



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Araçatuba

Thamirys da Costa Silva

**INFLUÊNCIA DO PLASMA DE BAIXA TEMPERATURA NAS
PROPRIEDADES DA DENTINA HÍGIDA E AFETADA POR CÁRIE**

ARAÇATUBA – SP
2024

Thamirys da Costa Silva

**INFLUÊNCIA DO PLASMA DE BAIXA TEMPERATURA NAS
PROPRIEDADES DA DENTINA HÍGIDA E AFETADA POR CÁRIE**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Araçatuba, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia, Área de concentração: Dentística.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique dos Santos

Coorientadora: Ticiane Cestari Fagundes Tozzi

Coorientadora: Ana Teresa Maluly Proni

ARAÇATUBA – SP

2024

Catálogo na Publicação (CIP)

Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação – FOA / UNESP

S586i Silva, Thamirys da Costa
Influência do plasma de baixa temperatura nas propriedades da dentina hígida e afetada por cárie / Thamirys da Costa Silva. – Araçatuba, 2024
55 f. : il. ; tab.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia de Araçatuba
Orientador: Prof. Paulo Henrique dos Santos
Coorientadora: Profa. Ticiane Cestari Fagundes Tozzi
Coorientadora: Profa. Ana Teresa Maluly Proni

1. Adesivos dentinários 2. Permeabilidade da dentina
3. Gases em plasma I. T.

Black D2
CDD 617.6

Claudio Hideo Matsumoto – CRB-8/5550

Dedicatória

A Deus

Dedico este trabalho a Deus, pois ele me tornou capaz de tornar um sonho em realidade. Conquistei forças de onde pensei não ter, sair de Belém para Araçatuba com muitas incertezas e medo, mas, sempre ouvir que não há fardo maior do que eu consiga carregar. Afinal ele ouviu meus apelos e orações e guiou-me em todo o tempo nessa jornada me proporcionando sempre o melhor, além disto me apresentou grandes pessoas que me impulsionaram a ser melhor.

Aos meus pais

Vocês foram incansáveis; são meu exemplo de força, mesmo não concordando com a decisão, me apoiaram e em todos os meus voos à Belém, estavam ali à espera, com um abraço e muito carinho. Embora longe (3200Km), são presentes todos os dias em minha vida, nossas chamadas de vídeo aquecem minha alma, os valores que me passaram e o amor que dedicam a mim, tem me tornado resiliente na vida em geral. Alcançar esta conquista foi um feito em conjunto.

Ao meu irmão

Quem diria, não é mesmo? Você é meu parceiro e melhor amigo. Odeia o contato físico, mas sempre me abraça e diz para eu não desistir. Mesmo tão jovem, me mostra sua força, leveza e tranquilidade, essas descrições são primordiais para as tomadas de decisão nas horas mais difíceis. Te sou grata, por tentar cuidar de tudo em minha ausência, embora você ainda tenha receios de me sobrecarregar e me passe uma mensagem ou outra pedindo ajuda nas decisões, tens se saído bem sem o “eu” físico para te ajudar. Eu estou muito orgulhosa de você e em breve poderei te recompensar por me ajudar nesta reta final.

Agradecimentos Especiais

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao meu orientador

Professor Paulo Henrique dos Santos por aceitar em me orientar neste caminho. Tenho uma enorme admiração a sua pessoa, você acreditou no meu potencial, disse que não me arrependeria de morar em Araçatuba, mesmo sem me conhecer inicialmente. No início sempre tive receios e inseguras ao perguntar, achando eu que minhas dúvidas eram besteira. Fostes tão resiliente e compreensivo com os desafios que se seguiram, tornando-se um amigo para além da Universidade. Sua paciência, disposição e seu olhar atento aos detalhes, me fizeram compreender meus pequenos erros e lhe sou grata, pelo incentivo e objetividade em executar todas as tarefas pormenores que fossem, estas foram o que trouxe até aqui. Gratidão por tudo, principalmente por sua confiança em tempos difíceis e por me ajudar em momentos pessoais, sua resiliência é um ato de total inspiração.

“Um amigo fiel é um remédio de vida e imortalidade; quem teme o Senhor, achará esse amigo.”

(Eclesiastes 6: 16)

Ao minhas coorientadoras

Professoras Ana Teresa Maluly Proni e a Ticiane Cestari Fagundes Tozzi Por todo o apoio, pela paciência. Por sempre estar à disposição para auxiliar no que fosse preciso para a melhoria do trabalho. Sempre foi aquele que apontava o que poderia melhorar e nos ajudou a chegar até aqui.

Aos Professores do departamento de dentística

Professores André Luiz Fraga Briso e Anderson Catelan por todo incentivo na pós-graduação, após meu orientador ter que se ausentar e ir a sua jornada em Toronto. Por auxílio e ajuda nas atividades laboratoriais, vocês foram criteriosos nas minhas apresentações das aulas e conseqüentemente aprimoraram muito meu conhecimento durante este trajeto.

Aos amigas que Araçatuba me presenteou

Larissa dos Santos Moraes e Laura Cesário por serem uns anjos, me auxiliaram no momento mais difícil em Araçatuba. Vocês passaram dificuldades junto a mim, me apoiaram e me fizeram enxergar para além da pós-graduação. Muito obrigada por tanto, seu esforço em me fazer rir e sua paciência, força e resiliência, levo em meu coração. Vocês são o fruto de vossos esforços, ao longo desta jornada, que Deus seja sempre convosco. Saiba que estão em minhas orações e que tenho um enorme carinho por vocês, que suas jornadas sejam de muito sucesso! Sou grata!

A minha psicóloga

Se tornou para além de uma profissional, Samantha Moreira, obrigada por ser essa pessoa maravilhosa. Me inspiro em sua resiliência, porque além de ser ouvinte és compassiva em seu comportamento como profissional. Você é a primeira pessoa que recorro a quaisquer coisas da minha carreira e vida pessoal, em minha maior dificuldade, você me fez acreditar em minha capacidade e me propôs forças para não desistir ao caminhar. Obrigada por tudo em geral, sua amizade é recíproca. Seu esforço te levará em locais grandiosos e eu torço muito por seu sucesso pessoal e profissional.

Aos meus familiares

Muito do meu sucesso profissional vem da força que recebo de todos aqueles que estão ao meu redor, meus familiares. Realizar pós-graduação sempre foi um sonho e vocês me apoiaram e emanaram energias positivas a cada conquista e passo realizado. Eu não saberia descrever ao certo as palavras que me motivam a ir além. Acredito que cada conselho recebido, me proporciona paz e alegria, sendo assim, eu tentarei compartilhar todas as pequenas conquistas junto de vós, eu os amo com todo meu coração.

Aos meus mentores na UFPA

Se hoje estou em uma das melhores Universidades foi porque eu tive bons conselhos para ir em busca de realizar inscrição. Aos Professores Pedro Luiz de Carvalho e Miki Taketomi Saito, vocês tornaram o meu caminho mais fácil, eu fui bem instruída e aconselhada a ver a rotina, linhas de pesquisa entre muitas outras coisas, para enfim determinar o caminho. Atualmente, ainda recebo seus conselhos e os ouço atentamente, pois suas trajetórias, resiliência e força são capazes de realizar grandes feitos dentro e fora da UFPA. Obrigada por serem ótimos e estarem sempre presente em minha vida, sou grata por confiarem em meu sucesso e por me estenderem a mão a quaisquer coisas da minha carreira que está apenas começando.

“Se você pode sonhar, você pode fazer. Você pode sonhar, criar, desenhar e construir o lugar mais maravilhoso do mundo. Mas é necessário ter pessoas para transformar seu sonho em realidade.”

Walt Disney

A minha amiga de Belém

Eluane Serra de Lima por sempre ter a paciência e a disponibilidade de me ouvir e ajudar por WhatsApp. Pôr os desabafos da vida em geral e principalmente pelas risadas em momentos difíceis. Foste a minha melhor companheira à distância. Quanta gratidão pela pessoa que tens se tornado.

A minha Família adotiva em Belém

Em especial a Bruna Oeiras Cordeiro, eu não tenho palavras que definem os seus atos, somos amigas há tanto tempo e te sou grata por me incentivar a acreditar no meu potencial, mesmo quando eu digo que não sou capaz. Estamos juntas mesmo com a distância física, sua resiliência faz dessa amizade ser algo exponencial. Obrigada por ter pais maravilhosos que me recebem de braços abertos todas as vezes que volto à Belém, por seus irmãos se tornarem meus, pela acolha e escuta. Meu aprendizado se tornou mais eficaz com vossas contribuições.

