TATIANE ALEXANDRE DE OLIVEIRA

**Avaliação da estabilidade da aplicação de um híbrido experimental em
diferentes concentrações sobre a dentina sensível – *in vitro***

São Paulo
2016

TATIANE ALEXANDRE DE OLIVEIRA

**Avaliação da estabilidade da aplicação de um híbrido experimental em
diferentes concentrações sobre a dentina sensível – *in vitro***

Versão Corrigida

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia.

Área de Concentração: Dentística

Orientador: Profa. Dra. Maria Angela Pita Sobral

São Paulo

2016

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

Oliveira, Tatiane Alexandre de.

Avaliação da estabilidade da aplicação de um híbrido experimental em diferentes concentrações sobre a dentina sensível – *in vitro* / Tatiane Alexandre de Oliveira ; orientador Maria Angela Pita Sobral. -- São Paulo, 2016.

104 p. : fig., tab.; 30 cm.

Tese (Doutorado) -- Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de Concentração: Dentística. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão Corrigida.

1. Condutância hidráulica. 2. Sensibilidade da dentina. 3. Híbridos. 4. Permeabilidade da dentina. I. Sobral, Maria Angela Pita. II. Título.

Oliveira TA. Avaliação da resistência da impermeabilização da dentina sensível empregando um híbrido experimental em diferentes concentrações – in vitro [Tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2016.

Aprovado em: 08 / 11 /2016

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). Alessandra Buhler Borges
Instituição: Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - UNESP
Julgamento: Aprovada

Prof(a). Dr(a). Sérgio Brossi Botta
Instituição: Universidade Nove de Julho - UNIVOVE
Julgamento: Aprovada

Prof(a). Dr(a). Idalina Vieira Aoki
Instituição: Universidade de São Paulo - USP
Julgamento: Aprovada

Prof(a). Dr(a). Taís Scaramucci
Instituição: Universidade de São Paulo - USP
Julgamento: Aprovada

Prof(a). Dr(a). Maria Angela Pita Sobral
Instituição: Universidade de São Paulo - USP
Julgamento: Aprovada

A Deus, por iluminar e guiar os meus caminhos.

*“Espera pelo Senhor, tem bom ânimo e fortifique-se o teu coração;
espera, pois pelo Senhor (Salmo 27:14).”*

À melhor e mais dedicada mãe do mundo!!

*Nada nessa minha trajetória seria possível sem a sua
ternura, preocupação, incentivo e apoio!!!*

À minha família...

*Pai, irmãos, cunhados e cunhada, que fazem a minha vida
muito mais alegre e feliz...*

Aos sobrinhos tão amados....

Henry, Livia, Arthur, Isabela, Júlia e Valentina.

*Ser tia é uma das minhas funções mais importantes na vida,
basta um sorriso para o meu dia ficar muito melhor.*

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, **Profa. Dra. Maria Angela Pita Sobral**, por depositar sua confiança em mim, espero ter atendido às expectativas. Revendo todo esse processo tenho certeza que estava do lado da professora certa, que divide comigo uma visão acadêmica e profissional muito parecida. Obrigada pela paciência, pelos conselhos e pelas broncas. Muito obrigada por tudo.

À **Profa. Dra Taís Scaramucci**, por estar sempre disposta a me ajudar, orientar e incentivar. Uma professora e pesquisadora fantástica, a quem todos os alunos recorrem na hora das necessidades. Muito orgulho de ser sua aluna e amiga. Obrigada por tudo.

À minha **turma de Doutorado**: Anely, Cynthia, Mayra e Thayane. Passamos juntas o desafio do mestrado e seguimos juntas durante o doutorado. A presença de vocês tornou a caminhada muito mais divertida. Nos vemos nos próximos eventos das “gatas”.

Às minhas amigas de pós: **Karina, Mayra, Cynthia, Anely, Samira e Sandra** que tornaram os meus dias muito mais alegres, foram tantas risadas e frustrações divididas que só de lembrar já abro um sorriso.

À todos os **alunos de pós- graduação** do departamento de Dentística pela maravilhosa convivência, pelo apoio quando tudo parecia perdido e pelas inúmeras risadas que demos. Desejo sucesso a todos!!

Às minhas amigas da vida: **Jee, Juliana e Karen**. O que 6 anos de faculdade juntas uniu, nada separa e se separar, nós fazemos um jantar de porcarias e unimos a força! Amo vocês!!!

À minha irmã coreana **Jee** a quem recorri todas as vezes em que achei que estava tudo errado, que não conseguiria ou que precisava soltar os cachorros. Amo você pra sempre!!

À minha amiga da vida inteira **Ju Andreo** que esteve presente fisicamente ou em pensamento em todas as minhas conquistas. Uma amizade que começou na quinta série e ultrapassa muitos anos e quilômetros.

Às minhas amigas **Bárbara e Luciane**, que sempre se preocupam em saber como estou e como as coisas andam, me incentivando sempre. Além de colegas de trabalho vocês são amigas muito queridas!!!

À **Eneida Greggio**, por toda a confiança depositada, liberdade, compreensão, ensinamentos e amizade. Afinal, não só professores nos ensinam.

À **Alaíde**, que foi fundamental para que eu conseguisse permanecer nesse caminho, me orientando e me ensinando a perceber que as coisas podem ser bem mais leves do que parecem ser.

À todos os **professores do departamento de Dentística**, por me darem a oportunidade de participar desta pós-graduação e dividirem comigo um pouco dos seus conhecimentos.

À **Profa. Dra. Márcia Martins Marques**, ex- coordenadora do programa de pós-graduação, e a atual coordenadora **Profa. Titular Dra. Adriana Bona Matos**, pelos recursos disponibilizados e incentivo profissional.

À **todos os funcionários da USP** que tiveram participação direta ou indireta na execução desta dissertação. Principalmente a técnica Sônia, que sempre me recebeu com um sorriso no rosto e mostrou-se pronta a ajudar. Aos técnicos da faculdade que atenderam inúmeras vezes meu pedido de manutenção dos equipamentos. Ao secretário de pós-graduação **Davi**, a secretária **Selma**, ao técnico **Aldo** e as bibliotecárias que fizeram a correção deste trabalho.

À **CAPES** e à **FAPESP** pelo apoio financeiro.

“Não há acaso, sina, destino, que possa limitar, impedir ou controlar a firme resolução de uma alma determinada”

Ella Wheller Wilcox

Oliveira TA. Avaliação da estabilidade da aplicação de um híbrido experimental em diferentes concentrações sobre a dentina sensível – *in vitro* [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2016. Versão Corrigida.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar, *in vitro*, quantitativamente e qualitativamente, a estabilidade de um híbrido experimental em duas concentrações diferentes (concentrado e diluído) aplicado sobre a simulação de uma dentina sensível. Dentes molares humanos foram selecionados e tiveram suas coroas seccionadas abaixo do sulco oclusal de forma a obter espécimes de discos de dentina que foram planificados e polidos até atingirem a espessura de 1,0 milímetro. Os espécimes foram divididos em 4 grupos (n=9) de acordo com os tratamentos de superfície propostos: saliva artificial (SAL), adesivo dentinário autocondicionante (AD), híbrido experimental concentrado (TC) e híbrido experimental diluído na proporção de 1:3 (TD). Dois métodos foram empregados para avaliar a estabilidade: condutância hidráulica (permeabilidade dentinária) e microscopia eletrônica de varredura. Foi realizada a leitura da permeabilidade dentinária em 6 tempos experimentais: Mínima (sem tratamento), Máxima (com túbulos abertos), Tratamento (após aplicação dos respectivos tratamentos), Erosão (após 5 minutos de imersão em ácido cítrico 0,05M pH 3,8), Escovação (após escovação de 3900 ciclos) e Erosão Pós (repetição da erosão após o processo de escovação). A microscopia eletrônica de varredura foi realizada em espécimes de dentina com área central de aplicação dos tratamentos e tecido natural nas laterais para evidenciar as características da película aplicada. As leituras foram feitas após a aplicação dos tratamentos, após a erosão, após a escovação e após a erosão pós escovação, para todos os 4 tratamentos propostos. O teste de análise de variância (ANOVA) de Medidas Repetidas com 2 fatores de variação foi aplicado juntamente com o teste de comparações múltiplas pareadas (Tukey). Para permeabilidade dentinária todos os tratamentos reduziram a condutância hidráulica (Lp) em relação à Máxima. TC e TD apresentaram os menores valores (24% e 15%) respectivamente. O TD continuou apresentando valores semelhantes estatisticamente após a Erosão (36%), sendo estatisticamente

semelhante ao TC (55%).. No tempo Escovação o TD apresentou Lp estatisticamente semelhante aos tempos Tratamento e Erosão. Todos os grupos apresentaram-se estatisticamente semelhantes entre os tratamentos nos tempos Escovação e Erosão Pós. A análise das MEVs evidencia túbulos dentinários com conteúdo no seu interior nos grupos TC e TD, mantendo-se durante todos os tempos experimentais. O AD apresentou uma película evidente, que começou a se destacar e exibir falhas a partir do tempo Erosão. Conclui-se que o TD apresentou o melhor comportamento sendo capaz de diminuir a permeabilidade dentinária, formando uma película fina, transparente, imperceptível, capaz de vedar (totalmente ou parcialmente) e penetrar dentro dos túbulos dentinários, resistindo aos desafios erosivos e abrasivos.

Palavras-chave: Condutância hidráulica. Hipersensibilidade dentinária. Híbridos. Permeabilidade dentinária.

Oliveira TA. Evaluation of the stability of application of an experimental hybrid on the sensitive dentin in different concentrations - *in vitro* [thesis]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2016. Versão Corrigida.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate, *in vitro*, quantitatively and qualitatively, the stability of an experimental hybrid with two different concentrations (concentrated and diluted) applied at a simulation of a sensitive dentin. Human molar teeth were selected and their crowns were sectioned below the occlusal groove in order to obtain specimens of dentine disks that were ground flat and polished to achieve a thickness of 1.0 millimeter. The specimens were divided into 4 groups (n = 9) in accordance with proposed surface treatments: Artificial saliva (SAL) dentinal self-etching adhesive (AD), concentrated experimental hybrid (TC) and experimental hybrid diluted in the ratio 1: 3 (TD). Two methods were used to assess the stability: hydraulic conductance (dentin permeability) and scanning electron microscopy. The dentin permeability in 6 experimental times was carried out: Minimum (no treatment), Maximum (with open tubules), treatment (after application of their treatments), erosion (after 5 minutes of immersion in citric acid 0.05M pH 3, 8), brushing (brushing after 3900 cycles) and Post erosion (erosion was repeated after brushing). The scanning electron microscopy was performed on dentin specimens with a central area of application of treatments and natural tissues on the sides to show the film characteristics applied. Readings were made after application of treatments, after erosion, after brushing and after erosion after brushing, for all 4 treatments proposed. The analysis of variance (ANOVA) for repeated measures with two variation factors was applied with the multiple comparisons paired test (Tukey). For dentin all treatments reduced hydraulic conductance (Lp) in relation to Maximum. TC and TD showed the lowest values (24% and 15%) respectively. The TD continued to show statistically similar values after erosion (36%), being statistically similar to TC (55%). In brushing time the TD Lp was statistically similar to Treatment and erosion times. All groups were statistically similar between treatments in brushing and Post Erosion times. The analysis of SEM shows dentinal tubules with content inside on the TC and

TD groups, remaining during all experimental period. AD presented a clear film, which began to stand out and show failure from erosion time. It follows that the TD had better behavior being able to decrease permeability of dentin by forming a thin film transparent, imperceptible, capable of sealing (fully or partially) and penetrate within the dentine tubules, resisting the erosive and abrasive challenges.

Keywords: Hydraulic conductance. Dentine hypersensitivity. Hybrids. Dentin permeability.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Hipersensibilidade Dentinária.....	15
2.2Agentes Dessensibilizantes.....	17
2.3Materiais Híbridos	29
3 PROPOSIÇÃO	33
4 MATERIAL E MÉTODO	34
4.1 Delineamento Experimental	34
4.9 Metodologia de Avaliação	43
4.9.1Permeabilidade Dentinária	43
4.9.2Microscopia Eletrônica de Varredura	49
4.10Análise Estatística	53
5 RESULTADOS.....	54
5.1 Permeabilidade Dentinária	54
5.2 Microscopia Eletrônica de Varredura	57
6 DISCUSSÃO	80
6.1 Resultados Obtidos	80
6.2 Metodologia Utilizada	85
7 CONCLUSÃO	88
REFERÊNCIAS.....	89
ANEXO	99

1 INTRODUÇÃO

A hipersensibilidade dentinária caracteriza-se, conceitualmente, por ser uma dor aguda e de curta duração, a partir da dentina exposta, tipicamente em resposta a estímulos térmicos, evaporativos, táteis ou químicos/osmóticos que geralmente não levam à dor em um dente em condições de normalidade. Além disso, essa dor não pode ser explicada como sendo uma consequência de qualquer outra patologia ou defeito dental (1). Microscopicamente, demonstrou-se que áreas de dentina sensível apresentam maior número de túbulos dentinários abertos e alargados por área, em comparação com a dentina não sensível (2). Quando estes túbulos apresentam-se vedados a sensibilidade não ocorre

A Teoria hidrodinâmica de Brännström (3) considera que a hipersensibilidade dentinária ocorre quando estímulos que atingem a superfície dentinária com túbulos dentinários amplamente abertos, provocam a movimentação do fluido dentinário intra-tubular causando uma variação da pressão intrapulpar. Essa movimentação estimula as terminações nervosas próximas à camada odontoblástica (mecano-receptores) e em sequência o estímulo é conduzido ao sistema nervoso resultando na sensação de dor.

A perda dos tecidos protetores da dentina ocorre fisiologicamente expondo a dentina ao meio bucal, mas o processo é acelerado principalmente pela escovação traumática, por doenças periodontais ou pelo traumatismo oclusal. O ambiente bucal ácido decorrente da ingestão de alimentos, uso de enxaguatórios, ou medicamentos ácidos ou a presença de ácido clorídrico de origem gástrica predispõem a desobstrução e o alargamento de túbulos dentinários favorecendo a ocorrência de sensibilidade (4).

Estudos epidemiológicos apresentam grande variação na prevalência da hipersensibilidade, mas estima-se que um quarto da população apresente essa condição (5).

A literatura e fabricantes buscam soluções para o tratamento da HD e várias são as propostas. Para a primeira tentativa de tratamento recomenda-se dessensibilizantes de uso caseiro, tais como dentifrícios que são utilizados na higiene bucal diária e que são considerados não invasivos. Quando não há

êxito nesta terapia o tratamento passa a ser conduzido pelo profissional no consultório.

O tratamento em consultório deve ser iniciado com técnicas não invasivas. Existem diversos princípios ativos e produtos comercializados para aplicação: vernizes, fluoretos, nitratos, cloretos, precipitantes de proteínas, sistemas adesivos, etc. Quando há perda de estrutura dental em decorrência do desgaste dental as restaurações adesivas, aplicações de laser, cirurgias mucogengivais passam a ser indicadas (6).

Uma série de estudos foram realizados com o objetivo de criar revestimentos/películas (normalmente polímeros) sobre a estrutura dental (7-12), inicialmente para evitar adesão e agregação bacteriana, posteriormente para proteger a estrutura dentária e diminuir a permeabilidade dentinária. Estes estudos mostraram resultados promissores, com algumas películas apresentando-se resistentes a testes mecânicos e químicos. Apesar desses resultados promissores esses estudos não parecem ter sido levados a diante.

Os materiais híbridos orgânico-inorgânicos são compostos por uma combinação de componentes orgânicos e inorgânicos que apresentam propriedades complementares e dão origem a um único material com propriedades diferenciadas daquelas dos materiais que as originaram (13). Estes apresentam homogeneidade conferida pela mistura em nível molecular. Seu produto final combina sinergicamente as propriedades de interesse dos constituintes puros.

Filmes inorgânicos baseados em reações sol-gel oferecem boa adesão entre metais e tintas orgânicas, porém não promovem adequada proteção contra à corrosão, por possuir alto potencial de formação de fissuras. A incorporação de componentes orgânicos em um sistema sol-gel conduz a formação de filmes mais espessos, flexíveis e funcionais, com compatibilidade melhorada em diferentes coberturas orgânicas (14). Estes filmes híbridos têm apresentado eficiência no tratamento anti-corrosivo, necessário a todo material metálico (14-16).

Especula-se que as reações químicas que ocorrem entre híbridos em base epoxy e materiais metálicos é similar àquelas que ocorrem com íons metálicos da estrutura dental. Assim, a idéia de elaborar um tratamento, em base epoxy semelhante aquele empregado na metalurgia, com a característica

de estabilidade no armazenamento e que esse híbrido seja capaz de formar uma película fina, íntegra, adesiva, incolor, uniforme e estável sobre a estrutura dental resistente à erosão e abrasão torna-se bastante interessante.

Levando-se em consideração o grande aumento da Hipersensibilidade Dentinária relacionadas a erosão e abrasão e os resultados promissores obtidos em estudos prévios com diversos tipos de películas, a utilização de um Tratamento Experimental a base de Expóxisilano (TEOS/GPTMS/Y_APS) pode ser uma estratégia viável para evitar as perdas de estrutura em dentina causadas por erosão e abrasão dental.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Hipersensibilidade Dentinária

As perdas de estrutura dental na região cervical não relacionadas a cárie, podem ser chamadas de lesões cervicais não cariosas. Estas, tem etiologia multifatorial e classificações de acordo com o que as provoca, processos combinados de erosão, abfração e abrasão (17-19).

A recessão gengival é uma das causas mais frequentes de exposição de tecido de dentina radicular. Este processo é caracterizado pelo deslocamento da margem gengival expondo cimento ou dentina radicular, o que é rapidamente perdido (20).

Tanto a lesão cervical não cariosa como a recessão gengival podem conduzir à exposição do tecido dentinário e resultar em sintomatologia dolorosa, conhecida como hipersensibilidade dentinária (HD). Esta é diagnosticada após a exclusão de quaisquer outros motivos para a dor, como defeito dental ou outra patologia. A HD, caracteriza-se por dor intensa, localizada, não espontânea e que desaparece após a remoção do estímulo que a causou (21, 22). Esses estímulos podem ser térmicos, químicos, mecânicos evaporativos ou osmóticos (21-24). Não há evidências de que haja diferença entre a HD coronal e radicular (25).

