

Vanessa Corrêa Faustino Nasser de Mello

**EFETIVIDADE DAS SUBSTÂNCIAS OBLITERANTES NA
PERMEABILIDADE DENTINÁRIA**

Campo Grande, MS

2013

VANESSA CORRÊA FAUSTINO NASSER DE MELLO

**EFETIVIDADE DAS SUBSTÂNCIAS OBLITERANTES NA
PERMEABILIDADE DENTINÁRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia Prof. Albino Coimbra Filho, Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Margareth Coutinho

Campo Grande, MS

2013

Folha de Aprovação

Vanessa Corrêa Faustino Nasser de Mello

**EFETIVIDADE DAS SUBSTÂNCIAS OBLITERANTES NA
PERMEABILIDADE DENTINÁRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia Prof. Albino Coimbra Filho, Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de mestre.

Resultado

Campo Grande (MS), de de

Banca Examinadora

Profa. Dra. Margareth Coutinho
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Danilo Mathias Zanello Guerisoli
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Wander Fernando de Oliveira Filiú
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Dedicatória

Dedico este trabalho

A Deus e à minha mãezinha do Céu, Maria Santíssima

A certeza das vossas divinas presenças ininterruptamente ao meu lado trouxe-me a Sabedoria e a Coragem, tão essenciais na vida do cristão. Obrigada Jesus e Maria pelo amor maior, por minha família, pela saúde, pelos estudos, pela conclusão deste trabalho e por todas as pessoas que fizeram parte dele.

Ao meu querido esposo, Vander

Somente quem tem a sorte de conviver com você poderá entender a dimensão das minhas palavras. Pessoas iluminadas como você tornam a vida das pessoas mais alegre, e, tem a capacidade de transformar momentos difíceis em momentos mais leves, menos penosos, aliviando as dores e aflições alheias. Agradeço a Deus todos os dias por ter me concedido a Graça de tê-lo ao meu lado. Obrigada pelo apoio, incentivo e por acreditar no sucesso deste trabalho!

Não seria possível sem você.... Te amo!

Às minhas filhas amadas, Nicole e Sofia

Vocês são a razão do meu viver! Verdadeiros presentes de Deus. Obrigada por me compreenderem, me ajudarem com os recursos no computador, por estarem comigo, nem sempre fisicamente mas, em pensamento e lá no fundo do coração.

Amo muito vocês!

Aos meus pais, Iraní e Jovenízio

Minhas primeiras palavras e meus primeiros passos foram vocês que me ensinaram. Conduziram-me à primeira escola...E, hoje consegui chegar onde estou porque sempre acreditaram em mim. Obrigada pelo amor incondicional! Mãe, a concretização deste sonho só foi possível com seu apoio e sua valiosa ajuda com as meninas! Pai, mesmo distante, nada neste mundo, nem ninguém poderá mudar o amor que sinto por você! A vocês, o meu respeito, a minha admiração e o meu reconhecimento!

Ao meu irmão querido, Jô

A amizade, o respeito e a admiração que temos um pelo outro é um orgulho para mim! Obrigada pelo seu incentivo e pela sua torcida pelo meu sucesso! O sentimento verdadeiro que compartilhamos é Graça de Deus! Você e sua linda família (minha querida cunhada Luana, meus amados sobrinhos Guilherme, Rafael e meu afilhado lindo, Mateus) tornam a minha vida repleta de sentido!

Aos meus sogros/pais, Vílma e Ivan

Como é maravilhoso tê-los por perto! Obrigada pelas orações, pelos momentos felizes e por serem tão especiais! Compartilho a felicidade desta conquista com vocês!

Agradecimentos

À minha conselheira espiritual e amiga, Irmã Joana da Cruz, e, a todas as Irmãs do Carmelo do Imaculado Coração de Maria (Cotia-SP)

Agradeço as orações e o cuidado comigo e minha família! As senhoras são fundamentais em nosso caminho de conversão e santificação. Sei que me acompanham todos os dias em seus diálogos com Jesus e Maria Santíssima. A participação das senhoras foi o combustível para realização deste sonho! Muito obrigada!

Ao meu conselheiro espiritual e amigo, Pe. Rosenei Pauli

A Sabedoria e a Coragem que o senhor transmite poderia vir somente do mais alto do Céu! Obrigada por suas orações, sua orientação, seus conselhos e sua paciência em me ouvir! Confessor e Sacerdote muito querido por mim e minha família! O senhor é parte da nossa família, nosso pai espiritual! Fraternalmente em Cristo e com Maria, muito obrigada!

À minha equipe de Nossa Senhora Mãe Rainha Três vezes admirável de Schoenstatt

Obrigada pelas orações e verdadeira amizade! Vocês são jóias raras neste mundo! Amo vocês em Cristo e com Maria!

À minha secretária Maria Aparecida (Cida)

Obrigada pelo cuidado com minha casa, minhas filhas e com tudo que é necessário na rotina de uma família. Sua ajuda foi fundamental para que eu pudesse estudar. Com carinho, agradeço por seu precioso trabalho!

Aos cirurgiões-dentistas e funcionários do Instituto Eduardo Ayub e Programa Zero Cárie, em especial, Dr. Eduardo Ayub e Dra. Dulcineia Ayub

Obrigada pelo apoio, incentivo e compreensão durante todo o meu caminho no mestrado! Agradeço pelos materiais gentilmente cedidos e por entenderem minha ausência neste período. Tenho orgulho de pertencer à uma equipe que desenvolve a Odontologia como deve ser: com excelência!

À minha auxiliar Jackeline Diniz

Agradeço sua dedicação e capricho com meus materiais. Seu apoio e incentivo foram muito importantes. Jamais me esquecerei de você, Jack!

À Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e Faculdade de Odontologia Prof. Dr. Albino Coimbra Filho, em nome da digníssima diretora Profa. Dra. Rosana Mara Giordano de Barros

Obrigada pela estrutura e pelos recursos técnico-científicos de pesquisa utilizados para realização deste trabalho.

Ao Coordenador do curso de pós-graduação e mestrado em Odontologia Prof. Dr. Pedro Gregol

Pelo desempenho e contribuição ao desenvolvimento desse curso.

Às funcionárias: Vera, Nora e Edna

Obrigada pela atenção, boa vontade e dedicação de vocês!

Pelo apoio financeiro neste estudo: UFMS, REUNI, CAPES, FUNDECT E CNPq para a concretização deste projeto, muito obrigada!

Aos colegas de mestrado: Alessandra, Lenice, Juliana, Flaviane, Leise, Holce, Diego, Hélio, Leandro, Henrique, Lucas, Eduardo Marcon, Mário Baldo e César Renee. Obrigada pelo companheirismo e amizade!

“Que a nossa mensagem seja a nossa própria vida”

Mahatma Ghandi

Agradecimentos Especiais

"Foi o tempo que dedicastes à tua rosa que fez tua rosa tão importante."

O Pequeno Príncipe (Antoine Saint-Exupéry)

À minha Orientadora Profa. Dra. Margareth Coutinho

Como foi fundamental sua orientação! Tive muita sorte de ser sua orientada! Você soube me conduzir com carinho! Apesar de compartilhar de seu vasto conhecimento, também me levou a ser crítica, tirar minhas próprias conclusões, enfrentar as atribulações com segurança e encontrar novos caminhos quando tudo parecia difícil. Aprendi muito com você, em especial, a valorizar cada pequena conquista. Mas, o essencial e o que realmente valeu a pena, além dos resultados que encontramos, foi o fortalecimento da nossa amizade e dos verdadeiros valores que compartilhamos. Muito obrigada por ter sido tão comprometida, verdadeira orientadora, e, por sua preciosa amizade. Jamais esquecerei seu exemplo ímpar de professora, profissional e cientista! Do fundo do coração, muito obrigada!!

À minha grande amiga Profa. Dra. Andrea Freire
("Freire")

Não consigo encontrar palavras para expressar o carinho que sinto por você e o quanto é especial... Suas qualidades são inúmeras, somente quem tem o privilégio de conviver com você sabe que você é única! Obrigada pela amizade, por sua atenção e paciência. Seu trabalho com o MEV foi brilhante! Meu caminho se tornou mais alegre e menos cansativo sabendo que você caminhava comigo! Sua contribuição na minha vida vai muito além da profissional... Agradeço a Deus por merecer o presente que é a sua amizade! Muito obrigada, querida Freire!

Ao Prof. Dr. Alessandro Loguercio

Sua colaboração foi essencial para o desenvolvimento deste trabalho. Obrigada pela presteza, por sua atenção e disponibilidade! Foi um privilégio ter sua orientação e especial participação na minha trajetória do mestrado. Muito obrigada, Professor!

À Doutoranda em Dentística Issis Luque

Foi muito especial sua recepção no laboratório de pesquisa na Universidade Estadual de Ponta Grossa. Seus conhecimentos, sua gentileza e sua disponibilidade serão guardados para sempre em minha memória! Obrigada por sempre me ajudar quando precisei e por sua valiosa participação

neste trabalho. Você é um exemplo a ser seguido de dedicação, profissionalismo e amor ao que faz!

À Profa. Dra. Evelíse Machado

Obrigada pela ajuda com o MEV! Foi muito importante a sua colaboração neste trabalho. Pessoas como você são especiais! Afinal, ajudar alguém sem nem mesmo conhecer, é para poucos! Somente quem tem objetivos sólidos, como você, é capaz de fazer isso!

Ao Prof. Dr. Wander Filú,

Sua paciência, sua dedicação e seu exemplo de professor foram essenciais! Obrigada por desenvolver algumas das substâncias obliterantes utilizadas neste trabalho. O senhor com muito interesse, curiosidade e empenho ajudou de maneira extraordinária nos resultados obtidos! Sinceramente, muito obrigada!

RESUMO

Mello VCFN. Efetividade das substâncias obliterantes na permeabilidade dentinária. Campo Grande; 2013. [Dissertação-Faculdade de Odontologia Prof. Albino Coimbra Filho da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul].

O principal objetivo deste estudo foi avaliar a permeabilidade dentinária sob a influência de quatro substâncias obliterantes e após a aplicação do sistema adesivo Single Bond Universal, submetidos a simulação da pressão pulpar. Para este estudo foram utilizados um total de 45 discos de dentina oclusal de terceiros molares humanos. Os discos foram classificados quanto à permeabilidade (máxima, média e mínima), e, em seguida distribuídos, equitativamente, em 5 grupos (n=9). Cada grupo recebeu um tratamento: Grupo 1: Sistema Adesivo Scotchbond Universal; Grupo 2: Oxalato de Potássio a 3%; Grupo 3: Arginina a 8% e Carbonato de Cálcio; Grupo 4: Cloreto de Estrôncio a 8% ; Grupo 5: BisBlock. Todos os discos de cada grupo tiveram sua permeabilidade mensurada antes e depois do tratamento com as substâncias obliterantes, e, após a aplicação do sistema adesivo. De forma geral, com exceção do grupo apenas adesivo, todos os grupos experimentais apresentaram uma redução adicional significativa na condutância hidráulica, com a aplicação do adesivo, quando comparado com o momento após aplicação da substância obliterante (valor de p variando entre <0,001 e 0,036). Por outro lado, quando os grupos experimentais foram comparados entre si, quanto à redução percentual da condutância hidráulica em relação ao momento após o condicionamento ácido, não houve diferença entre eles, tanto após a aplicação da substância obliterante (teste ANOVA de uma via, p=0,493), como após a aplicação do adesivo (0,076). O uso prévio de substâncias obliterantes como, oxalato de potássio a 3%, arginina a 8% associada ao carbonato de cálcio, cloreto de estrôncio a 8% e BisBlock não reduz a condutância hidráulica dentinária. O procedimento convencional de aplicação somente do sistema adesivo foi capaz de bloquear parcialmente o fluido dentinário.

Palavras-chave: permeabilidade da dentina, adesivos dentinários, oxalatos, pressão hidrostática

ABSTRACT

Mello VCFN. Effectiveness of Obliterans Substances in Dentin

Permeability. Campo Grande; 2013. [Essay-Faculdade de Odontologia Prof. Albino Coimbra Filho da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul].

The main purpose of this study was to evaluate the dentin permeability under the influence of four obliterated substances and after applying the Single Bond Universal Adhesive, submitted to a pulpal pressure simulation. A total of 45 occlusal dentin discs from third human molars were used. The discs were classified according to (maximum, medium and minimum permeability), and afterwards divided into five groups (n=9). Each group had received a treatment as follows: Group 1: Scotchbond Universal Adhesive System; Group 2: 3% Potassium Oxalate, Group 3: 8% Arginine and Calcium Carbonate; Group 4: 8% Strontium Chloride; Group 5: BisBlock. All discs of each group had its permeability measured before and after the treatment using the obliterated substances, and, then, applying the adhesive system. On one hand in general, except the group merely adhesive, all the other experimental groups had showed a meaningful additional reduction in hydraulic conductance applying adhesive, when compared to the time after the obliterated substance applying (p ranging from <0.001 and 0.036). On the other hand, when the experimental groups were compared among them, regarding to the reduction percentage of the hydraulic conductance relating to the time after the etching, there hadn't been any different among them, both after applying the obliterated substance (one-way ANOVA test, $p = 0.493$), and after applying the adhesive (0.076) as well. The previous usage of the obliterated substances, such as, 3% potassium oxalate, 8% arginine associated to calcium carbonate, 8% strontium chloride and BisBlock doesn't reduce dentin hydraulic conductance. The conventional procedure of applying the adhesive system merely could partially block the dentin fluid.

