



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

DOUGLAS FERREIRA DA SILVA

**EFEITO DE PRODUTOS À BASE DE CARVÃO ATIVADO SOBRE AS
PROPRIEDADES ÓPTICAS E SUPERFÍCIE DENTAL**

2023

DOUGLAS FERREIRA DA SILVA

**EFEITO DE PRODUTOS À BASE DE CARVÃO ATIVADO SOBRE AS
PROPRIEDADES ÓPTICAS E SUPERFÍCIE DENTAL**

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE, pelo Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS APLICADAS À SAÚDE BUCAL.

Área: Dentística. Linha de pesquisa: Avaliação Clínica e Laboratorial de Alterações da Estrutura Dental, de Materiais e de Técnicas de Prevenção e Tratamento em Dentística.

Orientadora: Profa. Assoc. Alessandra Bühler Borges

São José dos Campos

2023

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2023]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Silva, Douglas Ferreira da

Efeito de produtos à base de carvão ativado sobre as propriedades ópticas e superfície dental / Douglas Ferreira da Silva. - São José dos Campos : [s.n.], 2023.

92 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Ciências Aplicadas à Saúde Bucal - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2023.

Orientadora: Alessandra Buhler Borges.

1. Abrasão dentária. 2. Carvão ativado. 3. Cor. 4. Dentifrícios . 5. Esmalte dentário. I. Borges, Alessandra Buhler, orient. II. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. III. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - Unesp. IV. Universidade Estadual Paulista (Unesp). V. Título.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Assoc. Alessandra Bühler Borges (Orientadora)

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Prof. Assoc. Carlos Rocha Gomes Torres

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Profa. Assoc. Taís Scaramucci Forlin

Universidade de São Paulo (USP)

Faculdade de Odontologia

Campus de São Paulo

São José dos Campos, 14 de fevereiro de 2023.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus avós, **Noêmia e José**. Obrigado pela atuação significativa que vocês tiveram na minha educação e por proporcionarem o meu crescimento em um ambiente rodeado de fé e perseverança. Obrigado por acreditarem nos meus sonhos!

Aos meus pais, **Vera e Ailton**. Obrigado pelo apoio, conselhos e por me proporcionarem oportunidades que serão valiosas para o nosso futuro. Mãe, te agradeço por tudo que a senhora fez e faz por nós. Muito obrigado por suas ligações e pelos valiosos conselhos. Pai, obrigado pelo apoio e ajuda financeira que você me estende. Ainda, agradeço pelo recente reconhecimento e cordialidade, necessários para a continuação desta longa jornada. Sou muito grato por ter vocês como meus pais.

Aos meus irmãos, **Danillo, David e Lília**. Vocês são irmãos excelentes e sou muito feliz por tê-los por perto, apesar da nossa convivência não ser diária há mais de dez anos. Desejo um futuro brilhante para vocês. Espero que a conclusão deste ciclo sirva de algum exemplo e que vocês percebam o poder da educação.

Dedico também à minha tia **Cícera**, pelo apoio e por se preocupar sempre.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus**, que ilumina meu caminho diariamente. O Senhor conduziu meus pensamentos e escolhas durante todos estes anos de estudos, me deu forças e coragem para enfrentar e concluir todas as fases desta longa jornada. Obrigado, Pai. Que não me falte sonhos para realizar!!!

À minha família, pelo apoio, por entenderem a minha ausência e pelas oportunidades proporcionadas.

À **Profa. Assoc. Alessandra Bühler Borges**, por me orientar tão bem, pelas oportunidades e pelos valiosos conselhos. Obrigado por me mostrar as dificuldades das situações e o lado gratificante de continuar, de seguir e atravessar qualquer barreira. Obrigado pela paciência e excelência em me ensinar, seja na escrita, na estatística, na confecção de aulas ou nos atendimentos clínicos. Minha admiração começou antes mesmo de ser seu orientado, ao receber um e-mail seu solicitando a correção de um detalhe de inscrição às vésperas da prova. Dias depois, o e-mail foi para comunicar o vínculo de orientação, e de lá até aqui o meu crescimento foi gigantesco pela oportunidade de trabalhar com a senhora. Muito obrigado, professora!!!

Ao **Prof. Assoc. Carlos Rocha Gomes Torres**, pela boa vontade em contribuir sempre que precisei. Admiro muito o seu trabalho! Seus livros contribuem muito para a minha formação. Obrigado pelos conselhos, que mesmo sendo curtos, me enchem de esperança e de grandes sonhos. Obrigado por ter aceitado fazer parte da banca desta dissertação, professor!!!

À **Profa. Assoc. Taciana Marco Ferraz Caneppele**, por contribuir na minha formação. Dividir a minha primeira aula para a graduação com a senhora foi especial e inesquecível. Especial porque a ajuda e a assistência foram gigantescas, e inesquecível porque foi a minha primeira aula. Obrigado pelos conselhos, conversas e pela agradável convivência nas clínicas do Estágio Docência. Tenho muito respeito e admiração pela senhora.

Obrigado por ter feito parte do meu Exame Geral de Qualificação, professora!!!

Ao **Prof. Assoc. César Rogério Pucci**, por sempre me aconselhar a continuar e pelos momentos de descontração que me tiram grandes risadas. É muito bom dividir as clínicas com o senhor. Obrigado pelo excelente convívio, professor!!!

Aos demais professores do Departamento de Odontologia Restauradora. Agradeço imensamente por contribuírem na minha formação. Vocês me ensinam diariamente e eu sou muito grato por isso. Ao **Prof. Tit. Sérgio Eduardo de Paiva Gonçalves** e a **Prof. Dra. Maria Filomena Rocha Huhtala**, pelo convívio semanal na disciplina de Oclusão e Escultura. Os meus critérios avaliativos como professor são aprimorados pela preocupação de vocês em me ensinar a avaliar. Obrigado!!! Ao **Prof. Assoc. Eduardo Bresciani**, pelo bom convívio e pelas dicas passadas durante os atendimentos clínicos em que o senhor me orientou. Obrigado!!! Ao **Prof. Tit. Clóvis Pagani**, com quem convivi por quase um ano nas clínicas de graduação do curso noturno. Obrigado pela boa convivência, pelos conselhos e por sempre se fazer presente na minha formação, professor!!!

À **Profa. Dra. Karen Cristina Kazue Yui**, pela preocupação, conselhos, boa convivência e confraternizações pós-clínica. Obrigado por ter atuado de forma significativa na minha formação durante o mestrado. A senhora se tornou uma amiga para nós (alunos da pós) e temos muito carinho por você, professora!!!

À **Profa. Assoc. Taís Scaramucci Forlin**, do Departamento de Dentística da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (FOUSP). Professora, muito obrigado por ter aceitado fazer parte da banca. Conheço o seu trabalho pelas suas publicações e conhecer a senhora pessoalmente na defesa é realmente motivo de felicidade. Obrigado!!!

Ao **Prof. Dr. Rodrigo Barros Esteves Lins**, da Universidade Federal de Alagoas (FOUFAL), por ter aceitado participar do meu Exame Geral de Qualificação e pelas contribuições feitas.

Aos professores da **Graduação**, pelo o comprometimento ao ensino que me fizeram enxergar inúmeras oportunidades. Obrigado por não conterem a minha empolgação e me incentivarem a ir além. Agradeço imensamente pela confiança depositada, por cada paciente que me encaminharam e pelo contato com a Iniciação Científica e demais projetos durante os cinco anos de curso.

Um agradecimento especial à **Profa. Dra. Anna Thereza Peroba Rezende Ramos**. A senhora é uma grande professora e tive muita sorte de ser seu aluno, ou seu filho, como a senhora carinhosamente chama. Professora, muitíssimo obrigado, por tudo!!! Obrigado por me aconselhar, ligar e sempre incentivar a continuar. Obrigado por compartilhar comigo a sua grande sabedoria sobre Dentística e sobre a vida. Obrigado por se fazer presente mesmo distante e por ter aceitado fazer parte dos membros externos da minha banca. Desejo muito sucesso para a sua nova fase na Augusta University.

À **Profa. Laís Cabral**, pela excelente didática desde a disciplina de Materiais Dentários, o que me motivou a fazer monitoria da disciplina e anos depois para a disciplina de Dentística. Obrigado pelos conselhos e conversas até os dias atuais. A senhora é uma grande professora!!!

À **Profa. Dra. Rafaela Vasconcelos**, pela orientação durante a graduação. Apreendi muito com você, durante a elaboração da IC, do TCC e das reuniões. Agradeço também pelo grande incentivo e por ter me enviado o edital para entrar neste programa de pós-graduação. Obrigado!!!

Agradeço à **Profa. Dra. Mariana Alencar Nemezio**, pelas grandes oportunidades durante a graduação, que envolveram atendimento clínico, escrita científica e participação nos TCCs dos seus alunos. Obrigado!!!

Agradeço à **Profa. Fernanda Rezende**, pelo grande incentivo quando cursei a disciplina de Dentística II. Sem dúvidas a sua confiança depositada me fez escolher a Dentística como especialidade de vida. Agradeço à **Profa. Mariana Raposo**, pelas grandes oportunidades, portas abertas, pelo

incentivo e por sempre lembrar de mim. Obrigado!!!

Ao **Prof. Dr. Luiz Arthur Barbosa**, pela cordialidade no período de conciliação entre as aulas do mestrado e a graduação, especificamente nos atendimentos do estágio. Obrigado pelos conselhos e dicas durante todo o processo. Agradeço à **Dra. Cláudia Orestes**, pela boa vontade em nos receber em seu local de trabalho e por nos ensinar também. Aprendi muito convivendo com vocês na UBS-Guaxuma.

À **Profa. Dra. Dayse Romão**, pelo material que me enviou sobre Cariologia durante a minha fase de preparação para a prova do mestrado. Agradeço ainda pelos ensinamentos durante as nossas disciplinas da graduação. Obrigado, professora!!!