Muitos indivíduos são acometidos pela hipersensibilidade dentinária e são considerados um grupo de risco para a degradação futura da estrutura dental se os hábitos que provocam essa condição não forem removidos (26). Trata-se de um problema clínico relevante e um problema grande na população, por afetar consideravelmente a qualidade de vida (5).

Segundo Rees, a maioria da população que é acometida por HD, está na faixa de idade entre 20 e 40 anos, com pico de incidência aos 30. Após os 40 anos a incidência de HD reduz por conta da formação de dentina terciária, o que diminui a permeabilidade (27).

Em um estudo realizado na Europa, que incluiu 7 países e 3000 participantes, de 18 a 35 anos, foram realizados questionários e testes clínicos

para diagnóstico de HD. O objetivo foi verificar a prevalência e fatores de risco dessa condição. Verificou-se que 41,9% dos entrevistados apresentavam HD, sendo que 28,4% declararam a dor como importante ou muito importante. Também foi possível observar que alguns pacientes negaram a sintomatologia dolorosa quando questionados, mas manifestaram sintomas durante o exame clínico. A erosão dental e a perda de inserção foram fortemente associados a HD. Foram considerados potenciais fatores de risco ácidos provenientes do sistema gástrico e da alimentação (28).

Em 2014, um estudo conduzido no Brasil aplicando um questionário e exame clínico de pacientes, concluiu que 46% da população analisada apresentava HD. Ocorreu associação com o sexo feminino, indivíduos que escovavam os dentes 4 vez ao dia, que apresentavam bruxismo e problemas gástricos (29).

Existem algumas teorias para explicar a dinâmica da hipersensibilidade dentinária. A primeira é a Teoria de transdução, onde leva-se em consideração uma relação sináptica entre as terminações nervosas e processos odontoblásticos, porém não há evidência da presença da substância neurotransmissora (acetilcolina) na região, que possa justificar essa teoria (30).

Outra teoria é a da Modulação, onde estímulos irritantes na dentina superficial provocam injúria nos odontoblastos, que liberariam substâncias que modulam potenciais de ação aumentando níveis neuronais de células cAMP nos receptores de adenilato ciclase (30), ativando as terminações nervosas pulpaes.

A teoria mais aceita é a Teoria hidrodinâmica de Brännström. Segundo essa teoria, um estímulo aplicado na superfície dentinária, produz uma diferença de pressão osmótica nos túbulos dentinários, que resulta em movimento do fluido dentinário, que é percebido pelas terminações nervosas localizadas na polpa (mecanoreceptores), resultando em dor. De acordo com essa teoria, a sensibilidade dolorosa pode desaparecer ou reduzir pela aplicação de “compostos” na superfície dentinária sensível ao diminuir, retardar ou interromper o movimento de fluido (30).

Segundo Prati et al., a dentina sensível apresenta um número maior de túbulos dentinários e com maior diâmetro do que a dentina não sensibilizada (31). Estudos mostram que dentes com lesões cervicais não cariosas

acompanhadas de HD apresentaram aumento significativo do número de túbulos dentinários expostos por unidade de área e que esses túbulos normalmente apresentam-se mais largos em seu diâmetro quando comparados aos dentes não sensíveis. Esta é a teoria mais bem aceita para explicar a dor dentinária (2, 3, 32).

A partir da teoria hidrodinâmica, a condutância hidráulica (L_p) passou a ser desenvolvida como método de mensuração da permeabilidade dentinária. A L_p expressa a resistência que o fluido, dentro do túbulo dentinário, apresenta ao movimentar-se, quando uma determinada pressão é aplicada, em uma superfície considerando-se a unidade de tempo. A L_p depende da pressão do fluido, do comprimento dos túbulos, da viscosidade desse fluido e do diâmetro do túbulo (33).

Segundo Greenhill e Pashley, a mensuração da L_p é a mais acessível e conveniente medida de permeabilidade da dentina. Alterações na L_p da dentina vem sendo usadas como metodologia simples de avaliação de eficácia de agentes dessensibilizantes. (34)

Para Camps et al., o uso de altas pressões para medir a permeabilidade não é desejável por causarem distúrbio do conteúdo dos túbulos. Sendo assim, somente baixas pressões são recomendadas, desde que o aparelho que realiza a medição de L_p seja preciso por conta da pouca movimentação da bolha em baixas pressões. Por este motivo, o tempo não influencia tanto, já que o movimento torna-se constante, podendo ser utilizados pequenos tempos para o teste (35).

2.2 Agentes dessensibilizantes

Os requisitos de um agente dessensibilizante ideal foram elaborados em 1935, por Grossman. Estes não deveriam ser irritantes pulpares, deveriam ser de fácil aplicação, efeito imediato, promover efeito duradouro, não provocar manchamento, ter efetividade comprovada e baixo custo (36).

Muitos agentes dessensibilizantes vêm sendo testados clinicamente ao longo dos anos com o objetivo de tentar diminuir a HD (37-42). Basicamente

existem duas formas reconhecidas de mecanismo de ação de agentes dessensibilizantes. A primeira é o bloqueio do movimento de fluido por meio da oclusão dos túbulos dentinários. A segunda envolve o bloqueio da atividade pulpar, alterando a excitabilidade sensorial dos nervos. (43)

O potássio (nitrato de potássio) é a terapêutica mais comum para a redução da resposta do nervo pulpar (44), difundindo-se ao longo dos túbulos, aumentando sua concentração extracelular local de íons e consequentemente bloqueando a função do nervo. Porém é necessário que um reservatório de íons seja feito para que o efeito ocorra, porém isso pode levar algumas semanas. (45)

O nitrato de potássio é o mais utilizado para a confecção de variados tipos de dentifrícios indicados para aliviar a sensibilidade dental e em géis para uso em consultório. Em um estudo com uma pasta de dentes com concentração de 5% de nitrato de potássio para ser utilizada diariamente, concluiu que esta mostrava-se eficiente na diminuição da HD após 1 semana de uso e este efeito era maior conforme o tempo passava e o uso era continuado (46).

Dentre os tratamentos existentes, para serem aplicados pelo próprio paciente, estão as pastas dentifrícias, enxaguatórios bucais e géis de uso tópico (1). Os princípios ativos desses produtos podem ser arginina, baixas concentrações de flúor, fluoreto de sódio, formaldeído, sais de potássio (nitrato, cloridrato e citrato), amina fluorada e monofluorofosfatase (34, 47, 48).

Os agentes dessensibilizantes que tentam provocar o bloqueio do fluido dentinário por oclusão dos túbulos são a abordagem mais direta e utilizada (25, 44). Este bloqueio pode ocorrer através do uso de íons/sais, proteínas precipitantes, materiais restauradores (selantes), recobrimento gengival e lasers (44, 47). Sua eficácia depende diretamente de sua capacidade de resistir a remoção dos túbulos, principalmente por ácidos (25).

Dentre os agentes de precipitação de proteínas está o glutaraldeído, que é encontrado em formulações aquosas de 5% de glutaraldeído e 35% de hidroxietil metacrilato (HEMA) (Gluma Desensitizer, Hereus, Germany) (49). Acredita-se que o glutaraldeído reaja com a albumina do fluido dentinário, formando um precipitado que bloqueia os túbulos dentinários (50). Pode-se

observar a presença de uma fina película penetrando e ocluindo túbulos dentinários. Esta pode apresentar até 1 micrometro de espessura (50).

Em 2002, um estudo comparou a eficiência de agentes dessensibilizantes com mecanismo de ação baseado na precipitação de proteínas (HEMA + glutaraldeído), diminuição do fluxo de fluido (resina) e precipitação de cristais. Observou-se que todos os agentes foram capazes de diminuir a condutância hidráulica, porém o composto que provocava precipitação de cristais obteve os melhores resultados. A pesquisa também evidenciou a necessidade de utilização da metodologia de microscopia eletrônica de varredura para complementar o teste de permeabilidade dentinária (43).

Uma comparação entre um gel a base de oxalato de potássio (OX), Gluma e flúor fosfato acidulado (AF) e os controles negativos de cada um foi realizada, aplicando-se os compostos em superfícies vestibulares de dentes humanos preparados para simular dentes com HD. A análise das Eletromicrografias obtidas com microscopia eletrônica de varredura (MEV) mostrou que o Gluma forma uma película sobre a dentina, já o oxalato formou depósitos de cristais no lúmen dos túbulos, enquanto o AF formou precipitados. Todos os compostos ocluíram os túbulos (50).

Com o objetivo de melhorar e comparar o dessensibilizante Gluma, um glutaraldeído experimental foi utilizado (acrescido de sílica). Estes foram testados quanto à diminuição da permeabilidade e avaliadas imagens de MEV. Os resultados mostraram não haver diferenças estatisticamente significantes entre os dois tratamentos, sendo que os dois conseguiram reduzir a permeabilidade e ocluir os túbulos de forma semelhante (51)

Outros agentes dessensibilizantes estudados são os oxalatos. O mecanismo de ação está baseado na reação com íons cálcio da dentina, formando cristais de oxalato de cálcio na superfície dentinária e dentro dos túbulos dentinários (1). Na concentração de 3%, o oxalato de potássio mostra-se efetivo na redução da HD (52, 53).

Um estudo avaliou a influência do tempo após a aplicação de soluções de oxalatos para a redução da condutância hidráulica da dentina. Os discos de dentina foram distribuídos em 5 grupos (principal princípio ativo: 3% de oxalato: pH 4, 6% de oxalato, 4, 3% de oxalato pH 2,5, placebo de metilcelulose e água

destilada). Estes foram aplicados por 3 minutos, lavados e tiveram sua condutância mensurada imediatamente, após 5, 15, 30 minutos e após desafio erosivo. Os resultados mostraram que todos os agentes foram capazes de reduzir significativamente a permeabilidade em comparação com o grupo controle. A permeabilidade também foi reduzida com o tempo, independentemente do agente utilizado (54).

Kim et al., avaliaram por meio de teste de permeabilidade dentinária, as mudanças no fluxo de fluido durante a aplicação de agentes dessensibilizantes e compararam os níveis de redução de permeabilidade proporcionado por eles. As características da oclusão tubular foram examinadas por MEV. Foram utilizados um adesivo fotopolimerizável, 2 tipos de oxalatos, o Gluma e um fluoreto. Os resultados de permeabilidade mostraram que o adesivo obteve o melhor resultado quando comparado ao Gluma e o fluoreto. Os oxalatos apresentaram melhor resultado quando comparados ao flúor (55).

Os biomateriais são utilizados historicamente para a substituição de tecidos doentes ou danificados e foi desenvolvido para estimular a formação de osso novo (56). Na HD, o biovidro age na oclusão dos túbulos dentinários (44) infiltrando-se e remineralizando os túbulos dentinários (57, 58).

Em 2010, um estudo que utilizou um nanobiovidro, com princípio sol-gel e um biovidro “derretido” para ocluir túbulos dentinários. Sua pretensão era promover a formação de apatita, por meio de escovação com *slurry* de pó de biovidro e saliva humana. Os espécimes foram avaliados por MEV e raio x de energia de dispersão. O biovidro derretido exibiu uma camada de apatita contínua e fortemente aderida. O nanobiovidro promoveu deposição de partículas dentro dos túbulos e formação de apatita fortemente aderida nas paredes (59).

Uma combinação de cálcio-fosfato (tetrafosfato de cálcio e difosfato de cálcio anidro), muito utilizada em enxerto ósseo na medicina, foi testada em comparação com o composto utilizado para diminuição de HD (ácido oxálico e sal de potássio) quanto a redução de permeabilidade, análise de MEV e EDS. Os dois produtos diminuíram a permeabilidade, sendo que o produto com cálcio-fosfato, melhorou seu efeito quando imerso em saliva artificial por 4 semanas, além de formação de novos cristais. O mesmo efeito não foi

observado para os oxalatos. O desafio ácido realizado de ácido cítrico, pH 3,8 por 5 minutos, não alterou significativamente a permeabilidade (60).

Barkry et al., avaliaram a eficiência da diminuição da permeabilidade pela interação promovida por uma pasta de biovidro de ácido fosfórico e a dentina, e comparou com uma resina contendo oxalato e uma resina livre de oxalato. As medições foram realizadas antes e após abrasão, seguidas de avaliação de imagens por MEV, EDS para avaliar a composição química da superfície e avaliação das estruturas cristalinas formadas na superfície por difração de raio-x. Os resultados mostraram que o biovidro foi capaz de obliterar os túbulos formando uma camada de cristais cálcio-fosfato e o oxalato formou pequenos cristais dentro dos túbulos e na superfície dentinária. A escovação não alterou a permeabilidade dos espécimes tratados com o biovidro. Concluiu-se que o biovidro foi mais efetivo na redução e manutenção da HD do que os outros 2 produtos (58).

Com o objetivo de avaliar a eficácia de um novo biovidro (HX-BGC) a base de sílica em reduzir a permeabilidade dentinária, Zhong et al. (2015) realizaram um estudo avaliado por permeabilidade dentinária e MEV. Havia 5 grupos experimentais: água destilada, pasta com o composto NovaMin®, pasta com 7,5% de HX-BGC, pasta sem princípio ativo e pó de HX-BGC. Estes eram aplicados por escovação, durante 20 segundos, durante 7 dias e armazenados em saliva artificial. A permeabilidade foi avaliada após o primeiro tratamento, 24 horas após imersão em saliva e no final do dia 7. A MEV foi realizada somente no dia 7. Os resultados mostraram que a pasta com NovaMin® e o biovidro foram significativamente e imediatamente após a aplicação capazes de reduzir a permeabilidade. O pó de HX-BGC apresentou a maior redução ao final dos 7 dias (61).

Várias pastas dentifrícias contendo flúor, um biovidro (BG) e hidroxiapatita como ingrediente ativo foram avaliados quanto à capacidade de oclusão de túbulos dentinários. Os discos de dentina foram tratados com os respectivos agentes dessensibilizantes, escovados e imersos em ácido cítrico 6% pH 2,2 por 1 minuto para avaliação da resistência do tratamento utilizado. Os espécimes foram avaliados por MEV. Os resultados mostraram que a maior oclusão tubular, tanto antes ou após a imersão em ácido, ocorreu no grupo tratado com hidroxiapatita, seguida pelo grupo tratado com biovidro (62).

Um estudo recente fabricou e investigou a efetividade do biomaterial nHAp@MSN (nanohidroxiapatita com sílica) em promover a oclusão de túbulos, resistência e estabilidade aos ácidos e resistência a tensões. Discos de dentina foram distribuídos em 4 grupos (Sem tratamento; Novamin® 15s 2x; MSN 15s 2x; nHAp@MSN 15s 2x). Alguns espécimes foram tratados com ácido cítrico 6%. Foi aplicado um adesivo para verificar a resistência à tração e realizado teste de toxicidade. Os resultados mostraram uma forte adesão entre os cristais que ocluía os túbulos e sua parede nos grupos tratados com o biomaterial, além de melhor estabilidade ao ácido entre todos os materiais testados. Este também não comprometeu a adesão imediata e mostrou-se biocompatível (63).

Estudos recentes têm utilizado fosfatos de cálcio (dicálcico e tetracálcico) como agente dessensibilizante que atuam como agentes oclusivos dos túbulos dentinários. Zhou et al., testaram a efetividade de um dessensibilizante comercial contendo esses dois agentes em sua composição (Teethmate™ – TM), quanto à redução da Lp *in vitro*. O TM foi comparado a um verniz de NaF 5% com xylitol (Vella™ – VLA) e um verniz de NaF 5% com tricálcio fosfato (Vanish™ – VAN), que foram aplicados de formas diferentes e armazenados em saliva artificial por 24 horas, 48 horas e 7 dias. Somente os dessensibilizantes com base de cálcio-fosfato foram capazes de reduzir a Lp em mais de 50%. Houve associação entre a Lp e a MEV. Concluiu-se que o TM é efetivo na redução de Lp e aumento da oclusão tubular, podendo ser considerado como potencial tratamento para HD em consultório. Os produtos à base de NaF não reduziram a LP e devem ser considerados como agentes fornecedores de flúor ao invés de bloqueadores de túbulos (64).

Sauro et al., testaram o agente dessensibilizante experimental de fosfato dicálcico (DCP) sozinho ou combinado com phytospingosina (PHS) para oclusão de túbulos dentinários e resistência ao desafio ácido ou a saliva artificial. Discos de dentina foram distribuídos nos seguintes grupos: PHS, DCP e PHS + DCP. A Lp foi medida antes e após a imersão em ácido cítrico por 1 minuto ou saliva por 4 semanas. Os discos foram submetidos a MEV e espectroscopia. Os discos tratados com DCP ou PHS/DCP demonstraram redução significativa da Lp mesmo após a imersão em ácido ou saliva. Tanto a MEV quanto a espectroscopia mostraram cristais ocluindo os túbulos

dentinários. Conclui-se que o DCP pode ser um tratamento desejado para HD (65).

O ionômero de vidro, ionômero de vidro reforçado com resina e adesivos resinosos, vem sendo utilizados com sucesso para o tratamento da HD. Este tratamento pode ser problemático se a perda de tecido na região for pequena (25). O mecanismo desses produtos é baseado no selamento dos túbulos e prevenção da transmissão de estímulo hidrodinâmico ao complexo nervoso pulpar(44). A formação de um fino filme sobre a superfície exposta de dentina usando materiais polimerizáveis de uso profissional gera uma “*smear layer*” artificial (66) ou camada híbrida selando os túbulos (1). Estes materiais usados para tratar a HD proporcionam um efeito mais resistente e durável ao longo do tempo (47).

Um estudo clínico avaliou a efetividade de um agente adesivo contendo HEMA comparado a uma emulsão de resina na redução da HD na dentina cervical. A HD era verificada por respostas ao estímulo tátil, jato de ar e frio, por meio de escala visual analógica no tempo zero, 10 minutos, 1 e 4 semanas após os tratamentos. Os adesivos utilizados foram o Scotchbond 1® e o MS Coat® e foram aplicados segundo recomendação do fabricante. Os resultados mostraram que os 2 agentes foram capazes de reduzir significativamente a sensibilidade no tempo 0 e 10 minutos. Não houve diferença estatística entre os tratamentos na redução da sensibilidade tanto para os tipos de estímulos quanto para a percepção de dor (67).

