiva.

Modelo de erosão

As médias (DP) da perda superficial para os três substratos (em μm) para os grupos experimentais estão apresentadas na figura 5.1.

Figura 5.1 – Médias (DP) da perda superficial para os três substratos (em μm) para os grupos experimentais. Diferentes letras denotam diferença estatística entre os grupos, para cada substrato ($p < 0,05$)

Esmalte

Na tabela 5.1 estão apresentadas as medianas (intervalo interquartil) dos grupos experimentais. O grupo que apresentou a menor perda superficial foi o Fuji IX, sem diferença significativa para o Fuji II LC, o qual, por sua vez, não diferiu de Beautifil II, e DCPD30%. A maior perda superficial foi observada em DCPD60%, sem diferença significativa para Z350, VB, DCPD30% e Beautifil II.

Tabela 5.1. Medianas (intervalo interquartil) dos grupos experimentais. Em colunas, letras diferentes denotam diferença estatística entre os grupos ($p < 0,05$)

Grupos	Mediana	25%	75%	
DCPD60%	16,36	14,22	18,12	a
Z350	13,95	12,88	14,50	a
VB	13,94	13,70	14,56	a
DCPD30%	13,58	12,75	14,04	ab
Beautifil II	13,44	12,13	13,78	ab
FUJI II LC	10,01	9,26	11,10	bc
FUJI IX	9,27	8,76	9,67	c

Dentina

Na tabela 5.2 estão apresentadas as medianas (intervalo interquartil) dos grupos experimentais. Os grupos que apresentaram a menor perda superficial foram o Fuji IX e Fuji II LC, porém eles não diferenciaram de VB e Z350. Esses dois últimos não foram significativamente diferentes de DCPD30% e Beautifil II. DCPD60% apresentou a maior perda superficial, não diferindo de Beautifil II.

Tabela 5.2. Medianas (intervalo interquartil) dos grupos experimentais. Em colunas, letras diferentes denotam diferença estatística entre os grupos ($p < 0,05$)

Grupos	Mediana	25%	75%	
DCPD60%	18,77	18,11	22,41	a
Beautifil II	16,83	15,52	18,11	ab
DCPD30%	14,98	12,43	15,54	b
Z350	14,74	13,34	15,81	bc
VB	14,46	12,36	15,39	bc
FUJI II LC	12,48	11,03	12,93	c
FUJI IX	12,11	8,25	13,02	c

Restauração

Na tabela 5.3 estão apresentadas as medianas (intervalo interquartil) dos grupos experimentais. O grupo que apresentou a menor perda superficial foi o Z350, sem diferença significativa para Beautifil II, VB e DCPD30%. As maiores perdas foram observadas para Fuji IX e Fuji II LC, sem diferença significativa para DCPD60%.

Tabela 5.3. Medianas (intervalo interquartil) dos grupos experimentais. Em colunas, letras diferentes denotam diferença estatística entre os grupos ($p < 0,05$)

Grupos	Mediana	25%	75%	
FUJI IX	16,60	14,42	17,09	a
FUJI II LC	2,36	1,99	2,58	a
DCPD60%	1,31	0,88	1,87	ab
DCPD30%	0,47	0,15	0,77	bc
VB	0,41	0,29	0,50	bc
Beautifil II	0,34	0,07	0,61	bc
Z350	0,30	0,13	0,44	c

Modelo de erosão-abrasão

As médias (DP) da perda superficial para os três substratos (em μm) para os grupos experimentais estão apresentadas na figura 5.2.

Figura 5.2 – Médias (DP) da perda superficial para os três substratos (em μm) para os grupos experimentais. Diferentes letras denotam diferença estatística entre os grupos, para cada substrato ($p < 0,05$)

Esmalte

Na tabela 5.4 estão apresentadas as medianas (intervalo interquartil) dos grupos experimentais. O grupo Fuji II foi o único que apresentou significativamente menor perda de esmalte em relação aos outros grupos, com exceção da Beautifil II. Os outros grupos não diferiram entre si.

Tabela 5.4. Medianas (intervalo interquartil) dos grupos experimentais. Em colunas, letras diferentes denotam diferença estatística entre os grupos ($p < 0,05$)

Grupos	Mediana	25%	75%	
FUJI IX	10,54	10,16	11,84	a
FUJI II LC	8,02	7,23	8,81	b
DCPD60%	10,84	10,20	11,96	a
DCPD30%	10,78	10,17	11,55	a
VB	11,71	11,32	13,25	a
Beautifil II	10,76	8,51	11,57	ab
Z350	10,63	10,13	11,36	a

Dentina

Na tabela 5.5 estão apresentadas as medianas (intervalo interquartil) dos grupos experimentais. Os grupos Fuji II LC, DCPD60%, Beautifil II e Z350 apresentaram a menor perda superficial, sem diferenças significativa entre eles e de Fuji IX. Este último não diferiu de DCPD30%, o qual, por sua vez, não foi diferente de VB.

Tabela 5.5. Medianas (intervalo interquartil) dos grupos experimentais. Em colunas, letras diferentes denotam diferença estatística entre os grupos ($p < 0,05$)

Grupos	Mediana	25%	75%	
FUJI IX	8,85	6,60	10,48	bc
FUJI II LC	8,63	6,23	9,27	c
DCPD60%	5,85	4,65	7,74	c
DCPD30%	10,28	9,74	10,82	ab
VB	10,93	10,48	11,85	a
Beautifil II	7,77	6,86	9,51	c
Z350	8,69	7,56	9,49	c

Restauração

Na tabela 5.6 estão apresentadas as medianas (intervalo interquartil) dos grupos experimentais. A menor perda superficial foi observada para os grupos DCPD30% e Z350, sem diferenças significativas para VB e DCPD60%. A maior perda ocorreu em Fuji IX, sem diferença para Fuji II e Beautifil II. Estes últimos também não diferenciaram de DCPD60%.