Ao meu grande amigo **Victor Ruano**, por ser família, amigo e irmão ao mesmo tempo. Sua amizade foi um presente da pós-graduação. É sempre bom partilhar ideias e conhecimentos com você. Estamos juntos!!!

Aos amigos de orientação, agradeço por formamos um grupo e crescermos juntos. À **Maria Aparecida**, uma grande amiga. Você tem um coração gigante e é uma pessoa admirável. Obrigado pela convivência diária. À **Taiana Prado**, pela ajuda ainda sem me conhecer pessoalmente, pelas boas conversas e por ter apresentado os equipamentos necessários para a realização desta pesquisa. Ao **Victor Bottesini**, que em pouco tempo se tornou um grande amigo e compartilha a semana e os finais de semana no laboratório. Desejo muitos projetos para todos nós.

À **Roseli Freitas**, que se tornou uma amiga ainda nas disciplinas on-line e fez questão de me buscar no aeroporto e me apresentar à São José. Obrigado pela amizade e pelos almoços quase que diários. Admiro muito você e estarei sempre torcendo para o seu crescimento. À **Rebeka Cristiane**, por estar junto em grandes momentos do início do curso e pela parceira durante sua temporada no curso.

Agradeço também à **Amanda Matuda**, **Gabriela Chagas**, **Letícia Nazário**, **Pedro Caio**, **Sabrina Elise** e **Tatiana Cursino**. Pessoas com quem compartilho muitos momentos da Pós-Graduação.

Aos meus amigos de **Alagoas**, por manterem o contato, incentivarem sempre e se fazerem presentes, mesmo distantes. Em cada lugar que estudei consegui fazer amigos verdadeiros que considero membro da minha família. A conquista é nossa. Obrigado!!!!

À **Fernanda Consiglio**, por ser uma aluna de Iniciação Científica exemplar. Obrigado pela preocupação e disponibilidade!!!

À **Profa. Dra. Mariane Mailart**, pela ajuda e boa vontade sempre que precisei, especialmente na análise dos dados para o painel do SBPqO. Obrigado!!!

Aos professores da **Escola de Inglês Idiomatch**, pela boa vontade em tirar minhas dúvidas e por me proporcionarem o auxílio necessário para melhorar o inglês e conseguir as notas para o teste de proficiência. Especialmente à **Teacher Ju**, pela excelente didática. Obrigado!!!

Aos funcionários da Seção Técnica de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão (STAEPE), **Sr. Amauri Mendes da Silva** e **Janaina Kamezawa de Andrade**, pela grande ajuda na transmissão do meu Exame Geral de Qualificação.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pela concessão de Bolsa, no período de 05/08/2021 a 05/07/2022.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)**, pela concessão de Bolsa, no período de 01/08/2022 a 28/02/2023, com número do processo 2021/10164-7.

Agradeço ao **Sr. Carlos Guedes**, por todo o suporte concedido durante as etapas de submissão para a FAPESP e por sanar todas as minhas dúvidas até os dias atuais. Obrigado pela ajuda!!!

Às técnicas do Departamento de Odontologia Restauradora, **Liliane**, **Josiana** e **Evelyn**, pelo suporte necessário sempre que precisamos. Obrigado!!! À **Márcia**, do setor de esterilização, pelos longos e bons papos que são sempre muito prazerosos, e pela boa vontade sempre que precisei da sua ajuda.

Aos funcionários da biblioteca, pela normalização desta dissertação.

Aos demais funcionários do ICT Unesp, por contribuírem para o funcionamento do Campus em qualquer horário, principalmente nos finais de semana em que fui para o laboratório.

Ao Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (ICT Unesp), na pessoa da diretora Profa. Assoc. Rebeca Di Nicoló e vice-diretor Prof. Assoc. Cláudio Antonio Talge Carvalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Aplicadas à Saúde Bucal, na pessoa do coordenador Prof. Assoc. Alexandre Luiz Souto Borges.

A todos que contribuíram em alguma fase da minha vida, deixo aqui o meu muito obrigado!!!

“Se você quer ser bem-sucedido, precisa ter dedicação total, buscar seu último limite e dar o melhor de si”

Ayrton Senna

RESUMO

Silva DF. Efeito de produtos à base de carvão ativado sobre as propriedades ópticas e superfície dental [dissertação]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2023.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de produtos contendo carvão ativado na alteração de cor do dente, na rugosidade superficial e no brilho do esmalte, considerando seu modo de ação químico (sem abrasão) e químico-mecânico (com abrasão). A perda de superfície do esmalte após a escovação também foi avaliada. Espécimes em dente bovino polido foram divididos em grupos de acordo com o tratamento e o modo de ação ($n=15/\text{grupo}$). Os produtos utilizados foram: água deionizada (Controle negativo - CN); Colgate® Máxima Proteção Anticáries (Dentifrício convencional – controle positivo - CP); Colgate® Luminous White Carvão Ativado (LW); Oral-B® 3D White Therapy Charcoal (3DW); Curaprox® Black is White (BW); Dermavita® Whitemax (Pó de carvão ativado - WP). Foi realizada uma ciclagem de manchamento (imersão em clorexidina – 2 min, caldo de manchamento - 30 min, saliva artificial - 30 min) e tratamento (imersão nas suspensões - 2 min), repetida 28 vezes, simulando quatro semanas de tratamento (exposição aos tratamentos 2x/dia). Nos grupos de desafio químico/mecânico, foi realizada abrasão em máquina de escovação (15s – 200g) associada à exposição às suspensões com os produtos. A cor ($L^*a^*b^*$), a rugosidade superficial (R_a) e o brilho (UB) foram mensurados por espectrofotômetro de reflectância, perfilômetro de contato e medidor de brilho, respectivamente. Adicionalmente, o potencial abrasivo dos produtos foi avaliado por meio da mensuração do desgaste do esmalte. Espécimes adicionais foram submetidos a 100.000 ciclos de abrasão para determinação da perda de superfície do esmalte (μm), por meio do cálculo da variação da diagonal maior da indentação Knoop produzida na superfície do esmalte por um microdurômetro. A alteração de cor (ΔE_{ab} e ΔE_{00}) e o índice de brancura (WID) foram calculados. Os dados de cor, rugosidade e brilho foram submetidos aos testes ANOVA dois fatores e Tukey (5%). Os grupos submetidos ao desafio químico-mecânico resultaram em menor alteração de cor e menor variação do WID após a ciclagem de manchamento/tratamento comparados aos que não foram submetidos à abrasão ($p=0,0001$), resultando em maior potencial de prevenção/remoção do manchamento. Os dentifrícios e o pó de carvão apresentaram resultados similares para ambos os desafios, diferindo apenas do controle negativo. Para a rugosidade e o brilho, não houve diferença significativa entre os grupos de desafio químico ($p>0.05$). Para químico-mecânico, WP apresentou maior rugosidade e menor brilho ($p<0.05$). Os dados de desgaste foram submetidos aos testes ANOVA um fator e Tukey (5%). O grupo tratado com WP apresentou os maiores valores de desgaste ($p=0,0001$). Os dentifrícios contendo carvão ativado apresentaram valores intermediários e os menores valores foram detectados nos grupos controle (CN e CP). Concluiu-se que os produtos contendo carvão ativado apresentaram potencial de prevenção/remoção do manchamento dental similar ao dentifrício convencional. Alterações significantes de rugosidade superficial e brilho foram detectadas com o uso do pó de carvão ativado. Os produtos contendo carvão ativado promoveram maior desgaste do esmalte.

Palavras-chave: abrasão dentária; carvão ativado; cor; dentifrícios; esmalte dentário.

ABSTRACT

Silva DF. Effect of products containing activated charcoal on optical properties and dental surface [dissertation]. São José dos Campos (SP): São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology; 2023.

The aim of this study was to evaluate the effect of products containing activated charcoal on tooth color change, surface roughness, and enamel gloss, considering their chemical (without abrasion) and chemical-mechanical (with abrasion) mode of action. The enamel surface loss after brushing was also evaluated. Polished bovine tooth specimens were divided into groups according to treatment and mode of action ($n=15/\text{group}$). The products used were: deionized water (negative control - NC); Colgate® Maxima Proteção Anticáries (conventional toothpaste - positive control - CP); Colgate® Luminous White Activated Charcoal (LW); Oral-B® 3D White Therapy Charcoal (3DW); Curaprox® Black is White (BW); Dermavita® Whitemax (Activated charcoal powder - WP). Stain cycling (chlorhexidine immersion - 2 min, staining broth - 30 min, artificial saliva - 30 min) and treatment (immersion in the suspensions - 2 min) were performed, repeated 28 times, simulating four weeks of treatment (exposure to the treatments 2x/day). In the chemical/mechanical challenge groups, abrasion was performed in a brushing machine (15s - 200g) associated with exposure to the suspensions with the products. The color ($L^*a^*b^*$), surface roughness (Ra), and gloss (UB) were measured by reflectance spectrophotometer, contact profilometer, and gloss meter, respectively. Additionally, the abrasive potential of the products was evaluated by measuring enamel wear. Additional specimens were subjected to 100,000 abrasion cycles to determine enamel surface loss (μm) by calculating the variation of the major diagonal of the Knoop indentation produced on the enamel surface by a microdurometer. The color change (ΔE_{ab} and ΔE_{00}) and the whiteness index (WID) were calculated. The color, roughness, and gloss data were subjected to two-way ANOVA and Tukey (5%) tests. Groups subjected to chemical-mechanical challenge resulted in less color change and less WID variation after staining/treatment cycling compared to those not subjected to abrasion ($p=0.0001$), resulting in greater stain prevention/removal potential. Toothpastes and charcoal powder showed similar results for both challenges, differing only from the negative control. For roughness and gloss, there was no significant difference between the chemical challenge groups ($p>0.05$). For chemical-mechanical, WP showed higher roughness and lower gloss ($p<0.05$). Wear data were subjected to one-way ANOVA and Tukey (5%) tests. The WP treated group showed the highest values of wear ($p=0.0001$). The toothpastes containing activated charcoal showed intermediate values and the lowest values were detected in the control groups (CN and CP). It was concluded that the products containing activated charcoal had similar prevention/removal potential of dental staining as conventional toothpaste. Significant changes in surface roughness and gloss were detected with the use of activated charcoal powder. Products containing activated charcoal promoted more enamel wear.