Duran e Sengun compararam por 3 meses a efetividade de 5 produtos dessensibilizantes (Single bond®, Health Dent Desensitizer®, Gluma Desensitizer®, SE Bond E Protect Liner ® e Fluoline®). A variável resposta foi a escala visual de dor e as mensurações foram realizadas após o tratamento, após 10 dias e 3 meses. Os autores observaram que todos os scores da escala foram reduzidos significativamente na avaliação pós tratamento em comparação com o controle. Após 10 dias a média de sensibilidade reduziu significativamente nos grupos do Protect Liner F e do Health Dent em comparação com o verniz Fluoline. Após 3 meses o Protect Liner manteve-se significativamente com a maior redução de sensibilidade quando comparado a todos os outros grupos, porém todos foram capazes de reduzir essa sensibilidade (68).

Em 2010, Rusin et al., testaram um cimento de ionômero de vidro resino modificado e um adesivo resinoso de passo único, indicado para sensibilidade de raiz, quanto a sua capacidade de reduzir o fluxo de fluido na dentina humana. Os tratamentos foram aplicados em espécimes com ou sem a presença de “*smear layer*”. Foram realizadas leituras de condutância hidráulica e MEV. Os resultados mostraram que ambos os materiais foram capazes de promover a diminuição da permeabilidade e o selamento da dentina, independente de como apresentava-se o substrato antes de sua aplicação, demonstrando serem bons materiais para tratamento de HD (69).

Um estudo de condutância hidráulica com o objetivo de avaliar o efeito de sistemas adesivos e diferentes formas de aplicação foi realizado em 2012. Foram utilizadas faces vestibulares de dentes bovinos. Os adesivos utilizados foram o G-Bond (GB), Clearfil Tri-SBond (CTS), Bond Force (BF), Adper Easy Bond (AEB), Silorano (SI), Clearfil SE Bond (CSE) e Adper Scotchbond Multipurpose (SMP), além da Camada híbrida (HY). Foram aplicados de 3 formas: recomendada pelo fabricante, 2 camadas dos adesivos (GB, CTS, HY, BF, AEB) ou primer mais 2 camadas (CSE, SI e SMP) e uma fina camada de resina “flow” aplicada sobre uma camada de adesivo de passo único ou primer e 2 camadas de adesivo. Os resultados obtidos não demonstraram diferenças significativas entre as formas de aplicação na habilidade de redução da condutância. Nenhum tratamento foi capaz de reduzir em 100% a condutância, porém todos reduziram mais que 90% (70).

Um composto auto adesivo (Vertise FlowTM) foi investigado em um estudo clínico de 12 semanas. O adesivo foi comparado a um selante dentinário universal, ao Clearfil Protect Bond e ao verniz Floropal®. O acesso a dor era feito por estímulo frio e a escala analógica de dor foi utilizada antes da aplicação, imediatamente após, 1, 2 e 12 semanas. Todos os tratamentos foram capazes de diminuir a sensibilidade. Após 12 semanas não houve diferença estatisticamente significativa entre o Versite flow e os outros materiais (38).

Os fluoretos demonstram efeitos positivos na oclusão de túbulos dentinários e alívio clínico da HD (44). O mecanismo de ação está baseado na precipitação de fluoreto de cálcio dentro dos túbulos e na superfície dentinária, sendo estes cristais, parcialmente insolúveis em saliva. Podem ser utilizados o

fluoreto de sódio, de estanho, monofluorofosfatado, fluorossilicatos e flúor combinado com iontoforese (1). Recomenda-se a utilização de formulações de flúor aciduladas, como o flúor fosfato acidulado, que forma precipitados profundamente dentro dos túbulos (47).

A análise de condutância hidráulica (Lp) e microscopia eletrônica de varredura foram utilizadas para avaliar se a aplicação sequencial de solução de cálcio e solução de fluoreto de fósforo era capaz de promover oclusão de túbulos dentinários e diminuição na Lp. Foram preparadas soluções aquosas de 5% de fosfato de sódio contendo 0,3% de fluoreto de sódio (A) e 10% de cloreto de cálcio (B), que foram aplicadas sequencialmente (3x) sobre discos de dentina. As leituras de Lp foram realizadas antes e após os tratamentos. Todos os discos apresentaram diminuição significativa na Lp após a aplicação de A e B (média de 34%). A análise das imagens de MEV mostrou que a reação dos produtos recobriu inteiramente a superfície dos discos de dentina. Pode-se concluir, que tanto A como B foram efetivos na redução da Lp dos discos de dentina (71).

Alguns agentes dessensibilizantes foram testados quanto a sua habilidade em ocluir túbulos dentinários. Para tanto, foram utilizados espécimes de dentes bovinos que receberam tratamento para simulação de dentina hipersensível (condicionamento com ácido fosfórico e polimento com pasta contendo hidroxiapatita). Os agentes utilizados eram a base de: fluoro-alumino-silicato de cálcio (NS), fosfato de cálcio (TD), resina contendo oxalato (MS) e diamino fluoreto de prata (S). Os tratamentos eram aplicados e os espécimes submetidos a 1, 2 ou 3 ciclos (tratamento, escovação e imersão em saliva artificial). Foi realizada a análise de MEV onde se calculou a taxa de túbulos ocluídos e análise da composição elementar dos depósitos. Os resultados evidenciaram uma formação acentuada de depósitos nos grupos NS e TD, também foram encontrados “tags” nos túbulos dentinários, o que tornou-se mais evidente na medida em que o número de aplicações de ciclos aumentava. Cálcio, flúor e alumínio eram a maioria dos elementos encontrados nos “tags” de NS e cálcio e fósforo nos de TD. Os grupos MS e S apresentaram significativamente menor taxa de oclusão tubular do que NS e TD (72).

Calabria et al., testaram o efeito do tetrafluoreto de titânio comparado ao fluoreto de sódio e gel de oxalato de potássio em reduzir a condutância

hidráulica. Discos de dentina foram lidos na máquina de permeabilidade em diferentes tempos (máximo, mínimo, tratamento, erosão com ácido cítrico 6% pH2,1 por 1 minuto). Os tratamentos foram feitos por 4 minutos em 7 grupos: verniz de fluoreto de sódio e solução (2,45%), verniz de tetrafluoreto de titânio e solução (2,45%), 3% de gel de oxalato de potássio, verniz sem flúor (placebo) e sem tratamento (controle). Todos os tratamentos foram efetivos na redução da condutância hidráulica imediatamente após a aplicação quando comparados ao controle. Somente o verniz de fluoreto de sódio e o gel de oxalato de potássio diferiram significativamente do placebo. Os resultados não mudaram após o desafio erosivo. O tetrafluoreto de titânio mostrou-se menos efetivo que o verniz de fluoreto de sódio e o gel de oxalato. Tanto o verniz de fluoreto de sódio quanto o gel de oxalato reduziram a condutância da mesma maneira que na presença de “*smear layer*” (73).

Lochaiwatana et al., sintetizaram e caracterizaram um novo verniz de hidroxiapatita de cloreto de potássio fluoretada (KCl-FHA) para tratar HD. Nestes estudo, foi realizada a Lp de discos de dentina que passaram pelos tratamentos propostos: controle, verniz de cloreto de potássio (10% KCl), verniz de FHA (10%) e verniz de KCl-FHA (10% de cada) e verniz de fluoreto de sódio (NaF 5%). Após a realização da leitura de Lp, os espécimes foram escovados e analisados em MEV. Outros espécimes tratados com o verniz experimental passaram por teste de liberação de fosfato e citotoxicidade. Os resultados mostraram que o KCl-FHA liberou potássio durante 6 horas e reduziu estatisticamente a Lp quando comparado ao verniz de NaF e o controle. Após a escovação a MEV evidenciou túbulos dentinários ocluídos no grupo KCl-FHA. Este também mostrou-se biocompatível, caracterizando-se como potencial material para tratamento de HD (74).

Um estudo in vitro recente avaliou o grau de oclusão tubular dentinária e a profundidade de penetração de uma nano hidroxiapatita (nHAp) com e sem adição de 2% de fluoreto de sódio (NaF). Discos de dentina foram pré tratados com ácido por 5 minutos e divididos em 5 grupos baseados nos agentes experimentais: sem tratamento (controle), 2% de NaF, nHAp e nHAp + 2% de NaF. O protocolo teve duração de 7 dias. MEV e microscopia confocal a laser foram utilizadas para a avaliação. Todos os agentes foram capazes de ocluir os túbulos dentinários, mas em graus diferentes de profundidade. O melhor

resultado foi obtido com o grupo nHAp + 2% de NaF, mostrando oclusão tubular completa e significativamente maior profundidade de penetração do que sozinhos (75).

Dantas et al., por meio de estudo clínico, comparou a eficácia de um verniz de flúor (5% de NaF) e um laser de diodo no tratamento da HD cervical. Os dentes dos voluntários foram divididos em 2 grupos: tratados com verniz e irradiado com laser ($4\text{J}/\text{cm}^2$). Os tratamentos foram aplicados na região cérvico - vestibular dos dentes, em 4 sessões com intervalos de 72 a 96 horas. Foi utilizada a escala analógica de dor pelo paciente, respondendo aos estímulos tátil e térmico - evaporativo. Os dois tratamentos mostraram redução na resposta tátil e térmico-evaporativa no final do tratamento, porém o tratamento com verniz mostrou-se significativamente mais efetivo que o tratamento com laser. Conclui-se que o verniz de flúor foi mais efetivo que a irradiação com laser na redução da HD cervical a curto prazo (76).

Uma técnica viável para o tratamento da hipersensibilidade dentinária consiste em se “impermeabilizar” ou “selar” a superfície dentinária aplicando películas adesivas, com a função de vedar túbulos dentinários alargados (ou evitar a progressão de perdas dentinárias), expostos ao meio bucal. Isto impediria a transmissão do estímulo e, conseqüentemente, eliminaria a sensibilidade.

O uso de filmes/películas pode ter uma ampla aplicação na odontologia e vem sendo estudados de diversas formas. Algumas pesquisas tem como objetivo elaborar películas adesivas para proteger a estrutura dental da ação de ácidos (erosão dental) ou a agregação bacteriana (lesões de cárie) (7), outros, tentam formular e testar polímeros, na forma de películas, diretamente sobre a superfície dental, formando uma barreira física e bloqueando túbulos dentinários (11).

Em 1999 Tsibouklis et al., testaram dois tipos de soluções poliméricas de baixa energia de superfície (methylpropenoxifluoroalcalinosiloxano e poliperfluorocrilato) para prevenir a adesão e colonização bacteriana em superfícies inespecíficas. Filmes poliméricos foram testados em vidro e sobre substratos de polimetilmetacrilato. Várias análises foram executadas e os resultados demonstraram que ambos os filmes apresentaram boa resistência à colonização bacteriana (mix de culturas bacterianas), resultado esse atribuído a

baixa energia de superfície apresentadas por estas películas. Também foram implantados discos desse material na pele de ratos. Lâminas desse tecido foram examinadas em microscopia para averiguar possíveis inflamações, o que não ocorreu. Os resultados mostraram-se promissores para sua utilização contra a adesão bacteriana (7)

Azzopardi et al., elaboraram dois estudos que seguiram essa linha de pesquisa e foram apresentados in vitro (2001) e in situ (2004). Estes pesquisadores aplicaram adesivos dentinários: Seal & Protect (Dentsply) e Optibond Solo (Kerr) para proteger a dentina dos efeitos da erosão/abrasão. Nestes estudos, os pesquisadores concluem que os adesivos dentinários são capazes de proteger a dentina contra efeitos da erosão e abrasão. No entanto, eles observaram que após alguns dias ocorria o “craquelamento” do adesivo e o deslocamento deste (8, 9).

Churchley et al. (2008) explicam que fluoropolímeros tem sido considerados para serem aplicados com diversas finalidades. Eles têm sido estudados em formulações para uso em produtos de higiene bucal. Estes pesquisadores sintetizaram e testaram a aplicação de diversos homopolímeros fluorados de baixa energia de superfície e copolímeros na forma de suspensões aquosas sobre discos de hidroxiapatita (HA) para verificar se ocorreria a adesão desses polímeros à HA. Obtiveram como resultado a possibilidade de sua deposição sobre a estrutura de HA, demonstrando potencial para serem utilizados como películas oferecendo proteção contra manchamento, adesão bacteriana, hipersensibilidade dentinária e desmineralização ácida (11)

No mesmo ano, Churchley et al., publicaram um estudo onde uma série desses homopolímeros e copolímeros foram sintetizados em meio aquoso e aplicados sobre discos de HA e dentina de dentes humanos. Os resultados mostraram que alguns destes polímeros, principalmente as películas de fluoropolímeros apresentaram resistência, inibiram a desmineralização erosiva e a permeabilidade da dentina (10).

Outro importante estudo, que foi conduzido por um grupo de pesquisadores da área de farmácia e bioquímica, pesquisou uma série de finas películas para serem aplicadas sobre a estrutura dental com a finalidade de protegê-las. Os pesquisadores empregaram diversos polímeros sobre discos

de HA, com a finalidade de evitar manchamento, sensibilidade e desmineralização ácida. Entre os diversos polímeros estudados, o poly (butyl methacrylate) e o poly(ethyl methacrylate) apresentaram formulações viáveis ao diminuírem a permeabilidade dentinária nos testes comparativos executados. De acordo com os pesquisadores estes compostos formaram uma película fina e uniforme (12).

2.3 Materiais Híbridos em Base Epóxi

Os materiais híbridos orgânico-inorgânicos são compostos por uma combinação de componentes orgânicos e inorgânicos que apresentam propriedades complementares e dão origem a um único material com propriedades diferenciadas daquelas dos materiais que as originaram (13). Estes apresentam homogeneidade conferida pela mistura em nível molecular.

Na confecção de híbridos, materiais puros são modificados de forma que o produto final combine sinergicamente as propriedades de interesse dos constituintes puros. Para que esse sinergismo ocorra, é necessário melhorar a morfologia das fases que constituem o produto final e suas propriedades interfaciais, ou seja, que esses materiais apresentem um alto grau de mistura. Nesse contexto, o processo de fabricação de híbridos pelo processo sol – gel, torna-se interessante, pela possibilidade de se obter uma boa dispersão da fase inorgânica (77).

O termo “sol” refere-se a uma suspensão coloidal de partículas e um líquido. O “gel” é composto por uma estrutura rígida de partículas coloidais interconectadas ou por cadeias poliméricas que provocam a imobilização da fase líquida (13, 78, 79). Ou seja, uma rede de partículas formam os géis. Os géis poliméricos são desenvolvidos por reações de polimerização ou de reticulação de polímeros funcionalizados (80).

As características do processo sol-gel (precursores metalo-orgânicos, solventes orgânicos e baixas temperaturas de processamento) permitem a introdução de moléculas orgânicas “frágeis” dentro da rede inorgânica. Essas moléculas melhoram as características da matriz (propriedades mecânicas,

processamento de fibras e filmes, controle de porosidade, ajuste do balanço hidrofóbico/hidrofílico) e podem conferir propriedades óticas ou elétricas, eletroquímicas, químicas ou bioquímicas. A parte inorgânica, atua melhorando a estabilidade térmica e mecânica do material. Permite a modulação do índice ótico e confere propriedades magnéticas, elétricas e eletroquímicas (77).

O método de produção de revestimento sol-gel mais comum é o orgânico. Este começa com uma solução de monômero metálico ou precursores metaloides alcóxidos $M(OR)_n$ em um álcool ou outro solvente de peso molecular baixo. O “M” representa um elemento de formação de rede como Si, Ti, Zr, Al, Fe, B, etc, e o “R” é normalmente um grupo alquil. Esta abordagem obtém um material híbrido orgânico-inorgânico que combina o comportamento do componente orgânico (polimérico) e a rigidez da estrutura inorgânica (alcóxido) (81, 82).

As reações envolvidas no processo sol-gel são de hidrólise e condensação dos precursores. Utilizando-se este processo, uma rede de óxidos inorgânicos pode ser obtida por reações de policondensação dos correspondentes alcóxidos (alumínio, zircônio, estanho, tungstênio, molibdênio e vanádio). Esse processo possibilita controle de todas as etapas que ocorrem durante a evolução do precursor molecular até o produto final (Figura 2.1) (83, 84). O alcóxido formado pelo silício é o mais empregado, porém sua reatividade é mais baixa que dos metálicos (13, 78, 85, 86), sendo necessária a adição de catalisadores para acelerar a hidrólise (13, 85). Estes catalisadores podem ser ácidos ou básicos, influenciando diretamente a estrutura do gel.

Figura 2.1- Estratégia sol-gel de obtenção de materiais híbridos (técnica orgânica)

A velocidade de condensação é favorecida em relação à velocidade de hidrólise quando em condições ácidas, levando à formação de cadeias mais longas e menos ramificadas no início do processo. Quando em meio básico, o meio contém ânions hidroxila e silanatos, sendo assim, a taxa de polimerização é proporcional a concentração de hidroxila (87). Ao contrário do meio ácido, no meio básico, a reação de hidrólise é favorecida (13).

Os derivados orgânicos dos híbridos são variados (aminas, acrilatos, epóxido, vinila, nitrila, heterociclos) (78, 87), abrangendo inúmeras funcionalidades quando introduzidos em matrizes poliméricas. As aplicações para os produtos das reações sol-gel podem ser, dentre outras, os revestimentos, filmes, membranas, agentes de acoplamento (88, 89). Os alcoxissilanos tetraetoxissilano (TEOS) e tetrametoxissilano (TMOS) foram os mais estudados por sua habilidade de reagir com a água (78).

Pesquisas na área de Engenharia Química utilizam silanos organofuncionais e princípios sol-gel para tentar evitar a corrosão de metais (15, 90). Os silanos organofuncionais mono ($R'-Si(OR)_3$) e bis-silanos ($(OR)_2-R'-Si(OR)_2$) são estudados como agentes acopladores de promoção de adesão entre superfícies metálicas e “*primers*” poliméricos (91, 92).