Aos meus amigos da academia

Bruno Martins e Romário Brito, por me incentivarem a realizar exercícios físicos e me fazer entender tudo sobre o assunto, mesmo à distância. Por seus atos memoráveis e sua força em realizar tarefas. Fostes fundamental em minha jornada, sua sabedoria em me tirar de casa para os treinos e nossas conversas profunda sobre a vida, me tornaram constante e melhor. A minha jornada na pós-graduação teve um salto enorme. Meu coração se enche de gratidão ao lembrar de vocês.

A minha família em Aracatuba

A família Gomes me adotou e me proporcionou diversas risadas, a convivência, me fez enxergar a beleza na simplicidade e para além disso, me fez ver o quão belo é amar a Deus sobre todas as coisas. Me levaram à igreja e me disseram o quão importante é se manter firme em meio as tempestades. Perdemos o pastor em dezembro de 2023. e ainda vivemos sob o luto de uma perda, mas fica o carinho nas memórias construídas. Obrigada por tanto.

Aos meus colegas da Pós-graduação

Eu não saberia exemplificar os feitos e explicar a gratidão que sinto por cada pessoa que partilha o dia a dia em nosso departamento. Embora muitas vezes eu fosse introvertida e tímida, aprendi com cada um a tornar-me ágil em tarefas clínicas e laboratoriais, para além disto, eu aprendi o que significa a palavra “esforço” na prática, isto foi fundamental para que eu chegasse até aqui. Que possamos compartilhar muito desses momentos e dividirmos as experiências, vivências e até as caronas para juntos crescermos ao longo desta jornada chamada pós-graduação.

Aos meus alunos de iniciação científica

Ritipael, Aisha e Isabela pela paciência e disposição para desenvolver as pesquisas e me ajudarem nas minhas análises. Ambos possuem um futuro brilhante como profissionais,

pois possuem o comprometimento e a garra necessários para crescimento e desenvolvimento pessoal. Obrigada pela parceria e amizade que desenvolvemos ao longo da convivência.

Agradecimientos

AGRADECIMENTOS

À *Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”*, na pessoa do diretor da *Faculdade de Odontologia de Araçatuba Prof. Tüt. Alberto Carlos Botazzo Delbem* por disponibilizar meios para o desenvolvimento das pesquisas, por nossas reuniões esclarecedoras a respeito dos equipamentos que estão sob sua supervisão, seu auxílio foi de grande valia e com muito carinho, no equipamento de goniômetro vinculado ao departamento de pediatria da *Faculdade de Odontologia da Unesp – FOA* e por todos os outros ensinamentos passados durante os meses que estive acessando as dependências do mesmo, para elaboração e execução desta pesquisa.

Ao *Programa de Pós-Graduação em Odontologia*, na pessoa do coordenador *Prof. Dr. Wirley Gonçalves Assunção* por oferecer a oportunidade de cursar a pós-graduação e incentivar a pesquisa, por sua atenção ao conversar e administrar muito bem os problemas dos pós-graduandos dentro de suas respectivas áreas.

À *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES)* – Código de Financiamento 001, pela concessão de Bolsa durante os meses do Mestrado a qual fui contemplada.

Aos funcionários da *Seção de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – Unesp, Cristiane Regina Lui Matos, Valéria de Queiroz Marcondes Zagatto, Lilian Sayuri Mada, Eduardo Moure Cícero e Camila de Abreu Rodrigues Rosa*, pela disponibilidade em sempre solucionar os problemas e solucionar as dúvidas que surgiram durante esses dois anos.

Aos funcionários da *Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Araçatuba - Unesp* pela disponibilidade em ajudar e incentivar o aluno de pós-graduação sempre a manter-se atualizado e motivado.

Aos Professores do *Programa de Pós-Graduação em Odontologia – FOA/Unesp*, pelo conhecimento compartilhado durante o curso, tudo foi de grande valia.

Aos professores do *Departamento de Odontologia Preventiva Restauradora e do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, em especial aos Prof. Dr. André Luiz Fraga Briso, Profa. Dra. Ticiane Cestari Fagundes Tozzi, Prof. Sílvio José Mauro, Profa. Aimee Maria Guiotti e Profa. Maria Cristina Rosifini Alves Rezende*, por todos os ensinamentos compartilhados e toda convivência durante esse tempo, seja nas aulas do

Mestrado ou durante os estágios PAADES e acompanhamento dos laboratórios e clínicas da graduação.

Aos servidores técnicos administrativos, *Carlos Suetake, Autran Santiago e Marcell* por toda a paciência em demonstrar a higienização dos equipamentos e convivência que tivemos durante ao longo desses dois anos. Obrigada por todas as conversas, risadas e por todo companheirismo durante os Laboratórios e Clínicas da Graduação!

Ao secretário, *Jorge Luis Trevelim* do Departamento de Odontologia Preventiva e Restauradora, por toda a disponibilidade em me ajudar e por sua gentileza sempre, és uma pessoa muito querida a mim!

A *Profa. Juliana Aparecida Delben e ao Bruno Mena Cadorin*, que doaram o equipamento à *Faculdade de Odontologia da Unesp – FOA* e que representam a empresa WIER – Tecnologia Plasma e Ozônio, pelo desenvolvimento do equipamento utilizado durante a pesquisa, por todos os ensinamentos e ficha técnica repassados durante esses dois anos a qual gerou e contribui na elaboração e execução desta pesquisa.

À toda equipe do *Prof. Dr. Paulo Henrique Dos Santos, Ana Teresa Maluly Proni, Mariana Elias Queiroz e Henrico Badaoui Strazzi Sahyon*, por toda receptibilidade, gentileza e disponibilidade em ajudar desde as minhas pequenas dúvidas a correção de resumos para apresentação em congressos acadêmicos, ademais por vossos conselhos sobre a vida, a carreira acadêmica e resiliência durante o caminhar. Sou grata pela atenção e gentileza que sempre tiveram comigo, os levo como grandes referências.

Epigrafe

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar”.

Josué 1:9

Resumo

RESUMO

Silva TC. Influência do plasma de baixa temperatura nas propriedades da dentina hígida e afetada por cárie [dissertação]. Araçatuba: Universidade Estadual Paulista, 2024.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da aplicação do plasma de baixa temperatura (PBT) à base de argônio associado ou não ao oxigênio nas características superficiais da dentina hígida e afetada por cárie. Quarenta e oito molares humanos, tiveram suas superfícies dentinárias expostas e divididos em três grupos de acordo com o pré-tratamento da dentina com PBT (à base de argônio, à base de argônio + 2% de oxigênio e sem tratamento com PBT). A superfície de dentina média foi exposta nos dentes hígidos, enquanto a superfície da dentina afetada por cárie foi identificada com auxílio de um evidenciador de cárie a partir de dentes clinicamente cariados. O grupo que recebeu aplicação do plasma de argônio foi submetido a ionização por 30 segundos à 3mm de distância. No grupo que recebeu a aplicação do PBT a base de argônio com oxigênio, ele foi misturado ao argônio na concentração de 2% pelo mesmo tempo e distância de aplicação. Os dentes foram levados a um microdurômetro (Micromet 5114) para mensuração da microdureza e a um goniômetro (DSA 100S) para análise do ângulo de contato, energia de superfície, componente polar e apolar da energia de superfície e energia total livre de interação (n=8). Os dados obtidos foram submetidos a testes estatísticos ANOVA dois fatores e Tukey ($\alpha=0,05$). Os resultados mostraram que a aplicação do PBT alterou as propriedades dos diferentes substratos dentinários, sendo que plasma de argônio sem oxigênio na dentina afetada por cárie aumentou os valores de energia de superfície em comparação ao grupo controle sem causar alteração significativa no ângulo de contato, na microdureza superficial e na energia total livre de interação. Já a adição do oxigênio ao argônio embora também tenha apresentado melhora nas propriedades físicas, quando comparada ao grupo controle afetado por cárie, apresentou menores valores de energia de superfície e maiores valores de ângulo de contato em comparação ao grupo sem oxigênio. Assim, a aplicação do PBT à base de argônio poderia ser uma alternativa para tratamentos em dentina afetada por cárie. Entretanto, o emprego do oxigênio para geração do PBT não foi benéfico para a maioria das propriedades avaliadas.

Palavras-chave: adesivos dentinários; permeabilidade da dentina; gases em plasma.

Abstract

ABSTRACT

Silva TC. Influence of low-temperature plasma on the properties of sound and caries-affected dentin [dissertation]. Araçatuba: São Paulo State University, 2024.