Keywords: tooth abrasion; activated charcoal; color; toothpaste; dental enamel.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1 Cor e descoloração dos dentes.....	21
2.2 Dentifrícios clareadores.....	25
2.3 Carvão ativado	30
2.4 Abrasão	33
3 PROPOSIÇÃO	38
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
4.1 Efeito de produtos contendo carvão ativado na alteração de cor dental, na rugosidade superficial e no brilho do esmalte (Etapa 1)	39
4.1.1 Aspectos éticos	39
4.1.2 Delineamento do estudo (Etapa 1).....	39
4.1.3 Delineamento amostral	40
4.1.4 Preparo dos espécimes	40
4.1.5 Avaliação da cor inicial	45
4.1.6 Avaliação da rugosidade inicial	47
4.1.7 Avaliação do brilho inicial	48
4.1.8 Divisão dos grupos	49
4.1.9 Ciclagem e tratamento	52
4.1.10 Avaliação da cor final.....	54
4.1.11 Avaliação da rugosidade final	56
4.1.12 Avaliação do brilho final.	56
4.2 Avaliação do potencial abrasivo dos produtos no esmalte dental (Etapa 2)	57
4.2.1 Delineamento do estudo (Etapa 2).....	57
4.2.2 Delineamento amostral	57
4.2.3 Ensaio de microdureza	58

4.2.4 Divisão dos grupos e abrasão.....	59
4.2.5 Avaliação da perda de superfície do esmalte	59
4.2.6 Delineamento estatístico	60
5 RESULTADOS.....	62
5.1 Alteração de cor	62
5.2 Avaliação da rugosidade	65
5.3 Avaliação do brilho	67
5.4 Avaliação da perda de superfície do esmalte (Etapa 2)	68
6 DISCUSSÃO	71
7 CONCLUSÃO	77
REFERÊNCIAS.....	78
APÊNDICE	91

1 INTRODUÇÃO

Dentifrícios são produtos na forma de pasta ou gel que em associação à escova dental proporciona a manutenção e a melhora da saúde e estética bucal (Lippert, 2013). Os dentifrícios são utilizados desde a antiguidade e, no mundo moderno, foram adicionados compostos ativos em sua composição com o intuito de prevenir ou tratar patologias bucais (Davies et al., 2010). Tais patologias induziram a necessidade de diferentes formulações, com compostos ativos específicos para cada caso, como fluoretos indicados para a prevenção da desmineralização e favorecimento da remineralização dental (Walsh et al., 2019), antimicrobianos na atuação antiplaca (Al Habashneh et al., 2017), compostos com ação antiodor (Navada et al., 2008) e agentes de ação neural ou obliterativa para controle da hipersensibilidade dentinária (Poulsen et al., 2006).

Agentes com potencial de atuação na coloração dental também têm sido adicionados às formulações de dentifrícios. Com a crescente insatisfação dos indivíduos em relação à cor dos seus dentes (Alkhatib et al., 2005; Xiao et al., 2007) as indústrias de produtos de higiene bucal vêm desenvolvendo uma gama de dentifrícios com efeito sobre a descoloração extrínseca e a atuação na cor dos dentes, com o objetivo de melhorar a estética (Joiner, 2010).

Os dentifrícios clareadores geralmente se baseiam na ação de abrasivos e/ou agentes químicos com o intuito de remover ou evitar a formação de manchas extrínsecas e/ou atuar sobre a coloração intrínseca do dente (Joiner, 2010). Embora o peróxido de hidrogênio seja o agente ativo preponderante nos géis clareadores convencionais, a adição de peróxidos às formulações de dentifrícios é desafiadora, devido à possibilidade de reação com os demais componentes do produto, bem como ao tempo de exposição reduzido (Baig et al., 2005). Desta forma, o mecanismo de ação mais presente nas formulações de dentifrícios clareadores é por meio de seu potencial abrasivo e atuação sobre a descoloração extrínseca.

Os compostos abrasivos destacam-se dentre os vários ingredientes dos dentifrícios, podendo ser fosfatos insolúveis, carbonatos, alumina e sílicas (Mason et al., 2019). Esta classe apresenta grande importância nas formulações, pois atua

pelo método de abrasão na remoção de pigmentos extrínsecos que podem se adsorver na superfície do esmalte dental (Franzò et al., 2010). O potencial abrasivo pode ser influenciado pelo formato da partícula, dureza, concentração, distribuição e tamanho (Joiner, 2010; Schemehorn et al., 2011; Alshara et al., 2014). Agentes com atuação sobre a adsorção de pigmentos na superfície dental também têm sido adicionados a dentifrícios clareadores, sendo os agentes fosfatados como pirofosfato, tripolifosfato e hexametáfosfato os mais utilizados (Joiner, 2010). Sugere-se uma ação similar em dentifrícios contendo carvão ativado (Greenwall et al., 2019).

Apesar do contexto histórico apontar que o primeiro relato da higienização bucal utilizando carvão foi realizado por Hipócrates na Grécia Antiga (Newsom, 2004), recentemente percebeu-se uma maior popularidade associada a um aumento significativo na produção de produtos contendo este componente (Greenwall et al., 2019).

O carvão ativado é comumente utilizado na remoção de micropoluentes orgânicos e inorgânicos solubilizados em água (Juang et al., 2008). Seu mecanismo de ação se relaciona à capacidade de adsorção de componentes de baixo peso molecular e a sua alta heterogeneidade superficial e porosidade (Srivastava et al., 2006). A utilização no abastecimento de água onde a fluoretação se encontra em excesso também é uma aplicabilidade do carvão ativado (Janardhana et al., 2007; Tembhurkar, 2006). Nos produtos de higiene bucal, sugere-se que seu mecanismo de ação seja baseado na adsorção de pigmentos sobre as superfícies dos dentes (Greenwall et al., 2019).

Os abrasivos destes produtos também auxiliam na remoção de manchas extrínsecas, podendo ser influenciados pela sua origem na natureza, método de preparação e distribuição das partículas (Greenwall et al., 2019). Assim, a grande maioria dos produtos de higiene bucal contendo carvão ativado apresenta a proposta de ação clareadora (Brooks et al., 2017), que pode estar relacionada à adsorção de corantes na superfície dental e/ou à remoção da descoloração superficial pela ação da abrasão (Greenwall et al., 2019).

Apesar da falta de clareza da real eficácia e segurança destes produtos na literatura, dados de mercado indicam um crescimento global significativo na venda

de dentifrícios clareadores em geral, com avaliação do mercado na casa de 6 milhões de dólares anuais e previsão de ampliação para 8 milhões de dólares em estimativas até 2026 (Mordor Intelligence, 2021). O crescente cenário foi fortalecido pela pandemia da COVID-19, relacionada ao aumento dos cuidados de higiene pessoal e dos cuidados direcionados à melhora da estética dental domiciliar. Esta tendência é reforçada para os dentifrícios contendo carvão ativado, com previsão de aumento da taxa de crescimento da indústria e segmentação de mercado para os próximos anos (MarketWatch, 2021).

Uma busca simples na base de dados PubMed com os termos “charcoal AND toothpaste” revelou 41 estudos publicados. Destes, a eficácia na alteração de cor dos dentes foi testada em apenas oito estudos, com diferentes metodologias e comparações (Dionysopoulos et al., 2020; Franco et al., 2020; Palandi et al., 2020; Vaz et al., 2019; Vural et al., 2021; Ghajari et al., 2021.; Vural et al., 2021; de Andrade et al., 2021). Quando comparados ao gel de peróxido de carbamida, baixa eficácia no potencial clareador de dentifrícios contendo carvão foi relatada (Franco et al., 2020; Palandi et al., 2020). Deve-se ressaltar que os mecanismos de ação de tais produtos são distintos e a eficácia dos géis clareadores se relaciona predominantemente à ação oxidativa dos peróxidos sobre os cromóforos presentes no dente (Torres et al., 2013).

Como o mecanismo de ação destes produtos ainda é baseado em suposições, pela possível ligação do carvão às substâncias depositadas na superfície do esmalte e/ou remoção da descoloração extrínseca por meio dos agentes abrasivos (Greenwall et al., 2019), a metodologia empregada para avaliação se torna fundamental para a comprovação de sua eficácia e o entendimento de seu principal mecanismo de ação, proporcionando a distinção entre sua ação mecânica e química.

Ainda, a necessidade de se observar a atuação de tais produtos sobre o potencial de adsorção dos pigmentos no substrato em condições clinicamente viáveis de alimentação é essencial para verificar sua real eficácia de acordo com sua proposta de atuação. O método de manchamento é variado nos diferentes estudos (Dionysopoulos et al., 2020; Palandi et al., 2020; Vaz et al., 2019), e até inexistente para outros (Franco et al., 2020).

Outro fator relacionado com a utilização destes produtos é o seu potencial abrasivo sobre a estrutura dental, sendo um tema controverso, uma vez que resultados discordantes foram observados quanto ao aumento da rugosidade do esmalte após a escovação com o pó de carvão ativado (Franco et al., 2020; Palandi et al., 2020).