Filmes inorgânicos baseados em reações sol-gel oferecem boa adesão entre metais e tintas orgânicas, porém não promovem adequada proteção contra à corrosão, por possuir alto potencial de formação de fissuras. A incorporação de componentes orgânicos em um sistema sol-gel conduz a formação de filmes mais espessos, flexíveis e funcionais, com compatibilidade melhorada com diferentes coberturas orgânicas(14).

Os híbridos são compostos de mais de um silano, dessa maneira formam camadas mais espessas. Estes filmes híbridos têm apresentado eficiência no tratamento anti-corrosivo, necessário a todo material metálico (14-16).

As interações com a superfície dental de ambos materiais são muito semelhantes, sempre envolvem silanos e silanóis (após hidrólise do silano). Khramov et al., desenvolveram um revestimento epoxy-amino-silicato em base água (híbrido inorgânico/orgânico) para proteção contra a corrosão atmosférica de ligas de alumínio. Neste trabalho, tetrametoxissilano e 3-

glicidoxipropiltrimetoxissilano foram adicionados para formar um sol-gel e aplicado sobre a superfície de uma liga de alumínio o que resultou na proteção contra a corrosão do metal (15).

Chou et al., produziram um revestimento híbrido por copolimerização de TEOS e 3-metacriloxipropilmeoxissilano (MAPTS) em duas etapas, por catálise ácida. Os resultados mostraram um revestimento uniforme, sem defeitos, com excelente adesão e flexibilidade, capaz de proteger um substrato de aço inoxidável (93). A incorporação de componentes nanoestruturados nos filmes híbridos sol-gel, tendo como precursores GPTMS, TEOS, ZrTPO e titânio (IV), conduzem à melhora da barreira e das propriedades mecânicas (82).

Um estudo recente com o híbrido TEOS/MPTS/MMA utilizado como pré-tratamento para o aço-carbono mostrou que este tem papel significativo na diminuição da velocidade de corrosão, apresentando-se menos agressivos ao meio ambiente e viáveis tecnicamente quando comparados à alternativa já existentes (94)

Levando-se em consideração os resultados obtidos com películas a base epóxi, a ideia é elaborar um híbrido, em base epoxy semelhante aquele empregado na metalurgia, com a característica de estabilidade no armazenamento e que esse híbrido seja capaz de formar uma película fina, íntegra, adesiva, incolor, uniforme e estável sobre a estrutura dental resistente à erosão e abrasão.

Com o grande aumento de perdas de estrutura dental relacionadas a erosão e abrasão e os resultados promissores obtidos em estudos prévios com diversos tipos de películas, a utilização de um tratamento com um híbrido experimental em base epóxi (TEOS/GPTMS/Y_APS: tetraetilsilano/glicidóxiopropiltrimetosilano/gamaaminopropilsilano) pode ser uma estratégia viável para evitar as perdas de estrutura em dentina causadas por erosão e abrasão dental.

3 PROPOSIÇÃO

Avaliar, in vitro, quantitativamente por meio de Condutância Hidráulica e qualitativamente por Microscopia Eletrônica de Varredura, a estabilidade e qualidade de selamento de um tratamento com híbrido experimental em base epóxi (TEOS/GPTMS/Y-APS) em duas concentrações diferentes (concentrado e diluído) quando aplicado sobre a simulação de uma dentina sensível.

4 MATERIAL E MÉTODO

O presente estudo foi conduzido após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (CAAE: 40722814.7.0000.0075) (Anexo A).

4.1 Delineamento Experimental

Figura 4.2 - Delineamento experimental do estudo executado.

4.2 Seleção dos Dentes

Vinte e sete molares humanos hígidos foram obtidos por meio do Banco de Dentes Humanos da FOUSP. Estes foram limpos com curetas Gracey 13-14 para remoção de eventuais tecidos residuais aderidos e, em seguida, submetidos à profilaxia com escovas do tipo Robson e taça de borracha, utilizando uma mistura de água e pedra-pomes.

Seguiu-se a limpeza com lavagem dos dentes com jato de ar/água e banho em cuba ultrassônica digital (Kondortech, São Carlos, SP, Brasil) por 1 minuto.

Posteriormente, foi realizado exame em lupa estereoscópica (SZ-PT/SZ40, Olympus, Tóquio, Japão) com aumento de 10x para a verificação de possíveis trincas ou anomalias de estrutura. Os dentes selecionados foram mantidos em solução de timol 0,1%, para permanecerem hidratados, e refrigerados à temperatura de 4°C.

4.3 Preparo dos discos de dentina

Para a confecção dos discos de dentina foram utilizadas somente as coroas dentais. Cada dente foi posicionado em uma matriz individualizada, para ser seccionada em uma cortadeira metalográfica de precisão equipada com um disco diamantado sob constante refrigeração à água (Isomet 1000 - Buehler, Lake Bluff, IL, EUA).

Para obter os discos de dentina, uma primeira secção foi executada na coroa dental, com angulação de 90° em relação ao longo eixo do dente, abaixo do sulco oclusal ou fissura mais profunda, para remover todo o esmalte oclusal e dentina superficial. A segunda secção foi executada próxima a junção cimento-esmalte, paralela à primeira secção.

Os dentes de maior volume, que possibilitaram a obtenção de um segundo disco de, um terceiro corte, paralelo aos demais, foi realizado na intenção se obter-se mais um espécime. Assim, foram obtidos 48 discos de dentina com espessura aproximada de 1,5 milímetro (Figura 4.2).

A espessura dos discos de dentina foi reduzida e a superfície polida com discos de lixa de granulação 400, 600, 1200, 2400 e 4000. Desse modo, obteve-se discos de dentina com espessura variando entre 0,9 e 1,1 milímetros, a qual foi conferida com auxílio de um paquímetro. Esta espessura de dentina é considerada permeável o suficiente para estudos *in vitro* de agentes dessensibilizantes (51) (Figura 4.2).

Figura 4.2 – Esquema do Preparo dos Espécimes (secções, polimento e conferência da espessura)

4.4 Preparo dos discos de dentina e Grupos Experimentais

4.4.1 Preparo dos discos de dentina para Avaliação da Permeabilidade Dentinária

Foi realizado o teste de Permeabilidade Dentinária Inicial em 36 discos de dentina, preparados anteriormente, com o objetivo de se selecionar os discos os valores de permeabilidade mais próximos, para se obter uma uniformidade nos valores.

Após a medição da permeabilidade os 36 discos de dentina foram colocados em ordem crescente de permeabilidade e foram distribuídos seguindo a ordem entre os grupos experimentais (n=9), afim de se homogeneizar os grupos

4.4.2 Grupos Experimentais

- **Saliva Artificial (SAL)** – Controle Negativo: segue no quadro 1 a composição da saliva empregada.

Quadro 4.1 - Composição e quantidades de compostos da saliva artificial (95)

Composição	Quantidades (g/L)
CaCl ₂ *H ₂ O	0,213
KH ₂ PO ₄	0,738
KCl	1,114
NaCl	0,381
Tris Buffer	12

- **Adesivo (AD)**: Controle Positivo: Adesivo dentinário Clearfil SE Bond (Kuraray Co, Osaka, Japan)

- **Tratamento Concentrado (TC)**: TEOS/GPTMS/Y-APS concentrado. Elaborado pelo aluno do curso de mestrado: Ernesto Bravo Anagua do Departamento de Química da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo sob orientação da Professora Doutora Idalina Vieira Aoki.

- **Tratamento Diluído (TD)**: TEOS/GPTMS/Y-APS diluído na proporção de 1:3 (hibrido/água).

4.5 Aplicação dos Tratamentos testados

4.5.1 Saliva Artificial

Inicialmente os 9 discos de dentina passaram por limpeza com mistura de pedra polmes e água, em seguida, foram presos a tampas de tubos Falcon por meio de fio ortodôntico e imersos, individualmente, nestes tubos contendo 10 ml de saliva artificial, por um período de 2 horas, sob agitação.

4.5.2 Adesivo Dentinário

O adesivo dentinário Clearfil SE Bond, auto-condicionante, foi aplicado sobre a superfície dos discos de dentina conforme protocolo do fabricante (Figura 4.3):

- Limpeza dos discos de dentina com mistura de pedra pomes e água
- Aplicação do primer com microbrush durante 20 segundos
- Secagem com suave jato de ar
- Aplicação do bond e remoção de excessos com microbrush

Fotoativação por 10 segundos com LED (**Light Emitting Diode**) VALO (Ultradent Products, South Jordan, Utah, Estados Unidos) por 40 segundos. (Figura 4.4).

Figura 4.3 – Clearfil SE Bond

Figura 4.4 – Fotoativador empregado

4.5.3 Tratamentos Experimentais (TC e TD)

Ambos os tratamentos (Figura 4.5) foram aplicados seguindo o seguinte protocolo:

- Limpeza dos discos de dentina com mistura de pedra pomes e água
- Lavagem com jato de ar/água
- Aplicação de NaOH 0,01M por 2 minutos
- Lavagem com jato de ar/água
- Aplicação de 3 camadas de TC ou TD, de acordo com o grupo experimental
 - 1 camada com microbrush por 1 minuto
 - Aplicação de leve jato de ar
 - Fotoativação com LED VALO

} 3 vezes

- Secagem ambiente por 5 minutos
- Lavagem com jato ar/água

Figura 4.5 – Tratamentos Híbridos experimentais (concentrado e diluído)

4.6 Desafio Erosivo

Para verificar a resistência dos tratamentos ao meio ácido, um desafio ácido foi proposto.

A erosão dentinária realizada foi feita com o objetivo de verificar se as películas formadas pelos tratamentos aplicados sobre a superfície dos discos de dentina, eram capazes de resistir aos ácidos alimentares.

Todos os discos de dentina, dos diferentes grupos experimentais, foram presos a fios ortodônticos adaptados a tampas de tubos Falcon, facilitando assim, sua imersão individualizada na solução.

Para o desafio erosivo, foi utilizada a solução de ácido cítrico 0,05M com pH de 3,8. Os discos de dentina permaneceram imersos em 10 ml do ácido por um período de 5 minutos, em seguida foram lavados, passaram por banho em ultrassom por 480 segundos e armazenados em água destilada para as posteriores análises.

4.7 Teste de Abrasão

Após o desafio erosivo, um teste abrasivo foi proposto para avaliar à resistência dos tratamentos à escovação.

Para simular a escovação, utilizou-se a Máquina de Escovação - MSet (Elquip, São Carlos, SP, Brasil). Os cabos de escovas dentais macias da marca Tek (Johnson & Johnson Industria Ltda, São José dos Campos, SP, Brasil) foram removidos em uma cortadeira labcut) e suas cabeças adaptadas à máquina de escovação em matrizes parafusadas (Figura 4.6).

Figura 4.6 – Máquina de escovação (A), Discos de dentina submetidos à escovação (B), Escova (C) e Seringas com “slurry” (D)

Para a acomodação dos discos de dentina nas matrizes da máquina de escovação foi empregado um silicone de condensação da marca Perfil (Coltene – Vigodent S/A Industria e Comércio, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) para preencher a matriz e estabilizar o corpo de prova durante o teste (Figura 4.7).

Figura 4.7 – Dispositivo da máquina de escovação (A) e disco de dentina posicionado no dispositivo com silicone (B)

Levando-se em conta um indivíduo que escova os dentes duas vezes ao dia, por 1 minuto cada, 15 segundos por hemiarco em cada escovação, mais o tempo de contato do dentifrício com os dentes que seria em média de 105 segundos (95), foi calculado o tempo de escovação e contato com o dentifrício, capaz de simular 30 dias de escovação. Sendo assim, os espécimes passaram por 3900 ciclos de escovação correspondentes a 900s de teste e ficaram 6300s em contato com o dentifrício.

A velocidade de escovação da máquina foi verificada contando-se quantos ciclos ela executava em 15 segundos. No caso, eram executados 65 ciclos em 15 segundos. Os discos de dentina foram submetidos à 3900 ciclos de escovação.

Um “*slurry*” de creme dental Colgate Total 12 (Colgate-Palmolive Industria Ltda, São Bernardo do Caompo, SP, Brasil), na proporção de 1:3 com água destilada, foi preparado. Seu preparo foi realizado imediatamente antes de sua utilização. As seringas eram preenchidas com esse *slurry* e porções dessa diluição eram injetadas sobre o espécime que estava sendo escovado durante 1 segundo a cada 30s.

Após todo o teste de escovação, os espécimes foram cuidadosamente retirados das respectivas matrizes, lavados com jato de ar/água e colocados em cuba ultrassônica por 480 segundos, para a remoção das partículas do dentifrício utilizado.

4.8 Teste Erosivo Pós Abrasão

O Teste Erosivo foi repetido novamente, após o Teste Abrasão, de modo semelhante ao executado anteriormente.

Como a escovação pode promover o vedamento dos túbulos dentinários, após a leitura de permeabilidade de escovação, esse processo erosivo foi repetido e a permeabilidade lida novamente (ERO Pos).

No quadro 4.2 encontram-se os valores de pH das Soluções e compostos utilizados.

Quadro 4.2 – Soluções/compostos e seus respectivos pH.

Solução/Composto	pH
Ácido Cítrico	3,8
TC	3,8
TD	3,5
NaOH	12,0
Saliva Artificial	7,0

4.9 Metodologia de Avaliação

Para a “resistência” dos tratamentos aplicados sobre os discos de dentina foram empregados 2 métodos: Permeabilidade Dentinária e Microscopia Eletrônica de Varredura, descritas a seguir.

4.9.1 Avaliação da Permeabilidade Dentinária

Para avaliação da permeabilidade dentinária foi utilizado o aparelho THD03D (Odeme Equipamentos Médicos e Odontológicos Ltda, Joaçaba, SC, Brasil). Este aparelho simula a perfusão do líquido através dos túbulos dentinários (Figura 4.8).

Figura 4.8 – Máquina de Permeabilidade dentinária

Foi utilizado um modelo de câmara dividida, onde o lado pulpar do disco de dentina fica em contato com um fluido sob pressão controlada e o lado oclusal, em contato com o ambiente em pressão atmosférica (34, 54, 60, 70) (Figura 4.9).

Figura 4.9 – (A) Disco de dentina sendo posicionado no anel dentro da câmara e (B) câmara fechada (sem as roscas dos parafusos)

Para realizar o teste, um fluido de perfusão, neste caso a água destilada, sai de um reservatório e passa através de um tubo capilar, seguindo até a câmara de perfusão. Todo o sistema é preenchido com fluido e uma pequena bolha de ar é formada dentro de um tubo capilar. A quantidade de fluido que passa pelo espécime de dentina faz com que haja o deslocamento da bolha no tubo capilar, dependendo diretamente da quantidade de túbulos dentinários abertos. Este deslocamento é mensurado em milímetros, durante um tempo pré-determinado, que foi medido por um paquímetro e, posteriormente, transformado em uma taxa de condutância hidráulica (43, 54, 60, 96) (Figura 4.10).

Figura 4.10 – Bolha (seta) no seu tempo inicial (A) e após 3 minutos de teste (B)

A pressão de 10 psi foi utilizada de acordo com estudos prévios (43, 54, 60).

Para se calcular a Permeabilidade Dentinária dos discos de dentina e teste são necessários os valores de: deslocamento da bolha (milímetros), pressão aplicada, área útil do disco de dentina e tempo utilizado no teste.

Inicialmente calcula-se a constante de proporcionalidade (CP) do movimento da bolha dentro do tubo capilar, em relação ao volume de líquido deslocado. Como o capilar tem o diâmetro do calibre interno (DC) constante, divide-se o volume interno de todo capilar (VI) em μL pelo seu comprimento (CO) em milímetro, e obtém-se uma constante de proporcionalidade (CP) (34, 54, 96, 97).

$$CP = VI/CO$$

O capilar que utilizado apresentava volume interno de 100 microlitros (μL) e 116 milímetros de comprimento total. Assim, o valor resultante da constante de proporcionalidade empregado no teste foi de 0,862 $\mu\text{L}/\text{mm}$.

Para se obter a taxa de filtração (Q), medida em $\mu\text{L}.\text{min}^{-1}$, emprega-se o volume da solução que passou através dos túbulos dentinários, sob pressão conhecida e constante, determinada pela extensão do deslocamento linear (DL) da bolha dentro do tubo capilar em mm, multiplicado pela constante de proporcionalidade (CP) e dividido pelo tempo de filtração (T), em minutos (34):

$$Q = (DL \times CP)/T$$

Para cada leitura foi utilizado um tempo de filtração de 3 minutos (43, 60). A permeabilidade dentinária foi expressa em valores de condutância hidráulica (L_p) (43, 54, 60, 98), onde:

$$L_p = Q / AS(P_1 - P_2)$$

L_p = condutância hidráulica expressa em $\mu\text{L}.\text{cm}^{-2}.\text{min}^{-1}.\text{cmH}_2\text{O}^{-1}$, Q = Taxa de filtração em $\mu\text{L}.\text{min}^{-1}$, AS = área de superfície em cm^2 , P_1 = pressão

hidrostática da solução dentro da câmara em cmH₂O e P₂ = pressão atmosférica em cmH₂O

A distância da movimentação da bolha variava de acordo com o teste, enquanto o volume do capilar, o diâmetro interno, a pressão hidrostática, a área de superfície e o tempo eram constantes.

Cada disco de dentina foi mensurado 4 vezes, em cada tempo experimental, obtendo-se 4 valores de deslocamento da linear (DL), dos quais foi obtida uma média que foi utilizada para o cálculo da taxa de filtração (Q) (34, 54).

Os discos de dentina nos intervalos entre mensuração ou experimento foram mantidos em água deionizada (99), sob refrigeração.

As etapas de leitura de permeabilidade foram realizadas nos seguintes tempos experimentais:

Permeabilidade Mínima (Inicial): manteve-se a *smear layer* do lado oclusal para a comparação com as condições normais, dentes não sensíveis (100).

1. Aplicação de EDTA 0,5M do lado pulpar por 5 minutos (43, 96)
2. Lavagem com jato de ar/água
3. Realização do teste

Permeabilidade Máxima: simula a dentina com os túbulos abertos, presente em áreas hipersensíveis.

1. Aplicação de EDTA 0,5M do lado oclusal por 5 minutos (70, 96)
2. Lavagem com jato de ar/água
3. Banho em cuba ultrassônica por 480 segundos
4. Realização do teste

Permeabilidade após Tratamentos: simula o tratamento da dentina por vedação dos túbulos abertos na dentina hipersensível.