The aim of this study was to evaluate the effect of low-temperature argon and oxygen-based plasma application on the surface characteristics of caries-affected dentin. Forty-eight human molars had their dentin surfaces exposed and were divided into three groups based on dentin pretreatment with LTP (argon-based, argon/oxygen-based, and untreated). The dentin surface was exposed in healthy teeth, while the caries-affected dentin surface was selected using a caries indicator. The argon plasma group underwent ionization for 30 seconds at 3mm. In the argon/oxygen group, oxygen was mixed with argon at a concentration of 2% for the same time and application distance. Teeth were subjected to Micromet 5114 microhardness measurements and DSA 100S goniometer analysis for contact angle, surface energy, dispersive and acid-base component, and total free interaction energy (n=8). The data were subjected to Shapiro-Wilk normality test, variance homogeneity, two-way ANOVA, and Tukey's test ($\alpha = 0.05$). Results showed that LTP application altered the properties of different dentin substrates concerning mechanical physical properties. Argon plasma without oxygen association on caries-affected dentin surface yielded higher surface energy values compared to the control group without significant changes in contact angle, surface microhardness and total free interaction energy. However, adding oxygen to argon, while showing improvement in physical properties compared to the caries-affected control group, resulted in lower surface energy values and higher contact angle compared to the non-oxygen group. Thus, argon based LTP application could be an alternative for treating affected dentin. However, oxygen use for LTP generation was not beneficial for the evaluated properties.

Keywords: dentin-bonding agents; dentin permeability; plasma gases.

Listas e Sumário

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do estudo

31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Distribuição dos grupos experimentais em função da aplicação do plasma de baixa temperatura (PBT) 30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de Microdureza Knoop (KNH) nos diferentes substratos em função do tratamento de superfície (média ± desvio padrão)	36
Tabela 2 – Valores de ângulo de contato nos diferentes substratos em função do tratamento de superfície (média ± desvio padrão)	37
Tabela 3 – Valores de energia de superfície Y_s (mN/m) nos diferentes substratos em função do tratamento de superfície (média ± desvio padrão)	37
Tabela 4 – Valores do componente dispersivo da energia de superfície Y_s^{LW} (mN/m) nos diferentes substratos em função do tratamento de superfície (média ± desvio padrão)	38
Tabela 5 – Valores do componente ácido-base Y_s^{AB} (mN/m) da energia de superfície nos diferentes substratos em função do tratamento de superfície (média ± desvio padrão)	39
Tabela 6 – Valores de energia livre total de interação ΔG_{sws}^{TOTAL} nos diferentes substratos em função do tratamento de superfície (média ± desvio padrão)	39

LISTA DE ABREVIATURAS

%	Porcentagem
®	Marca registrada
µm	Micrômetro
A	Área
ANOVA	Análise de Variância
Ar	Gás argônio
cm ²	Centímetro quadrado
et al.	E colaboradores
F	Força
L/min	Litro por minuto
mm	Milímetro
mW	MiliWatt
Nm	Nanômetro
O	Gás oxigênio
°C	Grau Celsius
PBT	Plasma de baixa temperatura
R	Razão
s	Segundos
UV	Luz ultravioleta
α	Alpha

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	26
2	MATERIAIS E MÉTODO	30
2.1	Seleção dos dentes	30
2.2	Preparo dos dentes	30
2.3	Análise de Microdureza dos diferentes substratos dentinários	32
2.4	Análise do ângulo de contato, energia livre de superfície, componente polar e apolar da energia de superfície e energia total livre de interação.....	33
3	ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
4	RESULTADOS	37
5	DISCUSSÃO.....	42
6	CONCLUSÃO.....	46
	REFERÊNCIAS.....	48
	ANEXOS.....	53

Introdução

1 INTRODUÇÃO

A odontologia adesiva passou por grandes mudanças em seus protocolos nos últimos anos, envolvendo não somente o desenvolvimento de novos materiais, mas também a modificação do tratamento ao substrato onde estes são aplicados. Neste contexto, a adesão à dentina ainda se mostra como um grande desafio clínico, devido à alta complexidade desse tecido quando exposto na cavidade bucal em seu comportamento químico e biológico^{1,2}.

Embora o processo restaurador envolvendo materiais adesivos tenha sido otimizado nos últimos anos, ainda é passível de falhas, especialmente no sistema *etch-and-rinse*, associando-o a qualidade da técnica que ocorre por infiltração monomérica do sistema adesivo no substrato. Este, quando aplicado sobre a dentina que foi previamente desmineralizada por meio do condicionamento ácido à superfície, apresenta dificuldade de infiltração total em maior área de profundidade, o que poderia levar ao não preenchimento de toda matriz colágena exposta³. Consecutivo a isto, o processo de polimerização da cadeia monomérica resultaria em micro falhas na interface dente-restauração, reduzindo a longevidade da interface resina-dentina⁴. Além dos aspectos mecânicos, a adesão em longo prazo depende de alguns fatores químicos que se associam a boa formação da camada híbrida, a fim de proporcionar maior selamento marginal da interface adesiva⁵⁻⁸.

A dentina em sua forma íntegra é um tecido mineralizado de origem conjuntiva⁹, com estrutura interior acelular, apresentando, de uma forma geral, 70% de conteúdo mineral, 18 a 20% de matriz orgânica e 10 a 12% de água⁸⁻¹⁰. Sua estrutura interna é composta por matriz colágena, espaço periodontoblástico, prolongamentos odontoblásticos entre outras subdivisões, que embora sejam interligados ao complexo dentina-polpa, sua comunicação ocorre através da dentina tubular, com a presença de fluídos dentinários na camada de superfície¹¹, a qual é absorvida no processo adesivo. Quando há instalação de um processo cariioso, tal estrutura sofre modificações clínicas e nas terminações nervosas, incluindo a textura de consistência amolecida, coloração amarelo-amarronzada, alta umidade e menor proteção térmica a polpa¹².

A dentina infectada se apresenta como um tecido com alta umidade e baixa resistência a remoção por instrumentos manuais¹², apresentando, em muitos casos, resposta inflamatória da polpa¹³. Além disto, a lesão se estende, em sua maioria, na parede tubular e sua defesa tecidual é passível de falha, pois o processo cariioso eleva a permeabilidade celular do meio resultando, em alguns casos clínicos, na exposição do tecido pulpar. A dentina afetada é

manifestada mais nas paredes próximas a junção cimento-esmalte, livre de grande profundidade, apresentando um tecido mais rígido e seco à remoção mecânica¹⁴. Esse processo carioso tem sido considerado na literatura como inativo, passível de regeneração tecidual, proporcionando maiores chances de sucesso no processo de adesão¹³. A dentina afetada por cárie apresenta em média 2,7 vezes mais água que a dentina hígida, e quando desidratada ocorre uma contração de 82µm, aproximadamente 10x mais que a dentina hígida¹⁰⁻¹⁵. Ao realizar uma avaliação histológica do tecido infectado e afetado, os estudos mostram que o tecido somente afetado apresenta maior quantidade de colágeno passível de reorganização, (32,37%) comparado ao tecido infectado (12,71%)¹⁶. Atualmente, os tratamentos restauradores eletivos são minimamente invasivos, com o intuito de preservar maior quantidade de tecido sadio ou passível de recuperação, incluindo a manutenção da dentina afetada, mas não infectada pelo processo carioso^{17,18}. No entanto, dúvidas ainda existem se esse tecido afetado contém ou não microrganismos que podem, em longo prazo, gerar uma recidiva do processo carioso¹².

Nesse contexto, uma das técnicas de modificação da superfície dentinária com alto potencial antimicrobiano envolve a aplicação do plasma de baixa temperatura (PBT) ou *cold plasma*¹⁹. Denominado como o quarto estado da matéria, o plasma é um gás ionizado, inerte, de temperatura próxima a do corpo humano e de baixo consumo energético²⁰. O PBT tem sido inserido na área médica devido sua rápida ação antimicrobiana, capacidade de penetração em microcavidades, superfícies irregulares e profundas, incluindo seu efeito inibitório aos patógenos presentes na *smear layer*²¹⁻²⁴. O processo de ionização de um gás pelo plasma de baixa temperatura leva a formação de espécies reativas de oxigênio¹⁹, as quais, uma vez dentro das células dos microrganismos, causam sua inativação e destruição por meio de estresse oxidativo no interior da membrana, sem causar danos aos tecidos subjacentes²⁰⁻²⁵.

Strazzi-Sahyon et al.¹⁵ utilizando o PBT em diferentes tempos e concentrações, observaram que a aplicação do gás argônio associado ao oxigênio melhorou a capacidade de umedecimento e energia livre de superfície da dentina hígida, com preservação de sua composição química e da rugosidade de superfície¹⁹⁻²². Alguns estudos mostram que a aplicação do plasma de baixa temperatura aumenta a resistência de união adesivo/dentina em substratos desmineralizados, quando comparados a substratos não tratados com o plasma^{26,27}. No entanto, são escassos estudos envolvendo a aplicação do plasma de baixa temperatura em dentina afetada por cárie. Dessa forma, o objetivo no presente estudo foi avaliar o efeito da aplicação do plasma de baixa temperatura à base de argônio associado ou não ao oxigênio nas

características de superfície da dentina afetada por cárie. Duas hipóteses nulas foram testadas: (1) que a aplicação do plasma de argônio de baixa temperatura associado ou não ao oxigênio não causaria alteração nas propriedades físicas e na microdureza superficial da dentina hígida ou afetada por cárie e (2) não haveria diferença nas características de superfície entre as dentinas hígida ou afetada por cárie, independente da aplicação do PBT.