Keywords: dentin permeability, dentin adhesives, oxalates, hydrostatic pressure.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Obtenção do disco de dentina. 1a: Dente fixado com cola quente em placa de acrílico; 1b: Corte 3mm abaixo da crista marginal; 1c: Corte da face oclusal; 1d: Corte de 1,8mm de espessura	40-41
Figura 2 - Disco de 1.8 mm de espessura com ausência de esmalte sobre a superfície de dentina	41
Figura 3 - Fluxograma sobre o delineamento da pesquisa	42
Figura 4 - Tratamento do disco para ser submetido à pressão pulpar. 4a: Padronização da <i>smear layer</i> no disco de dentina, com lixa d'água granulação 600; 4b: Máquina de permeabilidade	43
Figura 5 - Vista da câmara de filtração. 5a: Anel de borracha; 5b: Posicionamento e centralização do disco dentina sobre o anel de borracha; 5c- Ajuste dos manípulos superiores; 5d: Pressurização do sistema com pressão de 0,2 psi ou 140 mmH ₂ O	43-44
Figura 6 - Funcionamento da Máquina de permeabilidade. 6a: Verificação do preenchimento da câmara de filtração através da observação de um pequeno escoamento de água; 6b: Medida do deslocamento da bolha de ar no tubo capilar; 6c: Valor observado no visor do paquímetro	44
Quadro 1 - Materiais utilizados, composições, modos de aplicações e lotes, respectivamente	46
Figura 7- Micrografia eletrônica de varredura da superfície dentinária. 7A – Fotomicrografia da dentina sem tratamento, mostrando a presença de <i>smear layer</i> . 7B: Fotomicrografia da dentina tratada com ácido fosfórico a 37%, por 10s. 7C: Fotomicrografia da dentina tratada com gel base não iônico	47
Figura 8- 8A: Fotomicrografia da dentina tratada com gel de Oxalato de Potássio a 3%, por 30s. 8B: Fotomicrografia da dentina tratada com gel de Arginina a 8% e carbonato de cálcio, por 30s	48
Figura 9- 9A: Fotomicrografia dentina tratada com gel de Cloreto de Estrôncio a 8%, por 30s. 9B: Fotomicrografia da dentina tratada com BisBlock, por 30s	48
Tabela 1 - Resultados referentes à condutância hidráulica ($\mu\text{l.cm}^2/\text{min.cm H}_2\text{O}$) para cada uma das substâncias obliterantes utilizadas, de acordo com o momento de análise.	53

Figura 10- Gráfico ilustrando a condutância hidráulica da dentina em cada um dos grupos e momentos experimentais. Cada símbolo representa a média e a barra o erro padrão da média	54
Tabela 2 - Resultados referentes à redução percentual na condutância hidráulica ($\mu\text{l.cm}^2/\text{min.cm H}_2\text{O}$) nos momentos após a aplicação da substância obliterante e após o adesivo, em relação ao momento após o condicionamento ácido, para cada uma das substâncias obliterantes/adesivo utilizadas.	54
Figura 11- Gráfico ilustrando a redução percentual na condutância hidráulica da dentina em cada um dos grupos, nos momentos após a aplicação da substância obliterante e após o adesivo, em relação ao momento após o condicionamento ácido. Cada símbolo representa a média e a barra o erro padrão da média	55

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

%	porcento
*	diferença estatisticamente significativa
ác.	ácido
Aq.	aquosa
Bis-GMA	bisfenil-A glicidil metacrilato
EDTA	ácido-etileno-diamino-tetracético-dissódico
h	horas
H ₂ O	água
HEMA	2-hidroxietil metacrilato
MEV	microscópio eletrônico de varredura
min	minutos
mm	milímetro
MPa	mega Pascal
mW/cm ²	mili Watts por centímetro quadrado
n.	número
ns	diferença estatisticamente não significativa
°C	graus centígrados
pH	potencial hidrogeniônico (quantidade de íons hidrogênio contida em uma substância)
psi	libras por polegadas ao quadrado
r.c.	resina composta
s	segundos
sis. rest. ades.	sistema restaurador adesivo
sol.	solução
UDMA	dimetacrilato de uretana
µm	micrômetro
10-MDP	10-monômero di-fosfato de metacrilato

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
2. REVISÃO DE LITERATURA	25
2.1 Morfologia da dentina	26
2.2 <i>Smear layer</i>	27
2.3 Complexo dentino-pulpar	27
2.4 Hipersensibilidade dentinária	29
2.5 Condutância hidráulica dentinária	29
2.6 Substâncias obliterantes e redutoras da condutância hidráulica dentinária	32
2.7 Adesão ao substrato dentinário	34
3 PROPOSIÇÃO	37
3.1 Objetivo Geral	38
3.2 Objetivo Específico	38
4 MATERIAL E MÉTODOS	39
4.1 Aspectos éticos	40
4.2 Seleção dos dentes	40
4.3 Preparo dos espécimes	40
4.4 Delineamento da Pesquisa	42
4.5 Classificação da permeabilidade e randomização dos espécimes	43
4.6 Imagens ilustrativas em Microscopia Eletrônica de Varredura	47
4.6.1 Preparo das amostras	47
4.7 Tratamento estatístico dos dados	48
5 RESULTADOS	50

6 DISCUSSÃO	56
7 CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
APÊNDICE	73

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Em Odontologia, a adesão pode ser definida como a força que mantém juntas duas substâncias ou juntos dois substratos, com diferentes composições, desde que suas moléculas estejam em íntimo contato (distância máxima: $0,0007\mu\text{m}$). Entre os mecanismos que permitem esse fenômeno, a interação mecânica é a mais defendida em Odontologia adesiva. Esse meio de interação entre substratos e substâncias resulta do entrelaçamento de um adesivo solidificado nas irregularidades do substrato, que deve estar extremamente limpo. A adesão parece depender da presença das irregularidades no substrato, do potencial dos monômeros em penetrar nessas rugosidades, da possibilidade de escape do ar presente nos poros, à medida que o material penetra, e da capacidade de polimerização nessa região. Assim, é estabelecida a chamada união micromecânica, onde os poros criados são preenchidos por monômeros. Essa união é conseguida pela aplicação de um agente intermediário denominado de adesivo dental. Adesivos dentais são combinações de monômeros resinosos de diferentes pesos moleculares e viscosidades. Adesivos convencionais são todos os sistemas que empregam o passo operacional de condicionamento ácido de superfície de esmalte ou dentina, previamente à aplicação dos outros passos. Os sistemas adesivos autocondicionantes diferem dos convencionais, especificamente, porque não requerem a aplicação isolada de um ácido para produzir porosidades no substrato (Hashimoto *et al.*, 2009; Spencer *et al.*, 2010). Embora os sistemas adesivos autocondicionantes reduzam o número de passos clínicos envolvidos na adesão, muitos deles são limitados em suas aplicações (Tay *et al.*, 2004).

A adesão ao esmalte pode ser considerada um procedimento previsível devido à homogeneidade da sua composição. A adesão alcançada neste substrato é uniforme e estável (Perdigão, 2010). Ao contrário, a dentina se caracteriza por ser um substrato naturalmente heterogêneo, e suas variações regionais de morfologia e fisiologia determinam a não uniformidade da adesão. Sendo assim, a eficácia de um adesivo dentinário depende de sua maior ou menor sensibilidade às variações do substrato e do conhecimento científico do operador (Pashley, 1991; Pashley *et al.*, 2002).

Existem condicionadores ácidos que são utilizados para dissolver a camada de *smear layer* (lama dentinária) e desmineralizar a dentina intacta subjacente para

criar uma superfície microporosa com uma rede de fibrilas colágenas, proporcionando espaço para a infiltração de resina (Hashimoto, 2009).

O condicionamento ácido da dentina afeta um movimento fisiológico muito importante do complexo dentino-pulpar, denominado condutância hidráulica dentinária que está diretamente ligada à permeabilidade da dentina, movimento essencial para fisiologia e para os padrões de reação do órgão dentina-polpa. A permeabilidade envolve a passagem de fluidos, íons, moléculas, matéria particulada e bactérias dentro e através de uma substância ou tecido sob diferentes e variadas condições (Pashley *et al.*, 2002).

O aumento da permeabilidade dentinária pode resultar em hipersensibilidade dentinária, que de acordo com a teoria hidrodinâmica acontece devido à movimentação rápida dos fluidos dentinários (condutância hidráulica dentinária aumentada) dentro dos túbulos dentinários. Esta rápida movimentação leva à uma excitação dos mecano-receptores da polpa e iniciam impulsos nas fibras nervosas causando uma dor aguda bem localizada e transitória, sem envolvimento direto das células odontoblásticas (Pashley, 1991; Abd-Elmeguid & Yu, 2009; Magloire *et al.*, 2010; Perdigão, 2010; Wang *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2012).

Existe um conceito geral que os adesivos dentinários sejam uma membrana impermeável com capacidade de selar a superfície da dentina exposta e proteger o complexo dentino-pulpar, e assim impedir o movimento do fluido dentinário. Entretanto, estudos recentes demonstram que a aplicação de sistemas adesivos prévio a restaurações de resina composta não garante o completo selamento da dentina exposta, permitindo que ocorra a movimentação de fluidos através da membrana do sistema adesivo, mesmo sob a restauração finalizada. Isso ocorre não somente devido às imperfeições do processo adesivo, mas também pelo fato de que os sistemas adesivos, ao contrário do que se acreditava, são membranas permeáveis e permitem a passagem de fluidos através de sua estrutura (Tay *et al.*, 2004; Yiu *et al.*, 2006; Belli *et al.*, 2010).

Tem sido uma preocupação da Dentística a permeabilidade dos sistemas adesivos, pois, estes fatores podem ocasionar um colapso tanto no sistema adesivo quanto das fibrilas colágenas dentro da camada híbrida, comprometendo a estabilidade da interface resina-dentina (Özok *et al.*, 2003).

Esses fatores associados contribuem para os valores altos de condutividade hidráulica da dentina observados após os procedimentos adesivos, e para os relatos

de sensibilidade pós-operatória, ocasionalmente reportados após o uso de adesivos dentinários convencionais em procedimentos restauradores (Sadek *et al.*, 2007; Hashimoto *et al.*, 2009).

Soluções à base de oxalato de potássio são efetivos agentes de redução de condutividade hidráulica da dentina e têm sido recomendadas para o tratamento da hipersensibilidade dentinária. O oxalato de potássio reage com íons cálcio da superfície dentinária e com seu fluido formando cristais insolúveis de oxalato de cálcio, os quais se precipitam sobre a dentina exposta e ocluem parcial ou totalmente os túbulos dentinários, reduzindo sua permeabilidade (Yiu *et al.*, 2006; Vachiramiron *et al.*, 2008; Silva *et al.* 2010).

Quando essas soluções de oxalato de potássio são aplicadas em preparos cavitários, sobre *smear layer*, a formação dos cristais de oxalato de cálcio sobre a superfície compromete a posterior união dos adesivos dentinários. Porém, se a dentina for previamente condicionada com uma solução ácida, os íons cálcio não estarão mais disponíveis na superfície, contudo quando a solução de oxalato é aplicada, os íons cálcio se formam na subsuperfície dos túbulos dentinários, reduzindo ou eliminando o volume de fluidos que poderia permear através da camada de adesivo (Pashley *et al.*, 2002; Tay *et al.*, 2003; Tay *et al.*, 2004;).

Alguns estudos tem mostrado, também, que aplicação prévia de dessensibilizante a base de oxalato de potássio, como o BisBlock (Bisco), tem efetividade ao reagir com cálcio ionizado da dentina para formar cristais de oxalato de cálcio que podem ocluir os túbulos dentinários. Quando aplicado após o condicionamento ácido, cristais de oxalato de cálcio se formam somente dentro dos túbulos deixando a superfície dentinária adequada para receber o sistema adesivo (Silva *et al.*, 2010; De Moraes Porto *et al.*, 2011).

Também tem sido demonstrado que agentes obliterantes, como arginina/carbonato de cálcio e cloreto de estrôncio tem efetividade na oclusão de túbulos e redução da sensibilidade dentinária. A arginina com carbonato de cálcio atuam juntos no mecanismo de aceleração natural de obliteração através de depósito (obliteração mecânica) na dentina como mineral dentro dos túbulos dentinários e como camada protetora na superfície dentinária (Hughes *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2012;). Já a aplicação de sais de estrôncio, na forma de cloreto e acetato, resulta na formação de uma camada bem compacta e contínua na superfície, e esta camada é observada penetrando e preenchendo os túbulos dentinários. Este

resultado é atribuído à troca de íons entre o estrôncio e o cálcio no tecido dentário (Hughes *et al.*, 2010; Layer e Hughes, 2010; Addy e Smith, 2010; Davies *et al.*, 2011).

O problema da permeabilidade dos adesivos tem profundas implicações clínicas e podem frustrar as expectativas de sucesso dos procedimentos adesivos, principalmente a longo prazo. Diante do exposto, torna-se oportuno o estudo dos efeitos de substâncias oclusivas na condutividade hidráulica da dentina e a permeabilidade do sistema adesivo na dentina submetida à ação destas substâncias, pois, a oclusão parcial dos túbulos dentinários leva à uma consequente diminuição da umidade dentinária e da degradação hidrolítica do sistema adesivo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2 Revisão da literatura

2.1 Morfologia da dentina

A dentina é um tecido duro, mineralizado, de natureza conjuntiva, hidratado que constitui a maioria da estrutura de cada dente recobrendo e protegendo a polpa e serve como suporte para todo o esmalte. É composta, em peso, por: 70% de hidroxiapatita, sob a forma de cristalitos alongados; 20% de material orgânico, onde o colágeno tipo I representa 85%; os demais constituintes são proteínas não-colágenas; 10% de água (Spencer *et al.*, 2010).

Estruturalmente, a dentina é constituída por túbulos dentinários que atravessam toda sua estrutura desde a cavidade pulpar até a região de junção amelo-dentinária ou junção cimento-dentina. Durante a dentinogênese, conforme a dentina vai sendo formada ao redor dos prolongamentos odontoblásticos, os odontoblastos vão se retraindo em direção à polpa. Porém, a permanência dos prolongamentos no tecido em mineralização acaba resultando na formação dos túbulos, que posteriormente são preenchidos pelo fluido dentinário. Os túbulos percorrem toda a espessura da dentina num trajeto sinuoso, têm diâmetros que variam de 2,5µm, próximo à polpa, a 1µm junto à junção amelodentinária (JAD). Microramificações podem ser encontradas em qualquer local da dentina e podem ter 0,1µm. Sua quantidade também varia de acordo com a profundidade sendo aproximadamente 45.000 (próximo à polpa) à 20.000/mm² na junção amelodentinária. Em valores percentuais, podem representar desde 1% da área total, próxima à JAD, até 22% próximo à polpa (Pashley, 1991; Perdigão, 2010). Diferentes tipos de ramificações de túbulos dentinários são encontradas e elas podem se diferenciar com base na localização e direção das ramificações em relação ao túbulo principal (Mjör, 2009).