1. Aplicação do respectivo tratamento (SAL, AD, TC e TD)
2. Lavagem
3. Realização do teste

Permeabilidade após Erosão: simula, os desafios erosivos aos quais os dentes estão expostos.

1. Imersão dos espécimes em ácido cítrico por 5 min, sob agitação
2. Lavagem
3. Banho em cuba ultrassônica por 480 segundos
4. Realização do teste

Permeabilidade após Abrasão: simulando as agressões provocadas por 2 escovações diárias durante 30 dias.

1. Escovação dos espécimes por 3900 ciclos
2. Lavagem
3. Banho em cuba ultrassônica por 480s
4. Realização do teste

Permeabilidade após Erosão pós Abrasão: está foi utilizada na tentativa de simular a remoção do dentifrício e *smear layer* formados durante a escovação e foi realizada da mesma forma que na Permeabilidade após Erosão.

Os valores de deslocamento da bolha de todos os discos, para cada tempo e grupo experimentais foram anotados em tabelas e transformados em médias de deslocamento dessa bolha. Em seguida esses valores foram colocados em software da própria máquina de escovação, Analysis v1.0 (Odeme Equipamentos Médicos e Odontológicos Ltda, Joaçaba, SC, Brasil),

onde foram inseridos os valores não variáveis (tempo do teste, tamanho do capilar, pressão de trabalho), o valor da média de deslocamento da bolha, e tendo como valor fixo a área de superfície do anel de borracha. Os valores de Condutância Hidráulica para cada disco de dentina foram obtidos. Figura. 4.11.

Figura 4.11 – Captura de tela do software Analysis, mostrando onde podem ser inseridas as variáveis do estudo

Analysis v1.0 :: Odeme® Dental Research

Analysis | Permeabilidade dentinária | Microtração | Instituição

Parâmetros dos testes

Tempo de teste: 3,0 min Tubo capilar: 100 µl
 Pressão de trabalho: 10,0000 PSI Comprimento: 116,00 mm ASup: 0,05817 cm²

Legenda

ASup: Área de superfície dentinária exposta (cm²)
 P: Diferença de pressão hidrostática através da dentina (cm H₂O)
 T: Tempo de ensaio (min)
 L: Comprimento do tubo capilar (mm)
 Q: Índice de filtração (µl/min)
 Vp: Volume padronizado (µl)
 D: Deslocamento da bolha no tubo capilar (mm)
 Lp: Condutividade hidráulica da dentina (µl/min.cmH₂O.cm²)

Espécimes

Teste	D (mm)	Q (µl/min)	Lp (µl/min.cmH₂O.cm²)	Espessura (mm)
1	1,99	0,5718	0,0140	
2	1,33	0,3822	0,0093	
3	1,30	0,3736	0,0091	
4	3,40	0,9770	0,0239	
5	3,32	0,9540	0,0233	
* 6				

Informações gerais

Responsável:
 Operador:
 Material testado:
 Observações:

Conversor de pressão

1 mmH₂O = 0,0014 PSI
 1 PSI = 703,07 mmH₂O

mmH₂O:
 PSI:

Alternar entre conversões
 Copiar Pressão de trabalho

Limpar dados Excluir uma linha dos testes Visualizar gráfico Gerar relatório PDF

4.9.2 Microscopia Eletrônica de Varredura

Para a realização do teste de microscopia eletrônica de varredura (MEV), foram utilizados 12 discos de dentina. Estes passaram pelo mesmo preparo experimental dos discos do teste anterior até a etapa de abertura de túbulos para os testes de permeabilidade.

Os discos foram delimitados em quadrados e seccionados de forma a obtermos 24 espécimes de dentina com dimensão de 3 x 3 mm e espessura de 1,0 mm.

O lado pulpar de cada espécime foi marcado com caneta permanente preta e do lado oclusal foi realizada uma marcação central com dimensão aproximada de 1 mm. Em suas laterais foram coladas fitas adesivas, deixando assim, somente a região delimitada exposta.

Inicialmente, as etapas do teste seriam executadas no mesmo espécime do início ao final, porém a espessura de dentina e o alto vácuo necessário para a leitura fraturavam os espécimes. Notou-se que só era possível fazer 2 leituras de tratamento de cada espécime, sendo assim, 12 espécimes passaram por tratamentos e foi realizada a MEV; estes mesmos espécimes foram submetidos à erosão e nova MEV foi realizada. Da mesma forma, outros 12 espécimes passaram pelas duas etapas de tratamento de superfície anterior, seguida de escovação e leitura de MEV. Em sequencias esses espécimes passaram por nova erosão e a MEV foi realizada novamente.

As fitas adesivas permaneceram coladas para a aplicação do respectivo tratamento de superfície. Em seguida, a fita do lado esquerdo foi removida e os discos submetidos ao desafio erosivo e/ou abrasivo.

Na etapa seguinte a fita do lado direito (controle positivo foi removida), sendo representativa de superfície sem tratamento. Assim, foi possível a comparação em um só disco de dentina dos 3 tipos de tecidos tratados (Figura 4.12).

Figura 4.12 – Preparo dos Espécimes para Microscopia Eletrônica de Varredura

Os 24 espécimes de dentina foram divididos nos 16 grupos ($n=3$), da seguinte forma (Quadro 4.3):

Quadro 4.3 – Grupos e respectivos tratamentos para a MEV

Grupos Experimentais	Procedimentos
SAL	Imersão em saliva artificial
AD	Aplicação de Adesivo
TC	Aplicação do TD
TD	Aplicação do TD
SAL ERO	Imersão em saliva artificial + Erosão
AD ERO	Aplicação de Adesivo + Erosão
TC ERO	Aplicação do TC + Erosão
TD ERO	Aplicação do TD + Erosão
SAL ESC	Imersão em SAL + Erosão + Abrasão
ADA ESC	Aplicação do AD + Erosão + Abrasão
TC ESC	Aplicação do TC + Erosão + Abrasão
TD ESC	Aplicação do TD + Erosão + Abrasão
SAL POS	Imersão em SAL + Erosão + Abrasão + Erosão
AD POS	Aplicação do AD + Erosão + Abrasão + Erosão
TC POS	Aplicação do TC + Erosão + Abrasão + Erosão
TD Pos	Aplicação do TD + Erosão + Abrasão + Erosão

Após a realização dos procedimentos experimentais, os espécimes foram lavados e colocados em recipiente com sílica por período de 3 dias para a desidratação. Não foi realizada a metalização dos espécimes ou desidratação com álcool, estes poderiam alterar ou mascarar os efeitos superficiais apresentados pelas películas formadas sobre a superfície, conduzindo a interpretações duvidosas.

As leituras foram realizadas em Microscópio Eletrônico de Varredura de Alto Vácuo (FEGSEM JEOL JSM – 7401F) da Central Analítica do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (Figura 4.13). Os espécimes foram

posicionados em “stubs”, 4 por vez, irradiando a superfície da amostra, onde os sinais elétricos produzidos são traduzidos na forma de imagem.

Figura 4.13 – Microscópio Eletrônico de Varredura

Foram realizadas imagens de magnificações: 25X, 70X, 500X, 10.000X e 20.000X, para análise qualitativa da superfície de dentina.

4.10 Análise Estatística

Os valores de condutância hidráulica de cada espécime (tratamento, erosão, escovação e erosão pós escovação) foram transformados em porcentagem em relação as medidas de condutância hidráulica máxima desses mesmos espécimes e foram analisados em software estatístico Sigma Plot 11.0 (Systat Software Inc., Chicago, IL, EUA).

A variável Permeabilidade Dentinária foi utilizada para análise quantitativa. Foram considerados dois fatores de variação, ambos em 4 níveis:

❖ Tempo Experimental:

- Permeabilidade Máxima (MAX)
- Permeabilidade Tratamento (TRAT)
- Permeabilidade após Erosão (ERO)
- Permeabilidade após Escovação (ESC)
- Permeabilidade após Escovação/Erosão (ESC POS)

❖ Tratamento:

- Saliva artificial SAL)
- Adesivo dentinário (AD)
- Tratamento Concentrado (TC)
- Tratamento Diluído (TD)

O testes estatístico de normalidade de Shapiro – Wilk para os grupos experimentais, com nível de significância de 5% foi executado. Em seguida, o teste de análise de variância (ANOVA) de Medidas Repetidas com 2 fatores de variação foi aplicado juntamente com o teste de comparações múltiplas pareadas (Tukey).

5 RESULTADOS

Os resultados serão apresentados nos dois métodos propostos:

- Permeabilidade dentinária - avaliar quantitativamente a capacidade dos híbridos experimentais em vedar os túbulos dentinários nos diferentes tempos experimentais.
- Microscopia Eletrônica de Varredura - avaliar qualitativamente a “película” formada pelos híbridos experimentais sobre os espécimes simulando a dentina sensível nos diferentes tempos experimentais.

5.1 Permeabilidade Dentinária

O testes estatístico de normalidade de Shapiro – Wilk para os grupos experimentais, com nível de significância de 5%, constatou que os valores de LP demonstraram distribuição normal ($p=0,081$).

O teste paramétrico de análise de variância (ANOVA) de Medidas Repetidas com 2 fatores de variação foi aplicado juntamente com o teste de comparações múltiplas pareadas (Tukey) com nível de significância de 5% para verificar possíveis diferenças estatísticas entre os tempos e tratamentos utilizados.

Na tabela 5.1 encontram-se os valores das médias de permeabilidade mostradas em valores de porcentagem, tanto para o fator tempo quanto para o fator tratamento.

A figura 5.1 ilustra os diferentes tempos experimentais agrupados nos diferentes tratamentos aplicados.

Tabela 5.1 – Médias de Permeabilidade (%) e Desvios – padrão (DP) dos Tratamentos e Tempos

	AD		SAL		TC		TD	
MAXIMA	100(0)	Aa	100(0)	Aa	100(0)	Aa	100(0)	Aa*
TRATAMENTO	41(18)	Bac	55(26)	Ca	24(15)	Bbc	15(6)	Bb
EROSÃO	65(32)	Cac	84(43)	Aa	55(22)	Cbc	36(24)	BCb
ESCOVAÇÃO	36(24)	Ba	20(14)	Ba	30(14)	Ba	18(9)	Ba
EROSÃO PÓS	30(14)	Ba	41(15)	BCa	35(20)	BCa	45(20)	Ca

*Letras maiúsculas indicam diferença estatisticamente significativa entre os tempos experimentais na mesma coluna. Letras minúsculas indicam diferenças estatisticamente significantes entre os diferentes tratamentos experimentais na mesma linha. ($p < 0,05$). Os valores de desvio padrão encontram-se entre parênteses junto às médias.

Figura 5.1 – Evolução entre os grupos experimentais entre os diferentes tempos experimentais. ($p < 0,005$)

No tempo Máxima, todos os Tratamentos e Tempos apresentaram o valor de 100% de Lp.

No tempo Tratamento o Híbrido Experimental Diluído (TD) e o Híbrido Experimental Concentrado (TC) apresentaram os menores valores numéricos (15% e 24% respectivamente) de condutância hidráulica (Lp). TD foi estatisticamente semelhante a TC e diferente dos outros dois tratamentos. O Adesivo dentinário (AD) e a Saliva Artificial (SAL) apresentaram-se estatisticamente semelhantes ao reduzir a Lp. Nota-se que após o tratamento todos diminuíram estatisticamente a Lp quando comparados ao tempo Máxima.

No tempo Erosão o TD apresentou o menor valor de Lp (36%) e semelhante estatisticamente ao TC (55%) e diferente de SAL e AD. A SAL mostrou-se estatisticamente semelhante ao grupo AD. Todos os grupos apresentaram-se estatisticamente diferentes quando comparados ao tempo Tratamento, exceto o grupo TD que foi estatisticamente semelhante. O grupo SAL apresentou resultado estatisticamente semelhante quando comparado ao tempo Máxima.

No tempo Escovação o TD continuou a apresentar condutância estatisticamente semelhante aos tempos Tratamento e Erosão. Todos os outros grupos (AD, SAL e TC) apresentaram diminuição da condutância hidráulica e estatisticamente diferentes do tempo Erosão e Máxima, sendo que os grupos AD e TC apresentaram-se estatisticamente semelhantes aos resultados do tempo Tratamento. A comparação entre os tratamentos na Escovação mostra valor de Lp estatisticamente semelhantes.

No tempo Erosão Pós Escovação o TD aumentou seu valor de Lp, apresentando-se estatisticamente diferente dos tempos experimentais Máxima, Tratamento e Escovação, semelhante ao tempo Erosão. Comparando os tratamentos neste tempo experimental, observa-se os valores de Lp são estatisticamente semelhantes.

5.2 Microscopia Eletrônica de Varredura

As imagens a seguir foram agrupadas no mesmo grupo de tratamento propostos (SAL, AD, TC e TD) e tempo experimental (TRAT, ERO, ESC e POS), na forma de “pranchas”, para visualizar seus diferentes aspectos. As imagens são apresentadas nos seguintes aumentos: 25X, 70X, 500X, 2000X, 10000X e 20000X. Foram escolhidas imagens representativas.

Na figura 5.2, em A e B nota-se superfície uniforme. Em C e D observam-se ranhuras provenientes do preparo das amostras (polimento). E e F, observa-se desorganização da superfície, sugerindo esfregaço.

Figura 5.2 - Eletromicrografias do Grupo SAL TRAT nos diferentes aumentos: (A) 25X, (B) 75X, (C) 500X, (D) 2000X, (E) 10000 e (F) 20000X

Na figura 5.3, em A e B observa-se superfície uniforme e polida, com ranhuras em algumas regiões. C e D evidenciam a presença de túbulos dentinário e dentina regularizada. Em E e F notam-se nítidos túbulos dentinários abertos.

Figura 5.3 - Eletromicrografias do Grupo SAL ERO nos diferentes aumentos: (A) 25X, (B) 75X, (C) 500X, (D) 2000X, (E) 10000 e (F) 20000X

A figura 5.4 mostra superfície polida e uniforme em A e B, presença de túbulos dentinários abertos, alguns parcialmente obliterados e dentina rugosa em C e D, e túbulo dentinário aberto com dentina rugosa em E e F.

Figura 5.4 - Eletromicrografias do Grupo SAL ESC nos diferentes aumentos: (A) 25X, (B) 75X, (C) 500X, (D) 2000X, (E) 10000 e (F) 20000X

A figura 5.5 mostra superfície polida e uniforme em A e B, presença de túbulos dentinários abertos e com aspecto oval e não se notam túbulos obliterados em C e D. Em E e F, nota-se túbulo dentinário aberto com dentina rugosa.

Figura 5.5 - Eletromicrografias do Grupo SAL Pos nos diferentes aumentos: (A) 25X, (B) 75X, (C) 500X, (D) 2000X, (E) 10000 e (F) 20000X

Na figura 5.6, pode-se observar em A uma nítida separação entre a região onde foi aplicado o adesivo (seta) e os tecidos dentais, em B observa-se a superfície lisa e a borda formada pela película (seta). C e D mostram uma cobertura rugosa e contínua. E e F as rugosidades são mais nítidas que nas imagens anteriores.

Figura 5.6 - Eletromicrografias do Grupo AD TRAT nos diferentes aumentos: (A) 25X, (B) 75X, (C) 500X, (D) 2000X, (E) 10000 e (F) 20000X

Na figura 5.7, novamente nota-se a separação entre o adesivo e os tecidos em A. Neste caso, os bordos da película sugerem uma maior espessura. B mostra “falhas” no recobrimento por adesivo, o que fica mais evidente em C. Em D a superfície parece esburacada, mas não evidencia-se presença de túbulos. E e F mostram uma superfície com vales e picos, aparentemente com cobertura.

Figura 5.7 – Eletromicrografias do Grupo AD ERO nos diferentes aumentos: (A) 25X, (B) 75X, (C) 500X, (D) 2000X, (E) 10000 e (F) 20000X

Na Figura 5.8 ainda é possível observar a divisão entre os tecidos, tanto em A como em B. Em C e D, observa-se superfície pincelada e com ranhuras. E e F evidenciam superfícies rugosas.

Figura 5.8 – Eletromicrografias do Grupo AD ESC nos diferentes aumentos: (A) 25X, (B) 75X, (C) 500X, (D) 2000X, (E) 10000 e (F) 20000X

Na Figura 5.9 as superfícies encontram-se de forma semelhante à observada na Figura 5.8.

Figura 5.9 - Eletromicrografias do Grupo AD PÓS nos diferentes aumentos: (A) 25X, (B) 75X, (C) 500X, (D) 2000X, (E) 10000 e (F) 20000X

Na figura 5.10, nota-se a delimitação bem nítida entre o híbrido aplicado e o tecido vizinho (A e B). Em B, a superfície mostra-se lisa, polida e regular. Em C e D, observa-se a presença dos túbulos dentinários, porém estes encontram-se recobertos e preenchidos, isto fica melhor evidenciado em E e F.

Figura 5.10 - Eletromicrografias do Grupo TC TRAT nos diferentes aumentos: (A) 25X, (B) 75X, (C) 500X, (D) 2000X, (E) 10000 e (F) 20000X

Na figura 5.11, observa-se superfície polida e com ranhuras muito sutis em A e B. Em C e D, notam-se alguns túbulos dentinários expostos, porém com sua luz diminuída. Este preenchimento parcial dos túbulos dentinários pode ser evidenciado em E e F.

Figura 5.11 - Eletromicrografias do Grupo HC ERO nos diferentes aumentos: (A) 25X, (B) 75X, (C) 500X, (D) 2000X, (E) 10000 e (F) 20000X

Na figura 5.12, em A e B, observa-se superfície polida e não se pode diferenciar os tecidos. C e D mostram túbulos dentinários quase totalmente ocluídos, o que fica evidenciado em E e F.

Figura 5.12 - Eletromicrografias do Grupo TC ESC nos diferentes aumentos: (A) 25X, (B) 75X, (C) 500X, (D) 2000X, (E) 10000 e (F) 20000X

Na figura 5.13, observa-se novamente a delimitação da superfície tratada e dos tecidos vizinhos em A e B. Em C e D os túbulos dentinários aparecem parcialmente ocluídos, o que é evidenciado em E e F. A oclusão parece ocorrer abaixo do nível da superfície (dentro do túbulo), formando um único aglomerado que preenche parcialmente o túbulo dentinário.