Tabela 5.6. Medianas (intervalo interquartil) dos grupos experimentais. Em colunas, letras diferentes denotam diferença estatística entre os grupos ($p < 0,05$)

Grupos	Mediana	25%	75%	
Fuji IX	13,39	0,19	0,35	a
Fuji II	2,86	0,09	0,45	ab
Beautifil II	1,59	0,32	0,52	abc
DCPD60%	0,57	2,29	4,12	bcd
VB	0,47	11,98	15,25	cd
Z350	0,26	1,42	2,29	d
DCPD30%	0,24	0,32	1,01	d

6 DISCUSSÃO

O desgaste dental é uma condição que pode ser encontrada com frequência nos indivíduos atualmente. Esta condição está relacionada a uma somatória de fatores que levam ao desgaste, sendo que, clinicamente, a erosão e a abrasão estão, na maioria dos casos, associadas. Isso porque a estrutura dentária erodida é mais susceptível a ser removida pela ação mecânica da escovação com dentifrícios que contenham abrasivos (7). Entretanto, se o esmalte estiver hígido, pouco desgaste por escovação é esperado, devido à dureza desse substrato. Por esse motivo, é importante a utilização de uma ciclagem erosiva/abrasiva que simule uma condição clínica, embora também seja importante avaliar a erosão como uma condição isolada, para se entender melhor o efeito dos ativos incorporados nos materiais restauradores no processo.

A associação entre características estéticas, propriedades mecânicas, facilidade no manuseio e custo acessível faz com que os compósitos sejam o principal material de escolha quando se fala em restauração direta. Entretanto, a formulação do material tem um importante papel na determinação de suas propriedades, bem como na sua resistência à degradação. Sendo assim, a maioria dos materiais comerciais são baseados em metacrilatos, como o BisGMA, que é um monômero de alta viscosidade, podendo formar uma ligação polimérica forte quando associado a co-monômeros diluentes, geralmente o TEGDMA (98). No presente estudo, foi utilizada uma matriz resinosa contendo BisGMA e TEGDMA em uma proporção de 1:1. Além disso, os fotoiniciadores utilizados foram a canforoquinona e o EDMAB. Esta formulação, entretanto, não é otimizada quanto ao tipo e distribuição do tamanho das partículas, sendo assim, não seria esperado que este material se comportasse da mesma maneira que o compósito comercial Z350. Por este motivo, foi adicionado ao estudo um grupo experimental que continha apenas vidros de bário.

Diante dos resultados encontrados no presente trabalho, a primeira hipótese nula foi rejeitada, uma vez que os diferentes materiais restauradores testados não apresentaram semelhante grau de desgaste superficial quando submetidos aos desafios de erosão ou erosão/abrasão. Esse resultado era esperado, uma vez que foram testadas diferentes categorias de materiais restauradores diretos (composição

na tabela 4.1). Para a ciclagem erosiva, o Fuji II LC e o Fuji IX apresentaram a maior perda de superfície, o que corrobora com os achados de Alghilan et al. (20) e Honório et al. (22). Isso se deve ao fato de que esses materiais apresentam propriedades mecânicas inferiores aos compósitos. Além disso, a erosão pronunciada que os ionômeros sofrem, pode ser explicada pela dissolução da rede de hidrogel de silicato periférico às partículas de vidro (99, 100). Neste sentido, sabe-se que os CIV's convencionais geralmente apresentam propriedades mecânicas inferiores aos CIV's resino-modificados e às resinas compostas (28), especialmente quando submetidos à desafios erosivos. Este fato, entretanto, não pôde ser observado no presente estudo, uma vez que, estatisticamente, o Fuji IX apresentou similar grau de degradação superficial ao Fuji II LC e ao compósito experimental DCPD60%. Este último material não continha vidros de bário, um reforço, para completar a fração volumétrica do DCPD, o que poderia aumentar a sua resistência ao ácido cítrico utilizado para a ciclagem. Para a ciclagem erosiva-abrasiva, o mesmo efeito pôde ser observado em relação ao Fuji IX, que obteve o maior desgaste, não diferindo do Fuji II LC e da Beautifil II.

O GIOMER (Beautifil II) é um material híbrido, que foi desenvolvido na tentativa de dar aos compósitos as propriedades cariostáticas dos CIV's (29). Apresenta a vantagem de liberação e recarga de flúor, inerentes aos CIV's, bem como boas propriedades estéticas, bom acabamento de superfície e boas propriedades mecânicas, similares às resinas compostas (101). Apesar destas vantagens, a Beautifil II apresentou desgaste semelhante aos CIV's nesta pesquisa. Os resultados encontrados por Kooi et al. (102), onde o ácido cítrico afetou negativamente a dureza e a rugosidade de superfície de restaurações realizadas com o GIOMER, podem explicar este fato, uma vez que isto pode ter deixado o material mais susceptível à ação mecânica da abrasão por escovação. Por fim, os demais materiais resinosos apresentaram uma boa resistência ao desgaste, seja ele erosivo apenas ou erosivo/abrasivo.