O fluido dentinário é constituído de um transudato do plasma e sua composição é semelhante ao plasma em muitos aspectos. Embora contenha proteínas de plasma, suas concentrações são somente cerca de 10% daquela encontrada no plasma. O fluido sai entre os odontoblastos através dos túbulos dentinários e é bloqueado na periferia pelo esmalte na coroa e pelo cimento na raiz. Mantido sob pressão, se movimenta em resposta a estímulos táteis, osmóticos ou

térmicos e esse movimento está diretamente associado à sensibilidade dentinária (Pashley, 1991).

A dentina peritubular forma a parede dos túbulos dentinários; é hipermineralizada, com espessura variável (0,4µm próximo à polpa e 0,7µm na junção amelodentinária) e parcialmente desprovida de fibrilas de colágeno. Como há deposição de dentina peritubular durante toda vida, os túbulos acabam sendo reduzidos ou obliterados (dentina esclerótica). Já a dentina intertubular constitui a maior parte do volume da dentina e fica entre as colunas de dentina peritubular, é composta por fibrilas de colágeno, dispostas perpendicular aos túbulos, nas quais os cristalitos de apatita se depositam com seus longos eixos paralelos ao longo eixo das fibrilas (Mjör, 2009).

2.2 Smear layer

Componentes residuais orgânicos e inorgânicos formam a lama dentinária ou *smear layer*, que é uma camada de esfregaço proveniente de procedimentos de corte com instrumentos rotatórios sobre a dentina (Spencer *et al.*, 2010). Quando a dentina é recoberta por *smear layer* e os túbulos dentinários são ocluídos, a permeação de fluido é reduzida a quase zero (Pashley, 1991). Essa camada resulta de remanescentes do substrato seccionado, sangue, saliva, bactérias, fragmentos do abrasivo, óleo, que se ligam à dentina intertubular e penetram nos túbulos dentinários preenchendo-os e formando *smear plugs*, diminuindo a permeabilidade dentinária em até 86%. A remoção das *smear layer* e das *smear plugs* com soluções ácidas resultam no aumento do fluxo de fluido dentro da superfície de dentina exposta (Pashley *et al.*, 1981; Pashley, 1989; Tagami *et al.*, 1991). Este fluido pode interferir com adesão, visto que os adesivos hidrofóbicos não aderem aos substratos hidrofílicos, e não conseguem penetrar nos túbulos dentinários e formar os prolongamentos de resina (Perdigão, 2010).

2.3 Complexo dentino-pulpar

A polpa é um tecido conjuntivo frouxo, rico em células, fibrilas de colágeno, substância intercelular amorfa, nervos, vasos sanguíneos e linfáticos. As células principais da polpa são os odontoblastos, fibroblastos, células ectomesenquimais

indiferenciadas, macrófagos e outras células imunocompetentes. A dentina é a porção mineralizada desse complexo tecidual com a mesma origem embriológica, e deve ser considerada anatomofisiologicamente como uma extensão da polpa (Mjör, 2009).

Vasos sanguíneos e linfáticos entram e deixam a polpa através dos forames apical e acessórios, e estão associados intimamente às arteríolas e feixes nervosos mielinizados e não mielinizados, que também penetram pelo forame apical. Estes nervos seguem os vasos sanguíneos até que se ramificam e formam uma rede de terminações nervosas na região próxima às células odontoblásticas. Tecido altamente innervado que contém nervos somáticos aferentes que são as fibras. As fibras A-delta e A-beta (mielinizadas) e as fibras C, desmielinizadas, são responsáveis pelo impulso da dor. Mediante estímulos no meio bucal pode ocorrer movimento rápido de fluido resultando em dor; no entanto o movimento lento e normal do fluido não estimula as terminações nervosas e não causa dor (Abd-Elmeguid e Yu, 2009).

As células mais importantes do complexo dentino-pulpar são os odontoblastos, que são responsáveis pela formação da dentina durante a formação do órgão dentário, chamada de dentina primária. Após a erupção, estes continuam a formar dentina em contínua deposição mas, de forma mais lenta, esta é denominada dentina secundária. Já a dentina formada em resposta aos estímulos, como lesões cáries ou procedimento restaurador é chamada de dentina terciária caracterizada por ser produzida apenas pelas células afetadas pelos estímulos, diferente da dentina primária e da terciária que se formam ao longo de toda margem dentina-polpa (Mjör, 2009).

A interface que se forma entre a dentina formada pelas células odontoblásticas primárias (dentina primária e secundária) e as células que se diferenciaram (dentina terciária) age como uma barreira a entrada de agentes agressores, visto que os túbulos das duas dentinas não se comunicam diretamente. A diferente orientação dos túbulos impede, também, a movimentação de fluidos eliminando, ainda que no local, a permeabilidade dentinária (Pashley, 1991; Mjör, 2009).

2.4 Hipersensibilidade dentinária

Após uma série de estudos *in vitro* e *in vivo*, as evidências mostram que a hipersensibilidade pode ser explicada pela teoria hidrodinâmica. Esta teoria defende que a movimentação rápida dos fluidos dentinários dentro dos túbulos dentinários leva a uma excitação dos mecano-receptores da polpa e iniciam impulsos nas fibras nervosas causando uma dor aguda bem localizada e transitória, sem o envolvimento direto das células odontoblásticas (Pashley, 1991; Abd-Elmeguid & Yu, 2009; Magloire *et al.*, 2010; Perdigão, 2010; Wang *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2012).

De acordo com a teoria hidrodinâmica, estudos comprovam que a dentina hipersensível tem uma quantidade maior de túbulos abertos quando comparada à dentina não sensível (Guentsch *et al.*, 2012; Carvalho *et al.*, 2012). Deste modo, a permeabilidade da dentina (condutância hidráulica) exerce importante papel na sensibilidade dentinária.

A permeabilidade dentinária não é uniforme e varia conforme a área de superfície e espessura da dentina, comprimento, diâmetro e número de túbulos, proximidade da polpa e presença ou ausência de *smear layer* (Pashley *et al.*, 1981; Pashley, 1989; Tagami *et al.*, 1991; Mjör, 2009; Belli *et al.*, 2010; Ajcharanukul, Oranratmanee e Thitikunakorn, 2010).

Portanto, em um mesmo preparo cavitário temos áreas mais permeáveis e sensíveis devido à proximidade pulpar onde a espessura dentinária é menor e os túbulos dentinários em maior número e diâmetro (Pashley *et al.*, 2002; Pereira, Segala e Gillam, 2003).

2.5 Condutância hidráulica dentinária

A passagem de substâncias através da dentina acontece pelos mecanismos de difusão e filtração que permitem a mensuração da condutância hidráulica dentinária em testes laboratoriais (Pashley *et al.*, 1988).

A quantificação da filtração de líquidos através dos túbulos dentinários é o método mais utilizado e mais simples para se medir a permeabilidade dentinária e a efetividade das substâncias obliteradoras de túbulos, representada pela condutância hidráulica dentinária. Na filtração, a movimentação de fluidos ocorre pela presença de um gradiente de pressão, e, não devido à concentração de substâncias diluídas

no líquido (Pashley *et al.*, 1988; Pashley, 1991; Pashley *et al.*, 1996; Sauro *et al.*, 2007).

A facilidade com que os fluidos podem movimentar-se através de uma barreira permeável é expressa pela condutância hidráulica dentinária, sob uma determinada pressão e em um determinado espaço de tempo (Pashley *et al.*, 1996).

A medição da condutância hidráulica dentinária se dá através da medição do deslocamento de uma bolha de ar por um tubo capilar. Dispondo do diâmetro interno do tubo e do deslocamento da bolha no tempo pré-determinado, é possível calcular o volume de líquido que se deslocou através do disco de dentina. Aplicando estes dados nas equações abaixo descritas é possível obter a permeabilidade com relação ao tempo, pressão e área útil do disco de dentina (Pashley *et al.*, 1996; Carrilho *et al.*, 2007).

Com o valor da medida de deslocamento da bolha, obtido com uma média feita entre três medidas, 5 min cada (Komabayashi *et al.*, 2010) obtém-se o índice de filtração através da seguinte fórmula:

$$Q = \frac{v_p * D}{L * T}$$

Sendo:

Q= Índice de filtração ($\mu\text{l}/\text{min}$);

v_p = Volume padronizado (μl)

D= Deslocamento da bolha no tubo capilar (mm);

T= Tempo em minutos (min);

L= Comprimento do capilar (mm).

Obtido o valor do índice de filtração, o valor da condutância hidráulica da dentina em $\mu\text{l}.\text{cm}^2/\text{min}.\text{cm H}_2\text{O}$ (L_p) de cada disco é feito através da seguinte fórmula:

$$L_p = \frac{Q}{P * (A \text{ sup})}$$

Sendo:

L_p = condutância hidráulica da dentina em $\mu\text{l}.\text{cm}^2/\text{min}.\text{cm H}_2\text{O}$

Q = índice de filtração ($\mu\text{l} / \text{min}.$)

P = diferença da pressão hidrostática através da dentina (cm H₂O)

A sup = área de superfície dentinária exposta (cm²)

A pressão aplicada pode coincidir com a pressão fisiológica pulpar (1,47 KPa ou 14 cm de H₂O ou 140 mm de H₂O) ou ser acima desta para forçar uma quantidade de fluido suficiente para uma medição acurada em menor tempo, como exemplo 20cm (Sauro *et al.*, 2007). Como a pressão e o fluxo estão proporcionalmente ligados, quanto maior a pressão, maior a filtração de fluidos (Pashley *et al.*, 1996; Silva *et al.*, 2007, Carrilho *et al.*, 2007).

A influência do tempo de medição nos resultados dos testes de permeabilidade está relacionada com a pressão empregada nestes testes. Estudos mostram que a permeabilidade não varia com o tempo de medição se a pressão empregada for semelhante à fisiológica. Nestes casos a água atravessa a dentina sem alterar a composição orgânica dos túbulos dentinários. Já quando uma pressão maior é aplicada, componentes orgânicos dos túbulos podem ser removidos ou alterados, subestimando ou superestimando a permeabilidade dentinária (Pashley, 1991; Sauro *et al.*, 2007). Isto significa que quanto maior a sensibilidade do aparelho leitor, menor pressão deve ser utilizada e tempos curtos de medição podem ser empregados.

Segundo Pashley (1988; 1991), devido ao formato cônico dos túbulos dentinários, o cálculo de fluxo de fluidos na dentina deve obedecer à mesma lei física para líquidos em capilares.

Sendo assim, o fluxo de fluido será determinado basicamente por alterações no comprimento e diâmetro dos túbulos dentinários (Pashley *et al.*, 1996; Mjör, 2009; Komabayashi *et al.*, 2010). O que leva ao entendimento de que pequenas mudanças no diâmetro dos túbulos dentinário pode alterar a condutância hidráulica dentinária.

Desta maneira, duas situações devem ser levadas em consideração quando se quer mensurar o fluxo de fluido ou condutância hidráulica dentinária: a primeira é que a presença de *smear layer* determina uma condição mais efetiva para obliteração de túbulos e diminuição do fluxo de fluido através da dentina, e, a segunda é que a desmineralização através do condicionamento ácido determina uma condição de aumento da permeabilidade em mais de 90%, alterando o diâmetro dos túbulos dentinários (Pashley *et al.*, 1981; Pashley, 1988; 1989; 1991; Tagami *et al.*, 1991; Pashley, 1996; Ajcharanukul, Oranratmanee e Thitikunakorn, 2010).

Portanto, a condutividade hidráulica dos espécimes é medida sempre, inicialmente, na presença de *smear layer* (permeabilidade mínima), e, após sua remoção através da aplicação de condicionadores ácidos (permeabilidade máxima), individualmente. Desta maneira, nestes tipos de experimento cada dente serve como seu próprio controle (Pashley *et al.*, 1988; 1996).

2.6 Substâncias obliterantes e redutoras da condutância hidráulica dentinária

A obliteração dos túbulos dentinários interfere na movimentação de fluidos, não estimulando as terminações nervosas, e, conseqüentemente, diminuindo a sensibilidade dentinária. Portanto, as substâncias obliterantes devem atuar na permeabilidade dentinária através da diminuição do diâmetro dos túbulos dentinários, reduzindo desta forma a movimentação do fluido (Sadek *et al.*, 2007; Addy *et al.*, 2010; De Moraes Porto *et al.*, 2001).

A aplicação de géis contendo sais solúveis como oxalato de potássio, oxalato férrico (Pashley *et al.*, 1988), arginina com carbonato de cálcio, acetato de estrôncio e fluoreto de sódio (Hughes *et al.*, 2010) podem reduzir a permeabilidade dentinária devido à reação destes sais com os constituintes dentários formando cristais relativamente insolúveis que se depositam na superfície dentinária, obliterando ou reduzindo o calibre dos túbulos dentinários (Layer *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2012).

O oxalato de potássio como agente obliterante de túbulos dentinários apresenta efeito importante na redução da sensibilidade dentinária como já visto em vários estudos *in vitro* (Silva *et al.*, 2007; 2010; Garcia *et al.*, 2010; Porto *et al.*, 2011; Cunha-Cruz *et al.*, 2011). Além de apresentar efeito obliterante através da formação dos cristais de oxalato de cálcio, o agente apresenta efeito sobre as terminações nervosas. O aumento do potássio extracelular causa a despolarização do nervo, diminuindo a sua excitabilidade (Vachirammon *et al.*, 2008; Abd-Elmeguid e Yu, 2009; Silva *et al.*, 2010; Porto *et al.*, 2011).

O oxalato de potássio tem sido utilizado como tratamento alternativo para evitar a transudação de água da dentina para a camada de adesivo, sendo aplicado antes do sistema adesivo. Este tratamento prévio com oxalato de potássio tem mostrado redução na condutância hidráulica dentinária. Com esta redução, o polímero dentro da camada híbrida está apto a se tornar mais protegido contra os efeitos deletérios da água proveniente da dentina, o que pode favorecer a

estabilidade das forças adesivas. No entanto, o uso desta técnica reduz a estabilidade da interface depois de médio a longo prazo de armazenamento em água (3 à 12 meses). O fato de que exista alguma incompatibilidade entre produtos a base de oxalato e o adesivo pode ser a razão das falhas neste protocolo, e, isto não desencoraja mais estudos sobre este assunto. Como este protocolo requer a desmineralização da dentina previamente, não é aplicável para os sistemas adesivos autocondicionantes (Reis A *et al.*, 2013).