Material e Método

2 MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Seleção dos dentes

O projeto de pesquisa foi submetido e aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP (CAAE nº 60798922.7.0000.5420). Foram selecionados quarenta e oito molares humanos, sendo vinte e quatro dentes hígidos e vinte e quatro dentes cariados. Estes foram extraídos por motivos ortodônticos e/ou periodontais, sendo limpos com curetas e realizado profilaxia, dispondo de uma peça reta de mão e escova robinson com pedra pomes em pote dappen e água. Ressalta-se que, todos os dentes com evidência clínica de reabsorção radicular, trincas ou fraturas foram excluídos da pesquisa, sendo os demais armazenados em freezer à temperatura de -20°C até o início do estudo.

2.2 Preparo dos dentes

Para a confecção dos espécimes no estudo, foi removida a superfície oclusal de todos os dentes com disco diamantado em cortadeira de precisão Isomet 1000 (Buheler, Lake Bluff, IL, EUA), alcançando a região de dentina média próximo a junção cemento esmalte para então remover parte da raiz. Após cortados, a superfície exposta foi avaliada na lupa estereoscópica (Stemi SV11, Zeiss, White Plains, NY, EUA) para verificar e garantir a ausência de remanescentes prismáticos de esmalte na superfície desgastada. Após o corte, a superfície dentinária foi abrasionada com lixa de granulação #600 (Buheler, Lake Bluff, IL, EUA), para a padronização dos espécimes por 60 segundos, sob refrigeração em água, na politriz automática Aropol E (Arotec Indústria e Comércio Ltda, Cotia, SP, Brasil), para padronização da *smear layer*.¹⁵

Nos dentes com lesão primária de processo carioso, foi aplicado um evidenciador de cárie na superfície dentinária (Caries Detector, Kuraray), revelando o tecido infectado pela lesão inicial, o qual foi removido durante o preparo dos espécimes. O desgaste do dente foi realizado em politriz com lixa #600 até que fosse observada uma leve pigmentação pelo corante na superfície dentinária, evidenciando por completo a dentina afetada por cárie. Após realizadas essas etapas, o polimento final foi feito com as lixas de granulação #800 e #1200 (Buheler, Lake Bluff, IL, EUA), lavada e seca com jatos de ar e divididos em 3 grupos, sendo que um dos grupos a dentina foi submetida ao tratamento com plasma de argônio a baixa temperatura, o outro grupo foi submetido ao tratamento com plasma de argônio+2% oxigênio

e o outro grupo foi o controle, no qual foi caracterizado pela ausência de tratamento com o PBT. A divisão dos grupos está descrita no quadro abaixo (Quadro 1).

Quadro 1 - Distribuição dos grupos experimentais em função da aplicação do plasma de baixa temperatura (PBT)

Grupos Experimentais	Descrição
GC-H	Dentina hígida (Controle) – sem PBT
GC-C	Dentina afetada por cárie (Controle) – sem PBT
PBT-H	Dentina hígida submetida ao PBT a base de argônio
PBT-C	Dentina afetada por cárie submetida ao PBT a base de argônio
PBT+O ₂ -H	Dentina hígida submetida ao PBT a base de argônio + 2% oxigênio
PBT+O ₂ -C	Dentina afetada por cárie submetida ao PBT a base de argônio + 2% oxigênio

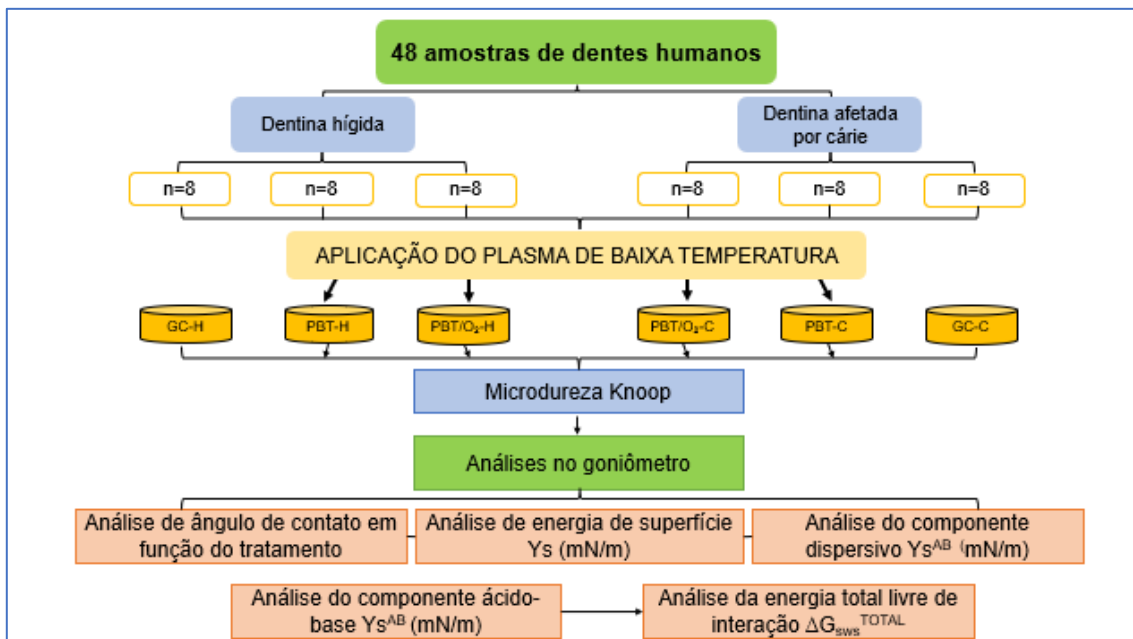
Fonte: Autor, 2024

Nos GC-H e GC-C, os dentes foram armazenados em água deionizada à 37°C os quais não receberam nenhum tipo de tratamento, caracterizando-os com ausência de pré-tratamento com o PBT.

Nos grupos PBT-H e PBT-C foi aplicado aos espécimes o pré-tratamento do plasma argônio (Ar) por meio da ionização do gás, em pressão atmosférica (Plasma Pen, WIER-Tecnologia Plasma e Ozônio, Florianópolis, SC, Brasil). A taxa de fluxo do gás argônio foi mantida através de um controlador do fluxo em 1,5 L/min, com a distância entre a ponta geradora do plasma e o espécime de 3 mm, sendo o mesmo aplicado pelo tempo de 30 segundos.¹⁸ O PBT foi gerado por meio de uma peça reta, que dispersa a passagem do jato de gás argônio em pressão atmosférica, por meio de cilindros que são recarregáveis com gás, sendo este conectado por túbulos ao eletrodo central da peça de mão.

Nos grupos PBT+O₂-H e PBT+O₂-C foi aplicado aos espécimes o pré-tratamento de plasma argônio 1,5L/min associado ao gás oxigênio (O) 2% (30 mL/min). A conexão dos cilindros promoveu a passagem dos gases ao tubo central do dispositivo, gerando a reatividade na superfície dos espécimes usando um controlador de fluxo. O delineamento do estudo esta ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma do estudo



Fonte: Autor, 2024

2.3 Análise de Microdureza dos diferentes substratos dentinários

Os espécimes (n=8) foram polidos com as lixas #800 e #1200 e levados ao microdurômetro Micromet 5114 (Buehler) para mensuração da microdureza dos diferentes tipos de dentina, antes e após a aplicação do plasma de baixa temperatura. Cinco indentações foram realizadas utilizando uma carga de 25 gramas por um período de 5 segundos, em uma distância de 0,5mm cada.¹⁵

Os valores de dureza Knoop foram avaliados pelo software Buehler OmniMet (Buehler), sendo realizada uma média aritmética dos valores de dureza para cada amostra.

2.4 Análise do ângulo de contato, energia livre de superfície, componente polar e apolar da energia de superfície e energia total livre de interação

Para a análise do ângulo de contato e da energia livre de superfície (γ_s) foram utilizadas todas as amostras dos diferentes tipos de dentina, sendo estes 24 espécimes de dentina hígida e 24 de dentinas afetadas por a doença cárie (Figura 1). A energia de superfície e seu componente apolar (γ^{LW} : Lifshitz van der Waals) e polar (γ^{AB} : ácido/base) foram determinados pelas medidas de ângulo de contato em goniômetro automático (DSA 100S, Krüss, Hamburg, Alemanha), utilizando três líquidos específicos com os parâmetros de energia de superfície conhecidos: água (polar), diodometano (apolar) e etilenoglicol (polar com componente ácido e base).