Os materiais restauradores selecionados para este trabalho contêm flúor ou cálcio em suas respectivas composições. Estes dois ativos são importantes na prevenção da doença cárie e, por isso, também podem ser relevantes para a erosão dental. Produtos fluoretados são frequentemente encontrados devido à formação de flúor hidroxiapatita (um mineral menos solúvel) e à precipitação de compostos globulares semelhantes ao CaF_2 na superfície do esmalte, o que irá proteger o

esmalte subjacente contra os ácidos erosivos e promover a liberação de flúor com o decorrer do tempo (103). Já o fosfato de cálcio é capaz de promover a remineralização do tecido dental a partir de uma fonte externa de íons cálcio e fósforo, que se depositam nos espaços vazios do esmalte desmineralizado e resultam em um ganho mineral (104). Nesse sentido, o DCPD é considerado um precursor da hidroxiapatita e sua transformação é facilitada na presença do flúor, sendo que, quando este íon está presente durante a transformação de fase, ele é incorporado à apatita (86). No contexto da erosão, a liberação desses íons pode, potencialmente, reduzir a taxa de desmineralização, por estarem presentes no meio próximo aos tecidos dentais durante o ataque ácido. Por estes motivos, os materiais utilizados neste estudo apresentavam potencial para promover a proteção da estrutura dental ao redor destas restaurações.

Dito isto, diante dos achados no presente estudo, a segunda hipótese nula do trabalho também foi rejeitada, uma vez que os materiais restauradores não foram capazes de promover similar grau de proteção ao esmalte e à dentina adjacentes às suas respectivas restaurações. Estes resultados se devem a vários fatores, mas acredita-se que a principal diferença está nos diferentes graus de proteção que o flúor e o cálcio podem fornecer. De fato, os materiais que liberam flúor foram capazes de prevenir a desmineralização do esmalte e, até certo ponto, potencializar a remineralização da estrutura erodida, embora para o modelo de erosão/abrasão, a maioria dos grupos foi estatisticamente semelhante. Isso pode ser explicado pela presença de flúor no dentifrício utilizado para realizar a abrasão (105), que pode ter mascarado o efeito dos materiais sem ativos, fornecendo uma falsa ação protetora a eles. Ou seja, o flúor presente no dentifrício pode ter sido responsável por proteger o esmalte e a dentina, sem nenhuma relação com o material restaurador. Para contornar este fato, pode-se sugerir a escovação com um dentifrício não fluoretado, isolando, assim, o efeito do ativo presente no material restaurador e, desta forma, somente o efeito da abrasão por escovação seria avaliado. Isto, no entanto, não seria uma representação fiel do que acontece clinicamente, uma vez que a utilização de dentifrícios fluoretados é recomendada desde a erupção do primeiro dente decíduo, por volta dos 6 meses de vida.

Lassila et al., em 2017, realizaram um estudo que avaliou, dentre outras propriedades, a liberação de flúor (a cada 24 horas, durante 10 dias), de diferentes materiais restauradores comerciais que possuem a capacidade de liberação desse

íon, dentre eles o GIOMER Beautifil II e o cimento de ionômero de vidro resino-modificado Fuji II LC, que também foram utilizados no presente estudo. Esse estudo encontrou uma maior taxa de liberação diária de flúor para o material Fuji II LC (106). Estes resultados podem explicar o fato de que esse material foi capaz de proteger o esmalte adjacente às restaurações, para ambos os desafios propostos.

Já em relação aos fosfatos de cálcio, alguns estudos foram realizados no intuito de comparar o potencial erosivo de bebidas ácidas com estas mesmas bebidas modificadas por cálcio (95, 107), mostrando que o cálcio foi capaz de reduzir o potencial erosivo destas bebidas. Uma pesquisa *in situ* recente mostrou que a adição de nanopartículas de hidroxiapatita a um refrigerante é capaz de diminuir significativamente o seu potencial erosivo, proporcionando uma saturação de cálcio e fosfato (108). Isso acontece baseado no efeito do íon comum, em que a dissolução da superfície dental pode ser diminuída pelo estado mais saturado da bebida em relação aos íons de cálcio e fosfato (71).

Nesse sentido, era esperado que os materiais contendo cálcio fossem capazes de, durante o desafio ácido, liberarem cálcio para o meio, tornando-o mais saturado, evitando ou diminuindo a desmineralização causada pelo ácido cítrico. Ao que se sabe, o DCPD ainda não havia sido testado para a erosão dental, apenas para a cárie, e foram obtidas taxas de remineralização em esmalte de 16 a 23% (dados ainda não publicados). Como já citado anteriormente, pouca remineralização é esperada em lesões de erosão, devido à perda de superfície por ela provocada. O efeito esperado dos materiais contendo DCPD pode não ter acontecido devido à uma liberação de cálcio insuficiente frente à magnitude dos desafios erosivos. Rodrigues et al. realizaram um estudo comparativo de liberação de cálcio e fosfato em materiais resinosos contendo diferentes tipos de nanopartículas de ortofosfatos de cálcio e encontrou que o fosfato de cálcio amorfo (ACP) apresentou a maior liberação de íons em relação ao fosfato dicálcico anidro (DCPA), DCPD e fosfato tricálcico (β -TCP). As avaliações foram realizadas em um período de 28 dias, sob pH 5,5 e 7,0. Além disso, a taxa de liberação de cálcio diminuiu entre 7 e 21 dias para todos os compósitos (93). Na ciclagem realizada no presente estudo, entretanto, teve duração de 5 dias, sendo que o pH da solução de ácido cítrico era em torno de 2,6.