Outros agentes obliterantes, como arginina/carbonato de cálcio e cloreto de estrôncio tem demonstrado efetividade na oclusão de túbulos e redução da sensibilidade dentinária. A arginina com carbonato de cálcio atuam juntos no mecanismo de aceleração natural de obliteração através de depósito (obliteração mecânica) na dentina como mineral dentro dos túbulos dentinários e como camada protetora na superfície dentinária (Hughes *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2012;). No entanto, estudos *in vitro* suportam que os depósitos de arginina com carbonato de cálcio não tem sido adequadamente demonstrados quanto à insolubilidade na presença de ácidos (Addy e Smith, 2010).

A inclusão de arginina e carbonato de cálcio como ingredientes em cremes dentais dessensibilizantes parece ter um mecanismo de ação similar ao processo dessensibilizante natural da saliva. Acredita-se que arginina é um aminoácido que retém o carbonato de cálcio de superfície para formar um aglomerado carregado positivamente. Este aglomerado se liga imediatamente à superfície de dentina carregada negativamente e dentro dos túbulos dentinários produzindo uma obliteração física e promovendo alívio rápido da sensibilidade dentinária (Li *et al.*, 2012).

Sais de estrôncio, na forma de cloreto e acetato, também são agentes obliterantes de túbulos (Addy e Smith, 2010). A aplicação de solução de estrôncio na superfície dentinária resulta na formação de uma camada bem compacta e contínua na superfície. Além disso, esta camada é observada penetrando e preenchendo os túbulos dentinários. A formação é atribuída à troca de íons entre o estrôncio e o cálcio no tecido dentário, seguida pela reprecipitação de cálcio e finalmente a formação de alta densidade de CaSr e hidroxiapatita. O estrôncio é encontrado naturalmente dentro do esmalte e da dentina de humanos como um elemento traço e como um excelente agente remineralizante. Isto, provavelmente, devido à sua habilidade de se incorporar à fase mineral do esmalte pela restituição de cálcio

(Hughes *et al.*, 2010; Layer & Hughes, 2010; Addy & Smith, 2010; Davies *et al.*, 2011).

Sistemas adesivos também tem sido testados quanto à efetividade na redução da permeabilidade dentinária. Porém, a presença de fluido dentinário dentro dos túbulos durante a aplicação do sistema adesivo faz com que haja migração desse fluido para superfície, resultando em microbolhas que podem ficar aprisionadas na embocadura dos túbulos mediante a polimerização do adesivo (Tay *et al.*, 2004). Além disso, a contração de polimerização do adesivo faz com que os prolongamentos de resina dentro dos túbulos se afastem das paredes laterais permitindo a movimentação de fluidos nesta interface (Hashimoto, 2009).

Estudos tem demonstrado que para reduzir efetivamente a permeabilidade dos sistemas adesivos, a aplicação prévia de dessensibilizantes de oxalato de potássio, como o BisBlock, mostraram efetividade ao reagirem com cálcio ionizado da dentina para formar cristais de oxalato de cálcio que podem ocluir os túbulos dentinários. Quando aplicados após o condicionamento ácido, cristais de oxalato de cálcio se formam somente dentro dos túbulos deixando a superfície dentinária adequada para receber o sistema adesivo (Silva *et al.*, 2010; Porto *et al.*, 2011).

2.7 Adesão ao substrato dentinário

Na tentativa de garantir um bom selamento da dentina exposta através do embricamento micromecânico, os sistemas adesivos foram sugeridos como um sistema eficaz na penetração por entre as fibrilas colágenas e para redução da permeabilidade ou condutância hidráulica dentinária (Chan e Jensen, 1986; Tay *et al.*, 2004; Yiu *et al.*, 2005).

A adesão ao esmalte pode ser considerada como um procedimento previsível, pois devido a homogeneidade da sua composição, a adesão conseguida a este substrato é uniforme e estável. Ao contrário, a dentina se caracteriza por um substrato naturalmente heterogêneo, e suas variações regionais de morfologia e fisiologia determinam a não uniformidade da adesão. Devido a estes fatos, a eficácia de um adesivo dentinário depende de sua maior ou menor sensibilidade às variações do substrato, aliados ao conhecimento científico do operador (Pashley, 1991; Pashley *et al.*, 2002; Perdigão, 2010).

A permeabilidade da dentina é essencial para fisiologia e para os padrões de

reação do órgão dentina-polpa. Existem condicionadores ácidos que são utilizados para remover a camada de lama dentinária e desmineralizar a dentina subjacente para criar uma superfície microporosa com uma rede de fibrilas colágena, proporcionando espaço para a infiltração de resina (Hashimoto, 2009).

A aplicação de ácido fosfórico a 37% na superfície dentinária causa uma exposição dos túbulos dentinários e a medida da permeabilidade neste momento é considerada 100%. A dentina desmineralizada em um espécime que vai receber o tratamento posterior com substância obliterante pode ser considerada como seu próprio controle (Sauro *et al.*, 2011).

A adesão aos tecidos dentais é um processo onde material inorgânico é substituído por resina. Em uma primeira fase ocorre a remoção de minerais do substrato (fosfato de cálcio), formando as microporosidades. A segunda fase é a de hibridização que envolve a infiltração e polimerização *in situ* de monômeros resinosos através das porosidades criadas (Spencer *et al.*, 2010).

A hibridização dos tecidos dentais pode ocorrer em um, dois ou três passos. No entanto, atualmente, os adesivos tem sido classificados em convencionais ou autocondicionantes. Os convencionais de três passos são aqueles que utilizamos ataque ácido, primer e adesivo, e, os de dois passos é feito ataque ácido e aplicação do adesivo, em que está associado o primer e o adesivo. Já os autocondicionantes são aqueles que tem dois passos (primer ácido autocondicionante e adesivo) ou de único passo, onde o frasco possui características desmineralizante, hidrofílica e hidrofóbica (adesivo autocondicionante) (Hashimoto, 2009). Devido à praticidade clínica, rapidez e diminuição da sensibilidade técnica, os adesivos autocondicionantes tem sido bastante utilizados.

Um novo sistema adesivo, o Scotchbond Universal, tem sido utilizado para aplicação com o passo do ataque ácido prévio e como adesivo autocondicionante. Alguns estudos mostram que este sistema adesivo é considerado como um autocondicionante ultra médio devido ao seu pH relativamente alto (pH 3,0). Este valor de pH alto pode explicar a significativa deterioração da adaptação marginal com base em estudo de 18 meses na utilização como sistema autocondicionante, especialmente quando comparado com situações de uso prévio do ataque ácido. Isso não foi considerado como falha do adesivo porque ao realizar um novo polimento, houve resolução desse problema. Este sistema adesivo difere dos demais adesivos, principalmente, pela incorporação do monômero 10-MDP que

oferece acidez para capacitar seu comportamento autocondicionante. A adesão química entre o 10-MDP e esmalte/dentina pode resultar em interfaces estáveis mesmo sem retenção micromecânica proveniente do ataque ácido prévio (Perdigão *et al.*, 2013).

Van Landuyt *et al.* (2007) relataram que o monômero 10-MDP é usado, principalmente, como um monômero ácido, devido ao grupo dihidrogenofosfato, que pode se dissociar em água para formar dois prótons. Estruturalmente, a longa cadeia carbonil faz esse monômero totalmente hidrofóbico. Como consequência, o etanol e a acetona são solventes mais adequados para este monômero. Também, está claro que o 10-MDP será relativamente estável quanto à hidrólise, pois, manterá a água distante. Este monômero é capaz de formar uma adesão iônica forte com o cálcio devido à baixa taxa de dissolução do resultado Ca-sal em sua própria solução. O monômero 10-MDP é promissor pela intensa adesão química à hidroxiapatita do esmalte ou da dentina.

3 PROPOSIÇÃO

3 PROPOSIÇÃO

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a possibilidade de eliminação da permeabilidade dentinária.

3.2 Objetivo Específico

- 1) Mensurar a capacidade oclusiva das substâncias obliterantes, sob a influência da condutância hidráulica dentinária:
 - a. Oxalato de Potássio a 3%,
 - b. Arginina a 8% + Carbonato de Cálcio,
 - c. Cloreto de Estrôncio a 8% e
 - d. BisBlock.
- 2) Mensurar a capacidade oclusiva da associação das substâncias obliterantes ao sistema adesivo Single Bond Universal, sob a influência da condutância hidráulica dentinária.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Aspectos éticos

O trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - CEP / UFMS (Protocolo n. 2253 CAAE 0361.0049.000-11, em anexo).

4.2 Seleção dos dentes

Quarenta e cinco terceiros molares humanos hígidos, não cariados, extraídos sob indicação, foram armazenados em solução de Cloramina T 0,5%, a 4°C, e, utilizados no prazo máximo de 6 meses.

4.3 Preparo dos espécimes

Para medição da permeabilidade foram utilizados 45 dentes, fixados individualmente com cola quente em placas de acrílico (2 cm x 2 cm x 0,5 cm) (Fig.1a). Os mesmos tiveram o esmalte oclusal removido com a utilização de disco diamantado fixado em uma cortadeira metalográfica de precisão (Isomet, Buehler, Ltda., Lake Bluff, IL, EUA) (Fig. 1a, 1b, 1c e 1d). Um novo corte paralelo ao primeiro foi realizado para permitir a obtenção de discos de dentina (Figs. 1 e 2) com uma espessura de 1,8 mm (Fig. 2).



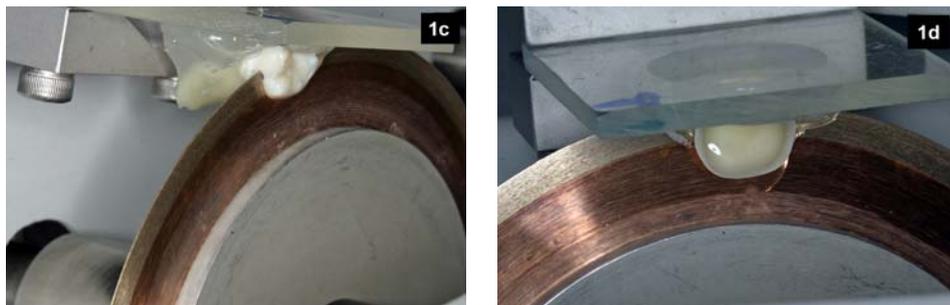


Figura 1 – Obtenção do disco de dentina. **1a**: Dente fixado com cola quente em placa de acrílico; **1b**: Corte 3mm abaixo da crista marginal; **1c**: Corte da face oclusal; **1d**: Corte de 1,8mm de espessura.

Em seguida foram lixados com lixa d'água granulação 180, 600 e 1200, secos com papel absorvente e suas superfícies verificadas em lupa quanto à ausência de esmalte.



Figura 2 - Disco de 1.8 mm de espessura com ausência de esmalte sobre a superfície de dentina.

4.4 Delineamento da Pesquisa

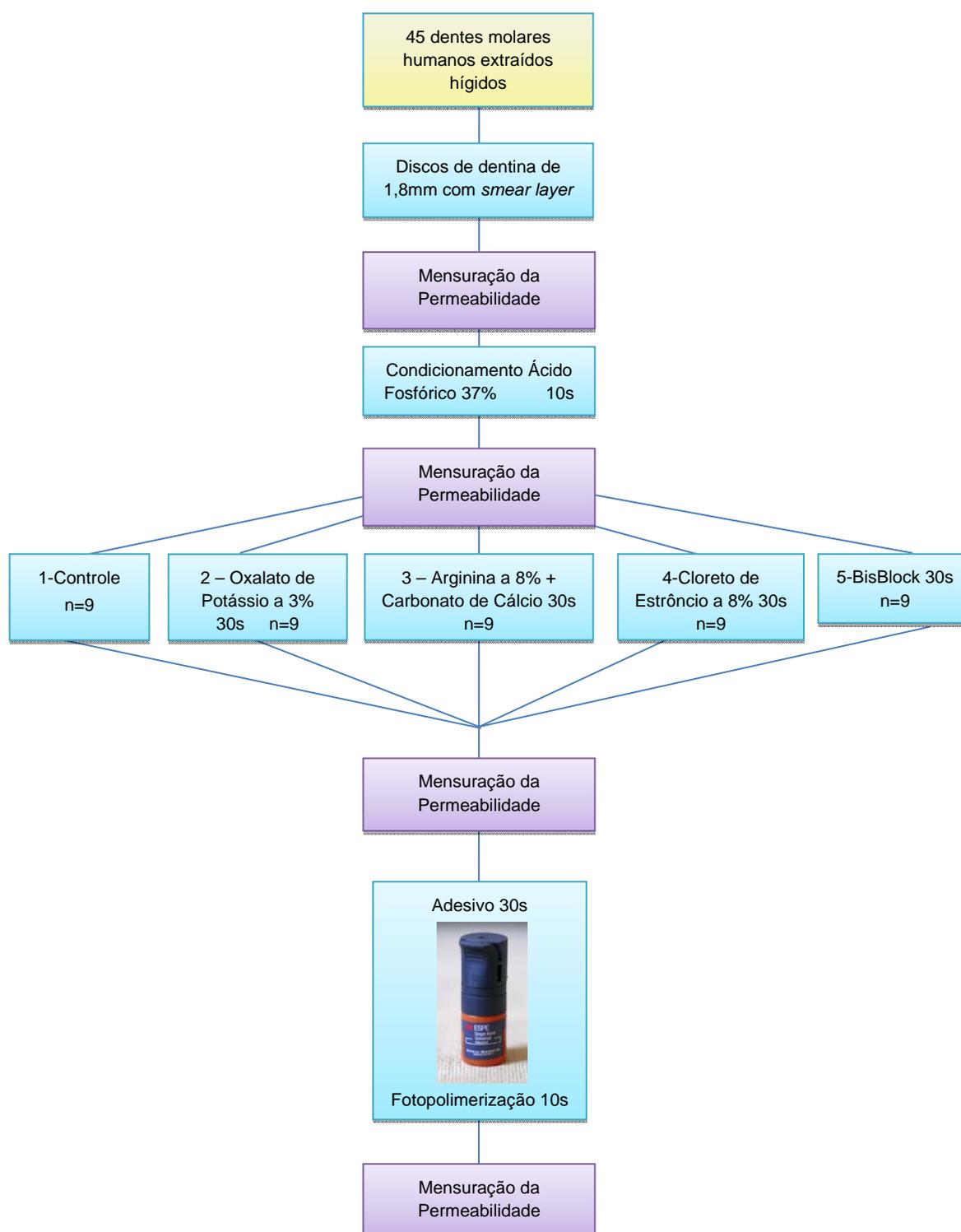


Figura 3 – Fluxograma sobre o delineamento da pesquisa.