Figura 5.13 - Eletromicrografias do Grupo HC PÓS nos diferentes aumentos: (A) 25X, (B) 75X, (C) 500X, (D) 2000X, (E) 10000 e (F) 20000X

Na figura 5.14 nota-se superfície polida e lisa em A e B. Em C observam-se túbulos dentinários parcialmente ocluídos e em D estes túbulos mostram possuir aglomerados em seu interior. Em E e F, evidencia-se a presença de conteúdo dentro dos túbulos dentinários, vendando-os totalmente, abaixo do nível da superfície.

Figura 5.14 - Eletromicrografias do Grupo TD TRAT nos diferentes aumentos: (A) 25X, (B) 75X, (C) 500X, (D) 2000X, (E) 10000 e (F) 20000X

Na figura 5.15 nota-se superfície polida e lisa, sem delimitação em A e B. Em C e D observam-se túbulos dentinários expostos parcialmente obliterados, o que fica evidenciado em E e F. Apparently a central portion of the agglomerate was lost during the erosion process.

Figura 5.15 - Eletromicrografias do Grupo TD ERO nos diferentes aumentos: (A) 25X, (B) 75X, (C) 500X, (D) 2000X, (E) 10000 e (F) 20000X

Na figura 5.16 em A e B observa-se superfície polida e lisa, com aspecto embaçado e sem delimitação. Em C observam-se sugestivos e escassos túbulos dentinários, que exibem luz reduzida em D. Em E e F observa-se a confirmação da diminuição da luz e presença de material dentro dos túbulos. A superfície dentinária parece estar recoberta por substância amorfa.

Figura 5.16 - Eletromicrografias do Grupo TD ESC nos diferentes aumentos: (A) 25X, (B) 75X, (C) 500X, (D) 2000X, (E) 10000 e (F) 20000X

Na figura 5.17 nota-se superfície polida, lisa e sem delimitação da área em A e B. Ranhuras na superfície de C e D. Em e E e F, não se observam túbulos dentinários expostos, somente material amorfo.

Figura 5.17 - Eletromicrografias do Grupo TD PÓS nos diferentes aumentos: (A) 25X, (B) 75X, (C) 500X, (D) 2000X, (E) 10000 e (F) 20000X

As próximas figuras, mostram uma seleção de eletromicrografias com um comparativo dos tratamentos com os tempos TRAT, ERO, ESC e PÓS, em 3 aumentos pré-selecionados (25X, 500X e 10000X). Observa-se que:

- **Figura 5.18 -Tempo Tratamento**

25X – SAL e TD – não há distinção do local de aplicação do tratamento e os tecidos vizinhos. AD e TC – nítida delimitação, com área de tratamento bem definida.

500X – SAL - aspecto de dentina submetida à polimento. AD - superfície regular e uniforme. TC – superfície regular, evidenciando os túbulos recobertos. TD evidente presença de túbulos dentinários.

10000X – SAL - superfície amorfa e irregular. AD – superfície uniforme e regular. TC - túbulos ocluídos e pouco evidentes. TD-evidentes túbulos dentinários preenchidos com material amorfo.

- **Figura 5.19 - Tempo Erosão:**

25X – AD - evidente distinção de local de aplicação de tratamento e tecidos vizinhos. SAL, TC e TD – indeterminação da área de tratamento.

500X – SAL – evidente exposição dos túbulos dentinários. AD - aspecto de “pincelado” com notáveis falhas na integridade. TC – escassos túbulos dentinários e superfície pincelada ou com ranhuras. TD – inúmeros túbulos dentinários expostos.

10000X – SAL - túbulo dentinário totalmente aberto. AD – totalmente recoberto. TC - túbulo dentinário com a luz reduzida e recobrimento da dentina. TD - túbulos expostos e com conteúdo no seu interior.

- **Figura 5.20 - Tempo Escovação:**

25X – AD e TC – evidente distinção do local de aplicação do tratamento. SAL e AD – superfície lisa e polida.

500X – SAL – inúmeros túbulos dentinários expostos. AD - região lisa e regular, vizinha a áreas de aspecto irregular. TC – escassos túbulos dentinários. TD – superfície lisa.

10000X – SAL – túbulos expostos e superfície rugosa. AD – superfície rugosa com aspecto de “pincelado”. TC – túbulo dentinário parcialmente obliterado. TD – túbulos parcialmente obliterados e superfície com material amorfo.

- **Figura 5.21 - Tempo Pós:**

25X – SAL e TD- não se nota a distinção entre o tratamento e os tecidos vizinhos. AD e TC – distinção entre o local de aplicação do tratamento e os tecidos vizinhos.

500X – SAL - túbulos dentinários expostos. AD – região lisa e regular, vizinha a áreas de aspecto irregular. TC - inúmeros túbulos dentinários expostos. TD – ranhuras regulares e não evidenciação de túbulos dentinários.

10000X – SAL - túbulos dentinários abertos e superfície rugosa. AD - superfície rugosa sem presença de túbulos dentinários. TC - superfície rugosa e túbulos dentinários parcialmente obliterados por material amorfo. TD - superfície rugosa e túbulo dentinário totalmente obliterado.

Figura 5.18 – Eletromicrografia com comparação dos Grupos SAL, AD, HC e TD, no tempo Tratamento, nos aumentos de 25X, 500X e 10000X

Figura 5.19 - Eletromicrografia com comparação dos Grupos SAL, AD, TC e TD, no tempo Erosão, nos aumentos de 25X, 500X e 10000X

Figura 5.20 - Eletromicrografia com comparação dos Grupos SAL, AD, TC e TD, no tempo Escovação, nos aumentos de 25X, 500X e 10000X

Figura 5.21 - Eletromicrografia com comparação dos Grupos SAL, AD, TC e TD, no tempo Escovação PÓS, nos aumentos de 25X, 500X e 10000X

6 DISCUSSÃO

6.1 Resultados Obtidos

O desenvolvimento de um material para tratamento da hipersensibilidade dentinária de fácil aplicação, adequada resistência, que não cause ou leve ao manchamento, com baixo custo, biocompatibilidade, efeito imediato e duradouro vem sendo incessantemente pesquisado, podendo ser facilmente comprovado diante da vasta literatura encontrada sobre o tema. Apesar das inúmeras pesquisas na área de hipersensibilidade dentinária e de vários produtos com resultados positivos capazes de controlar ou interromper a sintomatologia dolorosa, uma revisão de literatura de 2012 conclui que não há uma grande quantidade de rigorosos e sistemáticos estudos que demonstrem eficácia clínica desses produtos, portanto, nenhuma conduta atual pode ser considerada superior a outra no controle da HD (44).

Novos tratamentos que possam resolver a sintomatologia dolorosa da hipersensibilidade dentinária continuam a ser um grande desafio para os clínicos e pesquisadores. O fato de estudos recentes mostrarem que a hipersensibilidade dentinária apresenta uma prevalência de aproximadamente 42% em alguns países da Europa (28) e 46% em uma população no Brasil (29), torna a busca por alternativas clínicas de tratamento fortemente recomendada.

O híbrido orgânico – inorgânico pode ser aplicado de várias formas na indústria, como na produção de revestimentos, filmes, membranas e agentes de acoplamento (91, 92). Quando esses híbridos possuem componentes nanoestruturados e precursores como TEOS e GPTMS, a barreira mecânica proporcionada é melhorada (82).

Os híbridos orgânico-inorgânico utilizados sobre metais apresentam alguns dos pré – requisitos de um material para ser aplicado em portadores de HD, como: resistência à corrosão, ausência de cor, durabilidade e fácil aplicação.

Pressupondo-se que as reações que acontecem entre os materiais metálicos e os híbridos em base epóxi possam ocorrer de modo semelhante com os íons da estrutura dental, o desenvolvimento de um híbrido orgânico-inorgânico para uso odontológico, em consultório, pode tornar-se uma alternativa promissora para o tratamento de HD.

No entanto, vários testes são necessários para se conseguir um híbrido que possa ser utilizado com esta finalidade. Inicialmente ele deve aderir-se, bloquear completamente ou parcialmente, os túbulos dentinários expostos, resistindo aos desafios erosivos e abrasivos. Deve ainda formar uma película fina, imperceptível a olho nu e de fácil aplicação. Diante dos resultados obtidos neste estudo pode-se considerar que o híbrido experimental foi capaz de cumprir estes requisitos.

Os dois híbridos experimentais, concentrado e diluído, testados neste estudo apresentaram os maiores valores na diminuição da condutância hidráulica após o tratamento, sendo que o híbrido diluído alcançou o melhor resultado, com taxa de 85% de diminuição. Este híbrido conseguiu resistir a erosão e escovação, mostrando estabilidade após os desafios erosivos e abrasivos.

Os grupos AD, SAL e TC apresentaram comportamento semelhante durante todos os tempos experimentais. Houve diminuição da Lp após o tratamento, como se esperava. Após a erosão ocorreu um aumento da Lp em todos estes grupos. Após a escovação e erosão pós escovação houve novamente uma diminuição da Lp. Destaca-se a SAL que apresentou comportamento exacerbado após a erosão, a ponto de seus valores voltarem aos valores do tempo Máxima, demonstrando que a saliva produz um efeito no vedamento de túbulos dentinários muito vulnerável e pouco resistente ao desafio erosivo expondo facilmente túbulos dentinários.

Segundo Pashley et al., a polimerização de um adesivo deveria reduzir a permeabilidade da dentina exposta, formando “tags” dentro dos túbulos dentinários e causando uma hibridização da dentina peritubular (101). Adesivos autocondicionantes de 2 passos formam “smear plugs” dentro do túbulo dentinário pelo uso de um primer ácido (102), seguido pela aplicação de um “bond” e fotopolimerização.

Para a realização deste estudo o Clearfil SE Bond foi escolhido por ser o adesivo dentinário que oferece melhor adesão à dentina, não desmineralizando a estrutura dentinária em demasia e alargando túbulos, como ocorre nos adesivos condicione e lave. É capaz de formar os referidos “tags” nos túbulos dentinários, esperando-se assim, uma diminuição da condutividade hidráulica. Estudos mostram diferentes resultados em relação à taxa de porcentagem de diminuição da permeabilidade dentinária promovida pelo Clearfil SE Bond (70, 96, 103, 104), há apenas, o consenso de que todos eles provocam um vedamento dos túbulos dentinários, mas esse vedamento nunca parece ser total (100%).

Quando esta marca comercial é comparada a outros adesivos autocondicionantes de 2 passos ou de passo único, tendo como variável a condutância hidráulica, em estudo conduzido por Grégoire et al. (103), este adesivo apresentou taxa de redução de 35,5%. Uma taxa considerada pequena quando comparado aos outros adesivos utilizados. Este resultado mostrou-se muito próximo ao encontrado neste trabalho, que foi de 45% de taxa de redução da Lp.

Já Sauro et al. (96), encontraram uma taxa de redução de Lp de 80,5% quando comparou o efeito da simulação da pressão pulpar na permeabilidade e adesão de adesivos autocondicionantes. Esse valor já é mais próximo do valor encontrado por Carvalho et al. (70), que estudaram o efeito de sistemas adesivos e sua estratégia de aplicação na redução da permeabilidade dentinária, obtendo uma taxa de redução de 95%. Enquanto, Sahin et al. (104), estudando alguns adesivos dentinários autocondicionantes e um dessensibilizante, observou que o Clearfil não foi mais efetivo em vedar os túbulos dentinários do que a “*smear layer*” original.

É interessante observar que cada estudo utilizou uma pressão de trabalho diferente, o que pode explicar as diferenças nos valores encontrados. Também vale salientar que as metodologias de preparo dos espécimes podem diferir quanto a forma de abertura dos túbulos, o tempo de uso do produto, o tempo de trabalho e o tipo de produto utilizado para esse fim.

Outra observação a ser realizada é com relação aos testes de resistência dessas películas adesivas aplicadas sobre a superfície dentinária

com a finalidade de promover a diminuição de sua permeabilidade. Nenhum dos estudos mostrados promoveu erosão ou abrasão sobre essas películas para verificar sua estabilidade, distanciando-se da realidade do dia à dia.

É importante salientar que no presente estudo a Erosão aumentou a Lp após a aplicação do adesivo, o que é um importante fator para avaliarmos a utilização desses adesivos como agentes dessensibilizantes. A escovação, por sua vez, promoveu diminuição da Lp, mesmo após novo desafio erosivo, esse dado curioso pode ser observado em todos os grupos experimentais, inclusive no SAL.

Apesar de a erosão apresentar condutância hidráulica variável entre os grupos, após a escovação todos eles apresentaram-se semelhantes. Isso nos leva a crer que a escovação possa formar um esfregaço sobre a superfície dentinária que veda os túbulos dentinários de forma resistente tanto a pressão utilizada para os testes de permeabilidade quanto ao banho em cuba ultrassônica.

Este resultado já havia sido registrado nos testes piloto e, por isso, o teste de erosão também foi realizado após a escovação com a finalidade de tentar remover partículas da ação da pasta sobre a superfície, resultando em um resultado de diminuição da Lp que não era causado pelo tratamento experimental. Ainda assim, a erosão pós escovação não foi capaz de desobliterar os túbulos em todos os tratamentos experimentais, exceto no TD. Porém, mesmo o TD não tendo resistido a esse segundo desafio erosivo, sua condutância continuou semelhante aos demais grupos.

Também foi interessante notar que o grupo SAL (controle -) apresentou bons resultados na diminuição da condutância hidráulica após a escovação, apesar da pasta dentifrícia empregada no estudo convencional e não ser uma pasta indicada para sensibilidade dental.

Uma hipótese para essa diminuição da Lp generalizada após a escovação e erosão pós escovação é a de que a ação das cerdas da escova de dentes juntamente com a pasta dentifrícia (abrasivos) produza uma camada de esfregaço resistente aos desafios ácidos e a pressão de trabalho utilizadas.

A realização da escovação dental diária é feita com dentifrícios que contem agentes abrasivos, como o dentifrício utilizado no presente estudo

(Colgate Total 12). Estes podem aumentar a obliteração dos túbulos dentinários pela deposição principalmente de sílica (105, 106). Além do abrasivo presente nas pastas dentífricas, a oclusão tubular também pode ocorrer pela ação mecânica da escova dental, formando uma “*smear layer*” sobre a superfície (31, 34, 50). Adicionando-se a estrutura dental previamente desmineralizada pelos ácidos (SAL), que contribuiria na formação desse esfregaço.

Esse efeito de formação de “*smear layer*” sobre a superfície dentinária fica bastante claro quando analisamos as eletromicrografias obtidas nos tempos Escovação e Erosão Pós em seus maiores aumentos. Nota-se uma camada amorfa recobrindo toda a superfície dentinária ou túbulos dentinários preenchidos, o que justifica os valores de permeabilidade obtidos nesses tempos experimentais.

Ao compararmos as Eletromicrografias logo após os tratamentos em menores aumentos, em TD não se observa uma película recobrindo a superfície tratada, diferente do AD e TC, onde nota-se uma película lisa e regular. A película de AD denota uma maior viscosidade.

A medida que as imagens vão sendo ampliadas, o aspecto de TC e AD mantém-se como uma película lisa e regular. Em TD a película parece não existir pois percebem-se os túbulos dentinários, porém, em maiores aumentos, notam-se aglomerados que “penetram” no interior dos túbulos, vedando-os totalmente, dando a impressão que fluíram para o seu interior.

Provavelmente essa “invasão” para o interior do túbulo observada no grupo TD ocorre por conta da diluição do híbrido de 1:3 (híbrido: água), diferente do que se observa no grupo TC, onde o híbrido é concentrado, não sendo capaz de escoar e a superfície mostra-se recoberta por uma camada mais espessa onde não se distingue tão facilmente os túbulos dentinários.

De modo geral, as películas observadas por MEV mantiveram-se presentes durante todo o estudo, passando por todos os tempos experimentais. A película formada por TD mantém-se imperceptível nos menores aumentos, somente quando os aumentos são acima de 10000X consegue-se perceber a presença do efeito dessa película. As imagens sugerem uma infiltração do híbrido para dentro dos túbulos. Durante os diferentes tempos experimentais,

pode-se perceber uma remoção somente parcial do conteúdo dos túbulos nos grupos TD e TC.

Nota-se que a película promovida pelos híbridos experimentais não se destaca, diferente do adesivo, onde notam-se áreas de destacamento, inclusive com exposição de tecido dentinário. Este destacamento do adesivo pode ter ocorrido tanto pelo processo de escovação (evidenciado pelas ranhuras nas eletromicrografias), quanto pela ação do ácido cítrico.

Observa-se que a película de TD não apresentou craquelamento ou fissuras, um comportamento esperado de revestimentos híbridos orgânicos-inorgânicos, diferente de revestimentos somente inorgânicos, que mostram-se com boa adesão mas pouca resistência à corrosão (14). O estudo de Nielsen et al. (12), realizado com polímeros conseguiu obter uma película para a proteção da estrutura dental. A observação das eletromicrografias, mostra o craquelamento e fissuras na película, apesar de terem sido, capazes de promover a diminuição da permeabilidade dentinária .

Dessa forma, a análise conjunta da permeabilidade dentinária e da microscopia eletrônica de varredura mostraram-se complementares, evidenciando o melhor comportamento da película formada pelo Híbrido Experimental Diluído como sendo imperceptível, capaz de vedar (totalmente ou parcialmente) e penetrar túbulos dentinários, e ainda resistir à erosão e abrasão.

6.2 Metodologia Utilizada

O Protocolo de Aplicação dos Híbridos experimentais utilizado neste estudo foi obtido previamente, após inúmeros estudos qualitativos que empregaram como metodologia a microscopia eletrônica de varredura. A eficiência quantitativa, inicialmente, foi realizada em teste piloto de análise de íons após desafio erosivo, seguida por aplicação do protocolo para verificar o vedamento dos túbulos por permeabilidade dentinária, porém em valores de 2

psi. Somente após diversos estudos alcançou-se o protocolo de leitura de permeabilidade utilizado neste estudo.

Este protocolo propiciou o melhor resultado obtido até o momento ao testarmos os híbridos experimentais em dentina. Mostrando-se de fácil aplicação e reprodutibilidade.