Existem várias maneiras de avaliar o desgaste erosivo em estudos *in vitro* e *in situ*, dentre elas a perfilometria (ótica ou de contato), rugosidade superficial,

dureza de superfície e microscopia eletrônica podem ser citadas. Cada uma destas metodologias tem uma indicação, dependendo do que a pesquisa se propõe a avaliar. Entretanto, todas elas possuem a desvantagem de serem sensíveis à técnica e terem um custo elevado, segundo uma revisão sistemática recente (109).

Para o presente estudo, a técnica escolhida foi a perfilometria ótica, que quantifica a perda de superfície da área de interesse em relação às duas áreas de referência hígdas. Essa análise é realizada por meio de um laser que mapeia a superfície e reproduz uma imagem tridimensional. Nesta técnica não há o contato do equipamento com a superfície que está sendo estudada, o que é vantajoso, pois, a superfície erodida dos substratos estudados é mais susceptível a forças mecânicas (110). Além disso, estudos (107, 110, 111) relatam a precisão desta técnica em lesões de aproximadamente 0,5 μm , desde que os espécimes estejam planos e polidos.

Por fim, a restauração de lesões provocadas por desgaste erosivo parece ser algo bastante delicado, uma vez que os ácidos causadores da erosão provocam alterações tanto nos substratos dentários quanto nos materiais restauradores. Sabe-se da importância das restaurações, uma vez que elas funcionam como um revestimento que isola os tecidos dentais do contato com os ácidos. Entretanto, o material ideal deve também ser capaz de resistir a todas as condições adversas do ambiente bucal, como escovação e forças mastigatórias (112), necessitando que resista ao desgaste para, assim, aumentar a longevidade da restauração. A maior dificuldade ao restaurar uma lesão de erosão, entretanto, está relacionada aos hábitos do paciente. Caso os hábitos nocivos não sejam removidos, acontecerá a progressão destas lesões. Daí a procura por um material que seja capaz de proteger as adjacências da restauração e, ao mesmo tempo, seja resistente aos constantes desafios ácidos. Apesar das maiores perdas frente aos desafios erosivo ou erosivo/abrasivo, Fuji II LC apresentou resultados promissores em relação à proteção dos substratos em ambos os modelos propostos. Sugere-se, portanto, que esse material seja utilizado como uma restauração temporária durante o período de transição em que o paciente está se conscientizando quanto aos seus hábitos, para então realizar uma restauração com resina composta, que foi o material que se mostrou constante em relação ao desgaste. Alghilan et al. (20) sugerem que este material apresentou potencial para ser considerado o material de escolha para restaurar lesões de erosão em pacientes de alto risco e pouca exposição ao flúor.

Entretanto, Honório et al. (22) afirmam que a resina composta deve ser o material de escolha para pacientes com erosão dental, uma vez que este material apresenta menores alterações sob desafios erosivos. Além disso, no trabalho de Salas e colaboradores (27), restaurações com CIV apenas foram capazes de prevenir perda mineral em lesões de cárie, não apresentando o mesmo efeito para lesões de erosão.

7 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados encontrados no presente estudo *in vitro*, concluiu-se que os desafios erosivo ou erosivo/abrasivo não causaram o mesmo grau de alteração superficial nos diferentes materiais utilizados. O cimento ionomérico resino-modificado, Fuji II LC, foi único capaz de proteger o esmalte adjacente à restauração contra desafios erosivos e erosivos/abrasivos, apesar de ter sido um dos materiais mais susceptíveis ao desgaste por ambos desafios. Para dentina, nenhum material exibiu efeito protetor.

REFERÊNCIAS¹

1. Jaeggi T, Lussi A. Prevalence, incidence and distribution of erosion. *Monogr Oral Sci.* 2014;25:55-73.
2. Lussi A, Carvalho TS. Erosive tooth wear: a multifactorial condition of growing concern and increasing knowledge. *Monogr Oral Sci.* 2014;25:1-15.
3. Eccles JD. Dental erosion of nonindustrial origin. A clinical survey and classification. *J Prosthet Dent.* 1979;42(6):649-53.
4. Scheutzel P. Etiology of dental erosion--intrinsic factors. *Eur J Oral Sci.* 1996;104(2 (Pt 2)):178-90.
5. Lussi A, Schlueter N, Rakhmatullina E, Ganss C. Dental erosion--an overview with emphasis on chemical and histopathological aspects. *Caries Res.* 2011;45 Suppl 1:2-12.
6. Salas MM, Nascimento GG, Vargas-Ferreira F, Tarquinio SB, Huysmans MC, Demarco FF. Diet influenced tooth erosion prevalence in children and adolescents: Results of a meta-analysis and meta-regression. *J Dent.* 2015;43(8):865-75.
7. Shellis RP, Addy M. The interactions between attrition, abrasion and erosion in tooth wear. *Monogr Oral Sci.* 2014;25:32-45.
8. Addy M, Hunter ML. Can tooth brushing damage your health? Effects on oral and dental tissues. *Int Dent J.* 2003;53 Suppl 3:177-86.
9. Wiegand A, Schlueter N. The role of oral hygiene: does toothbrushing harm? *Monogr Oral Sci.* 2014;25:215-9.
10. Magalhaes AC, Wiegand A, Rios D, Buzalaf MA, Lussi A. Fluoride in dental erosion. *Monogr Oral Sci.* 2011;22:158-70.
11. Hara AT, Gonzalez-Cabezas C, Creeth J, Parmar M, Eckert GJ, Zero DT. Interplay between fluoride and abrasivity of dentifrices on dental erosion-abrasion. *J Dent.* 2009;37(10):781-5.