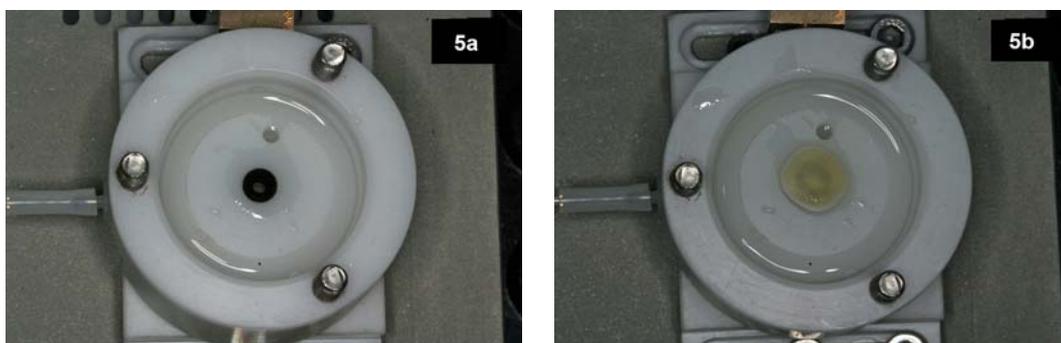
4.5 - Classificação da permeabilidade e randomização dos espécimes

Quarenta e cinco discos foram classificados quanto à permeabilidade (máxima, média e mínima). O preparo de cada disco foi: ataque ácido por 10 segundos(s) em suas duas faces, lavados em água corrente por 10s e secos com papel absorvente. Em seguida, realizou-se a padronização da *smear layer* com lixa d'água granulação 600 (Fig. 4a) por 30s. e os discos foram somente secos com papel absorvente e levados à máquina de permeabilidade (Fig.4b).



Fig. 4 – Tratamento da fatia para ser submetida à pressão pulpar. **4a**: Padronização da *smear layer* na fatia de dentina, com lixa d'água granulação 600; **4b**: Máquina de permeabilidade.

As medidas foram feitas de acordo com o manual do fabricante do aparelho de mensuração da permeabilidade dentinária e simulação da pressão intrapulpar-THD-02b (Odeme Equipamentos Médicos e Odontológicos Ltda, Luzerna, SC, Brasil) descrito e ilustrado (figs. 5a-5d) a seguir:



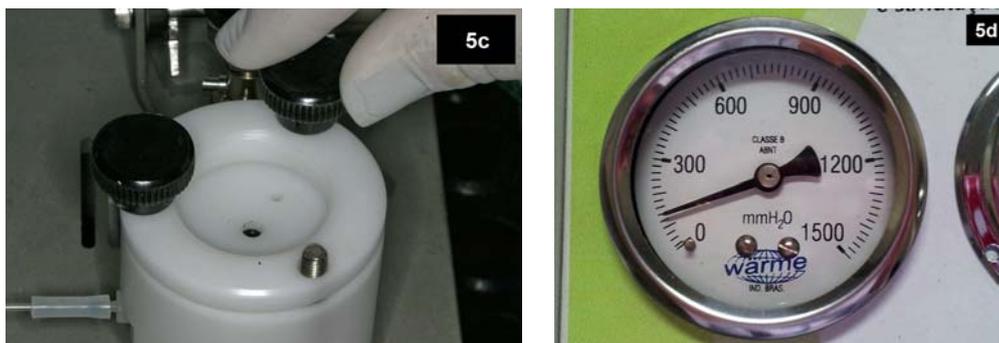


Figura 5- Vista da câmara de filtração. **5a:** Anel de borracha; **5b:** Posicionamento e centralização do disco dentina sobre o anel de borracha; **5c-** Ajuste dos manípulos superiores; **5d:** Pressurização do sistema com pressão de 0,2 psi ou 140 mmH₂O.



Fig. 6 – Funcionamento da Máquina de permeabilidade. **6a:** Verificação do preenchimento da câmara de filtração através da observação de um pequeno escoamento de água; **6b:** Medida do deslocamento da bolha de ar no tubo capilar; **6c:** Valor observado no visor do paquímetro.



Esta medida de deslocamento da bolha foi realizada três vezes (5 min. cada) e feita uma média para obtenção do valor do deslocamento. Com este valor foi possível obter o índice de filtração através da seguinte fórmula (Fórmula da Vazão):

$$Q = \frac{v_p * D}{L * T}$$

Sendo:

Q= Índice de filtração (μl/min);

v_p= Volume padronizado(μl)

D= Deslocamento da bolha no tubo capilar (mm);

T= Tempo em minutos (min);

L= Comprimento do capilar (mm).

Obtido o valor do índice de filtração, este valor foi submetido a outra fórmula para obtenção do valor da condutância hidráulica da dentina em $\mu\text{l.cm}^2/\text{min.cm H}_2\text{O}$ (L_p) de cada disco através da seguinte fórmula:

$$L_p = \frac{Q}{P * (A \text{ sup})}$$

Sendo:

L_p = condutância hidráulica da dentina em $\mu\text{l.cm}^2/\text{min.cm H}_2\text{O}$

Q = índice de filtração ($\mu\text{l} / \text{min.}$)

P = diferença da pressão hidrostática através da dentina (cm H_2O)

A sup = área de superfície dentinária exposta (cm^2)

Os 45 discos foram distribuídos equitativamente em 5 grupos (n=9) de acordo com o tratamento recebido: **Grupo 1- SBU** = controle (somente sistema adesivo), **Grupo 2- OxP** = Oxalato de Potássio 3%, **Grupo 3- Arg** = Arginina 8% + Carbonato de Cálcio, **Grupo 4- CE** = Cloreto de Estrôncio 8% e **Grupo 5- BB** = BisBlock, conforme descrito na figura 6 e Quadro 1.

O sistema adesivo foi aplicado, em camada simples, conforme instruções do fabricante, após o condicionamento ácido e fotoativado com aparelho de fotopolimerização Radium-Cal (SDI, Bayswater, Victoria, Austrália) com densidade de potência de 792 mW/cm^2 mensurada pelo Radiômetro para luz halógena e LED, modelo RD-7(ECEL Ltda., Ribeirão Preto, SP, Brasil).

A composição, modo de aplicação e lote dos diferentes materiais estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1- Materiais utilizados, composições, modos de aplicações e lotes, respectivamente.

Material/Fabricante	Composição	Modo de aplicação	Lote
Single Bond Universal (SBU) (3M Deutschland GmbH, Seefeld, Alemanha) pH 3,0	<ul style="list-style-type: none"> • 10-monômero di-fosfato de metacrilato Bisfenol A diglicidil éter dimetacrilato (BIS-GMA) • Co-polímero ác. poliacenoico • Carga - sílica • Álcool • Água • Iniciadores • Metil etil cetona 	Aplicação ativa com micropincel por 20s, leve jato de ar por 5s e fotopolimerização por 10s.	1305900374
Oxalato de Potássio 3% (OxP) pH 6,0	Oxalato de Potássio 3% em gel base não-iônico(10ml)	Aplicação ativa com micropincel por 30s e secagem da superfície com papel absorvente.	Manipulado para uso imediato
Arginina Carbonato de Cálcio 8% (ARG) pH 6,0	Arginina carbonato de Cálcio 8% em gel base não- iônico(10ml)	Aplicação ativa com micropincel por 30s e secagem da superfície com papel absorvente.	Manipulado para uso imediato
Cloreto de Estrôncio 8% (CE) pH 5,0	Cloreto de Estrôncio 8% em gel base não-iônico(10ml)	Aplicação ativa com micropincel por 30s e secagem da superfície com papel absorvente.	Manipulado para uso imediato
BisBlock (BB) pH 1,5-1,8 (Bisco, INC. Schaumburg, IL, USA)	Oxalato Cálcico	Aplicação ativa com micropincel por 30s, leve jato de ar por 5s e fotopolimerização por 10s	1200008079
Ácido Fosfórico 37% (FGM, Joinville, PR, Brasil) pH 0,03-0,05	Ácido fosfórico 37%	Aplicação 10 s, lavagem por 10s e secagem da superfície com papel absorvente.	2014
Gel não-iônico	Carbopol a 3%	-----	Manipulado para uso imediato

4.6 Imagens ilustrativas em Microscopia Eletrônica de Varredura

4.6.1 Preparo das amostras

Foram utilizados 20 espécimes para avaliação em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), divididos em 4 grupos (n=5), de acordo com o tratamento recebido.

Cada espécime foi dividido ao meio com disco de carborundum e levado ao ultrassom por 5min. Depois de retirado da cuba ultrassônica, as duas partes do disco foram secas.

Foi feito ataque ácido com ácido fosfórico 37% nos dois lados dos discos por 10s, estes foram lavados com água corrente por 10s e secos com papel absorvente. As substâncias foram aplicadas, ativamente, com micropincel descartável por 30s. Em seguida, os espécimes foram secos com papel absorvente, armazenados em coletores descartáveis (identificados) com gaze umedecida em água destilada. Vinte e quatro horas antes da análise por MEV, os espécimes permaneceram em sílica para desidratação. Posteriormente os mesmos foram metalizados e analisados com 20 KV, em aumento de 1000x.

Fotomicrografias representativas de cada grupo, ilustrando o aspecto da dentina, túbulos dentinários e obliteração dos túbulos dentinários.

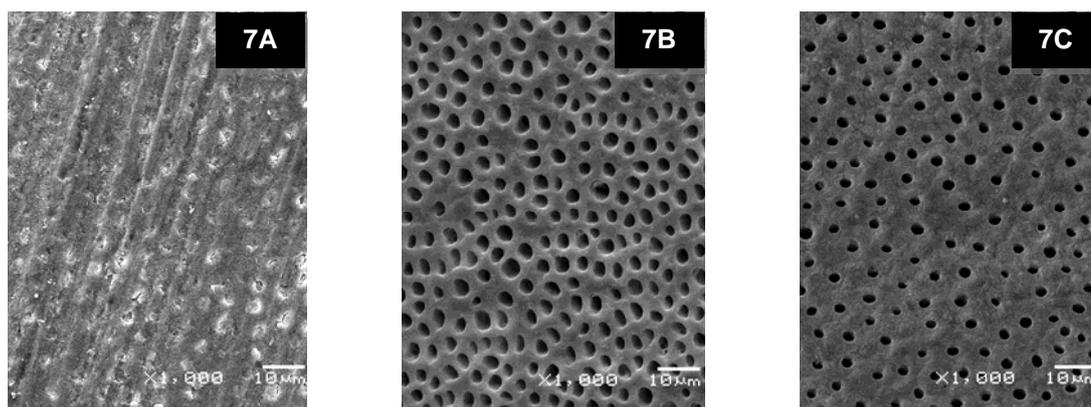


Fig. 7: Micrografia eletrônica de varredura da superfície dentinária. **7A:** Fotomicrografia da dentina sem tratamento, mostrando a presença de *smear layer*. **7B:** Fotomicrografia da dentina tratada com ácido fosfórico a 37%, por 10s. **7C:** Fotomicrografia da dentina tratada com gel base não iônico.

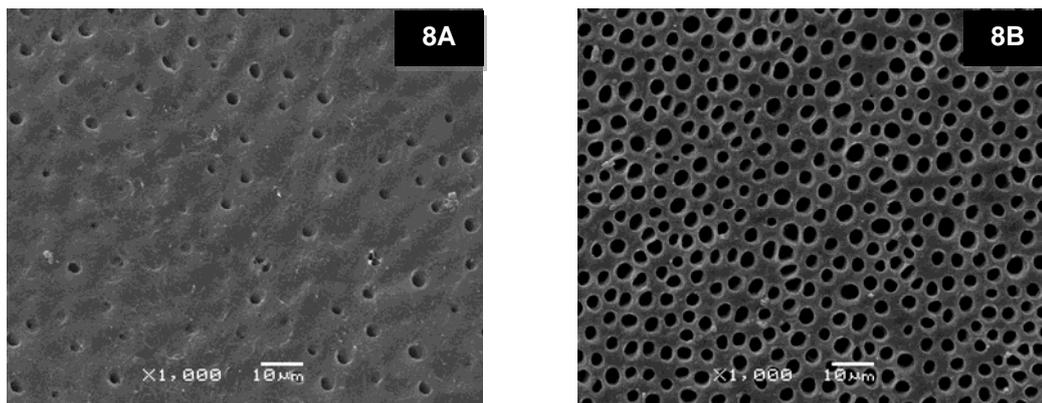


Fig. 8 - 8A: Fotomicrografia da dentina tratada com gel de Oxalato de Potássio a 3%, por 30s. **8B:** Fotomicrografia da dentina tratada com gel de Arginina a 8% e carbonato de cálcio, por 30s.

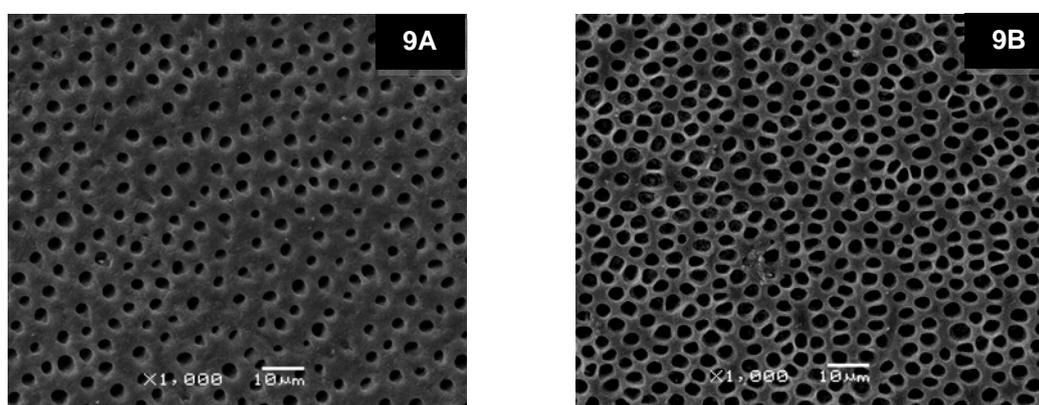


Fig 9 - 9A: Fotomicrografia dentina tratada com gel de Cloreto de Estrôncio a 8%, por 30s. **9B:** Fotomicrografia da dentina tratada com BisBlock, por 30s.