Torna-se então importante a investigação do efeito de produtos contendo carvão ativado, uma vez que existe uma grande preocupação clínica com relação ao potencial exacerbado de desgaste da estrutura dental promovida por tais produtos, com possibilidade de comprometimento da função e estética a longo prazo, o que poderia influenciar negativamente a qualidade de vida do indivíduo. Atrelado a isso, a desinformação da população sobreposta pelo marketing com a promessa de grandes benefícios, a facilidade de compra e a crescente produção industrial podem agravar o cenário. Desta forma, investigações para proporcionar evidências científicas por meio de estudos com metodologias apuradas, enfatizando os meios de interação entre os componentes e o substrato são essenciais para o uso seguro e consciente desses produtos, resultando em impacto social e econômico à população.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Visando facilitar a compreensão dos assuntos abordados neste estudo, a revisão de literatura foi dividida em quatro tópicos principais, que formaram uma base acerca do tema com as mais relevantes e recentes pesquisas. Os tópicos abordarão sobre cor e descoloração dos dentes; dentifrícios clareadores; carvão ativado; e abrasão.

2.1 Cor e descoloração dos dentes

A cor dos dentes é um fator importante para a harmonia do sorriso. A valorização da estética, incentivada pelas mídias audiovisuais desde a década de 1980, desencadeou o aumento da autopercepção e desejo pela modificação da coloração dental, impulsionando a introdução de produtos clareadores no mercado (Carey, 2014). Nos dias atuais, estudos mostram que a cor dos dentes é motivo de insatisfação por um grande número de pessoas em diferentes populações (Ellakany et al., 2021; Samorodnitzky-Naveh et al., 2007; Tin-Oo et al., 2011), podendo esta insatisfação variar entre estimativas de 20,4% a 65,9%, tendo relação com a preferência da população por dentes branqueados (Newton et al., 2021).

A cor dos dentes é resultante da interação entre componentes intrínsecos dos tecidos dentais com condições externas (Joiner, 2004a; Joiner, Luo, 2017). A luz, ao ser incidida sobre a superfície do dente, interage com os tecidos, sendo parcialmente absorvida e também refletida. Esta interação ocorre devido à translucidez dos tecidos dentais, que possibilita a dispersão da luz (van der Burgt et al., 1990). As condições externas que podem influenciar na cor dos dentes se relacionam com a possível adsorção de substâncias sobre a superfície do esmalte, advindos de corantes presentes em alimentos como chá, vinho tinto, ou ainda produtos contendo clorexidina e sais de ferro (Joiner, 2004a).

Normalmente, os dentes naturais apresentam variadas tonalidades de cores,

especialmente no terço incisal (Clark, 1933). Entretanto, apesar de haver variações entre indivíduos, dentes e localização, a tonalidade dominante dos dentes naturais é amarelada (Clark, 1931; Miller, 1987). Estes relatos são advindos de análises subjetivas, feitas após comparar dentes humanos com escalas de cores (Clark, 1933; Clark, 1931), associando ao espaço de cor proposto por Munsell, que descreve a cor através de três dimensões, sendo matiz, croma ou saturação e luminosidade (Joiner, 2004a). Metodologias objetivas confirmam esses relatos, com estudos que utilizaram espectrofotômetros e colorímetros para mensurações da cor de dentes naturais (Cho et al., 2007; Hasegawa et al., 2000).

Os estudos avaliando a cor dos dentes naturais de forma objetiva, através de métodos instrumentais, mostraram a positividade na coordenada b^* , que varia entre amarelado (b^* positivo) ao azulado (b^* negativo), alterando de +120 a -120, respectivamente, dentro do espaço tridimensional de cor desenvolvido pela Commission Internationale de L'Éclairage em 1931 (CIE $L^*a^*b^*$) (CIE, 1978). Segundo a revisão de Joiner et al. (2008), esta coordenada se apresenta maior que 6,0 na grande maioria dos estudos, confirmando a predominância do amarelado nos dentes. Esta tonalidade advém principalmente da coloração da dentina e sua grande relevância na percepção de cor geral dos dentes (Bosch, Coops, 1955). No entanto, o esmalte fornece uma suavização desse tom, por proporcionar o espalhamento em comprimentos de onda na faixa azul, o que favorece a percepção subjetiva de brancura (Van Loveren, Duckworth, 2013).

Entretanto, diferentes fatores podem alterar a coloração fisiológica dental. Para uma melhor compreensão das diferentes etiologias, essas podem ser divididas em intrínsecas e extrínsecas, de acordo com sua origem (Addy, Moran, 1995; Watts, Addy, 2001).

Quando ocorrem alterações de cor intrínsecas, os dentes são acometidos ainda durante a odontogênese por diferentes fatores, podendo ser de origem metabólica, hereditária, iatrogênica, traumática, idiopática ou fatores relacionados ao envelhecimento da estrutura dental (Suliman, 2005). Logo, ocorre uma modificação na capacidade de transmissão de luz (Watts, Addy, 2001) e a consequente percepção da descoloração dental.

Por outro lado, alterações de cor de origem extrínseca se relacionam com a

deposição de agentes na superfície dental (Watts, Addy, 2001). Quando ocorre a deposição de cromógenos na superfície do esmalte (Hattab et al., 1999), particularmente na película adquirida (Watts, Addy, 2001) podemos classificar como descoloração direta (Van Loveren, Duckworth, 2013). A tendência de formação de manchas na película adquirida é relacionada, em grande parte, em áreas onde a escovação é ineficiente e a consequente menor ação da abrasividade dos dentífricos (Joiner et al., 1995; Lobene, 1968). O consumo de bebidas como chá e café e o uso de tabaco são relacionados agentes possíveis de serem incorporados pela película adquirida (Van Loveren, Duckworth, 2013). Ainda, a descoloração extrínseca pode ser caracterizada como indireta, sendo essa categoria relacionada com a interação de substâncias químicas com a superfície dental, como antissépticos catiônicos e íons metálicos (Van Loveren, Duckworth, 2013.; Watts, Addy, 2001). Apesar da descoloração ser inicialmente extrínseca, pode haver a penetração através de poros ou trincas do esmalte dental, contribuindo com a descoloração dentária intrínseca (Sulieman, 2005).

Diante das diversas possibilidades de descoloração dos dentes, antes de qualquer intervenção terapêutica, é necessário realizar um diagnóstico preciso, sendo esse relacionado com o sucesso do tratamento (Watts, Addy, 2001). A melhora da cor dos dentes pode ser obtida por diferentes abordagens (Joiner, 2006a), mas, normalmente o manejo de manchas extrínsecas é baseado na realização de profilaxia (Joiner et al., 1995; Plotino et al., 2008) e a descoloração intrínseca varia de acordo com sua etiologia, abrangendo intervenções restauradoras, microabrasão e a utilização de produtos com atuação química, capazes de se difundir entre o esmalte a dentina, como os peróxidos (Plotino et al., 2008). Esta última categoria representa grande importância para a Odontologia, devido a sua capacidade conservadora, direcionando a realização de intervenções eficazes e com mínima intervenção (Alkahtani et al., 2020).

O primeiro estudo divulgando a utilização de um peróxido como agente clareador utilizado de modo caseiro foi relatado por Haywood e Heymann em 1989. Na técnica proposta pelos autores foi utilizado peróxido de carbamida a 10% durante o período noturno, em média 8 horas de duração (Haywood, Heymann, 1989). Estes autores propuseram a utilização deste produto devido a descoberta da capacidade

clareadora dental do peróxido de carbamida feita pelo ortodontista Bill Klusmier em 1968, que até então era utilizado apenas como antisséptico bucal na Primeira Guerra Mundial (Alkahtani et al., 2020).

Embora existam diferentes produtos clareadores, o peróxido de hidrogênio é utilizado como agente ativo na maioria dos produtos, e pode ser aplicado de forma direta ou produzir uma reação química através de um precursor, como o peróxido de carbamida (Kwon, Wertz, 2015). É conhecido que a ação do peróxido de hidrogênio acontece por meio da oxidação, onde as moléculas de oxigênio, os radicais livres e ânions de peróxido de hidrogênio atuam sobre os cromóforos presentes na estrutura dental, reduzindo as cadeias carbônicas complexas com ligações duplas (Torres et al., 2014). Isso é conhecido como “teoria dos cromóforos” (Kwon, Wertz, 2015). Com o peróxido de carbamida o processo ocorre de forma similar, entretanto, existe sua decomposição, sendo 33,5% em peróxido de hidrogênio e 66,5% em ureia (Kwon, Wertz, 2015).

A utilização da técnica com peróxido de carbamida apresenta grande eficácia e segurança (ADA, 2009) e devido aos bons resultados obtidos pela introdução do peróxido como agente clareador e pela alta demanda pelo tratamento, foi desencadeada uma produção em massa de diferentes produtos e o desenvolvimento de diferentes técnicas (Demarco et al., 2009).

Atualmente, existem três técnicas para o clareamento de dentes vitais. A primeira é o clareamento caseiro supervisionado, onde se utiliza um agente clareador em baixa concentração associado à uma moldeira por duas semanas, em média. A segunda técnica é o clareamento realizado no consultório odontológico, onde se utiliza peróxido de hidrogênio em altas concentrações, variando de 25-35%. Para essa técnica, é realizado a proteção dos tecidos moles e a aplicação direta sobre os dentes (Joiner, 2006a). A terceira e última técnica é a utilização de produtos disponíveis diretamente ao consumidor (*consumer-purchased/over-the-counter*) (ADA, 2009; Demarco et al., 2009). Neste grupo, produtos que alegam alterar a cor dos dentes são disponibilizados em estabelecimentos como farmácias e supermercados, não necessitando de uma prescrição emitida pelo cirurgião-dentista (Santana Jorge et al., 2022). Existem diferentes produtos nessa categoria, como: dentifrícios, enxaguatórios bucais, tiras, fio dental, escovas de dentes, goma de

mascar e géis para pintura (Demarco et al., 2009). Dentre esses, os produtos mais encontrados são os dentifrícios clareadores (Naidu et al., 2020), apresentando em sua composição agentes ativos e/ou abrasivos (Joiner, 2010).