Para a determinação do ângulo de contato, um volume de 0,3 μL de cada líquido foi dispensado automaticamente em diferentes regiões pré-estipuladas da superfície de cada amostra utilizando uma seringa de vidro (500 μL) e uma agulha com calibre de 0,5 mm. Após 1 segundo do gotejamento, o ângulo de contato foi mensurado utilizando uma câmera para captura das imagens e pelo método da tangente (Drop Shape Analysis DSA4 Software, version 2.0-01, Krüss). Cada gota foi medida 5 vezes durante 5 segundos em temperatura ambiente (23°C), e uma média aritmética foi obtida^{15,22,27}.

Os parâmetros de γ^{LW} e γ^{AB} e os componentes ácido (γ^+ , componente receptor) e base (γ^- , componente doador) da energia livre de superfície (mN/m) foram calculados de acordo com o modelo de van Oss, Chaudhery e Good para determinação da energia livre de interação dos substratos que foi obtida através da seguinte fórmula do ΔG :

$$(1 + \cos \theta) \gamma_s = -2 (\sqrt{\gamma_s^{LW}} - \sqrt{\gamma_L^{LW}}) + (\sqrt{\gamma_s^+ \gamma_L^-} + \sqrt{\gamma_s^- \gamma_L^+})$$

Análise Estatística

3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos a testes estatísticos de normalidade Shapiro-Wilk e homogeneidade de variância. As médias de microdureza de superfície, ângulo de contato, energia de superfície, componente dispersivo da energia de superfície, componente ácido-base da energia de superfície e energia total livre de interação foram submetidas à ANOVA dois fatores e teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) (Jamovi 2.3 software).

Resultados

4 RESULTADOS

Os valores de microdureza Knoop (KNH) estão dispostos na Tabela 1. Na comparação entre os tipos de substratos, a dentina hígida apresentou maior valor de dureza ($92,3 \pm 13,4$ KHN) em comparação à dentina afetada por cárie ($70,2 \pm 14,9$ KHN) apenas quando a mesma foi submetida ao tratamento com plasma de Ar + 2% O₂ ($p=0,047$). Nas demais comparações, não houve diferença entre os tipos de dentina ($p>0,05$). Na comparação entre os tratamentos na dentina hígida, o tratamento com plasma de Ar + 2% O₂ promoveu maiores valores de dureza Knoop ($92,3 \pm 13,4$ KHN) com diferença estatisticamente significativa para o grupo controle ($69,1 \pm 9,2$ KHN) ($p=0,004$). Para a dentina afetada por cárie, não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p>0,05$).

Tabela 1 - Valores de Microdureza Knoop (KNH) nos diferentes substratos em função do tratamento de superfície (média \pm desvio padrão)

	Dentina Hígida	Dentina Afetada
Controle	$69,1 \pm 9,2$ A b	$66,9 \pm 6,4$ A a
Plasma de Ar	$74,1 \pm 7,9$ A ab	$75,0 \pm 12,3$ A a
Plasma de Ar + 2% O ₂	$92,3 \pm 13,4$ A a	$70,2 \pm 14,9$ B a

Fonte: Autor, 2024

Letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, indicam diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$).

Os valores de ângulo de contato estão dispostos na Tabela 2. Na comparação entre os diferentes substratos, a dentina hígida apresentou menor ângulo de contato com a água quando o tratamento com plasma de Ar foi realizado ($25,08 \pm 4,65$), na comparação com a dentina afetada por cárie ($34,94 \pm 2,65$) ($p<0,001$). Para os demais tratamentos, não houve diferença estatisticamente significativa entre as dentinas ($p>0,05$). Na comparação entre os tratamentos, para a dentina hígida, os menores valores de ângulo de contato foram encontrados para o grupo tratado com plasma de Ar ($25,08 \pm 4,65$), na comparação com os demais tratamentos ($p=0,006$). Para a dentina afetada por cárie, o maior valor de ângulo de contato foi encontrado para o plasma de Ar + 2% O₂ ($44,11 \pm 3,18$), comparado ao grupo tratado com plasma de Ar ($34,94 \pm 2,65$) ($p=0,029$).

Tabela 2 - Valores de ângulo de contato nos diferentes substratos em função do tratamento de superfície (média ± desvio padrão)

	Dentina Hígida	Dentina Afetada
Controle	39,15 ± 3,67 A a	36,24 ± 2,31 A ab
Plasma de Ar	25,08 ± 4,65 B b	34,94 ± 2,65 A b
Plasma de Ar + 2% O ₂	44,48 ± 6,78 A a	44,11 ± 3,18 A a

Fonte: Autor, 2024

Letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, indicam diferença estatisticamente significante ($p < 0,05$).

Os valores de energia de superfície estão dispostos na Tabela 3. Na comparação entre os diferentes substratos, a dentina hígida apresentou maior energia de superfície quando o tratamento com plasma de Ar foi realizado ($60,30 \pm 4,89$ mN/m), na comparação com a dentina afetada por cárie ($29,86 \pm 2,15$ mN/m) ($p < 0,001$). Para os demais tratamentos, não houve diferença estatisticamente significante entre as dentinas ($p > 0,05$). Na comparação entre os tratamentos, para a dentina hígida, os maiores valores de energia de superfície foram encontrados para o grupo tratado com plasma de Ar ($60,30 \pm 4,89$ mN/m), na comparação com os demais tratamentos ($p < 0,05$). Para a dentina afetada por cárie, o maior valor de energia de superfície foi encontrado para o tratamento com plasma de Ar ($29,86 \pm 2,15$ mN/m), na comparação com os demais tratamentos ($p < 0,05$).

Tabela 3 - Valores de energia de superfície Y_s (mN/m) nos diferentes substratos em função do tratamento de superfície (média ± desvio padrão)

	Dentina Hígida	Dentina Afetada
Controle	17,43 ± 1,93 A b	12,64 ± 3,44 A c
Plasma de Ar	60,30 ± 4,89 A a	29,86 ± 2,15 B a
Plasma de Ar + 2% O ₂	23,83 ± 2,10 A b	19,85 ± 1,47 A b

Fonte: Autor, 2024

Letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, indicam diferença estatisticamente significante ($p < 0,05$).

Os valores do componente dispersivo da energia de superfície Y_s^{LW} (mN/m) estão dispostos na Tabela 4. Na comparação entre os diferentes substratos, a dentina hígida apresentou maiores valores em comparação à dentina afetada por cárie nos grupos tratados com plasma de Ar e plasma de Ar + 2% O_2 ($p < 0,05$). Na comparação entre os tratamentos, tanto para a dentina hígida quanto para a dentina afetada por cárie, os maiores valores do componente dispersivo da energia de superfície foram encontrados para o grupo tratado com plasma de Ar ($54,04 \pm 2,72$ mN/m e $43,80 \pm 1,09$ mN/m), respectivamente. ($p < 0,05$).

Tabela 4 - Valores componente dispersivo da energia de superfície Y_s^{LW} (mN/m) nos diferentes substratos em função do tratamento de superfície (média \pm desvio padrão)

	Dentina Hígida	Dentina Cariada
Controle	$29,54 \pm 2,95$ A b	$31,68 \pm 0,25$ A b
Plasma de Ar	$54,04 \pm 2,72$ A a	$43,80 \pm 1,09$ B a
Plasma de Ar + 2% O_2	$27,79 \pm 9,22$ A b	$21,43 \pm 0,57$ B c

Fonte: Autor, 2024

Letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

A Tabela 5 ilustra os valores do componente ácido-base Y_s^{AB} (mN/m) da energia de superfície. A dentina hígida apresentou maior valor para o componente ácido-base em comparação com a dentina afetada por cárie quando o tratamento foi realizado com plasma de Ar ($p = 0,023$). Não houve diferença estatisticamente significativa entre as dentinas hígidas e afetadas por cárie para os demais tratamentos ($p > 0,05$). Na comparação entre os tratamentos de superfície, para a dentina hígida, os maiores valores foram encontrados para a dentina tratada com plasma de Ar ($9,14 \pm 5,50$) em comparação com os demais tratamentos ($p < 0,05$). Para a dentina cariada, o tratamento com plasma de Ar + 2% O_2 apresentou os maiores valores do componente ácido-base da energia de superfície ($-1,58 \pm 1,54$), em comparação com os demais tratamentos ($p < 0,05$).