O fotopolimerizador LED utilizado neste estudo teve como objetivo o aquecimento do híbrido, já que eles são empregados corriqueiramente pelo clínico. Apesar desses aparelhos não terem a intenção de aquecer, ela ocorre e é notada em qualquer aparelho LED pelo clínico atuante, mesmo quando há pouco tempo de exposição. Um importante requisito é que ele seja aplicado em temperaturas que não prejudicassem a vitalidade pulpar. Assim, um estudo aplicou o tempo habitualmente utilizado para a polimerização de uma resina composta. Um estudo recente mostra que durante o processo de polimerização realizado por semelhante ao empregado neste estudo ocorre um aumento de temperatura que é distribuído ao tecido pulpar com intensidade dependente da estrutura remanescente de dentina (107). Este equipamento não foi utilizado com finalidade de fotopolimerização (exceto para o grupo AD), visto que os híbridos experimentais não possuem um fotoiniciador.

Outro fator que torna os híbridos experimentais uma alternativa promissora como material dessensibilizante é a estabilidade a estocagem. Esta solução apresenta-se na forma líquida, ligeiramente viscosa e com pH ácido. Permaneceu armazenado em armário fechado por 5 meses sem alterar nenhuma dessas propriedades.

A metodologia de avaliação para tratamentos de sensibilidade dentinária foi utilizada neste estudo, e é muito utilizada para representar quantitativamente a permeabilidade dentinária ou diminuição da Lp pelos diversos tratamentos que são propostos na literatura. Da mesma forma, a microscopia eletrônica de varredura, auxilia a interpretar qualitativamente o que ocorre na superfície e túbulos dentinários, mostrando-se uma metodologia complementar que ajuda na interpretação dos resultados de permeabilidade.

Em um estudo de efetividade de substâncias para tratamento de hipersensibilidade dentinária sobre a permeabilidade e oclusão tubular, Kolker et al. (2002), concluíram que o estudo demonstrou a necessidade de utilização

da metodologia de permeabilidade e MEV em conjunto, pois por mais que alguns túbulos pareçam ocluídos, estes não estão necessariamente selados (43). Assim, estas 2 metodologias se complementam e são indicadas para avaliar tratamentos.

Um estudo conduzido somente com a metodologia de leitura de permeabilidade dentinária para avaliar a influência do tempo após a aplicação de dessensibilizantes a base de oxalatos em reduzir a Lp, obteve um resultado inusitado. O grupo em que não foram aplicados tratamentos apresentou, assim como os outros grupos, diminuição significativa da Lp com o tempo. Concluíram que a leitura de permeabilidade pelo método utilizado deve ser interpretado com cautela (54). Talvez se mais de uma metodologia de avaliação tivesse sido utilizada, os resultados obtidos poderiam ser interpretados com mais clareza.

A maioria dos trabalhos pesquisados procura avaliar somente os tratamentos propostos, tanto com permeabilidade dentinária quanto com MEV, como os estudos de Zhou et al. (64), Zhong et al. (61), Thanatvarakorn et al. (60) e Ishihata et al. (51). Estes estudos avaliam o efeito imediato deixando de lado a verificação da resistência desse material as mudanças químicas e mecânicas que podem ocorrer no ambiente bucal.

Diante dos promissores resultados encontrados neste estudo, Outros estudos são necessários para validar o uso do híbrido como alternativa clínica para a sensibilidade dentinária, como: toxicidade ao tecidos bucais, profundidade de penetração nos túbulos dentinários, condições e estabilidade para armazenagem, alteração de cor, resistência a alterações térmicas, etc.

7 CONCLUSÃO

Todos os Tratamentos reduziram a Lp, porém o Tratamento Experimental Diluído demonstrou a maior redução.

TD diminuiu a permeabilidade dentinária em dentina sensível e resistiu aos desafios erosivo e abrasivo. Quando aplicado sobre a dentina sensível forma uma película fina, transparente, imperceptível e capaz de vedar (totalmente ou parcialmente) e penetrar dentro dos túbulos dentinários.

O Tratamento Experimental Concentrado demonstrou a mesma efetividade do Adesivo em diminuir a Lp.

Os Tratamentos Experimentais tanto concentrado quanto diluído demonstraram ser uma proposta inovadora para a diminuição da Lp e consequentemente da HD.

REFERÊNCIAS¹

1. Orchardson R, Gillam DG. Managing dentin hypersensitivity. *J Am Dent Assoc.* 2006 Jul;137(7):990-8; quiz 1028-9.
2. Yoshiyama M, Suge T, Kawasaki A, Ebisu S. Morphological characterization of tube-like structures in hypersensitive human radicular dentine. *J Dent.* 1996 Jan-Mar;24(1-2):57-63.
3. Brannstrom M. The hydrodynamic theory of dentinal pain: sensation in preparations, caries, and the dentinal crack syndrome. *J Endod.* 1986 Oct;12(10):453-7.
4. Sobral MAP, Garone-Netto N. Aspectos clínicos da etiologia da hipersensibilidade dentiária cervical. . *Rev Odonto USP.* 1999;13:189-95.
5. Splieth CH, Tachou A. Epidemiology of dentin hypersensitivity. *Clin Oral Investig.* 2013 Mar;17 Suppl 1:S3-8.
6. Schmidlin PR, Sahrman P. Current management of dentin hypersensitivity. *Clin Oral Investig.* 2013;17(Suppl. 1):S55-S9.
7. Tsibouklis J, Stone M, Thorpe AA, Graham P, Nevell TG, Ewen RJ. Surface Energy Characteristics of Polymer Film Structures: a Further Insight into the Molecular Design Requirements. *Langmuir.* 1999 1999/09/01;15(20):7076-9.
8. Azzopardi A, Bartlett DW, Watson TF, Sherriff M. The surface effects of erosion and abrasion on dentine with and without a protective layer. *Br Dent J.* 2004 Mar 27;196(6):351-4; discussion 39.
9. Azzopardi A, Bartlett DW, Watson TF, Sherriff M. The measurement and prevention of erosion and abrasion. *J Dent.* 2001 Aug;29(6):395-400.
10. Churchley D, Rees GD, Barbu E, Nevell TG, Tsibouklis J. Fluoropolymers as low-surface-energy tooth coatings for oral care. *Int J Pharm.* 2008 Mar 20;352(1-2):44-9.
11. Churchley DP, Barbu E, Ewen RJ, Shen Z, Kim Y, McHugh MA, et al. Synthesis and characterization of low surface energy fluoropolymers as

potential barrier coatings in oral care. *J Biomed Mater Res A*. 2008 Mar 15;84(4):994-1005.

12. Nielsen BV, Nevell TG, Barbu E, Smith JR, Rees GD, Tsibouklis J. Multifunctional poly(alkyl methacrylate) films for dental care. *Biomed Mater*. 2011 Feb;6(1):015003.

13. José NM, Prado LASAP. Estruturas híbridas Orgânico-Inorgânicos: Preparação e Algumas Aplicações. *Quim Nova*. 2005;28(2):281-8.

14. Zheludkevich ML, Salvado IM, Ferreira MGS. Sol-gel coatings for corrosion protection of metals. *Journal of Materials Chemistry*. 2005;15(48):5099-111.

15. Khramov AN, Balbyshev VN, Voevodin NN, Donley MS. Nanostructured sol-gel derived conversion coatings based on epoxy- and amino-silanes. *Progress in Organic Coatings*. 2003 9//;47(3-4):207-13.

16. Khramov AN, Voevodin NN, Balbyshev VN, Donley MS. Hybrid organo-ceramic corrosion protection coatings with encapsulated organic corrosion inhibitors. *Thin Solid Films*. 2004 1/30//;447-448:549-57.

17. Yap AU, Neo JC. Non-carious cervical tooth loss: Part 1. *Dent Update*. 1995 Oct;22(8):315-8.

18. Whitehead SA, Wilson NH, Watts DC. Development of non carious cervical notch lesions in vitro. *J Esthet Dent*. 1999;11(6):332-7.

19. Burke FJ, Whitehead SA, McCaughey AD. Contemporary concepts in the pathogenesis of the Class V non-carious lesion. *Dent Update*. 1995 Jan-Feb;22(1):28-32.

20. Bevenius J, Lindskog S, Hultenby K. The micromorphology in vivo of the buccocervical region of premolar teeth in young adults. A replica study by scanning electron microscopy. *Acta Odontol Scand*. 1994 Dec;52(6):323-34.

21. Addy M. Etiology and clinical implications of dentine hypersensitivity. *Dent Clin North Am*. 1990 Jul;34(3):503-14.

22. Holland GR, Narhi MN, Addy M, Gangarosa L, Orchardson R. Guidelines for the design and conduct of clinical trials on dentine hypersensitivity. *J Clin Periodontol*. 1997 Nov;24(11):808-13.

23. Dowell P, Addy M. Dentine hypersensitivity--a review. Aetiology, symptoms and theories of pain production. *J Clin Periodontol*. 1983 Jul;10(4):341-50.
24. Porto IC, Andrade AK, Montes MA. Diagnosis and treatment of dentinal hypersensitivity. *J Oral Sci*. 2009 Sep;51(3):323-32.
25. West N, Seong J, Davies M. Dentine hypersensitivity. *Monogr Oral Sci*. 2014;25:108-22.
26. Mantzourani M, Sharma D. Dentine sensitivity: past, present and future. *J Dent*. 2013 Jul;41 Suppl 4:S3-17.
27. Rees JS. The prevalence of dentine hypersensitivity in general dental practice in the UK. *J Clin Periodontol*. 2000 Nov;27(11):860-5.
28. West NX, Sanz M, Lussi A, Bartlett D, Bouchard P, Bourgeois D. Prevalence of dentine hypersensitivity and study of associated factors: a European population-based cross-sectional study. *J Dent*. 2013 Oct;41(10):841-51.
29. Scaramucci T, de Almeida Anfe TE, da Silva Ferreira S, Frias AC, Sobral MA. Investigation of the prevalence, clinical features, and risk factors of dentin hypersensitivity in a selected Brazilian population. *Clin Oral Investig*. 2014;18(2):651-7.
30. Berman LH. Dentinal sensation and hypersensitivity. A review of mechanisms and treatment alternatives. *J Periodontol*. 1985 Apr;56(4):216-22.
31. Prati C, Venturi L, Valdre G, Mongiorgi R. Dentin morphology and permeability after brushing with different toothpastes in the presence and absence of smear layer. *J Periodontol*. 2002 Feb;73(2):183-90.
32. Pashley DH, Livingston MJ, Greenhill JD. Regional resistances to fluid flow in human dentine in vitro. *Arch Oral Biol*. 1978;23(9):807-10.
33. Pashley DH. Dentin permeability: theory and practice. . In: L.S.W S, editor. *Experimental Endodontics*. Boca Raton, FL.: CRC Press Inc.; 1990. p. 19-49.

34. Greenhill JD, Pashley DH. The effects of desensitizing agents on the hydraulic conductance of human dentin in vitro. *J Dent Res.* 1981 Mar;60(3):686-98.
35. Camps J, Giustiniani S, Dejou J, Franquin JC. Low versus high pressure for in vitro determination of hydraulic conductance of human dentine. *Arch Oral Biol.* 1997 Apr;42(4):293-8.
36. Grossman LI. A Systematic Method for the Treatment of Hypersensitive Dentin. *The Journal of the American Dental Association* (1922). 1935 1935/04/01;22(4):592-602.
37. Patil SA, Naik BD, Suma R. Evaluation of three different agents for in-office treatment of dentinal hypersensitivity: a controlled clinical study. *Indian J Dent Res.* 2015 Jan-Feb;26(1):38-42.
38. Pinna R, Bortone A, Sotgiu G, Dore S, Usai P, Milia E. Clinical evaluation of the efficacy of one self-adhesive composite in dental hypersensitivity. *Clin Oral Investig.* 2015 Sep;19(7):1663-72.
39. Shetty S, Kohad R, Yeltiwar R. Hydroxyapatite as an in-office agent for tooth hypersensitivity: a clinical and scanning electron microscopic study. *J Periodontol.* 2010 Dec;81(12):1781-9.
40. Chabanski MB, Gillam DG. Aetiology, prevalence and clinical features of cervical dentine sensitivity. *J Oral Rehabil.* 1997 Jan;24(1):15-9.
41. Olusile AO, Bamise CT, Oginni AO, Dosumu OO. Short-term clinical evaluation of four desensitizing agents. *J Contemp Dent Pract.* 2008;9(1):22-9.
42. Aranha AC, Pimenta LA, Marchi GM. Clinical evaluation of desensitizing treatments for cervical dentin hypersensitivity. *Braz Oral Res.* 2009 Jul-Sep;23(3):333-9.
43. Kolker JL, Vargas MA, Armstrong SR, Dawson DV. Effect of desensitizing agents on dentin permeability and dentin tubule occlusion. *J Adhes Dent.* 2002 Fall;4(3):211-21.
44. Shiau HJ. Dentin hypersensitivity. *J Evid Based Dent Pract.* 2012 Sep;12(3 Suppl):220-8.

45. Narhi M, Jyvasjarvi E, Virtanen A, Huopaniemi T, Ngassapa D, Hirvonen T. Role of intradental A- and C-type nerve fibres in dental pain mechanisms. *Proc Finn Dent Soc.* 1992;88 Suppl 1:507-16.
46. Tarbet WJ, Silverman G, Stolman JM, Fratarcangelo PA. Clinical evaluation of a new treatment for dentinal hypersensitivity. *J Periodontol.* 1980 Sep;51(9):535-40.
47. Miglani S, Aggarwal V, Ahuja B. Dentin hypersensitivity: Recent trends in management. *J Conserv Dent.* 2010 Oct;13(4):218-24.
48. Yates R, Ferro R, Newcombe RG, Addy M. A comparison of a reformulated potassium citrate desensitising toothpaste with the original proprietary product. *J Dent.* 2005 Jan;33(1):19-25.
49. Kakaboura A, Rahiotis C, Thomaidis S, Doukoudakis S. Clinical effectiveness of two agents on the treatment of tooth cervical hypersensitivity. *Am J Dent.* 2005 Aug;18(4):291-5.
50. Arrais CA, Chan DC, Giannini M. Effects of desensitizing agents on dentinal tubule occlusion. *J Appl Oral Sci.* 2004 Jun;12(2):144-8.
51. Ishihata H, Finger WJ, Kanehira M, Shimauchi H, Komatsu M. In vitro dentin permeability after application of Gluma® desensitizer as aqueous solution or aqueous fumed silica dispersion. *Journal of Applied Oral Science.* 2011;19:147-53.
52. Cunha-Cruz J, Stout JR, Heaton LJ, Wataha JC. Dentin hypersensitivity and oxalates: a systematic review. *J Dent Res.* 2011 Mar;90(3):304-10.
53. Pillon FL, Romani IG, Schmidt ER. Effect of a 3% potassium oxalate topical application on dentinal hypersensitivity after subgingival scaling and root planing. *J Periodontol.* 2004 Nov;75(11):1461-4.
54. Santiago SL, Pereira JC, Martineli AC. Effect of commercially available and experimental potassium oxalate-based dentin desensitizing agents in dentin permeability: influence of time and filtration system. *Braz Dent J.* 2006;17(4):300-5.
55. Kim SY, Kim EJ, Kim DS, Lee IB. The evaluation of dentinal tubule occlusion by desensitizing agents: a real-time measurement of dentinal fluid flow rate and scanning electron microscopy. *Oper Dent.* 2013 Jul-Aug;38(4):419-28.

56. Hench LL. The story of Bioglass. *J Mater Sci Mater Med*. 2006 Nov;17(11):967-78.
57. Forsback AP, Areva S, Salonen JI. Mineralization of dentin induced by treatment with bioactive glass S53P4 in vitro. *Acta Odontol Scand*. 2004 Feb;62(1):14-20.
58. Bakry AS, Takahashi H, Otsuki M, Tagami J. The durability of phosphoric acid promoted bioglass-dentin interaction layer. *Dent Mater*. 2013 Apr;29(4):357-64.
59. Curtis AR, West NX, Su B. Synthesis of nanobioglass and formation of apatite rods to occlude exposed dentine tubules and eliminate hypersensitivity. *Acta Biomater*. 2010 Sep;6(9):3740-6.
60. Thanatvarakorn O, Nakashima S, Sadr A, Prasansuttiorn T, Ikeda M, Tagami J. In vitro evaluation of dentinal hydraulic conductance and tubule sealing by a novel calcium-phosphate desensitizer. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2013 Feb;101(2):303-9.
61. Zhong Y, Liu J, Li X, Yin W, He T, Hu D, et al. Effect of a novel bioactive glass-ceramic on dentinal tubule occlusion: an in vitro study. *Aust Dent J*. 2015 Mar;60(1):96-103.
62. Farooq I, Moheet IA, AlShwaimi E. In vitro dentin tubule occlusion and remineralization competence of various toothpastes. *Arch Oral Biol*. 2015 Sep;60(9):1246-53.
63. Yu J, Yang H, Li K, Lei J, Zhou L, Huang C. A novel application of nanohydroxyapatite/mesoporous silica biocomposite on treating dentin hypersensitivity: An in vitro study. *J Dent*. 2016 Jul;50:21-9.
64. Zhou J, Chiba A, Scheffel DL, Hebling J, Agee K, Niu LN, et al. Effects of a Dicalcium and Tetracalcium Phosphate-Based Desensitizer on In Vitro Dentin Permeability. *PLoS One*. 2016;11(6):e0158400.
65. Sauro S, Lin CY, Bikker FJ, Cama G, Dubruel P, Soria JM, et al. Di-Calcium Phosphate and Phytosphingosine as an Innovative Acid-Resistant Treatment to Occlude Dentine Tubules. *Caries Res*. 2016;50(3):303-9.
66. Brannstrom M, Johnson G. Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces: a scanning electron microscopic investigation. *J Prosthet Dent*. 1974 Apr;31(4):422-30.