¹ De acordo com Estilo Vancouver.

12. Ganss C, Lussi A, Schlueter N. The histological features and physical properties of eroded dental hard tissues. *Monogr Oral Sci.* 2014;25:99-107.
13. Hara AT, Ando M, Cury JA, Serra MC, Gonzalez-Cabezas C, Zero DT. Influence of the organic matrix on root dentine erosion by citric acid. *Caries Res.* 2005;39(2):134-8.
14. Klont B, ten Cate JM. Remineralization of bovine incisor root lesions in vitro: the role of the collagenous matrix. *Caries Res.* 1991;25(1):39-45.
15. Kleter GA, Damen JJ, Everts V, Niehof J, Ten Cate JM. The influence of the organic matrix on demineralization of bovine root dentin in vitro. *J Dent Res.* 1994;73(9):1523-9.
16. Ganss C, Klimek J, Starck C. Quantitative analysis of the impact of the organic matrix on the fluoride effect on erosion progression in human dentine using longitudinal microradiography. *Arch Oral Biol.* 2004;49(11):931-5.
17. Wiegand A, Wegehaupt F, Werner C, Attin T. Susceptibility of acid-softened enamel to mechanical wear--ultrasonication versus toothbrushing abrasion. *Caries Res.* 2007;41(1):56-60.
18. Ganss C, Hardt M, Blazek D, Klimek J, Schlueter N. Effects of toothbrushing force on the mineral content and demineralized organic matrix of eroded dentine. *Eur J Oral Sci.* 2009;117(3):255-60.
19. Schlueter N, Jaeggi T, Lussi A. Is dental erosion really a problem? *Adv Dent Res.* 2012;24(2):68-71.
20. Alghilan MA, Cook NB, Platt JA, Eckert GJ, Hara AT. Susceptibility of restorations and adjacent enamel/dentine to erosion under different salivary flow conditions. *J Dent.* 2015;43(12):1476-82.
21. Magalhaes AC, Wiegand A, Rios D, Honorio HM, Buzalaf MA. Insights into preventive measures for dental erosion. *J Appl Oral Sci.* 2009;17(2):75-86.
22. Honorio HM, Rios D, Francisconi LF, Magalhaes AC, Machado MA, Buzalaf MA. Effect of prolonged erosive pH cycling on different restorative materials. *J Oral Rehabil.* 2008;35(12):947-53.

23. Peutzfeldt A, Jaeggi T, Lussi A. Restorative therapy of erosive lesions. *Monogr Oral Sci.* 2014;25:253-61.
24. Lambrechts P, Van Meerbeek B, Perdigao J, Gladys S, Braem M, Vanherle G. Restorative therapy for erosive lesions. *Eur J Oral Sci.* 1996;104(2 (Pt 2)):229-40.
25. Hu JY, Li YQ, Smales RJ, Yip KH. Restoration of teeth with more-viscous glass ionomer cements following radiation-induced caries. *Int Dent J.* 2002;52(6):445-8.
26. Rolim FG, Sa AF, Silva-Filho GW, Brandim Ade S, Vale GC. Effect of High-Fluoride Dentifrice on Enamel Erosion Adjacent to Restorations In Vitro. *Oper Dent.* 2016;41(2):157-61.
27. Salas CF, Guglielmi CA, Raggio DP, Mendes FM. Mineral loss on adjacent enamel glass ionomer cements restorations after cariogenic and erosive challenges. *Arch Oral Biol.* 2011;56(10):1014-9.
28. Soares LE, Lima LR, Vieira Lde S, Do Espirito Santo AM, Martin AA. Erosion effects on chemical composition and morphology of dental materials and root dentin. *Microsc Res Tech.* 2012;75(6):703-10.
29. Nedeljkovic I, De Munck J, Slomka V, Van Meerbeek B, Teughels W, Van Landuyt KL. Lack of Buffering by Composites Promotes Shift to More Cariogenic Bacteria. *J Dent Res.* 2016;95(8):875-81.
30. Dickens SH, Flaim GM, Takagi S. Mechanical properties and biochemical activity of remineralizing resin-based Ca-PO₄ cements. *Dent Mater.* 2003;19(6):558-66.
31. Langhorst SE, O'Donnell JN, Skrtic D. In vitro remineralization of enamel by polymeric amorphous calcium phosphate composite: quantitative microradiographic study. *Dent Mater.* 2009;25(7):884-91.
32. Weir MD, Chow LC, Xu HH. Remineralization of demineralized enamel via calcium phosphate nanocomposite. *J Dent Res.* 2012;91(10):979-84.
33. Rodrigues MC, Hower TL, Brito GE, Arana-Chavez VE, Braga RR. Calcium phosphate nanoparticles functionalized with a dimethacrylate monomer. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* 2014;45:122-6.