2.2 Dentifrícios clareadores

Os dentifrícios foram, inicialmente, projetados para proporcionar apenas a limpeza dos dentes (Stamm, 2007). Porém, ingredientes com finalidades específicas começaram a ser adicionados com o intuito de oferecer benefícios adicionais (Zero, 2006). Um exemplo pode ser observado no primeiro estudo clínico que adicionou fluoreto de estanho (SnF_2) aos dentifrícios (Muhler et al., 1955), sendo essa adição capaz de reduzir a desmineralização do esmalte e consequentemente contribuir para a redução da doença cárie. Atualmente, diferentes agentes podem ser incorporados aos dentifrícios, com propostas distintas, como mostra a figura 1.

Figura 1 – Agentes e seus respectivos efeitos



Legenda: Possíveis agentes que podem ser incorporados aos dentifrícios e seus respectivos efeitos. Ilustração traduzida e adaptada de Davies et al. (2010).

Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir disso, observou-se que era possível obter múltiplas funções em um único dentífrico (Stamm, 2007) e com o desenvolvimento de novas formulações e alta fabricação industrial, se tornou muito importante o conhecimento sobre estes produtos. A relevância do tema tem motivado no decorrer dos anos diversas pesquisas, com ênfase em uma edição da *Monographs in Oral Science*, 2013, com a participação de renomados pesquisadores, abordando o tema “Toothpastes”.

Com os benefícios obtidos pela adição de fluoreto aos dentífricos (Muhler et al., 1955), foram adicionados na sequência agentes abrasivos compatíveis com este agente e capazes de potencializar a limpeza dos dentes (Baxter et al., 1981). O intuito da adição de abrasivos aos dentífricos é a remoção de biofilme e/ou a prevenção de manchas extrínsecas (Baxter et al., 1981; Franzò et al., 2010; Joiner, 2006b; Joiner, 2010; Lippert, 2013). Isso motivou a indústria a utilizar o termo “clareadores” para alguns dentífricos. Segundo as revisões de Demarco et al. (2009) e Joiner (2010), o principal mecanismo de ação desta classe de dentífricos é pela ação dos agentes abrasivos, realizando uma limpeza eficaz sobre manchas extrínsecas, tendo pouca influência sobre o manchamento intrínseco. O efeito de dentífricos clareadores sobre manchas intrínsecas é controverso e debatido por estudos *in vitro* e clínicos (Vladislavic et al., 2021).

Apesar de ser considerado uma classe, os dentífricos clareadores apresentam subcategorias com diferentes agentes específicos que podem estar inseridos nesses produtos, o que pode diferenciar o seu mecanismo de ação. Estes agentes podem ser divididos em: mecânicos (abrasivos), químicos e ópticos (Joiner, 2010; Lippert, 2013b) como mostra a figura 2.

Figura 2 – Agentes clareadores divididos em subcategorias



Legenda: Agentes que podem ser inseridos aos dentífricos. Ilustração traduzida e adaptada de Joiner (2010).

Fonte: Elaborada pelo autor.

Como mencionado, a limpeza realizada pela atuação de agentes abrasivos é importante (Joiner, 2010). Realizada de forma mecânica durante a escovação, a limpeza é obtida pela possibilidade de aprisionamento dos abrasivos nas cerdas da escova e sua ação sobre as manchas da superfície do esmalte (Lewis et al., 2004). O controle da abrasividade dos dentífricos é essencial para seu desempenho clínico, pois formulações que apresentam baixo potencial abrasivo podem ser pouco eficazes para a limpeza e remoção de pigmentos extrínsecos, por outro lado, a abrasividade exacerbada pode gerar danos à estrutura dental (Dawson et al., 1998).

Estudos *in vitro* mostram que o tamanho da partícula abrasiva e sua concentração podem influenciar na capacidade de abrasão dos dentífricos, havendo uma correlação positiva entre grandes quantidades com maior abrasão/desgaste (De Boer et al., 1985). Porém quando adicionado em grandes quantidades, pode ser ineficaz no controle de manchas, devido a incapacidade de aprisionamento pelas cerdas da escova dental (Joiner, 2010). Dentífricos com agentes abrasivos são eficazes e sua ausência pode estar associada com o desenvolvimento de manchas sobre os dentes (Moore, Addy, 2005). Isso também pode ser confirmado pela

revisão sistemática de Soeteman et al. (2017), indicando que dentifrícios clareadores atuam de forma eficaz na remoção de manchas extrínsecas.

Outros ingredientes podem ainda interferir no potencial de limpeza e grau de abrasividade dos dentifrícios, como os surfactantes (Hamza et al., 2020a). Estes componentes, com a função de detergente, podem interagir com o material orgânico na superfície dos dentes, modulando o padrão de abrasividade quando associados às partículas abrasivas (Moore, Addy, 2005). Agentes com atuação sobre a adsorção de pigmentos na superfície dental também têm sido adicionados a dentifrícios clareadores, sendo os agentes fosfatados como pirofosfato, tripolifosfato e hexametafosfato os mais utilizados (Joiner, 2010).

Nos dentifrícios que contêm agentes químicos observa-se dificuldades relacionadas à sua formulação, como a instabilidade do agente químico em conjunto aos demais componentes dos dentifrícios e o curto período de contato com a superfície dos dentes durante a escovação (Joiner, 2010; Lippert, 2013b). Em dentifrícios contendo peróxido de hidrogênio, observa-se que a concentração do agente químico é baixa, sendo aproximadamente <3%, o que não traz grandes benefícios na remoção de manchas intrínsecas, apesar desse agente ser capaz de se difundir sobre os tecidos dentais (Lippert, 2013b). Mesmo com esses desafios, produtos contendo agentes químicos podem ser encontrados no mercado e dentifrícios contendo peróxido de hidrogênio mostraram eficácia clareadora *in vitro* em comparação ao grupo controle (Vaz et al., 2019).

Em avaliações clínicas, Kim et al. (2020) apresentou que dentifrícios contendo 0.75% e 2.8% de peróxido de hidrogênio obtiveram bons resultados após 12 semanas de uso diário, com alteração de cor $\Delta E_{ab} > 3.46$. Ressalta-se que este valor é considerado clinicamente aceitável e perceptível, de acordo com os valores de $\Delta E_{ab} = 2,7$ e $\Delta E_{ab} = 1,2$, respectivamente, propostos por Paravina et al. (2015). No entanto, esse estudo não utilizou grupo controle, como um dentifrício convencional (Kim et al., 2020). Outro estudo clínico mostrou dados perceptíveis de $\Delta E_{ab} (> 1.2)$ para dentifrícios clareadores contendo enzimas e abrasivos, e dentifrícios contendo peróxidos de ureia e hidrogênio, em um acompanhamento de 60 dias (Vladislavic et al., 2021).

Dentifrícios clareadores com agentes capazes de alterar as propriedades ópticas dos dentes também podem ser encontrados, sendo conhecidos por conter covarina azul em sua composição (Joiner, 2010). Esses produtos normalmente utilizam a associação de sílica com covarina azul, com o objetivo de também atuar na remoção extrínseca de manchas (Joiner, 2010). Os testes utilizando pigmentos azuis em dentifrícios foram desencadeados pela importante ação do clareamento dental na redução da coordenada amarelo-azul (b^*) no espaço de cor CIE $L^*a^*b^*$, e consequente redução do amarelamento (Joiner, 2010; Tao et al., 2017a). A covarina azul foi capaz de promover a alteração de cor entre os corantes testados, pela sua capacidade de deposição e retenção na superfície do esmalte, podendo alterar as propriedades ópticas do dente e aumentar a percepção de brancura (Joiner et al., 2008b). A eficácia desta proposta também foi observada em outros estudos *in vitro* (Joiner et al., 2008b; Jurema et al., 2018; Tao et al., 2017a; Tao et al., 2017b; Vaz et al., 2019). Entretanto, estudos clínicos se mostram divergentes, sendo estes dentifrícios eficazes para alguns (Collins et al., 2008) e ineficazes para outros (Meireles et al., 2020; Schlafer et al., 2021), podendo essas diferenças estarem relacionadas às características metodológicas de execução e avaliativas dos resultados de eficácia.

Um recente estudo clínico utilizando variados dentifrícios clareadores com componentes abrasivos e químicos se mostrou eficaz numa análise objetiva que utilizou espectrofotômetro de uso clínico (VITA Easyshade - Vita Zahnfabrik, BadSäckingen, Alemanha) durante 30, 60 e 90 dias de acompanhamento (Vladislavic et al., 2021). Apesar de apresentar maior efeito apenas no primeiro mês de uso, os dentifrícios foram significativos na mudança de cor dos dentes, sendo o maior efeito clareador em dentifrícios que combinavam agentes abrasivos com químicos (Vladislavic et al., 2021). Com isso, reforça que o efeito dos dentifrícios clareadores acontece de forma sinérgica, pela combinação de abrasivos com agentes químicos (Lippert, 2013b) ou abrasivos com ópticos (Joiner et al., 2008a), sendo necessário o conhecimento prévio sobre os componentes do dentifrício utilizado e/ou avaliado.

Numa análise crítica geral sobre os dentifrícios clareadores, observa-se que ainda existem lacunas nos estudos relacionadas à eficácia desses produtos. Isso

pode estar associado com a diversidade de protocolos de avaliação presentes nas metodologias, tendo variáveis que podem ser significantes nos resultados finais, como diferentes componentes clareadores, níveis de abrasividade, dureza e quantidade de partículas abrasivas (González-Cabezas et al., 2013), utilização de diferentes protocolos de escovação simulada (Lewis et al., 2004), secagem dos dentes previamente à avaliação da cor, utilização de mensurações objetivas (espectrofotômetro) e/ou subjetivas (utilização de índices e escala de cores) (Demarco et al., 2009), e tempo de acompanhamento do estudo (Naidu et al., 2020). Diante de diversos fatores que podem interferir nos resultados, estudos bem delineados e com condições que se aproximem do que acontece clinicamente ainda são necessários.