4.7 - Tratamento estatístico dos dados

A comparação entre os momentos de análise em cada um dos grupos experimentais de acordo com a substância obliterante utilizada, em relação à condutância hidráulica da dentina ou em relação à redução percentual na condutância hidráulica, foi realizada por meio do teste ANOVA de uma via de medidas repetitivas, seguido pelo pós-teste de Tukey. Já a comparação entre grupos experimentais, em cada momento de análise, também em relação à condutância hidráulica da dentina ou em relação à redução percentual na condutância hidráulica, foi realizada por meio do teste ANOVA de uma via, seguido pelo pós-teste de Tukey. A comparação entre os momentos de análise em cada um dos grupos experimentais de acordo com a substância obliterante utilizada, em relação à redução percentual

da condutância hidráulica da dentina, foi realizada por meio do teste t-student pareado. Os demais resultados das variáveis avaliadas neste estudo foram apresentados na forma de estatística descritiva ou na forma de tabelas. A análise estatística foi realizada utilizando-se o “Software” SPSS, versão 17.0 ou o SigmaStat, versão 3.5, considerando um nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS

5 RESULTADOS

Os resultados referentes à condutância hidráulica da dentina nos diferentes momentos para cada grupo experimental (substâncias obliterantes) estão apresentados na Tabela 1 e ilustrados na Figura 10.

Houve diferença entre os momentos de análise, em relação à condutância hidráulica para o grupo que recebeu a aplicação apenas do adesivo (teste ANOVA de uma via de medidas repetitivas, $p < 0,001$), sendo que a condutância hidráulica no momento após o condicionamento ácido/após aplicação da substância obliterante (mesmo momento), foi significativamente maior do que aquela observada antes do condicionamento ácido e após o adesivo (pós-teste de Tukey, $p < 0,05$). Para o grupo oxalato de potássio a 3%, também houve diferença entre os momentos de análise, em relação à condutância ($p < 0,001$), sendo que a condutância hidráulica no momento após o condicionamento ácido foi maior do que aquela antes do condicionamento ácido, após aplicação da substância obliterante e após o adesivo ($p < 0,05$). Além disso, a condutância após a aplicação da substância obliterante foi maior do que aquela no momento antes do condicionamento ácido ($p < 0,05$). Para este grupo não houve diferença entre o momento após a aplicação da substância obliterante e o momento após o adesivo, em relação à condutância hidráulica ($p > 0,05$). No grupo Arginina a 8% mais Carbonato de Cálcio, houve diferença entre os momentos de análise, em relação à condutância ($p < 0,001$), sendo que a condutância hidráulica no momento após o condicionamento ácido foi maior do que aquela antes do condicionamento ácido, após aplicação da substância obliterante e após o adesivo ($p < 0,05$), sendo que não houve diferença significativa entre estes grupos, em relação à condutância hidráulica ($p > 0,05$). Para o grupo cloreto de estrôncio a 8%, também houve diferença entre os momentos de análise, em relação à condutância ($p = 0,040$), sendo que a condutância hidráulica no momento após o condicionamento ácido foi maior do que aquela antes do condicionamento ácido ($p < 0,05$), sendo que não houve diferença significativa entre os demais momentos de análise ($p > 0,05$). Finalmente, para o grupo Bis Block, houve diferença entre os momentos de análise, em relação à condutância ($p < 0,001$), sendo que a condutância hidráulica no momento após o condicionamento ácido foi maior do que aquela antes do condicionamento ácido e após o adesivo ($p < 0,05$). Além disso, a condutância após a aplicação da substância obliterante foi maior do que aquela no

momento antes do condicionamento ácido ($p < 0,05$), porém, sem diferença em relação aos demais momentos de análise ($p > 0,05$).

Na comparação entre os grupos experimentais, não houve diferença entre eles em nenhum dos momentos de analisados neste estudo (teste ANOVA de uma via, antes do condicionamento ácido, $p = 0,272$; após o condicionamento ácido, $p = 0,462$; após aplicação da substância obliterante, $p = 0,761$; após adesivo, $p = 0,976$).

Os resultados referentes à redução percentual da condutância hidráulica em relação ao momento após o condicionamento ácido, em cada tratamento com uma substância obliterante diferente, após a aplicação das mesmas e após a aplicação do adesivo, estão apresentados na Tabela 2 e ilustrados na Figura 11. De forma geral, com exceção do grupo apenas adesivo, todos os grupos experimentais apresentaram uma redução adicional significativa na condutância hidráulica, com a aplicação do adesivo, quando comparado com o momento após aplicação da substância obliterante (teste t-student pareado, valor de p variando entre $< 0,001$ e $0,036$). Por outro lado, quando os grupos experimentais foram comparados entre si, quanto à redução percentual da condutância hidráulica em relação ao momento após o condicionamento ácido, não houve diferença entre eles, tanto após a aplicação da substância obliterante (teste ANOVA de uma via, $p = 0,493$), como após a aplicação do adesivo ($0,076$).

Tabela 1 - Resultados referentes à condutância hidráulica ($\mu\text{l}\cdot\text{cm}^2/\text{min}\cdot\text{cm H}_2\text{O}$) para cada uma das substâncias obliterantes utilizadas, de acordo com o momento de análise.

Momento experimental	Substâncias obliterantes/adesivo					Valor de p*
	SBU	OxP	Arg	CE	BB	
Antes do condic. ácido	3,27±0,45 Ba	2,26±0,28 Ca	2,42±0,28 Ba	2,56±0,30 Ba	2,82±0,36 Ca	0,272
Após condic. ácido	10,73±1,13 Aa	17,66±2,3 9Aa	15,89±3,2 0Aa	26,90±12,74 Aa	16,16±2,98 Aa	0,462
Após aplicação da substância obliterante	10,73±1,13 Aa	8,42±2,01 Ba	7,74±1,41 Ba	9,24±1,88 ABa	9,78±1,92 ABa	0,761
Após adesivo	5,03±1,01 Ba	4,62±1,07 BCa	4,75±1,53 Ba	5,57±0,89 ABa	4,89±0,71 BCa	0,976
Valor de p**	<0,001	<0,001	<0,001	p=0,040	p<0,001	

Os resultados estão apresentados em média±erro padrão da média. Letras maiúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa entre os momentos de análise para uma substância obliterante/adesivo utilizado ($p<0,05$, teste ANOVA de uma via de medidas repetitivas seguido pelo pós-teste de Tukey). Letras minúsculas na linha, letras indicam diferença significativa entre os grupos experimentais de acordo com a substância obliterante/adesivo utilizado, em cada momento de análise ($p<0,05$, teste ANOVA de uma via seguido pelo pós-teste de Tukey). * Valor de p no teste ANOVA de uma via; ** Valor de p no teste ANOVA de uma via de medidas repetitivas.

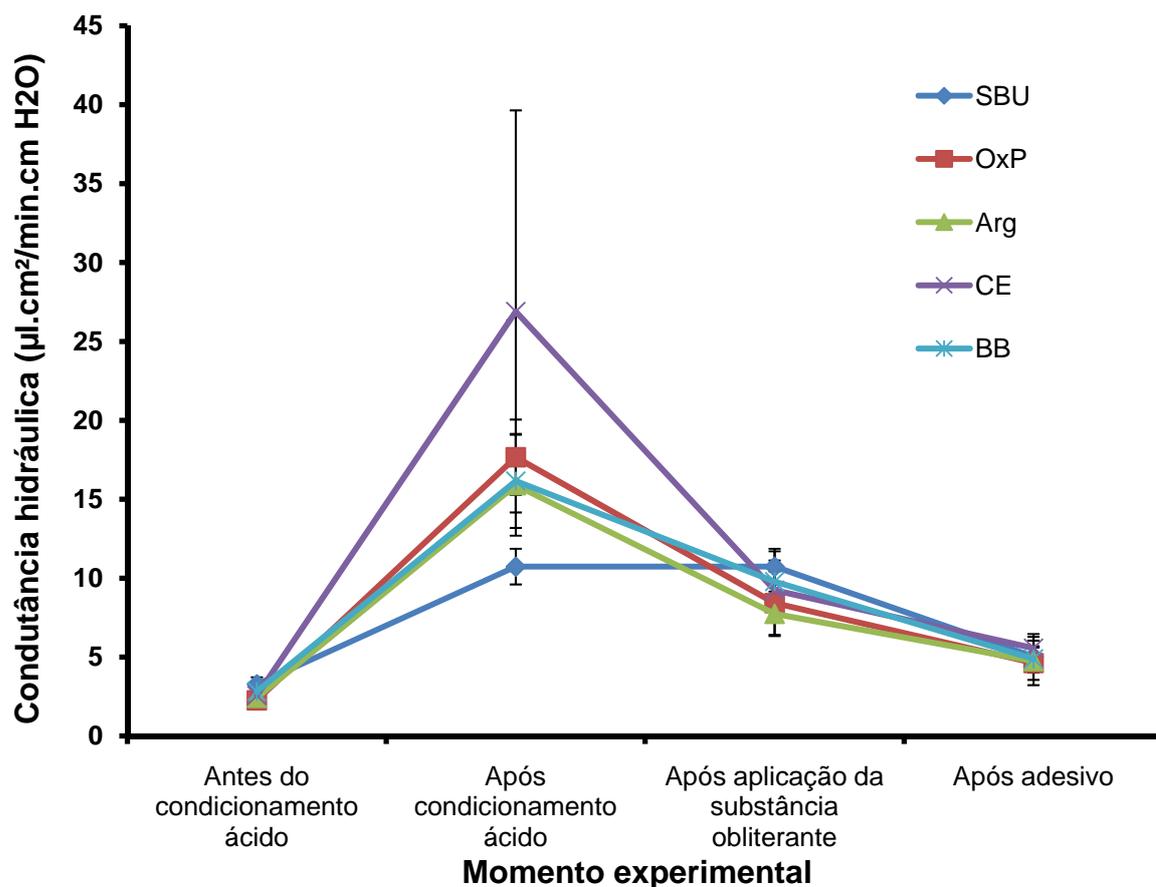


Figura 10: Gráfico ilustrando a condutância hidráulica da dentina em cada um dos grupos e momentos experimentais. Cada símbolo representa a média e a barra o erro padrão da média.

Tabela 2 - Resultados referentes à redução percentual na condutância hidráulica ($\mu\text{l.cm}^2/\text{min.cm H}_2\text{O}$) nos momentos após a aplicação da substância obliterante e após o adesivo, em relação ao momento após o condicionamento ácido, para cada uma das substâncias obliterantes/adesivo utilizadas.

Momento experimental	Substâncias obliterantes/adesivo					Valor de p^*
	SBU	OxP	Arg	CE	BB	
Após aplicação da substância obliterante	-	55,04±6,22	49,10±7,91	48,49±8,17	38,39±8,04	0,493
Após adesivo	53,63±6,52	75,56±2,53	73,40±4,01	66,07±6,49	62,25±7,94	0,076
Valor de p^{**}	-	0,007	0,019	<0,001	0,036	

Os resultados estão apresentados em média±erro padrão da média. * Valor de p no teste ANOVA de uma via; ** Valor de p no teste t-student pareado.

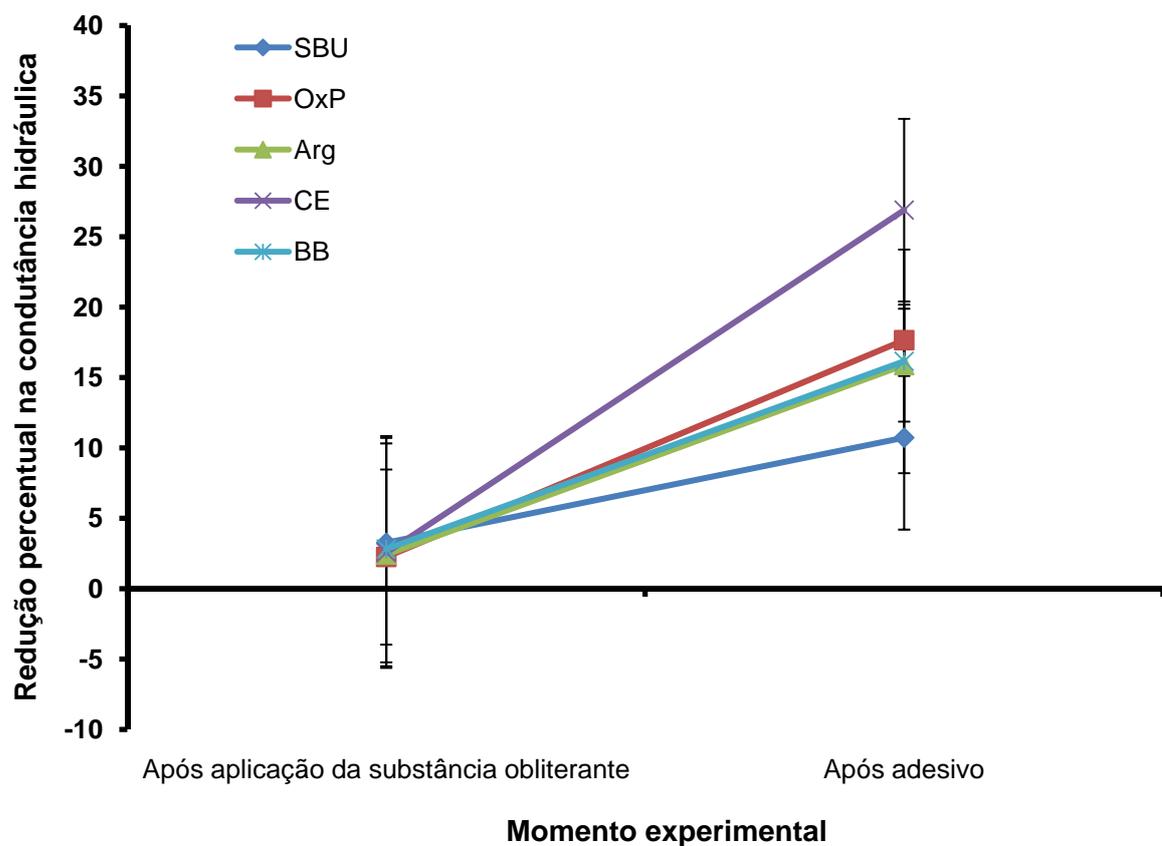


Figura 11: Gráfico ilustrando a redução percentual na condutância hidráulica da dentina em cada um dos grupos, nos momentos após a aplicação da substância obliterante e após o adesivo, em relação ao momento após o condicionamento ácido. Cada símbolo representa a média e a barra o erro padrão da média.