34. Larsen MJ. Chemical events during tooth dissolution. *J Dent Res.* 1990;69 Spec No:575-80; discussion 634-6.
35. Moazzez R, Bartlett D. Intrinsic causes of erosion. *Monogr Oral Sci.* 2014;25:180-96.
36. Zero DT. Etiology of dental erosion--extrinsic factors. *Eur J Oral Sci.* 1996;104(2 (Pt 2)):162-77.
37. Salas MM, Nascimento GG, Huysmans MC, Demarco FF. Estimated prevalence of erosive tooth wear in permanent teeth of children and adolescents: an epidemiological systematic review and meta-regression analysis. *J Dent.* 2015;43(1):42-50.
38. Salas MMS, Vargas-Ferreira F, Ardenghi TM, Peres KG, Huysmans MD, Demarco FF. Prevalence and Associated Factors of Tooth Erosion in 8 -12-Year-Old Brazilian Schoolchildren. *J Clin Pediatr Dent.* 2017;41(5):343-50.
39. Luciano LCO, Ferreira MC, Paschoal MA. Prevalence and factors associated with dental erosion in individuals aged 12-30 years in a northeastern Brazilian city. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2017;9:85-91.
40. Meredith N, Sherriff M, Setchell DJ, Swanson SA. Measurement of the microhardness and Young's modulus of human enamel and dentine using an indentation technique. *Arch Oral Biol.* 1996;41(6):539-45.
41. Kinney JH, Balooch M, Haupt DL, Jr., Marshall SJ, Marshall GW, Jr. Mineral distribution and dimensional changes in human dentin during demineralization. *J Dent Res.* 1995;74(5):1179-84.
42. Hannas AR, Kato MT, Cardoso Cde A, Magalhaes AC, Pereira JC, Tjaderhane L, et al. Preventive effect of toothpastes with MMP inhibitors on human dentine erosion and abrasion in vitro. *J Appl Oral Sci.* 2016;24(1):61-6.
43. Zarella BL, Cardoso CA, Pela VT, Kato MT, Tjaderhane L, Buzalaf MA. The role of matrix metalloproteinases and cysteine-cathepsins on the progression of dentine erosion. *Arch Oral Biol.* 2015;60(9):1340-5.
44. Kato MT, Leite AL, Hannas AR, Buzalaf MA. Gels containing MMP inhibitors prevent dental erosion in situ. *J Dent Res.* 2010;89(5):468-72.

45. Ganss C, Lussi A. Diagnosis of erosive tooth wear. *Monogr Oral Sci.* 2014;25:22-31.
46. Baumann T, Bereiter R, Lussi A, Carvalho TS. The effect of different salivary calcium concentrations on the erosion protection conferred by the salivary pellicle. *Sci Rep.* 2017;7(1):12999.
47. Hara AT, Zero DT. The potential of saliva in protecting against dental erosion. *Monogr Oral Sci.* 2014;25:197-205.
48. Siqueira WL, Custodio W, McDonald EE. New insights into the composition and functions of the acquired enamel pellicle. *J Dent Res.* 2012;91(12):1110-8.
49. Hannig M, Joiner A. The structure, function and properties of the acquired pellicle. *Monogr Oral Sci.* 2006;19:29-64.
50. Hannig M, Hannig C. The pellicle and erosion. *Monogr Oral Sci.* 2014;25:206-14.
51. Dawes C, Kubieniec K. The effects of prolonged gum chewing on salivary flow rate and composition. *Arch Oral Biol.* 2004;49(8):665-9.
52. Hara AT, Kelly SA, Gonzalez-Cabezas C, Eckert GJ, Barlow AP, Mason SC, et al. Influence of fluoride availability of dentifrices on eroded enamel remineralization in situ. *Caries Res.* 2009;43(1):57-63.
53. Huysmans MC, Young A, Ganss C. The role of fluoride in erosion therapy. *Monogr Oral Sci.* 2014;25:230-43.
54. Joao-Souza SH, Scaramucci T, Hara AT, Aranha AC. Effect of Nd:YAG laser irradiation and fluoride application in the progression of dentin erosion in vitro. *Lasers Med Sci.* 2015;30(9):2273-9.
55. Pereira LGS, Joao-Souza SH, Bezerra SJC, Borges AB, Aranha ACC, Scaramucci T. Erratum to: Nd:YAG laser irradiation associated with fluoridated gels containing photo absorbers in the prevention of enamel erosion. *Lasers Med Sci.* 2017;32(7):1461.

56. Saxegaard E, Lagerlof F, Rolla G. Dissolution of calcium fluoride in human saliva. *Acta Odontol Scand.* 1988;46(6):355-9.
57. Ganss C, Klimek J, Brune V, Schurmann A. Effects of two fluoridation measures on erosion progression in human enamel and dentine in situ. *Caries Res.* 2004;38(6):561-6.
58. Buyukyilmaz T, Tangugsorn V, Ogaard B, Arends J, Ruben J, Rolla G. The effect of titanium tetrafluoride (TiF₄) application around orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994;105(3):293-6.
59. Buyukyilmaz T, Ogaard B, Rolla G. The resistance of titanium tetrafluoride-treated human enamel to strong hydrochloric acid. *Eur J Oral Sci.* 1997;105(5 Pt 2):473-7.
60. Skartveit L, Selvig KA, Tveit AB. Root surface reactions to TiF₄ and SnF₂ solutions in vitro. An ultrastructural study. *Acta Odontol Scand.* 1991;49(3):183-90.
61. Sen BH, Buyukyilmaz T. The effect of 4% titanium tetrafluoride solution on root canal walls--a preliminary investigation. *J Endod.* 1998;24(4):239-43.
62. Wiegand A, Magalhaes AC, Sener B, Waldheim E, Attin T. TiF₄ and NaF at pH 1.2 but not at pH 3.5 are able to reduce dentin erosion. *Arch Oral Biol.* 2009;54(8):790-5.
63. Wiegand A, Magalhaes AC, Attin T. Is titanium tetrafluoride (TiF₄) effective to prevent carious and erosive lesions? A review of the literature. *Oral Health Prev Dent.* 2010;8(2):159-64.
64. Wei SH. Scanning electron microscope study of stannous fluoride-treated enamel surfaces. *J Dent Res.* 1974;53(1):57-63.
65. Hove L, Holme B, Ogaard B, Willumsen T, Tveit AB. The protective effect of TiF₄, SnF₂ and NaF on erosion of enamel by hydrochloric acid in vitro measured by white light interferometry. *Caries Res.* 2006;40(5):440-3.
66. Ramos-Oliveira TM, Silva CV, Nunes PM, Turssi CP, Rechmann P, Freitas PM. AmF/NaF/SnCl₂ solution reduces in situ enamel erosion - profilometry and cross-sectional nanoindentation analysis. *Braz Oral Res.* 2017;31:e20.