Tabela 5 - Valores do componente ácido-base Y_s^{AB} (mN/m) da energia de superfície nos diferentes substratos em função do tratamento de superfície (média± desvio padrão)

	Dentina Hígida	Dentina Cariada
Controle	-12,11 ± 3,92 A b	-19,04 ± 3,36 A b
Plasma de Ar	9,14 ± 5,50 A a	-14,01 ± 2,17 B b
Plasma de Ar + 2% O ₂	-4,21 ± 9,96 A ab	-1,58 ± 1,54 A a

Fonte: Autor, 2024

Letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

A Tabela 6 ilustra os valores da energia total de interação (ΔG_{sws}^{TOTAL}). A dentina hígida apresentou maiores valores ($69,13 \pm 7,90$) em comparação à dentina cariada apenas quando submetida ao tratamento com plasma de Ar ($p < 0,001$). Nos demais tratamentos, não houve diferença estatisticamente entre as dentinas ($p > 0,05$). Na comparação entre os tratamentos de superfície, para a dentina hígida, o tratamento com plasma de Ar apresentou maiores valores ($69,13 \pm 7,90$) em comparação aos demais grupos ($p < 0,05$). Já para a dentina afetada por cárie, não houve diferença estatisticamente entre os tratamentos ($p > 0,05$).

Tabela 6 - Valores da energia total livre de interação ΔG_{sws}^{TOTAL} nos diferentes substratos em função do tratamento de superfície (média± desvio padrão)

	Dentina Hígida	Dentina Cariada
Controle	31,44 ± 8,45 A b	29,76 ± 2,75 A a
Plasma de Ar	69,13 ± 7,90 A a	21,53 ± 5,76 B a
Plasma de Ar + 2% O ₂	27,30 ± 4,17 A b	27,27 ± 12,33 A a

Fonte: Autor, 2024

Letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

Discussão

5 DISCUSSÃO

A ação do plasma de baixa temperatura ocorre por meio da dispersão de um gás neutro, sendo este, o argônio utilizado no presente estudo. Sua ação é antimicrobiana, agindo na remoção de agentes patogênicos por meio do estresse oxidativo¹⁸, sem causar efeito tóxico ao tecido onde é aplicado^{20,21}. Delben et al.²⁷ comprovaram sua eficiência quanto a inativação de diferentes biofilmes, controlando a proliferação dos microrganismos superficiais. Esses gases neutros podem ser comumente utilizados em associações com outros gases, como o oxigênio, o que poderia aumentar sua reatividade na eliminação de microrganismos¹¹⁻¹⁹. Embora o principal efeito do PBT seja na ação antimicrobiana, seria de extrema importância estudar seus efeitos nas propriedades físicas e mecânicas do tecido dental, incluindo a dentina afetada por cárie, uma vez que em muitas técnicas restauradoras modernas, esse tecido é preservado durante o preparo cavitário²⁰⁻²⁵. Como existe clinicamente a preocupação sobre a contaminação ou não desse substrato, no ato de conservação tecidual, é possível que haja recidiva de um processo carioso em longo prazo¹⁸. Baseado nos resultados encontrados no presente estudo, a aplicação do PBT alterou as propriedades da dentina afetada por cárie, rejeitando-se assim, a primeira hipótese nula do estudo.

A aplicação do plasma de argônio sem associação com o oxigênio na superfície na dentina afetada por cárie possibilitou maiores valores de energia de superfície em comparação ao grupo controle (Tabela 3), bem como do seu componente dispersivo (Tabela 4) sem causar alteração significativa no ângulo de contato e na microdureza superficial (Tabelas 1 e 2). A camada de *smear layer* formada na dentina afetada por cárie apresenta diferentes estruturas morfológicas e químicas da dentina normal, pois a dentina afetada por cárie está parcialmente desmineralizada, resultando em diferentes teores minerais/orgânicos em comparação com a dentina hígida. Além disso, a *smear layer* da dentina afetada por cárie parece ser mais espessa e com maior conteúdo orgânico em comparação a dentina sadia²⁶. Especula-se que a penetração tecidual do gás possa ter causado alguma alteração ou desorganização nessa camada de *smear layer* mais espessa, o que poderia explicar os resultados encontrados²⁷⁻³³. Destaca-se que, de modo geral, o tratamento com o plasma frio apresenta resultados benéficos quando aplicados a estrutura dentinária^{17,19}. Suas diferentes associações em concentração e tempo, contribuem na quebra de ligações de C-H e C-C presentes nas proteínas da superfície dentinária⁹⁻¹⁰, sem causar modificação ou alteração na morfologia estrutural da dentina¹⁸. Do ponto de vista restaurador, o aumento da energia de superfície permitiria maior penetração do

adesivo a ser aplicado na cavidade por meio do aumento da hidrofiliabilidade da superfície dentinária, o que poderia contribuir para a longevidade da interface dente-restauração²⁹⁻³².

Ao analisar os resultados dos componentes dispersivos da energia de superfície, também chamado de componente apolar da energia de superfície (Tabela 4), bem como os valores do componente polar ácido-base (Tabela 5), verificamos que ambos sofrem aumento quando aplicado o PBT-AR, em ambos tecidos hígidos ou afetados por carie, especialmente seu componente dispersivo apolar. As forças dispersivas elevadas com baixas forças polares indicaram a forte hidrofobicidade da superfície testada, significando que líquidos polares não podem uniformemente se espalhar e molhar superfícies até que o líquido apolar tenha boa capacidade de molhamento em tais superfícies.³⁰ Zhu et al.¹¹ relatam que tal modificação poderia ser benéfica na formação da camada híbrida, uma vez que a estrutura proteica da dentina se manteve intacta após o tratamento com plasma durante 45 segundos, proporcionando melhor umedecimento da região analisada para posterior aplicação de sistemas adesivos^{18,33}. Importante ressaltar que a energia total livre de interação aumentou para a dentina hígida quando da aplicação do PBT-AR em relação ao grupo controle, mas sem diferença quando a análise foi realizada no tecido afetado por cárie (Tabela 6). Valores de ΔG acima de 0 significam que a superfície é hidrófila enquanto valores abaixo de 0 significam que a superfície é hidrófoba¹⁵. Embora superfícies mais hidrófilas sejam mais propícias a receberem a aplicação de monômeros hidrófilos como o HEMA, monômeros resinosos hidrofóbicos tendem a ser mais estáveis e apresentar melhores propriedades mecânicas³². Dessa forma, o aumento não significativo na hidrofiliabilidade da dentina, especialmente na afetada por cárie, parece ser um ponto positivo quando da aplicação do PBT-AR.

A associação com o oxigênio, embora também tenha apresentado melhora ou manutenção nas propriedades comparada ao grupo controle afetado por cárie (Tabelas 1, 2 e 3), apresentou, menores valores de energia de superfície e maiores valores de ângulo de contato em comparação ao grupo sem oxigênio para a dentina afetada por cárie (Tabelas 2 e 3). Especula-se que a mistura de oxigênio ao argônio, embora possa ter elevado o número de espécies reativas de oxigênio na superfície da dentina^{19,34}, seu efeito atingiria um grau de saturação não sendo capaz de gerar grandes modificações em termos de qualidade na superfície^{35,36}. Especula-se também que o elevado número de espécies reativas de oxigênio poderia reduzir o grau de conversão dos monômeros resinosos e seu potencial infiltrativo²¹ que seria posteriormente aplicado na dentina, uma vez que a reação de polimerização de

compósitos resinosos é inibida pela difusão do oxigênio da atmosfera para a resina durante ato de fotoativação³⁴⁻⁴⁰.

Na comparação entre os diferentes tipos de dentina, observou-se que a dentina hígida apresentou maiores valores de microdureza de superfície comparada a dentina afetada por cárie, quando a aplicação do plasma foi associada ao oxigênio (Tabela 1), bem como valores de ângulo de contato e energia de superfície superiores à dentina afetada quando tratada com plasma sem oxigênio (Tabelas 2 e 3), rejeitando-se assim a segunda hipótese nula do estudo. Utilizando nanoidentação por meio de um microscópio de força atômica modificado, foi verificado que os valores de dureza e módulo de elasticidade da dentina afetada por cárie seria ligeiramente menor em comparação a dentina sadia³¹. Tal fato poderia ocorrer pela diminuição do conteúdo mineral de fosfato e carbonato na região da dentina afetada por cáries em comparação com a dentina não cariada³¹. Além disso, a composição mineral difere da apatita normal devido aos processos cíclicos de desmineralização e remineralização³². Quando a dentina está afetada especula-se que podem ser encontrados ainda agentes patogênicos em seus túbulos dentinários decorrente do leve amolecimento e exposição da matriz colágena, e que, embora a zona esteja contaminada, ainda é passível de reestruturar-se ao realizar técnicas minimamente invasivas, como o PBT²⁰⁻²⁵. Estudos futuros são necessários para elucidar tal problema e verificar o efeito do PBT no processo de adesão de materiais restauradores a esse tecido³⁹⁻⁴³.