67. Prati C, Cervellati F, Sanasi V, Montebugnoli L. Treatment of cervical dentin hypersensitivity with resin adhesives: 4-week evaluation. *Am J Dent.* 2001 Dec;14(6):378-82.
68. Duran I, Sengun A. The long-term effectiveness of five current desensitizing products on cervical dentine sensitivity. *J Oral Rehabil.* 2004 Apr;31(4):351-6.
69. Rusin RP, Agee K, Suchko M, Pashley DH. Effect of a new desensitizing material on human dentin permeability. *Dent Mater.* 2010 Jun;26(6):600-7.
70. Carvalho AO, Oliveira MT, Nikaido T, Tagami J, Giannini M. Effect of adhesive system and application strategy on reduction of dentin permeability. *Braz Oral Res.* 2012 Sep-Oct;26(5):397-403.
71. Komabayashi T, Imai Y, Ahn C, Chow LC, Takagi S. Dentin permeability reduction by a sequential application of calcium and fluoride-phosphate solutions. *J Dent.* 2010 Sep;38(9):736-41.
72. Han L, Okiji T. Dentin tubule occluding ability of dentin desensitizers. *Am J Dent.* 2015 Apr;28(2):90-4.
73. Calabria M, Porfirio R, Fernandes S, Wang L, Buzalaf M, Pereira J, et al. Comparative in vitro effect of TiF₄ to NaF and potassium oxalate on reduction of dentin hydraulic conductance. *Oper Dent.* 2014 Jul-Aug;39(4):427-32.
74. Lochaiwatana Y, Poolthong S, Hirata I, Okazaki M, Swasdison S, Vongsavan N. The synthesis and characterization of a novel potassium chloride-fluoridated hydroxyapatite varnish for treating dentin hypersensitivity. *Dent Mater J.* 2015;34(1):31-40.
75. Kunam D, Manimaran S, Sampath V, Sekar M. Evaluation of dentinal tubule occlusion and depth of penetration of nano-hydroxyapatite derived from chicken eggshell powder with and without addition of sodium fluoride: An in vitro study. *J Conserv Dent.* 2016 May-Jun;19(3):239-44.
76. Dantas EM, Amorim FK, Nobrega FJ, Dantas PM, Vasconcelos RG, Queiroz LM. Clinical Efficacy of Fluoride Varnish and Low-Level Laser Radiation in Treating Dentin Hypersensitivity. *Braz Dent J.* 2016 Jan-Feb;27(1):79-82.

77. Zoppi RA, Nunes SP. Uso do processo sol-gel na obtenção de materiais híbridos organo-inorgânicos: preparação, caracterização e aplicação em eletrólitos de estado sólido. *Polímeros*. 1997;7:27-36.
78. Brinker CJ, Scherer GW. *SOL-GEL SCIENCE: The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing*. San Diego, CA: Academic Press, Inc.; 1990. 881 p.
79. Hiratsuka RS, Santilli CV, Pulcinelli SH. O processo Sol-Gel: Uma Visão Físico-Química. *Química Nova*. 1995;18(2):171-80.
80. Alfaya AS, Kubota L. A utilização de materiais obtidos pelo processo de sol-gel na construção de biossensores. *Química Nova*. 2002;25(5):835-41.
81. Wang D, Bierwagen GP. Sol-gel coatings on metals for corrosion protection. *Progress in Organic Coatings*. 2009 3//;64(4):327-38.
82. Figueira R, Fontinha I, Silva C, Pereira E. Hybrid Sol-Gel Coatings: Smart and Green Materials for Corrosion Mitigation. *Coatings*. 2016;6(1):12.
83. Matějka L, Dukh O, Brus J, Simonsick Jr WJ, Meissner B. Cage-like structure formation during sol-gel polymerization of glycidyloxypropyltrimethoxysilane. *Journal of Non-Crystalline Solids*. 2000 5/11//;270(1-3):34-47.
84. Ni Y, Zheng S. Epoxy resin containing polyphenylsilsesquioxane: Preparation, morphology, and thermomechanical properties. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*. 2006;44(3):1093-105.
85. Benvenutti EV, Moro CC, Costa TMH, Gallas MR. Materiais híbridos à base de sílica obtidos pelo método sol-gel. *Química Nova*. 2009;32:1926-33.
86. Baney RH, Itoh M, Sakakibara A, Suzuki T. Silsesquioxanes. *Chemical Reviews*. 1995 1995/07/01;95(5):1409-30.
87. Hench LL, West JK. The sol-gel process. *Chemical Reviews*. 1990 1990/01/01;90(1):33-72.
88. Šurca Vuk A, Fir M, Ješe R, Vilčnik A, Orel B. Structural studies of sol-gel urea/polydimethylsiloxane barrier coatings and improvement of their corrosion inhibition by addition of various alkoxysilanes. *Progress in Organic Coatings*. 2008 7//;63(1):123-32.

89. Shokoohi S, Arefazar A, Khosrokhavar R. Silane Coupling Agents in Polymer-based Reinforced Composites: A Review. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. 2008 March 1, 2008;27(5):473-85.
90. Parkhill RL, Knobbe ET, Donley MS. Application and evaluation of environmentally compliant spray-coated ormosil films as corrosion resistant treatments for aluminum 2024-T3. *Progress in Organic Coatings*. 2001 5//;41(4):261-5.
91. Ooij WJv, Zhu D. Electrochemical Impedance Spectroscopy of Bis-[Triethoxysilylpropyl]Tetrasulfide on Al 2024-T3 Substrates. *CORROSION*. 2001;57(5):413-27.
92. Zhu D, van Ooij WJ. Structural characterization of bis-[triethoxysilylpropyl]tetrasulfide and bis-[trimethoxysilylpropyl]amine silanes by Fourier-transform infrared spectroscopy and electrochemical impedance spectroscopy. *Journal of Adhesion Science and Technology*. 2002 2002/01/01;16(9):1235-60.
93. Chou TP, Chandrasekaran C, Cao GZ. Sol-Gel-Derived Hybrid Coatings for Corrosion Protection. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*. 2003;26(1):321-7.
94. Bravo-Anagua E. Revestimento híbrido à basede TEOS/MPTS/MMA para proteção de aço-carbono e quinonas como agente antigelificante São Paulo: Unirsidade de São Paulo - USP; 2016.
95. Scaramucci T, Borges AB, Lippert F, Frank NE, Hara AT. Sodium fluoride effect on erosion-abrasion under hyposalivatory simulating conditions. *Arch Oral Biol*. 2013 Oct;58(10):1457-63.
96. Sauro S, Pashley DH, Montanari M, Chersoni S, Carvalho RM, Toledano M, et al. Effect of simulated pulpal pressure on dentin permeability and adhesion of self-etch adhesives. *Dent Mater*. 2007 Jun;23(6):705-13.
97. Esteves SR, Huhtala MF, Gomes AP, Ye Q, Spencer P, De Paiva Goncalves SE. Longitudinal Effect of Surface Treatments Modified by NaOCl-Induced Deproteinization and Nd:YAG Laser on Dentin Permeability. *Photomed Laser Surg*. 2016 Feb;34(2):68-75.
98. Reeder OW, Jr., Walton RE, Livingston MJ, Pashley DH. Dentin permeability: determinants of hydraulic conductance. *J Dent Res*. 1978 Feb;57(2):187-93.

99. De La Macorra JC, Escribano NI. Comparison of two methods to measure permeability of dentin. *J Biomed Mater Res.* 2002;63(5):531-4.
100. Pereira JC, Segala AD, Gillam DG. Effect of desensitizing agents on the hydraulic conductance of human dentin subjected to different surface pre-treatments--an in vitro study. *Dent Mater.* 2005 Feb;21(2):129-38.
101. Pashley DH, Pashley EL, Carvalho RM, Tay FR. The effects of dentin permeability on restorative dentistry. *Dent Clin North Am.* 2002 Apr;46(2):211-45, v-vi.
102. Oliveira SS, Marshall SJ, Hilton JF, Marshall GW. Etching kinetics of a self-etching primer. *Biomaterials.* 2002 Oct;23(20):4105-12.
103. Gregoire G, Guignes P, Millas A. Effect of self-etching adhesives on dentin permeability in a fluid flow model. *J Prosthet Dent.* 2005 Jan;93(1):56-63.
104. Sahin C, Cehreli ZC, Yenigul M, Dayangac B. In vitro permeability of etch-and-rinse and self-etch adhesives used for immediate dentin sealing. *Dent Mater J.* 2012;31(3):401-8.
105. Addy M, Mostafa P. Dentine hypersensitivity. II. Effects produced by the uptake in vitro of toothpastes onto dentine. *J Oral Rehabil.* 1989 Jan;16(1):35-48.
106. West NX, Hughes JA, Addy M. Dentine hypersensitivity: the effects of brushing toothpaste on etched and unetched dentine in vitro. *J Oral Rehabil.* 2002 Feb;29(2):167-74.
107. Armellin E, Bovesecchi G, Coppa P, Pasquantonio G, Cerroni L. LED Curing Lights and Temperature Changes in Different Tooth Sites. *BioMed Research International.* 2016;2016:10.

ANEXO A- Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DA IMPERMEABILIZAÇÃO DA DENTINA SENSÍVEL EMPREGANDO UMA PELÍCULA A BASE DE SILANO - HÍBRIDO EXPERIMENTAL

Pesquisador: Maria Angela Pita Sobral **Área Temática:**

Versão: 2

CAAE: 40722814.7.0000.0075

Instituição Proponente: Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 981.078 **Data da Relatoria:** 11/03/2015

Apresentação do Projeto:

Segundo os pesquisadores: “O incomodo ocasionado pela hipersensibilidade dentinária continua conduzindo pacientes à busca por tratamentos mais eficazes. Várias são as alternativas existentes e até oferecem soluções imediatas, no entanto, não resistem ao longo do tempo. A Engenharia Química aplica finas películas à base de silano sobre metais para evitar a corrosão. Reações químicas que ocorrem entre o metal e o silano são muito semelhantes àquelas que ocorrem em estrutura dental. Um “híbrido experimental (HGO)” foi formulado pelo Departamento de Engenharia Química da USP com a proposta de ao ser aplicado sobre a dentina humana formar uma película impermeável, incolor, resistente e aderida ao substrato de dentina e que pode promover o tratamento da sensibilidade dentinária. Este estudo in vitro tem como objetivo avaliar e comparar a permanência e resistência do HGO (GH) e do GGluma (Gluma DesensitizerHeraeus Kulzer) após serem submetidos a desafios erosivos e abrasivos. A impermeabilização (selamento de túbulos dentinários) e resistencia das películas aplicadas sobre a dentina nos grupos experimentais: GH e GGluma serão verificadas por testes sequencias de condutância hidráulica, após os desafios. Os valores obtidos expressos em % de vedamento serão comparados empregando-se Análise Estatística. A permanência, estabilidade e qualidade da película aplicada sobre a dentina será avaliada qualitativamente empregando-se microscopia eletrônica de

Página 01 de

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227

Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-900

UF: SP **Município:** SAO PAULO

Telefone: (11)3091-7960

Fax: (11)3091-7814

E-mail: cepfo@usp.br

**FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO**

varredura. As análises serão executadas em 3 diferentes tempos: após aplicação da película, após desafio erosivo e após desafio erosivo e abrasivo.”

“Neste estudo serão utilizados 27 molares humanos, obtidos no Banco de Dentes da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo. A avaliação da Permeabilidade Dentinária irá comparar, quantitativamente a oclusão tubular, através da permeabilidade dentinária, nas diversas fases experimentais, o híbrido experimental e do adesivo dessensibilizante. A avaliação da permeabilidade dentinária será executada em 5 fases sequenciais. Permeabilidade 1 (P1): a permeabilidade dentinária inicial que corresponde a permeabilidade mínima será avaliada. Permeabilidade 2 (P2): a permeabilidade dentinária será avaliada após a simulação da dentina sensível (permeabilidade máxima). Permeabilidade 3 (P3): a permeabilidade dentinária será avaliada, após os espécimes receberem os respectivos tratamentos (permeabilidade após tratamento experimental). Permeabilidade 4 (P4): a permeabilidade simulando o desafio erosivo (imersão em ácido cítrico 0,05M (pH=3.8) durante 5 min) será mensurada (permeabilidade após erosão). Permeabilidade 5 (P5): a permeabilidade simulando o desafio abrasivo (simulação de escovação – 3000 ciclos) será mensurada (permeabilidade após abrasão). Para avaliar a qualidade da superfície dentinária em diversas fases do experimento outros 7 molares humanos serão preparados inicialmente como na fase anterior (Preparo dos Espécimes para avaliação da permeabilidade) e serão analisados quanto à qualidade de sua superfície em Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).”

Objetivo da Pesquisa:

Segundo os pesquisadores:

“Hipótese: A utilização de um Híbrido experimental (HGO) sobre a dentina humana pode formar uma película imperceptível a olho nu, estável e resistente, selando túbulos dentinários abertos.

Objetivo Primário: Testar a resistência aos desafios erosivos e abrasivos de um “híbrido experimental (HGO)” (formulado pelo Departamento de Engenharia Química da USP) que ao ser aplicado sobre a dentina humana forme uma película imperceptível a olho nu, estável e resistente, selando túbulos dentinários abertos. Por consequência quando aplicado clinicamente elimine a sensibilidade dentinária efetivamente e de modo duradouro.”

Apresentam ainda como Desfecho Primário: “Levando-se em consideração os resultados promissores alcançados, em estudo piloto prévios, com o híbrido experimental a base de silano (HGO) espera-se consolidar os resultados iniciais encontrados e verificar se a película formada é capaz de resistir aos desafios erosivos e abrasivos que normalmente ocorrem no

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227

Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-900

UF: SP **Município:** SAO PAULO

Telefone: (11)3091-7960

Fax: (11)3091-7814

E-mail: cepfo@usp.br

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

ambiente bucal. Este híbrido experimental deverá apresentar como propriedades: 1) armazenagem por períodos prolongados; 2) formar uma película fina; 3) imperceptível a olho nu; 4) fácil aplicação; 5) adesão ao substrato dentinário 6) estabilidade (ou permanência); 7) resistência aos desafios abrasivos e erosivos que ocorrem na cavidade bucal. A hipótese deste estudo é a obtenção de uma película incolor para aplicação em dentina sensível e que apresente características viáveis e superiores (longa duração) aos dessensibilizantes encontrados no mercado para ser aplicado com esta finalidade. As propriedades do híbrido experimental HGO enumeradas de 1 a 4 já foram testadas por nosso grupo de pesquisa e os resultados são muito satisfatórios. As propriedades de 5 a 7 precisam ser testadas criteriosamente e este é o objetivo de nossa pesquisa. Outra exigência é que o produto elaborado não necessite da aquisição de outros equipamentos extras para ser utilizado em um consultório dentário convencional.”

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Os pesquisadores citam que “Este estudo não apresenta riscos.”, isso é pertinente uma vez que os dentes utilizados foram doados pelo Banco de Dentes Humanos da FOUUSP.

Benefícios: são pertinentes. Os pesquisadores citam: “Partindo-se do pressuposto que as reações químicas que ocorrem entre híbridos em base epoxy e materiais metálicos são similares àquelas que ocorrem com íons metálicos da estrutura dental, a ideia de nosso grupo de pesquisa é a de elaborar um híbrido

(preparado pelo grupo de

pesquisadores do Departamento de Química da Escola Politécnica da USP), em base epoxy semelhante aquele empregado na metalurgia e ser testado em estrutura dentinária. Esse híbrido deve apresentar como propriedades: estabilidade no armazenamento; capacidade de formar uma película fina; integridade, adesão, ausência de cor, uniformidade e estabilidade sobre a dentina. Nosso grupo, empregando um dos híbridos experimentais formulados (HGO), em teste piloto prévio, obteve resultados promissores, mas testes mais aprofundados e detalhadamente elaborados são necessários para validar as propriedades esperadas do material. Assim este projeto tem como proposta testar a resistência aos desafios erosivos e

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227

Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-900

UF: SP **Município:** SAO PAULO

Telefone: (11)3091-7960 **Fax:** (11)3091-7814 **E-mail:** cepfo@usp.br

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

abrasivos de um “híbrido experimental (HGO)” (formulado pelo Departamento de Engenharia Química da USP) que ao ser aplicado sobre a dentina humana forme uma película imperceptível a olho nu, estável e resistente, selando túbulos dentinários abertos. Por consequência quando aplicado clinicamente elimine a sensibilidade dentinária efetivamente e de modo duradouro. Caso haja sucesso este produto poderá ser empregado sobre a estrutura dental com outras finalidades. Levando-se em consideração os resultados promissores alcançados, em estudo piloto prévios, com o híbrido experimental a base de silano (HGO) espera-se consolidar os resultados iniciais encontrados e verificar se a película formada é capaz de resistir aos desafios erosivos e abrasivos que normalmente ocorrem no ambiente bucal. Este híbrido experimental deverá apresentar como propriedades: 1) armazenagem por períodos prolongados; 2) formar uma película fina; 3) imperceptível a olho nu; 4) fácil aplicação; 5) adesão ao substrato dentinário 6) estabilidade (ou permanência); 7) resistência aos desafios abrasivos e erosivos que ocorrem na cavidade bucal.”

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Serão utilizados 27 molares humanos, obtidos no Banco de Dentes Humanos da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, sendo que após a execução do projeto, o que houver de remanescente dental será devolvido ao mesmo banco de dentes humanos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

- Projeto de pesquisa no plataforma: Ok;
- Projeto de Pesquisa anexado: Ok;
- Carta de doação do Banco de Dentes Humanos da FOU SP: Ok; - Folha de rosto: Ok.

Recomendações:

Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados ao CEP-FOUSP relatórios parciais semestrais referentes ao andamento da pesquisa e relatório final ao término do

Endereço:	Av Prof Lineu Prestes 2227		
Bairro:	Cidade Universitária	CEP:	05.508-900
UF:	SP	Município:	SAO PAULO
Telefone:	(11)3091-7960	Fax:	(11)3091-7814
		E-mail:	cepfo@usp.br

FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

trabalho. Qualquer modificação do projeto original deve ser apresentada a este CEP, de forma objetiva e com justificativas, para nova apreciação.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

As pendências apontadas em parecer anterior foram atendidas.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

SAO PAULO, 11 de Março de 2015

Assinado por:

**Maria Gabriela Haye Biazevic
(Coordenador)**

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227

Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-900

UF: SP **Município:** SAO PAULO

Telefone: (11)3091-7960 **Fax:** (11)3091-7814 **E-mail:** cepfo@usp.br