67. Joao-Souza SH, Bezerra SJC, de Freitas PM, de Lima NB, Aranha ACC, Hara AT, et al. In situ evaluation of fluoride-, stannous- and polyphosphate-containing solutions against enamel erosion. *J Dent*. 2017;63:30-5.
68. Avila DM, Zanatta RF, Scaramucci T, Aoki IV, Torres CR, Borges AB. Influence of bioadhesive polymers on the protective effect of fluoride against erosion. *J Dent*. 2017;56:45-52.
69. Buzalaf MA, Magalhaes AC, Wiegand A. Alternatives to fluoride in the prevention and treatment of dental erosion. *Monogr Oral Sci*. 2014;25:244-52.
70. Buzalaf MAR, Magalhaes AC, Rios D. Prevention of erosive tooth wear: targeting nutritional and patient-related risks factors. *Br Dent J*. 2018.
71. Grenby TH. Lessening dental erosive potential by product modification. *Eur J Oral Sci*. 1996;104(2 (Pt 2)):221-8.
72. Varma S, Preiskel A, Bartlett D. The management of tooth wear with crowns and indirect restorations. *Br Dent J*. 2018.
73. AlShahrani MT, Haralur SB, Alqarni M. Restorative Rehabilitation of a Patient with Dental Erosion. *Case Rep Dent*. 2017;2017:9517486.
74. Bartlett D, Sundaram G. An up to 3-year randomized clinical study comparing indirect and direct resin composites used to restore worn posterior teeth. *Int J Prosthodont*. 2006;19(6):613-7.
75. Flury S, Koch T, Peutzfeldt A, Lussi A, Ganss C. The effect of a tin-containing fluoride mouth rinse on the bond between resin composite and erosively demineralised dentin. *Clin Oral Investig*. 2013;17(1):217-25.
76. Schlueter N, Peutzfeldt A, Ganss C, Lussi A. Does tin pre-treatment enhance the bond strength of adhesive systems to enamel? *J Dent*. 2013;41(7):642-52.
77. Peutzfeldt A, Koch T, Ganss C, Flury S, Lussi A. Effect of tin-chloride pretreatment on bond strength of two adhesive systems to dentin. *Clin Oral Investig*. 2014;18(2):535-43.

78. Ahmed KE, Murbay S. Survival rates of anterior composites in managing tooth wear: systematic review. *J Oral Rehabil*. 2016;43(2):145-53.
79. Demarco FF, Correa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJ. Longevity of posterior composite restorations: not only a matter of materials. *Dent Mater*. 2012;28(1):87-101.
80. Pin ML, Abdo RC, Machado MA, da Silva SM, Pavarini A, Marta SN. In vitro evaluation of the cariostatic action of esthetic restorative materials in bovine teeth under severe cariogenic challenge. *Oper Dent*. 2005;30(3):368-75.
81. Yaman SD, Er O, Yetmez M, Karabay GA. In vitro inhibition of caries-like lesions with fluoride-releasing materials. *J Oral Sci*. 2004;46(1):45-50.
82. Kleverlaan CJ, van Duinen RN, Feilzer AJ. Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods. *Dent Mater*. 2004;20(1):45-50.
83. Ferracane JL. Resin composite--state of the art. *Dent Mater*. 2011;27(1):29-38.
84. Sunico MC, Shinkai K, Katoh Y. Two-year clinical performance of occlusal and cervical giomer restorations. *Oper Dent*. 2005;30(3):282-9.
85. Matis BA, Cochran MJ, Carlson TJ, Guba C, Eckert GJ. A three-year clinical evaluation of two dentin bonding agents. *J Am Dent Assoc*. 2004;135(4):451-7.
86. LeGeros RZ. Calcium phosphates in oral biology and medicine. *Monogr Oral Sci*. 1991;15:1-201.
87. O'Donnell JN, Langhorst SE, Fow MD, Antonucci JM, Skrtic D. Light-cured dimethacrylate-based resins and their composites: comparative study of mechanical strength, water sorption and ion release. *J Bioact Compat Polym*. 2008;23(3):207-26.
88. Xu HH, Weir MD, Sun L, Moreau JL, Takagi S, Chow LC, et al. Strong nanocomposites with Ca, PO(4), and F release for caries inhibition. *J Dent Res*. 2010;89(1):19-28.
89. Xu HH, Moreau JL. Dental glass-reinforced composite for caries inhibition: calcium phosphate ion release and mechanical properties. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2010;92(2):332-40.