Embora os resultados apresentados pareçam mostrar que o plasma de baixa temperatura teria efeito promissor especialmente no tecido afetado por cárie, alguns fatores limitantes forma considerados como: a dificuldade de padronização do substrato e do local a ser analisado, o método de seleção dos dentes afetados por cárie, usando um agente evidenciador pôde dificultar o extrapolamento dos resultados para o ambiente clínico^{42,43}. É importante destacar que os estudos envolvendo as fontes geradoras de plasma possuem diferentes disposições de protocolos distância/tempo e após passado alguns minutos de aplicação do gás, a área em exposição tende a interagir com o meio, ampliando as espécies reativas no local, sendo um ponto crítico para análises quanto a interfaces adesivas^{7,13,18,25,26}. No entanto, a viabilidade do PBT em eliminar microrganismos, com possível preservação de tecido dentário durante os preparos cavitários, fazem dessa técnica uma alternativa viável para estudos futuros, especialmente na interação com materiais adesivos e sua efetividade em longo prazo. Estudos futuros são necessários para elucidar tais teorias.

Conclusão

6 CONCLUSÃO

A utilização do pré-tratamento do plasma de baixa temperatura à base de argônio parece ser promissora quando aplicada sobre a dentina afetada por cárie, uma vez que promoveria melhoria nas características físicas da superfície do substrato, sem causar alteração na microdureza de superfície. Entretanto, o emprego do oxigênio para geração do PBT não foi benéfico para a maioria das propriedades avaliadas.

Referências

REFERÊNCIAS

1. Warreth A, Abuhijleh E, Almaghribi MA, Mahwal G, Ashawish A. Tooth surface loss: A review of literature. *Saudi Dent J.* 2020 Feb;32(2):53-60.
2. Naujokat H, Harder S, Schulz LY, Wiltfang J, Flörke C, Açil Y. Surface conditioning with cold argon plasma and its effect on the osseointegration of dental implants in miniature pigs. *J Craniomaxillofac Surg.* 2019 Mar;47(3):484-90.
3. Sadeghi Mahounak F, Abbasi M, Ranjbar Omrani L, Meraji N, Rezazadeh Sefideh M, Kharrazi Fard MJ, et al. Effect of root dentin pretreatment on micro-push-out bond strength of fiber posts to root canal dentin: Cold Atmospheric Argon Plasma (CAAP) and Ethylenediaminetetraacetic Acid (EDTA). *Int J Dent.* 2021 May;2021:5571480.
4. Perdigão J. Current perspectives on dental adhesion: (1) Dentin adhesion - not there yet. *Jpn Dent Sci Rev.* 2020 Nov;56(1):190-207.
5. Dong X, Chen M, Wang Y, Yu Q. A Mechanistic study of plasma treatment effects on demineralized dentin surfaces for improved adhesive/dentin interface bonding. *Clin Plasma Med.* 2014 Jul;2(1):11-6.
6. Chen M, Zhang Y, Sky Driver M, Caruso AN, Yu Q, Wang Y. Surface modification of several dental substrates by non-thermal, atmospheric plasma brush. *Dent Mater.* 2013 Aug;29(8):871-80.
7. Kermanshah H, Saeedi R, Ahmadi E, Ranjbar Omrani L. Efficacy of cavity liners with/without atmospheric cold helium plasma jet for dentin remineralization. *Biomater Investig Dent.* 2020 Aug;7(1):120-5.
8. Manso AP, Carvalho RM. Dental cements for luting and bonding restorations: self-adhesive resin cements. *Dent Clin North Am.* 2017 Oct;61(4):821-34.
9. Liu Y, Liu Q, Yu QS, Wang Y. Nonthermal atmospheric plasmas in dental restoration. *J Dent Res.* 2016 May;95(5):496-505.
10. Qi X, Zhu XM, Liu X, Li J, Zhao LX, Li HP, et al. Effects of a helium cold atmospheric plasma on bonding to artificial caries-affected dentin. *Dent Mater J.* 2022 Feb;41(1):101-9.

11. Zhu XM, Zhou JF, Guo H, Zhang XF, Liu XQ, Li HP, et al. Effects of a modified cold atmospheric plasma jet treatment on resin-dentin bonding. *Dent Mater J*. 2018 Sep;37(5):798-804.
12. Zhang Y, Yu Q, Wang Y. Non-thermal atmospheric plasmas in dental restoration: improved resin adhesive penetration. *J Dent*. 2014;42(8):1033-42.
13. Sofan E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, Migliaiu G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Ann Stomatol*. 2017 Jul;8(1):1-17.
14. Oliveira-Reis B, Maluly-Proni AT, Fagundes TC, Vasconcelos G, Bresciani E, Prakki A, et al. Influence of protease inhibitors on the degradation of sound, sclerotic and caries-affected demineralized dentin. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2019 Sep;97:1-6.
15. Strazzi-Sahyon HB, Suzuki TYU, Lima GQ, Delben JÁ, Cadorin BM, Nascimeno V, et al. In vitro study on how cold plasma affects dentin surface characteristics. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2021;123:104762.
16. Chen W, Huang J, Du N, Liu XD, Wang XQ, Lv GH, et al. Treatment of enterococcus faecalis bacteria by a helium atmospheric cold plasma brush with oxygen addition. *J Appl Phys*. 2012;112:013304.
17. Koban I, Duske K, Jablonowski L, Schroder K, Nebe B, Sietmann R, et al. Atmospheric plasma enhances wettability and osteoblast spreading on dentin in vitro: proof-of-principle. *Plasma Process Polym*. 2011;8:975-82.
18. Aromaa MK, Vallittu PK. Delayed post-curing stage and oxygen inhibition of free-radical polymerization of dimethacrylate resin. *Dent Mater*. 2018;34(9):1247-52.
19. Lima GMG, Borges AC, Nishime TMC, Santana-Melo GF, Kostov KG, Mayer MPA, et al. Cold atmospheric plasma jet as a possible adjuvant therapy for periodontal disease. *Molecules*. 2021 Sep;26(18):5590.
20. Herbst SR, Hertel M, Ballout H, Pierdzioch P, Weltmann KD, Wirtz HC, et al. Bactericidal efficacy of cold plasma at different depths of infected root canals in vitro. *Open Dent J*. 2015 Dec;9:486-91.
21. Fathollah S, Abbasi H, Akhoundi S, Naeimabadi A, Emamjome S. Cold plasma enamel surface treatment to increase fluoride varnish uptake. *Sci Rep*. 2022 Mar;12(1):4657.

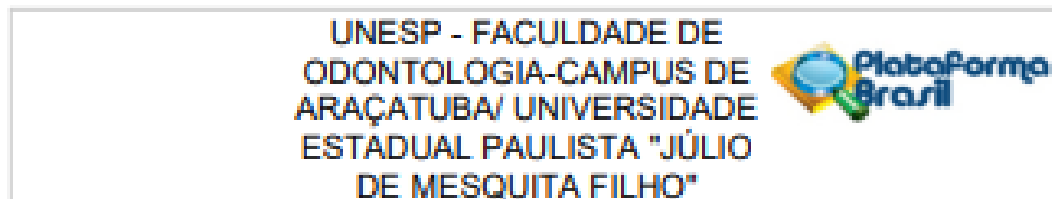
22. Guo J, Huang K, Wang J. Bactericidal effect of various non-thermal plasma agents and the influence of experimental conditions in microbial inactivation: a review. *Food Control*. 2015 Apr;50:482-90.
23. Zheng L, Hilton JF, Habelitz S, Marshall SJ, Marshall GW. Dentin caries activity status related to hardness and elasticity. *Eur J Oral Sci*. 2003;111:243-52.
24. Pinelli MD, Catelan A, Resende LF, Soares LE, Aguiar FH, Liporoni PC. Chemical composition and roughness of enamel and composite after bleaching, acidic beverages and toothbrushing. *J Clin Exp Dent*. 2019;11(12):1175-80.
25. Taniguchi G, Nakajima M, Hosaka K, Iwamoto N, Ikeda M, Foxton RM, et al. Improving the effect of NaOCl pretreatment on bonding to caries-affected dentin using self-etch adhesives. *J Dent*. 2009;37(10):769-75.
26. Stancampiano A, Forgione D, Simoncelli E, Laurita R, Tonini R, Gherardi M, et al. The effect of Cold Atmospheric Plasma (CAP) treatment at the adhesive-root dentin interface. *J Adhes Dent*. 2019;21(3):229-37.
27. Delben JA, Murata RM, Wei X, Castro ML, Assunção WG, Silva NRF, et al. Lowtemperature plasma: na effective approach against *Candida albicans* biofilm. *Plasma Med*. 2014;4:231-44.
28. Pierdzioch P, Hartwig S, Herbst SR, Raguse JD, Dommisch H, Abu-Sirhan S, et al. Cold plasma: a novel approach to treat infected dentin-a combined ex vivo and in vitro study. *Clin Oral Investig*. 2016 Dec;20(9):2429-35.
29. Manouchehri N, Ghodsi S, Atri F, Sarraf P, Seyedi D, Valizadeh S. Effect of pretreatment of root dentin surface with cold atmospheric plasma on improving the bond strength of fiber post and resin cement: In vitro study. *Clin Exp Dent Res*. 2023;9(4):653-60.
30. Ye XY, Liu MY, Li J, Liu XQ, Liao Y, Zhan LL, et al. Effects of cold atmospheric plasma treatment on resin bonding to high-translucency zirconia ceramics. *Dent Mater J*. 2022 Nov;41(6):896-904.
31. Zheng L, Hilton JF, Habelitz S, Marshall SJ, Marshall GW. Dentin caries activity status related to hardness and elasticity. *Eur J Oral Sci*. 2003;111:243-52.
32. Wang Y, Spencer P, Walker MP. Chemical profile of adhesive/caries-affected dentin interfaces using Raman microspectroscopy. *J Biomed Mater Res A*. 2007;81(2):279-86.