2.3 Carvão ativado

O carvão é um material sólido obtido após a conversão termoquímica de diversas biomassas (Yang et al., 2018). A sua utilização na área da saúde é avaliada desde a antiguidade e estudos demonstram a importância deste mineral na atuação contra a toxicidade circulante no corpo (Gimson et al., 1982; Winchester et al., 1975) e na ação contra diversos compostos bioquímicos (Tsuchiya, Levy, 1972). Estas e outras pesquisas surgiram após a ingestão de carvão com intuito terapêutico pelo químico francês Michel Bertrand em 1811 (Juurlink, 2015), apresentando então eficácia pela sua capacidade de adsorção (Bond, 2002; Chandy, Sharma, 1998; Juurlink, 2015).

A adsorção é um processo onde moléculas (adsorvato) são capazes de se aderir à superfície de um sólido (adsorvente) através de ligações físicas ou químicas (Sing et al., 1985). Na adsorção do tipo física, ocorre a fixação do adsorvato por forças de ligação, como forças de Van der Waals, ligações de hidrogênio e polaridade. Na adsorção do tipo química, a troca de elétrons é capaz de ligar o adsorvato à superfície (Kausar et al., 2018).

Materiais adsorventes são aqueles que apresentam partículas sólidas porosas com funções específicas. Geralmente, os adsorventes são resistentes e

apresentam elevada área superficial, sendo o carvão ativado um dos principais (Othman et al., 2018) pela sua heterogeneidade geométrica e química, com variados tamanhos de poros (Dabrowski et al., 2005).

O termo “ativado” adicionado ao carvão é devido ao processo de ativação que pode ser aplicado sobre o material, o que o torna específico, promove o aumento de sua porosidade e a sua forma granular fina (Derlet, Albertson, 1986). O processo de ativação após a sua carbonização pode ocorrer de forma química, onde a utilização de substâncias como ácido fosfórico, cloreto de zinco e hidróxido de potássio são aplicadas sobre o carvão, auxiliando na formação de poros (Fogler, 1998) pela degradação da biomassa (Ahmadpour, 1997). Outro método pode ser descrito para a ativação do carvão ativado, o método físico. Nesse método ocorre uma gaseificação no material com vapores de água e/ou dióxido de carbono (CO_2), fazendo com que haja a eliminação de carbonos reativos e ocorra o aumento da porosidade (Rodríguez-Reinoso, Molina-Sabio, 1992). Ambos métodos de ativação podem ser aplicados, porém, o método químico proporciona maior área de superfície (Hayashi et al., 2000) podendo influenciar nas propriedades do material, além do pH, tipo de biomassa e solubilidade (Dabrowski et al., 2005).

A utilização de carvão ativado pode ser vista em diferentes áreas. Seu uso é relatado no tratamento de soluções aquosas contaminadas (Hayashi et al., 2000) e na área médica, para o tratamento de intoxicações (Bond, 2002; Juurlink, 2015; Tsuchiya, Levy, 1972; Zellner et al., 2019), sendo incluído na Lista de Medicamentos Essenciais da Organização Mundial de Saúde (OMS, 2013).

Na Odontologia, os primeiros relatos do uso de carvão como componente auxiliar de higiene bucal são dados à Hipócrates (Newsom, 2004), pela queima de diferentes biomassas da época. Entretanto, o carvão não recebia tratamentos específicos, sendo moído de forma grosseira e aplicava-se sobre os dentes com intuito de remover a descoloração superficial e possíveis exsudatos presente na cavidade bucal, sendo diferentes dos dias atuais, onde os produtos que contêm carvão o utilizam na forma de pó fino, sendo esse ativado e controlado por oxidação (Greenwall et al., 2019).

Apesar do carvão ser utilizado desde a antiguidade, recentemente, a popularidade de dentifrícios contendo carvão ativado aumentou significativamente

(Brooks et al., 2017; Greenwall et al., 2019) e embora os dentífrícios sejam grande parte da produção, a indústria desenvolveu também enxaguatórios bucais (Dionysopoulos et al., 2020), escovas de dentes e fio dental (Umanah et al., 2020). Existe também o pó contendo carvão ativado (Franco et al., 2020), em que recomenda-se ao paciente mergulhar a escova sobre a porção do recipiente e escovar os dentes em seguida (Greenwall et al., 2019), tornando assim uma classe de produtos à base de carvão ativado.

Em diversos países observa-se o aumento na popularidade destes produtos. Isso pode estar atrelado às divulgações em mídias sociais (Greenwall et al., 2019), o que tende a continuar aumentando. Um estudo recente analisou diferentes produtos contendo carvão ativado e revisou a relação entre fabricantes e estratégias de marketing (Bauler et al., 2021). Com essa análise, foi descrito que existem poucas evidências sobre a eficácia destes produtos e que alguns fabricantes atuam em conjunto com influenciadores digitais para alcançar consumidores através de aplicativos de redes sociais.

Apesar da fácil disponibilidade dos produtos, além da inserção em meios de divulgação (Bauler et al., 2021), existem poucos estudos relacionando sua eficácia e segurança. O mecanismo de ação destes produtos ainda é incerto, e sugere-se que seja pelo mecanismo de adsorção (Greenwall et al., 2019). Ainda assim, alguns produtos comercializados contêm agentes abrasivos em sua composição, como a sílica (Vural et al., 2021), além das partículas do próprio carvão, o que pode auxiliar na remoção da descoloração externa e proporcionar um aspecto de branqueamento dos dentes (Joiner, 2010).

A maioria dos estudos sobre esta temática são *in vitro* e utilizam metodologias variadas. Estudos comparando apenas dentífricos de carvão podem ser vistos na literatura, e alguns resultados mostram que estes parecem não apresentar resultados significativos em comparação aos dentífrícios convencionais, quanto a alteração de cor (Ghajari et al., 2021; Vural et al., 2021). Por outro lado, o estudo *in vitro* de Dionysopoulos et al. (2020) mostrou que o dentífrício contendo carvão ativado Black and Polish Toothpaste (Frezyderm® Ltd, Athens, Greece) apresentou mudança de cor elevada comparado com o grupo controle (água deionizada) e com dentífrício convencional.

Ainda, a rugosidade do esmalte é discutida devido a possibilidade de ação abrasiva elevada destes produtos, mas isso é controverso. Estudos apresentam variações nos resultados utilizando produtos com carvão ativado, com alteração da rugosidade superficial significativa em alguns estudos (Dionysopoulos et al., 2020; Franco et al., 2020) e insignificativa em outros (Ghajari et al., 2021) com comparação ao grupo controle. Diferenças em grupos específicos em um mesmo estudo podem ser vistas (Vural et al., 2021), o que sugere que podem ocorrer variações entre marcas comerciais.

Apenas um estudo clínico avaliando a eficácia de dentifrícios contendo carvão ativado é visto na literatura (Chirkova et al., 2018). Apesar de apresentar resultados favoráveis, o estudo não incluiu grupo controle, teve curto período de acompanhamento e foi patrocinado pelo fabricante do produto, o que pode diminuir a confiabilidade dos seus resultados.

Com a ausência de evidências robustas e diante de algumas incógnitas, pacientes recebem frequentemente informações empíricas ao consultar cirurgiões-dentistas sobre a eficácia destes produtos (Greenwall et al., 2019). Até o presente, não existe afirmativa sobre o principal mecanismo de ação, se atuam de modo químico pela adsorção e/ou químico-mecânico, pela atuação dos abrasivos. Isso se torna importante para nortear o futuro dos produtos contendo carvão ativado. Novas pesquisas podem auxiliar na descoberta da eficácia destes produtos e contribuir para melhores instruções de profissionais para pacientes.

2.4 Abrasão

Em Odontologia, o termo abrasão refere-se ao desgaste produzido pela interação entre os dentes e outros materiais (Addy, Shellis, 2006; Shellis, Addy, 2014). Este é um dos processos que influenciam a perda progressiva dos tecidos duros por fatores não cariogênicos, ocasionando o desgaste dental (Bartlett, O'Toole, 2019; Pickles, 2006). Além da abrasão, a atrição e a erosão são relatadas como processos que podem gerar o desgaste dental, atuando, em grande parte, de

forma simultânea, por ser um processo multifatorial (Pickles, 2006). Tais processos foram estudados inicialmente por Miller (1907), sendo um estudo importante e que apresenta relevância até os dias atuais.

Advindos da tribologia, a ciência que estuda o desgaste, atrição e lubrificação, os processos foram adaptados para a utilização na Odontologia (abrasão, atrição e erosão), tendo a abrasão a definição precisa de um desgaste de três componentes, em que duas superfícies móveis são separadas por um agente intermediário abrasivo, que remove o material de ambas as superfícies (Shellis, Addy, 2014). A abrasão está relacionada com o consumo de alimentos abrasivos, causas ocupacionais (por exemplo, trabalhadores que seguram parafusos ou pregos entre os dentes) e o uso excessivo/abusivo de produtos de higiene bucal (Pickles, 2006). Sendo assim, a escovação dos dentes pode estar relacionada com esse mecanismo.

A escovação dos dentes é um procedimento rotineiro, sendo recomendado a sua realização duas vezes ao dia (Parnell, O'Mullane, 2013). Durante a escovação, a saliva entra em contato com dentífrício e forma uma suspensão, que recebe o auxílio mecânico da escova na limpeza (Lippert, 2013). Entretanto, apesar do íntimo contato da escova com a superfície do esmalte, o desgaste abrasivo da superfície dental não ocorre com facilidade, ocorrendo apenas quando o material de contato apresenta dureza maior ou igual ao esmalte, que por sua vez apresenta dureza elevada. A dentina se torna mais suscetível à abrasão, devido a sua menor dureza (Pickles, 2006). Em uma revisão de diferentes metodologias acerca da escovação dental, Addy e Hunter (2003) enfatizam a segurança que a escovação dos dentes apresenta, sendo necessário décadas de escovação normal para remover 1 mm de dentina. Vale ressaltar que a exposição de substratos a desafios ácidos, relacionando ao processo de erosão, pode tornar o esmalte (Shellis, Addy, 2014; Wiegand, Schlueter, 2014) e a dentina (Vertuan et al., 2020) vulneráveis à abrasão.