6 DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO

A produção de *smear layer* (Fig. 7A) no início do experimento propiciou uma condutância hidráulica semelhante entre os grupos, assim como valores similares após o condicionamento ácido (Fig.7B). Estes dados mostram que os grupos eram homogêneos, quanto à permeabilidade dentinária, sem significância estatística (Tabela 1).

A tabela 1 e a figura 10 mostram que entre os momentos de análise houve diferença, quanto à condutância hidráulica para o grupo que recebeu a aplicação apenas do adesivo (teste ANOVA de uma via de medidas repetitivas, $p < 0,001$), sendo que a condutância hidráulica no momento após o condicionamento ácido/após aplicação da substância obliterante (mesmo momento), foi significativamente maior do que aquela observada antes do condicionamento ácido e após o adesivo (pós-teste de Tukey, $p < 0,05$).

Além disso, observou-se na avaliação qualitativa em MEV, que a utilização apenas do gel não-iônico (Fig.7C) não teve efetividade na obliteração de túbulos dentinários. Desta forma, não houve interferência do mesmo na ação das substâncias obliterantes utilizadas neste estudo.

De acordo com estudos prévios, as substâncias obliterantes atuam na permeabilidade dentinária diminuindo o diâmetro dos túbulos dentinários, e conseqüente movimentação do fluido (Sadek *et al.*, 2007; Addy *et al.*, 2010; De Moraes Porto *et al.*, 2001). O uso de géis dessensibilizantes como oxalato de potássio (Chan *et al.*, 1986; Pashley *et al.*, 1988; Silva *et al.*, 2007; Cunha-Cruz *et al.*, 2011; De Moraes Porto *et al.*, 2011), arginina associada ao carbonato de cálcio, e o cloreto de estrôncio (Hughes *et al.*, 2010) podem reduzir a permeabilidade dentinária devido à reação destes sais com os constituintes dentários formando cristais relativamente insolúveis que se depositam na superfície dentinária, obliterando ou reduzindo o calibre dos túbulos dentinários (Layer *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2012).

No presente estudo, para o grupo OXP, houve diferença entre os momentos de análise, em relação à condutância ($p < 0,001$). E, após a aplicação desta substância obliterante, a condutância foi maior do que aquela observada antes do condicionamento ácido ($p < 0,05$). Neste grupo não houve diferença entre o momento

após a aplicação da substância obliterante e o momento após o adesivo, em relação à condutância hidráulica ($p>0,05$), conforme tabela 1 e figura 10.

O oxalato (Fig.8A) aplicado na superfície da dentina desmineralizada migra para o interior dos túbulos dentinários até encontrar cálcio livre para reagir e formar cristais de oxalato de cálcio (Tay *et al.*, 2003; De Moraes Porto *et al.*, 2011). Esta combinação pode, também, reduzir a característica de permeabilidade da camada híbrida formada pelo sistema adesivo convencional de dois passos, diminuindo o deslocamento de fluido dentro da dentina e resultando em redução da sensibilidade pós-operatória. Além disso, a oclusão dos túbulos dentinários pode diminuir a umidade intrínseca da dentina durante o procedimento de aplicação do sistema adesivo, favorecendo uma adequada polimerização e melhorando a durabilidade da adesão (Tay *et al.*, 2003; 2004). Os cristais formados no interior do túbulo dentinário não interferem na infiltração dos monômeros resinosos no interior da matriz de fibrilas colágenas desmineralizadas, promovendo a obliteração dos túbulos em conjunto com as projeções de resina formadas no interior dos túbulos dentinários (Sadek *et al.*, 2007; De Moraes Porto *et al.*, 2011). A ação do oxalato de potássio aplicado em associação com o sistema adesivo convencional de dois passos proporciona uma significativa retenção de cristais de oxalato de cálcio nos túbulos dentinários expostos pelo condicionamento ácido (Sadek *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2010).

Observou-se que para o grupo Arg houve diferença entre os momentos de análise, em relação à condutância ($p<0,001$). A tabela 1 e a figura 10 mostram a condutância hidráulica no momento após o condicionamento ácido foi maior do que aquela antes do condicionamento ácido, após aplicação da substância obliterante e após o adesivo ($p<0,05$), sendo que não houve diferença significativa entre estes grupos, em relação à condutância hidráulica ($p>0,05$).

A substância arginina associada ao carbonato de cálcio ainda não possui trabalhos na literatura aplicada previamente ao sistema adesivo. Acreditamos que, de acordo com os resultados aqui encontrados, houve uma obliteração parcial dos túbulos dentinários, assim como aconteceu com os demais grupos. A arginina associada ao carbonato de cálcio (Fig.8B) provoca a oclusão dos túbulos por depósito e obliteração mecânica. Esta substância obliterante é um aminoácido que retém o carbonato de cálcio de superfície para formar um aglomerado carregado positivamente. Este aglomerado se liga imediatamente à superfície de dentina

carregada negativamente e dentro dos túbulos produzindo uma obliteração física e promovendo um alívio rápido da hipersensibilidade dentinária (Hughes *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2012).

A tabela 1 e a figura 10 demonstram que houve diferença, no presente estudo, entre os momentos de análise, em relação à condutância ($p= 0,040$) para o grupo CE, após o condicionamento ácido a condutância foi maior do que aquela antes do condicionamento ácido ($p<0,05$), e, não houve diferença significativa entre os demais momentos de análise ($p>0,05$).

O grupo CE (Fig.9A) obteve redução da condutividade semelhante às outras substâncias obliterantes testadas, embora estudos mostrem que a associação de sais de estrôncio, na forma de cloreto ou de acetato, na superfície dentinária forma uma camada bem compacta e contínua na superfície da dentina e, esta camada é observada penetrando e preenchendo os túbulos dentinários. A formação é atribuída à troca de íons entre o estrôncio e o cálcio no tecido dentinário, seguida da reprecipitação de cálcio e finalmente formando uma alta densidade de hidroxiapatita de cálcio e estrôncio. Assim sendo, estes estudos confirmam a habilidade do estrôncio em oferecer redução da hipersensibilidade dentinária, pela redução da condutância hidráulica dentinária (Hughes *et al.*, 2010; Layer & Hughes, 2010; Addy & Smith, 2010; Davies *et al.*, 2011).

A última substância obliterante analisada é o grupo BB, onde também houve diferença entre os momentos de análise, em relação à condutância ($p<0,001$) e a condutância hidráulica no momento após o condicionamento ácido foi maior do que aquela antes do condicionamento e após o adesivo ($p<0,05$). Além disso, a tabela 1 e a figura 10 mostram que após a aplicação da substância obliterante a condutância foi maior do que aquela no momento antes do condicionamento ácido ($p<0,05$), no entanto, sem diferença em relação aos demais momentos de análise ($p>0,05$).

No entanto, Silva *et al.*, 2010 observaram que o BisBlock aplicado à dentina desmineralizada (Fig.9B), previamente ao uso de sistemas adesivos, reduziu a permeabilidade imediata. Porém, houve também degradação da interface dentina-adesivo após certo tempo, o que comprometeu as forças adesivas. O baixo pH do BisBlock provoca um prolongado condicionamento da superfície dentinária, estendendo a desmineralização já existente. Uma dentina muito desmineralizada pode reduzir severamente a resistência adesiva, devido à discrepância entre a

extensão de desmineralização e a profundidade de penetração dos monômeros do adesivo, permitindo a exposição das fibrilas colágenas desnudas.

Todos os grupos, com exceção do grupo apenas SBU, de maneira geral, apresentaram uma redução adicional significativa na condutância hidráulica, com aplicação do adesivo, quando comparado com o momento após aplicação da substância obliterante (valor de p variando entre $<0,001$ e $0,036$), conforme demonstrado na tabela 1 e na figura 10. Além disso, após a aplicação do SBU, todos os grupos se comportaram de maneira semelhante ao momento antes do condicionamento ácido, isto é na presença de *smear layer*. Sendo assim, observou-se que apenas o sistema adesivo foi capaz de, no momento imediato, reduzir a movimentação do fluxo de fluido. Os resultados deste estudo *in vitro* sugerem que SBU comporta-se como uma membrana semi-permeável após a polimerização, porém não promove um selamento hermético da dentina, porém seu resultado individual equivaleu aos grupos com associação de substâncias obliterantes e SBU (Tabela 1 e Figura 10). Em estudo anterior, Tay *et al.*, 2004 relataram que o fenômeno de aumento da permeabilidade adesiva é similar ao dos adesivos de um único frasco e parece ser uma característica dos adesivos simplificados. Isto é causado provavelmente pelo uso de apenas uma camada do SBU, conforme recomendação do fabricante, sendo diferente o número de camadas de outros sistemas adesivos.

Assim, o presente estudo testou substâncias para reduzir o contato da camada híbrida de adesivo com a umidade, tentando reduzir os malefícios que a hidrólise pode causar ao polímero. O fator mais importante que afeta a durabilidade da interface adesiva *in vitro* é a hidrólise dos componentes resinosos presentes na interface, bem como a permanência das fibrilas colágenas desnudas. A água pode reduzir as forças de adesão após períodos relativamente curtos. Estudos prévios tem demonstrado que o uso da técnica de aplicação de substâncias oclusivas não comprometem a força de adesão inicial. Contudo, quando esta resistência foi reavaliada após 12 meses, mostraram que o uso de oxalato afetou negativamente o comportamento de diferentes sistemas adesivos (Pashley, 1991; Pereira *et al.*, 2004, Yiu *et al.*, 2006, Sadek *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2010; Reis A *et al.*, 2013)

Os sistemas adesivos se comportam de forma diferente frente à condição de umidade da dentina. A umidade residual do substrato dentinário, antes da aplicação dos sistemas adesivos, tem um papel fundamental na permeabilidade dos

monômeros resinosos na dentina condicionada (Sauro *et al.*, 2007; Mjör, 2009). A matriz orgânica (em especial o colágeno) exposta pelo condicionamento ácido, sem a sustentação promovida pelos cristais de hidroxiapatita, se colapsa na ausência de umidade. Portanto, nessas circunstâncias, a permeabilidade dentinária fica reduzida, e a infiltração dos monômeros resinosos hidrofílicos nos espaços interfibrilares é prejudicada, o que compromete a formação da camada híbrida (Pashley *et al.*, 1981; Pashley, 1989; 1991; Perdigão, 2010).

Se após o condicionamento ácido e a subsequente lavagem for realizada secagem excessiva com ar, a fase líquida é perdida por evaporação e seu volume inicial fica reduzido em cerca de 2/3 (Carrilho *et al.*, 2007; Hashimoto, 2009). Isso ocorre porque, com a saída da água, há aumento das interações intermoleculares através de forças de van der Waals, entre as fibrilas de colágeno, que ao se aproximarem reduzem a permeabilidade para os monômeros. O adesivo aplicado nessas condições penetra apenas superficialmente e ao redor dos túbulos dentinários, sendo essa camada denominada zona híbrida (Tay *et al.*, 2003; Tay *et al.*, 2004). Valores de resistência de união inferiores são obtidos nessas circunstâncias, em comparação com o substrato mais úmido. Dessa forma, ficou estabelecida a necessidade de se realizar a técnica de adesão úmida, realizando secagem com filtro de papel absorvente, evitando assim a secagem excessiva do substrato dentinário (Özok *et al.*, 2003, Pereira *et al.*, 2005).

Adesivos, cujo solvente é o álcool ou a acetona, são menos efetivos em substrato seco do que aqueles à base de água (Yiu *et al.*, 2005; Carvalho *et al.*, 2012). Assim, adesivos sem água na composição devem ser aplicados em superfícies mais úmidas do que ao se aplicar os que contêm água ou solução de água/álcool. A acetona e o álcool, são os solventes orgânicos mais utilizados, e, não são capazes de promover a expansão do colágeno colapsado com a mesma eficiência da água. Além disso, esses dois solventes aumentam a rigidez do colágeno seco e colapsado, o que dificulta a infiltração dos monômeros resinosos (Van Landuyt *et al.*, 2007).

Adesivos à base de água como o Single Bond Universal, utilizado no presente estudo, possuem melhor desempenho, ou seja, maiores valores de resistência de união, quando aplicados sobre a dentina desmineralizada com menos umidade superficial. Por outro lado, este adesivo possui, também, álcool em sua composição, o qual tem melhor performance em campo úmido. Contudo, o álcool não é capaz de

romper as interações intermoleculares que ocorrem quando o colágeno é ressecado (Sauro *et al.*, 2007), desta forma observa-se a importância da presença de água na sua composição.

É importante enfatizar que não apenas a secagem excessiva afeta o procedimento adesivo. O excesso de água também tem efeito negativo na infiltração do adesivo, pois atua como barreira física e impede sua penetração no interior dos túbulos. Este excesso também pode causar a diluição do material, ou formar micelas pela separação dos monômeros hidrofóbicos e hidrofílicos, o que dificulta a polimerização dentro da camada híbrida. Como consequência, essas micelas se acumulam na interface entre a resina e a camada híbrida, enfraquecem a união e resultam em vedamento parcial dos túbulos dentinários (Tay *et al.*, 2003; Tay *et al.*, 2004).