33. Pantoja CAMS, Silva DHD, Soares AJ, Ferraz CCR, Gomes BPFA, Zaia AA, et al. Influence of ethanol on dentin roughness, surface free energy, and interaction between AH Plus and root dentin. *Braz Oral Res.* 2018;32:e33.
34. Qi X, Zhu XM, Liu X, Li J, Zhao LX, Li HP, Tan J. Effects of a helium cold atmospheric plasma on bonding to artificial caries-affected dentin. *Dent Mater J.* 2022 Feb;41(1):101-9.
35. Zhao H, Wang X, Liu Z, Wang Y, Zou L, Chen Y, et al. The effect of argon cold atmospheric plasma on the metabolism and demineralization of oral plaque biofilms. *Front Cell Infect Microbiol.* 2023 Mar;13:1116021.
36. Kreve S, Reis AC. Effect of surface properties of ceramic materials on bacterial adhesion: a systematic review. *J Esthet Restor Dent.* 2022 Apr;34(3):461-72.
37. Stasic JN, Pficer JK, Milicic B, Puac N, Miletic V. Effects of non-thermal atmospheric plasma on dentin wetting and adhesive bonding efficiency: systematic review and meta analysis. *J Dent.* 2021;112:103765.
38. Ayres AP, Freitas PH, Munck J, Vananroye A, Clasen C, Dias CDS, et al. Benefits of nonthermal atmospheric plasma treatment on dentin adhesion. *Oper Dent.* 2018;43(6):E288-99.
39. Chen M, Zhang Y, Yao X, Yu Q, Wang Y. Effect of a non-thermal, atmospheric-pressure, plasma brush on conversion of model self-etch adhesive formulations compared to convectional photo-polymerization. *Dent Mater.* 2012;28(12):1232-9.
40. Ayres AP, Bonvent JJ, Mogilevych B, Soares LES, Martin AA, Ambrosano GM, et al. Effect of non-thermal atmospheric plasma on the dentin-surface topography and composition and on the bond strength of a universal adhesive. *Eur J Oral Sci.* 2018;126(1):53-65.
41. Taniguchi G, Nakajima M, Hosaka K, Iwamoto N, Ikeda M, Foxton RM, Tagami J. Improving the effect of NaOCl pretreatment on bonding to caries-affected dentin using self-etch adhesives. *J Dent.* 2009;37(10):769-75.
42. Almeida LF, Souza SE, Sampaio AA, Cavalcanti YW, Silva WJ, Del Bel Cur AA, et al. Effect of collagen matrix saturation on the surface free energy of dentin using different agents. *J Contemp Dent Pract.* 2015 Jul;16(7):531-6.

43. Szalóki M, Szabó Z, Martos R, Csík A, Szöllősi GJ, Hegedűs C. The surface free energy of resin-based composite in context of wetting ability of dent adhesive. *Appl Sci.* 2023;13(21):12061.

ANEXOS

ANEXO A – Código de Ética em Pesquisa



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: INFLUÊNCIA DO PLASMA DE BAIXA TEMPERATURA NAS PROPRIEDADES DA DENTINA ERODIDA E AFETADA POR CÁRIE E NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE SISTEMAS ADESIVOS.

Pesquisador: Paulo Henrique dos Santos

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 60798922.7.0000.5420

Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia do Campus de Araçatuba - UNESP

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.672.319

Apresentação do Projeto:

Serão avaliados 2 fatores de estudo: tipo de dentina (hígida, afetada por cárie e erodida), e aplicação do plasma (sem a aplicação do PBT; com aplicação do PBT à base de argônio e com aplicação do plasma de argônio/2% de oxigênio). Serão selecionados 72 molares humanos, sendo 48 molares hígidos e 24 molares cariados recém extraídos, abrasionados até exposição do tecido dentinário e produção da smear layer. Os dentes hígidos serão divididos em 2 grupos: I) submetido a nenhum tratamento (dentina normal); II) submetido a um protocolo de erosão. Nos dentes cariados, um evidenciador de cárie destacará o tecido infectado, seguido de desgaste, expondo a dentina afetada. Cada tipo de dente será subdividido em três grupos, de acordo com o tratamento da dentina: A) dentina submetida ao tratamento com PBT à base de argônio; B) dentina submetida ao tratamento com plasma de argônio/2% oxigênio; C) grupo controle, ausência de tratamento com o PBT. Os dentes serão levados ao microdurômetro para verificação da microdureza e ao goniómetro para análise do ângulo de contato e energia de superfície. A resistência de união será mensurada através da união de um sistema adesivo a esses tecidos, a partir do qual palitos serão obtidos e levados individualmente à máquina de ensaio, para avaliação da resistência de união através do teste de microtração

Endereço: JOSE BONIFACIO 1133
Bairro: VILA MENDONÇA **CEP:** 16.015-030
UF: SP **Município:** ARAÇATUBA
Telefone: (18)3636-3234 **Fax:** (18)3636-3203 **E-mail:** cep.foa@unesp.br

**UNESP - FACULDADE DE
ODONTOLOGIA-CAMPUS DE
ARAÇATUBA/ UNIVERSIDADE
ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO
DE MESQUITA FILHO"**



Continuação do Parecer: 5.873.319

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

O objetivo deste trabalho será avaliar o efeito da aplicação do plasma de baixa temperatura à base de argônio (PBT) sobre a dureza, ângulo de contato e energia de superfície da dentina erodida e afetada por cárie, bem como a resistência de união de um sistema adesivo a esses tipos tecidos

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Apresenta riscos mínimos ou nulos.

Benefícios:

Espera-se que com a utilização do plasma de baixa temperatura sobre os substratos dentinários erodido e afetado por cárie, ocorra uma melhora no processo adesivo e resistência de união do material restaurador ao substrato.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa apresenta-se apta para a sua realização.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos foram adicionados de acordo com a resolução 466/12 do CNS (Conselho Nacional de Saúde).

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Pesquisa apresenta-se apta para a sua realização.

Considerações Finais a critério do CEP:

Salientamos que, de acordo com a Resolução 466 CNS, de 12/12/2012 (título X, seção X.1., art. 3, item b, e, título XI, seção XI.2., item d), há necessidade de apresentação de relatórios semestrais, devendo o primeiro relatório ser enviado até 01/03/2023.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
----------------	---------	----------	-------	----------

Endereço: JOSE BONIFACIO 1193
Bairro: VILA MENDONÇA CEP: 16.015-050
UF: SP Município: ARACATUBA
Telefone: (18)3636-3234 Fax: (18)3636-3203 E-mail: cep_foa@unesp.br

**UNESP - FACULDADE DE
ODONTOLOGIA-CAMPUS DE
ARAÇATUBA/ UNIVERSIDADE
ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO
DE MESQUITA FILHO"**



Continuação do Parecer: 5.672.216

Informações Básicas do Projeto	PB INFORMAÇÕES BÁSICAS_DO_P ROJETO_1970703.pdf	22/06/2022 16:03:43		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	termoacao.docx	22/06/2022 16:00:05	Paulo Henrique dos Santos	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto.pdf	22/06/2022 15:54:57	Paulo Henrique dos Santos	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	22/06/2022 15:20:38	Paulo Henrique dos Santos	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	22/06/2022 11:39:31	Paulo Henrique dos Santos	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

ARACATUBA, 29 de Setembro de 2022

**Assinado por:
André Pinheiro de Magalhães Bertoz
(Coordenador(a))**

Endereço: JOSE BONIFACIO 1193
Bairro: VILA MENDONÇA CEP: 16.015-050
UF: SP Município: ARACATUBA
Telefons: (18)3636-3234 Fax: (18)3636-3203 E-mail: cep.foa@unesp.br