Outros fatores, além do substrato, que podem variar durante a escovação dos dentes, está relacionado com a escova e o dentífrício. Quando relacionado ao tipo de escova e sua relação com a abrasão, nota-se que escovas elétricas ou manuais, sem adição de dentífrícios, não apresentam efeitos deletérios ao esmalte hígido (Addy, Hunter, 2003). Sobre os dentífrícios e os componentes abrasivos,

nota-se a importância destes componentes na remoção de manchas extrínsecas, visto que a ausência ou pequenas quantidades de abrasivos é associado ao aumento da descoloração dos dentes (Dawson et al., 1998). Materiais abrasivos como sílica hidratada, carbonato de cálcio, fosfato dicálcico dihidratado (DCPD), pirofosfato de cálcio, alumina, perlita e bicarbonato de sódio podem ser adicionados aos dentífrícios, isolados ou em conjunto (Franzò et al., 2010). Com isso, além do tipo de abrasivo, fatores como: dureza da partícula, forma, tamanho, distribuição e concentração podem influenciar na capacidade abrasiva (Franzò et al., 2010; Joiner, 2010).

Estudos *in vitro* normalmente utilizam em sua metodologia um radiotraçador ou análises perfilométricas (Ganss et al., 2000; Pickles, 2006) para mensurar o potencial abrasivo de diversos produtos. No primeiro método, espécimes de esmalte ou dentina são expostos à uma fonte de radiação, seguidos de escovação simulada sob condições determinadas. Em seguida, a quantidade de substrato desgastado é mensurada e a capacidade de abrasividade do dentífrício é estabelecida (Hefferren, 1976). A quantificação do substrato desgastado origina os valores de abrasividade relativa do esmalte (REA) e da dentina (RDA). Geralmente são utilizados os valores de RDA, devido ao maior potencial de desgaste da dentina. Tais valores variam de 30 a 250, sendo este último o valor máximo aceitável de acordo com a American Dental Association (ADA, 2020). Valores mais altos de RDA (>150) podem ocasionar, quando em uso prolongado, abrasividade maior que a necessária para a remoção do biofilme e controle do manchamento, podendo resultar em efeitos deletérios principalmente em indivíduos que apresentam dentina exposta (Dawson et al., 1998.; Schemehorn, 2011).

Na análise perfilométrica, espécimes polidos são mensurados pela ponta do equipamento, antes e após a escovação. A subtração da área final sobre o inicial é realizada e a mensuração do desgaste transversal obtida (Pickles, 2006). Esse método se mostra vantajoso por não utilizar radiação e por realizar a mensuração direta no substrato (González-Cabezas et al., 2013). Ainda, esse método pode apresentar maior facilidade de aplicação, pois apenas quatro laboratórios no mundo são capazes de medir o REA/RDA de dentífrícios por radiação, podendo a adaptação da metodologia ser feita por análises perfilométricas (White et al., 2015).

Outro método pode ser utilizado para mensurar o desgaste abrasivo em situações mínimas que necessitem maior sensibilidade da técnica (Jaeggi, Lussi, 1999). Para esse método, utiliza-se o microdurômetro com ponta Knoop, onde a diagonal maior das indentações é mensurada antes e após a escovação, e a diminuição das marcações é calculada (Joiner et al., 2008c).

Com isto, quando analisados, observa-se em alguns estudos que os valores de RDA e REA apresentam aumento equivalente com a magnitude dos componentes abrasivos dos produtos testados, sendo o desgaste significativo de forma *in vitro* utilizando produtos de uso profissional com uso simulado prolongado, como pastas profiláticas, e desgaste insignificativo em dentifrícios sem abrasivos em sua composição (Franzò et al., 2010; Philpotts et al., 2005). Em modelos *in situ*, isso ocorre de forma similar, e Pickles et al. (2005) ao avaliar também uma pasta profilática e dentifrícios convencionais de variados níveis de abrasividade mostrou que o produto de uso profissional apresentou maior desgaste dos tecidos (RDA-352 e REA-70.9) em escovação simulada em 12 e 24 semanas. Os dentifrícios convencionais (RDA variando entre 90-204) apresentaram desgaste compatível com a magnitude, mas a quantidade de desgaste foi relativamente pequena. Logo, isso implica em desgaste limitado sobre o esmalte e a dentina durante a vida (Addy, Hunter, 2003). Ainda, resultados *in vitro* podem ser reduzidos em condições bucais reais, devido a capacidade protetora da película adquirida da saliva humana sobre desgaste abrasivo (Joiner et al., 2008c).

Estudos clínicos relacionados à abrasão são de difícil execução. Métodos adequados para mensurar pequenas quantidades de desgaste são imprecisos (Huysmans et al., 2011), além da lentidão no processo de desgaste, o que possibilita a influência de outros fatores, como a dieta (Pickles, 2006). Outro fator importante relacionado com estudos clínicos de desgaste abrasivo é relacionado com aspectos éticos, porque a indução de desgaste de estrutura saudável objetivando avaliar a abrasividade de dentifrícios pode ser evitada (González-Cabezas et al., 2013).

Apesar deste contexto, existem alguns relatos por estudos clínicos sobre o desgaste abrasivo que pode ocorrer clinicamente. Saxton e Cowell (1981) avaliaram o desgaste de dentifrícios com abrasividade variada (19 a 119) em lesões cervicais pré-existentes, avaliando através de modelos de arcada. Outro estudo proposto por

Volpe et al. (1975) avaliaram dois dentífricos, com RDA de 260 e 460, sendo o último considerado pelo estudo um dentífrico cosmético comercialmente disponível. Os resultados mostraram similaridade entre os dentífricos, sem diferenças estatisticamente significativas. Entretanto, a metodologia de avaliação foi realizada de forma subjetiva, utilizando grau de gravidade para as lesões cervicais pré-existent e sem a distinção de lesões abrasivas e erosivas. Em ambos os estudos, os valores de desgaste se mostraram menores quando comparado à métodos laboratoriais (Saxton, Cowell, 1981; Volpe et al., 1975), reforçando assim que outros fatores podem interferir no potencial abrasivo dos dentífricos.

Com isto, torna-se necessário muita cautela ao analisar os valores de RDA e/ou REA e aplicar às condições que podem ocorrer clinicamente, pois observa-se que os valores podem apresentar divergências, havendo correlação positiva entre o desgaste e o aumento dos componentes abrasivos para alguns estudos (Franzò et al., 2010; Philpotts et al., 2005) e em outros isso não se faz presente (Joiner et al., 2008c; Pickles et al., 2005). O que pode explicar esse fato é que a maioria dos estudos são de origem laboratorial e apresentam variações em suas metodologias. Além do mais, estudos laboratoriais não reproduzem de forma fiel as condições multifatoriais que ocorrem na cavidade bucal e durante a escovação dos dentes, sendo então os valores de RDA/REA apenas uma das diversas variáveis a serem consideradas sobre os dentífricos (González-Cabezas et al., 2013).

3 PROPOSIÇÃO

Este estudo avaliou o efeito de produtos contendo carvão ativado na alteração de cor do dente, na rugosidade superficial e no brilho do esmalte, considerando seu modo de ação químico (sem abrasão) e químico-mecânico (com abrasão). Adicionalmente, avaliou-se o potencial abrasivo dos produtos por meio da mensuração da perda de superfície do esmalte após a escovação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Efeito de produtos contendo carvão ativado na alteração de cor dental, na rugosidade superficial e no brilho do esmalte (Etapa 1)

4.1. 1 Aspectos éticos

O presente estudo utilizou espécimes de esmalte e dentina de origem bovina. Por determinação da Lei nº 11.794 de 08/10/2008 – Lei “Arouca”, não é necessária submissão do projeto para análise do Comissão Ética no Uso de Animais (CEUA), por se tratar de uma pesquisa que envolve o uso de dentes bovinos como substrato comercialmente disponível.

4.1.2 Delineamento do estudo (Etapa 1)

Unidades experimentais: 180 espécimes em dente bovino

Fatores em investigação:

a) Tratamento (6 níveis):

- Água deionizada (controle negativo);
- Colgate® - Máxima proteção anticáries (Dentifrício convencional – controle positivo);
- Colgate® - Luminous White Carvão Ativado;
- Oral-B® - 3D White Therapy Charcoal;
- Curaprox® - Black is White;
- Dermavita® - Whitemax (Pó de carvão ativado).

b) Mecanismo de ação (2 níveis):

- Químico (sem abrasão);
- Químico-mecânico (com abrasão).

c) Variáveis resposta:

- Alteração de cor do dente ($L^*a^*b^*$), avaliada por espectrofotometria;
- Rugosidade superficial (Ra), avaliada por perfilometria de contato;
- Brilho (UB), avaliado por medidor de brilho.

4.1.3 Delineamento amostral

Para determinar a quantidade de espécimes necessários para o estudo, o potencial de alteração de cor dos dentes foi considerado o desfecho primário. O cálculo da amostra foi realizado tomando-se como parâmetros o poder de 80% e nível de significância de 5%, com base nos dados de média e desvio-padrão obtidos em um estudo piloto. Levando-se em consideração os grupos do estudo, de acordo com os fatores experimentais, foram utilizados 15 espécimes por grupo. O cálculo amostral foi realizado no software estatístico G* Power 3.1 (Heinrich Heine University, Dusseldorf, Alemanha).