Outro fator a ser considerado é que a presença de água afeta a polimerização dos monômeros, reduzindo o seu grau de conversão (Van Landuyt *et al.*, 2007; Pashley *et al.*, 2011). Camadas de adesivos menos polimerizadas tendem a absorver mais água ao longo do tempo e assim se degradam mais rapidamente, comprometendo a longevidade de união.

Spencer *et al.*, 2010 relataram que estratégias para promover a adesão de materiais restauradores intrinsecamente nos substratos, também incluem a incorporação de monômeros hidrofílicos e iônicos nos sistemas adesivos. Estes adesivos contêm monômeros ácidos, hidrofílicos e hidrófobos, num mesmo frasco e destinam-se a resolver o problema de colapso do colágeno ou o excesso de umidade, de penetração na rede de fibrilas colágenas, de adesão química a estas fibrilas e ainda simplificar o protocolo de adesão. Os sistemas originais são o autocondicionante de dois passos mas, em um esforço para aumentar a eficiência do procedimento e reduzir a sensibilidade da técnica, os fabricantes desenvolveram um adesivo de um único passo. O aumento da concentração de monômeros resinosos promoveu um sistema que faz ataque ácido simultaneamente na dentina e esmalte. Porém, a hidrofiliabilidade natural dos componentes dos sistemas adesivos autocondicionantes intensifica a absorção de água. Com estes sistemas, a interface adesiva necessita de uma cobertura resinosa hidrofóbica e insolúvel, assim a camada híbrida resultante se torna uma membrana semipermeável permitindo o movimento de água na interface adesiva logo depois da polimerização. A alta concentração de monômeros hidrofílicos nestes sistemas é associada com

decréscimo estrutural da integridade da interface adesivo-dentina. Isto sugere que a estabilidade hidrofílica e hidrolítica dos monômeros resinosos são geralmente antagônicas.

Perdigão *et al.* (2013) relataram que o SBU, tem sido utilizado para aplicação como sistema convencional de 2 passos e também como sistema adesivo autocondicionante. Este sistema adesivo é considerado como um autocondicionante “ultra média” acidez, devido ao seu pH relativamente alto (pH 3,0) em relação ao pH dos demais sistemas adesivos de dois passos e autocondicionantes de “média” acidez (pH 1,5-2,0). Este sistema adesivo difere dos demais adesivos, principalmente, pela incorporação do monômero 10-MDP que oferece acidez para capacitar seu comportamento autocondicionante. A adesão química entre o 10-MDP e esmalte/dentina pode resultar em interfaces estáveis mesmo sem retenção micromecânica proveniente do ataque ácido prévio

O monômero 10-MDP é um monômero ácido, devido ao grupo dihidrogenofosfato, que pode se dissociar em água para formar dois prótons. Estruturalmente, a longa cadeia carbonil faz esse monômero totalmente hidrofóbico. Como consequência, a presença do etanol como solvente é mais adequados para este monômero. Também, está claro que o 10-MDP é relativamente estável quanto à hidrólise, pois, mantém a água distante. Este monômero é capaz de formar uma adesão iônica forte com o cálcio devido à baixa taxa de dissolução do resultado Casal em sua própria solução. O monômero 10-MDP é promissor pela intensa adesão química à hidroxiapatita do esmalte ou da dentina (Van Landuyt *et al.*; 2007). Acreditamos que isto explica a redução adicional significativa na condutância hidráulica, com a aplicação do SBU (Tab.2 e Fig.11), quando comparado com o momento após aplicação da substância obliterante (valor de p variando entre <0,001 e 0,036).

Os resultados deste trabalho, como também de outros apresentados na revisão da literatura, nos levam à reflexão sobre a qualidade da adesão conseguida com os sistemas adesivos atuais, e, especialmente, a durabilidade de união.

Desta maneira, é de fundamental importância o estudo do uso de substâncias obliterantes, previamente à aplicação do sistema adesivo, como neste trabalho, porque vai de encontro à tendência atual de simplificação, mas baseia-se numa tentativa racional de melhorar o selamento obtido com os sistemas adesivos e

manter a integridade deste selamento por mais tempo. Sugerimos estudos que avaliem a permeabilidade em relação ao número de camadas aplicadas.

Além disto, são necessários estudos para avaliar a influência da aplicação de substâncias obliterantes previamente ao uso de sistemas adesivos na resistência adesiva da interface dentina-resina, bem como avaliar sua estabilidade.

7 CONCLUSÕES

7 CONCLUSÕES

A análise dos dados permite concluir que:

1. O uso prévio de substâncias obliterantes como oxalato de potássio a 3%, arginina a 8% com carbonato de cálcio, cloreto de estrôncio a 8% e BisBlock reduz a permeabilidade dentinária.
2. O emprego de substâncias obliterantes previamente à aplicação do sistema adesivo, não reduziu a permeabilidade dentinária.
3. A aplicação do sistema adesivo por si só foi capaz de reduzir a permeabilidade dentinária.

REFERÊNCIAS
BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abd-Elmeguid A, Yu DC. Dental pulp neurophysiology: Part 1. Clinical and diagnostic implications. *JCDA* 2009; 75(1): 55-59.

Addy M, Smith SR. Dentin Hypersensitivity: An overview on which to base tubule occlusion as a management concept. *J Clin Dent* 2010; 21[Spec Iss]: 25-30.

Ajcharanukul O, Oranratmanee K, Thitikunakorn S. Effect of different osmotic stimuli on fluid flow before and after self-etching adhesive application. *J Adhes Dent* 2010; 12: 103-108.

Belli R, Sartori N, Peruchi LD, Guimarães JC, Araújo E, Monteiro Jr S, Baratieri LN, Lohbauer U. Slow progression of dentin bond degradation during one-year water storage under simulated pulpal pressure. *Journal of Dentistry* 2010; 38:802-810.

Carrilho MR, Tay FR, Donnelly AM, Agee KA, Carvalho RM, Hosaka K, Reis A, Loguercio AD, Pashley DH. Membrane permeability properties of dental adhesive films. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials* 2007; 312-320.

Carvalho AO, Oliveira MT, Nikaido T, Tagami J, Giannini M. Effect of adhesive system and application strategy on reduction of dentin permeability. *Dent Mat* 2012; 26(5):397-403.

Chan DCN, Jensen ME. Dentin permeability to phosphoric acid: effect of treatment with bonding resin. *Dent Mater* 1986; 2: 251-256.

Cunha-Cruz J, Stout JR, Heatan LJ, Wataha JC. Dentin hypersensitivity and oxalates: a systematic review. *J Dent Res* 2011; 90(3): 304-310.

Davies M, Palce EM, Jones SB, Leary S, Curtis AR, West NX. Efficacy of desensitizing dentifrices to occlude dentinal tubules. *Eur J Oral Sci* 2011; 119: 497-503.

De Moraes Porto IC, De Andrade AK, Alves LC, Braz R. Effect of dentin pretreatment with potassium oxalate: analysis of microtensile bond strengths and morphologic aspects. *Micros Res Tech* 2012; Feb 75 (2): 239-44.

Garcia EF, Reis A, Arana-Correa BE, Sepúlveda-Navarro WF, Higashi C, Gomes JC, Loguercio AD. Reducing the incompatibility between two-step adhesive and resin composite luting cements. *J Adhes Dent* 2010; 12: 373-379.

Guentsch A, Seidler K, Nietzsche S, Hefti AF, Preshaw PM, Watts DC, Jandt KD, Sigush BW. Biomimetic mineralization: Long-term observations in patients with dentin sensitivity. *Dent Mat* 2012; 28; 457-464.

Hashimoto M. A review-micromorphological evidence of degradation in resin-dentin bonds and potencial preventional solutions. Wiley Periodicals, Inc. *J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater* 92B: 268-280.

Hughes N, Mason S, Jeffery P, Welton H, Tobin M, O'Shea C, Browne. A Comparative clinical study investigating the efficacy of a test dentifrice containing 8% strontion acetate and 1040 ppm sodium fluoride versus a marked control dentrifrice containing 8% arginine, calcium carbonate, and 1450 ppm sodium monofluorophosphate in reducing dentin hypersensitivity. *J Clin Dent* 2010; 21[Spec]:49-55.

Komabayashi T, Imai Y, Ahn C, Chow LC, Takagi S. Dentin permeability reduction by a sequential application of calcium and fluoride-phosphate solutions. *Journal of Dentistry* 2010; 38: 736-741.

Layer T, Hughes N. Evidence for the efficacy of an 8% strotion acetate dentifrice for instant and lasting relief of dentin hypersensitivity. *J Clin Dent* 2010; 21[Spec Iss]: 56-58.

Li R, Li YH, Chen J, Zhou Z, Morrison Jr BM, Panagakos FS. Efficacy of a desensitizing toothpaste containing arginine and calcium carbonate on dentin surface pore structure and dentin morphology. *Am J Dent* 2012; 25; 210-214.

Magloire H, Maurin JC, Couble ML, Shibukawa Y, Tsumura M, Thivichon-Prince B, Blaicher F, *J Orofac Pain*; 2010; 24: 335-349.

Mjör IA. Dentin permeability: the basis for understanding pulp reactions and adhesive technology. *Braz Dent J* 2009; 20(1): 3-16.

Özok AR, Wu MK, De Gee AJ, Wesselink PR. Effect of dentin perfusion on the sealing ability and microtensile bond strengths of a total-etch versus an all-in-one adhesive. *Dent Mat* 2004; 20: 479-486.

Pashley DH. Clinical correlations of dentin structure and function. *J Prosthet Dent* 1991; 66: 777-81.

Pashley DH, Matthews WG, Zhang Y, Johnson M. Fluid shifts across human dentine *in vitro* in response to hydrodynamic stimuli. *Archs oral Biol*. 1996; 41(11): 1065-1072.

Pashley DH. Dentin bonding: overview of the substrate with respect to adhesive material. *J Esthet Dent* 1991; 3: 46-50.

Pashley DH, Derkson GD, Tao L, Derkson M, Kalathoor S. The effects of a multi-step dentin bonding system on dentin permeability. *Dent Mater* 1988;4:60-63.

Pashley DH, Michelich V, Kehl T. Dentin permeability: effects of smear layer removal. *J Prosthet Dent* 1981; 46: 531-537.

Pashley DH. Dentin: a dynamic substrate – a review. *Scanning Microsc* 1989; 3: 161-174.

Pashley DH, Pashley EL, Carvalho RM, Tay FR. The effects of dentin permeability on restorative dentistry. *Dent Clin N Am* 2002; 46: 211-245.

Perdigão J. Dentin bonding-Variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mat* 2010; 26: e24-e37.

Pereira JC, Segala AD, Gillam DG. Effect of desensitizing agentes on the hydraulic condutance of human dentin subjected to diferente surfasse pre-treatments-an in vivo study. *Dent Mat* 2005; 21: 129-138.

Reis A, Carrilho M, Breschi L, Loguercio AD. Overview of clinical alternatives to minimize the degradation of the resin-dentin bonds. *Operative Dentistry* 2013; 38(4): E1-E25.

Sadek FT, Pashley DH, Ferrari M, Tay FR. Tubular occlusion optimizes bonding of hydrophobic resins to dentin. *J Dent Res* 2007; 86(6):524-528.

Sauro S, Pashley DH, Montanari M, Chersoni S, Carvalho RM, Toledano M, Osorio R, Tay FR, Prati C. Effect of simulated pulpal pressure on dentin permeability and adhesion of self-etch adhesives. *Dent Mat* 2010; 23: 705-713.

Silva SMA, Malcarne-Zanon J, Carvalho RM, Alves MC, De Goes MF, Anido-Anido A, Carrilho MR. Effects of oxalate desensitizer on the durability of resin-bonded interfaces. *Operative Dentistry* 2010; 35(6):610-617.

Silva SMA, Marquezini Jr L, Manso AP, Garcia FP, Carrilho MRO, Pashley DH, Tay FR, Carvalho RM. Effects of a combined application of potassiium oxalate gel/adhesive agent on dentin permeability in vitro. *J Adhes Dent* 2007; 9: 505-512.

Spencer P, Ye Q, Park J, Topp EM, Misra A, Marangos O, Wang Y, Bohaty BS, Singh V, Sene F, Eslick J, Camarda K, Katz L. *Annals of Biomedical Engineering* 2010; 38(6):1989-2003.

Tagami J, Tao L, Pashley DH, Hosoda H, Sano H. Effects of high-speed cutting on dentin permeability and bonding. *Dent Mater* 1991; 7: 234-239.

Tay FR, Frankenberger R, Krejci I, Boillaguet S, Pashley DH, Carvalho RM, Lai CNS. Single-bottle adhesives behave as permeable membranes after polymerization. I. In vivo evidence. *Journal of Dentistry* 2004; 32: 611-621.

Tay FR, Pashley DH, Mak YF, Carvalho RM, Lai SCN, Suh BI. Integrating oxalate desensitizers with total-etch two-step adhesive. *J Dent Res* 2003; 82(9): 703-707.

Vachiramon V, Vargas MA, Pashley DH, Tay FR, Geraldini S, Qian F, Armstrong SR. Effects of oxalate on dentin bond after 3-month simulated pulpal pressure. *Journal of Dentistry* 2008; 36:178-185.

Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munk J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, Coutinho E, Suzuki K, Lambrechts P, Van Meerbeek. Systematic review of the chemical compositions of contemporary dental adhesives. *Biomaterials* 2007; 28: 3757-3785.

Wang Z, Jiang T, Sauro S, Wang Y, Xing W, Liang S, Sa Y, Zhang C, Shen Y, Haapasalo M. Nerve-targeted desensitizing toothpastes occlude dentin tubules and induce mineral precipitation. *Am J Dent* 2012; 25: 26-30.

Wang Z, Sa Y, Sauro S, Chen H, Xing W, Ma X, Jiang T, Wang Y. Effect of desensitizing toothpastes on dentinal tubule occlusion: A dentine permeability measurement and SEM *in vitro* study. *Journal of Dentistry* 2010; 38:400-410.

Yiu CKY, Hiraishi N, Chersoni S, Breschi L, Ferrari M, Prati C, King NNM, Pashley DH, Tay FR. Single-bottle adhesive behave as permeable membranes after polymerization. II. Differential permeability reduction with an oxalate desensitizer. *Journal of Dentistry* 2006; 34: 106-116.

APÊNDICE