90. Skrtic D, Antonucci JM, Eanes ED. Improved properties of amorphous calcium phosphate fillers in remineralizing resin composites. *Dent Mater.* 1996;12(5):295-301.
91. Alania Y, Chiari MD, Rodrigues MC, Arana-Chavez VE, Bressiani AH, Vichi FM, et al. Bioactive composites containing TEGDMA-functionalized calcium phosphate particles: Degree of conversion, fracture strength and ion release evaluation. *Dent Mater.* 2016;32(12):e374-e81.
92. Chiari MD, Rodrigues MC, Xavier TA, de Souza EM, Arana-Chavez VE, Braga RR. Mechanical properties and ion release from bioactive restorative composites containing glass fillers and calcium phosphate nano-structured particles. *Dent Mater.* 2015;31(6):726-33.
93. Rodrigues MC, Natale LC, Arana-Chaves VE, Braga RR. Calcium and phosphate release from resin-based materials containing different calcium orthophosphate nanoparticles. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2015;103(8):1670-8.
94. Erdemir U, Yildiz E, Eren MM, Ozel S. Surface hardness of different restorative materials after long-term immersion in sports and energy drinks. *Dent Mater J.* 2012;31(5):729-36.
95. Scaramucci T, Hara AT, Zero DT, Ferreira SS, Aoki IV, Sobral MA. In vitro evaluation of the erosive potential of orange juice modified by food additives in enamel and dentine. *J Dent.* 2011;39(12):841-8.
96. Scaramucci T, Borges AB, Lippert F, Frank NE, Hara AT. Sodium fluoride effect on erosion-abrasion under hyposalivatory simulating conditions. *Arch Oral Biol.* 2013;58(10):1457-63.
97. Attin T, Becker K, Roos M, Attin R, Paque F. Impact of storage conditions on profilometry of eroded dental hard tissue. *Clin Oral Investig.* 2009;13(4):473-8.
98. Fonseca AS, Labruna Moreira AD, de Albuquerque PP, de Menezes LR, Pfeifer CS, Schneider LF. Effect of monomer type on the CC degree of conversion, water sorption and solubility, and color stability of model dental composites. *Dent Mater.* 2017;33(4):394-401.
99. Turssi CP, Hara AT, Serra MC, Rodrigues AL, Jr. Effect of storage media upon the surface micromorphology of resin-based restorative materials. *J Oral Rehabil.* 2002;29(9):864-71.

100. El-Badrawy WA, McComb D. Effect of home-use fluoride gels on resin-modified glass-ionomer cements. *Oper Dent*. 1998;23(1):2-9.

101. Rajavardhan K, Sankar A, Kumar M, Kumar K, Pranitha K, Kishore K. Erosive potential of cola and orange fruit juice on tooth colored restorative materials. *Ann Med Health Sci Res*. 2014;4(Suppl 3):S208-12.

102. Kooi TJ, Tan QZ, Yap AU, Guo W, Tay KJ, Soh MS. Effects of food-simulating liquids on surface properties of giomer restoratives. *Oper Dent*. 2012;37(6):665-71.

103. Kensche A, Potschke S, Hannig C, Richter G, Hoth-Hannig W, Hannig M. Influence of Calcium Phosphate and Apatite Containing Products on Enamel Erosion. *ScientificWorldJournal*. 2016;2016:7959273.

104. Cochrane NJ, Cai F, Huq NL, Burrow MF, Reynolds EC. New approaches to enhanced remineralization of tooth enamel. *J Dent Res*. 2010;89(11):1187-97.

105. Hellwig E, Lussi A. Oral hygiene products and acidic medicines. *Monogr Oral Sci*. 2006;20:112-8.

106. Garoushi S, Vallittu PK, Lassila L. Characterization of fluoride releasing restorative dental materials. *Dent Mater J*. 2017.

107. Hara AT, Zero DT. Analysis of the erosive potential of calcium-containing acidic beverages. *Eur J Oral Sci*. 2008;116(1):60-5.

108. Min JH, Kwon HK, Kim BI. Prevention of dental erosion of a sports drink by nano-sized hydroxyapatite in situ study. *Int J Paediatr Dent*. 2015;25(1):61-9.

109. Joshi M, Joshi N, Kathariya R, Angadi P, Raikar S. Techniques to Evaluate Dental Erosion: A Systematic Review of Literature. *J Clin Diagn Res*. 2016;10(10):Ze01-ze7.

110. Attin T, Wegehaupt FJ. Methods for assessment of dental erosion. *Monogr Oral Sci*. 2014;25:123-42.

111. Hooper S, West NX, Pickles MJ, Joiner A, Newcombe RG, Addy M. Investigation of erosion and abrasion on enamel and dentine: a model in situ using toothpastes of different abrasivity. *J Clin Periodontol*. 2003;30(9):802-8.

112. Zhao X, Pan J, Zhang S, Malmstrom HS, Ren YF. Effectiveness of resin-based materials against erosive and abrasive enamel wear. Clin Oral Investig. 2017;21(1):463-8.

ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética no Uso de Animais

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

Comissão de Ética no Uso de Animais
Tel. (11) 3091 7842
ceuafo@usp.br

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo CEUA/FOUSP Nº 014/2016 referente ao projeto intitulado: **“Efeitos dos desafios erosivo ou erosivo/abrasivo sobre as estruturas dentárias, obtidas de dentes bovinos, adjacentes às restaurações realizadas com materiais contendo flúor e cálcio”** sob a responsabilidade de execução dos autores **Profa. Dra. Taís Scaramucci Forlim** e do aluno **Ítallo Emídio Lira Viana**, foi analisado na presente data e considerado isento de análise da CEUA por utilizar material de origem animal: dentes bovinos provenientes de frigorífico.

São Paulo, 08 de novembro de 2016.

Prof. Dr. Victor Elias Arana-Chavez
Presidente da CEUA/FOUSP