4.1.4 Preparo dos espécimes

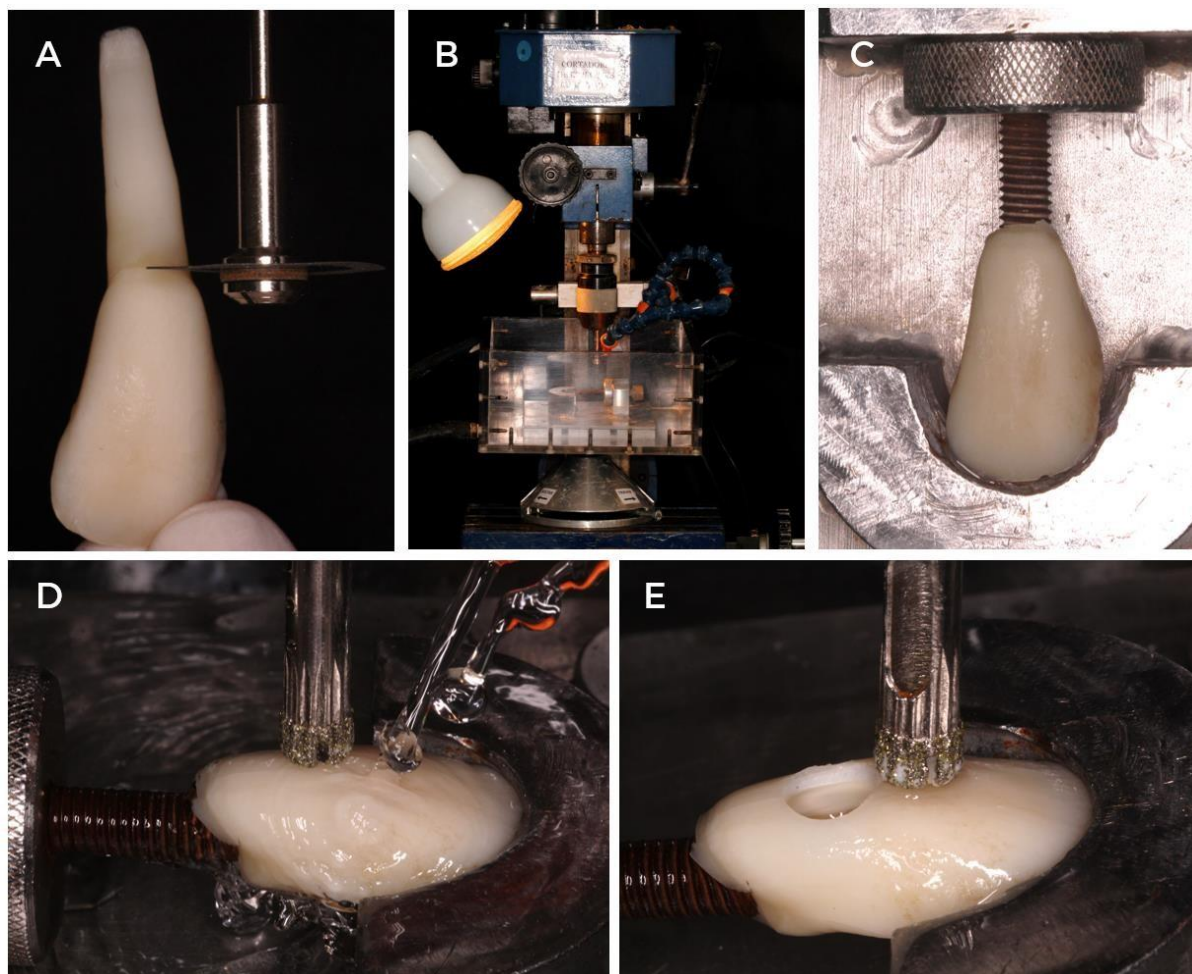
Foram utilizados dentes incisivos bovinos, retirados de mandíbulas de animais recém-abatidos. Após a extração, os resíduos de ligamento periodontal foram removidos com uma lâmina de bisturi nº 18, e armazenados em solução de timol a 0,1% com pH 7,0 sob refrigeração à 5°C, até o momento do uso (Schmalz et al., 2001).

As coroas foram separadas das raízes na junção amelocementária com

auxílio de um disco diamantado (Dremel, Racine, WI, Estados Unidos) em torno de alta rotação (Nevoni, São Paulo, Brasil), e os espécimes de esmalte/dentina foram obtidas da face vestibular das coroas (Figura 3A). Para confeccionar os espécimes, foi utilizada máquina para corte de amostras circulares (Figura 3B). A coroa foi fixada na base de fixação do equipamento (Figura 3C) e espécimes circulares foram obtidas com auxílio de uma ponta diamantada cilíndrica do tipo trefina, com 4 mm de diâmetro interno e margens recobertas com diamante aglutinado, especialmente desenvolvidas para o corte desse tipo de espécime. A base do recipiente de coleta foi acoplada a uma articulação esférica que permitiu o alinhamento da superfície vestibular dos dentes. Assim, com a ponta diamantada perpendicular ao longo eixo do dente, foi colocada em movimento e deslocada no sentido vertical, sob abundante irrigação, até a obtenção do espécime cortado (Figura 3D e E).

Visando simular a espessura do esmalte e da dentina de um dente humano (Harris, Hicks, 1998), foi realizada uma padronização da espessura do esmalte e dentina dos espécimes em 1 mm cada, eles foram posicionados em um dispositivo metálico para desgaste ajustável por meio de um parafuso interno (Borges et al., 2012). Os espécimes foram inseridos no dispositivo com o esmalte voltado para dentro e o limite amelo-dentinário foi alinhado com a superfície do dispositivo (Figura 4A, B e C), girando o parafuso central na porção inferior. A seguir, foi adaptado sobre o dispositivo de desgaste um delimitador de remanescente, com espessura de 1,1 mm (Figura 4D), fazendo com que o excesso de esmalte fosse projetado para fora do dispositivo, permitindo seu desgaste. Esse foi realizado com lixa P1200 (Extec Corp., CT, EUA) em politriz circular (DP-10, Panambra, São Paulo, Brasil) com velocidade constante de 600 rpm, sob irrigação contínua (Figura 4E e F). A profundidade do orifício foi ajustada para 2,1 mm de altura com um paquímetro digital (Starrett, São Paulo, Brasil) (Figura 4G), e na sequência o espécime foi invertido e o excesso de dentina foi desgastado (Figura 4H e I) em politriz circular (Figura 4J, K e L).

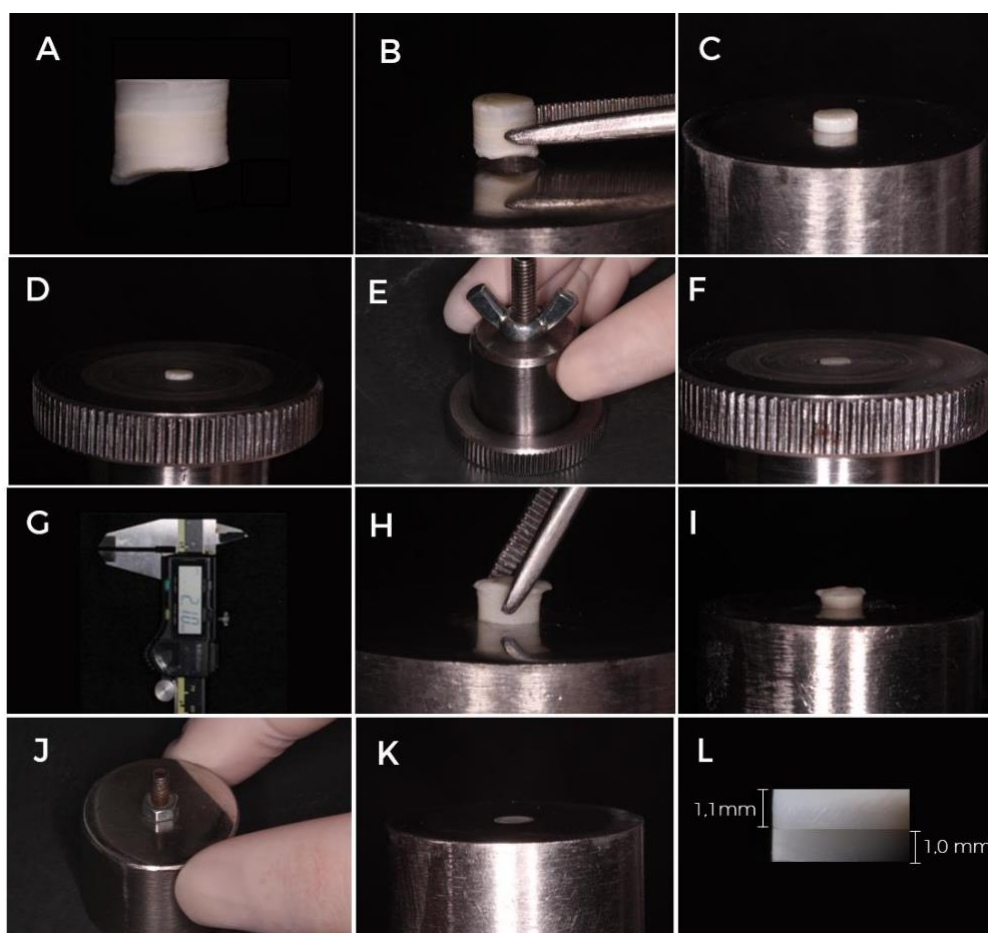
Figura 3 – Confeção dos espécimes de dente bovino



Legenda: A) Secção das coroas em um torno de alta rotação; B) Máquina cortadora de espécimes circulares (ICT UNESP – São José dos Campos); C) Fixação da coroa na base da cortadora de espécimes; D) Alinhamento do recipiente de coleta de água com a superfície vestibular do incisivo perpendicular ao longo eixo da ponta diamantada; E) Corte do espécime circular.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 4 - Padronização da espessura de esmalte e dentina



Legenda: A) Espécime em corte circular B) Posicionamento do espécime no orifício com o esmalte voltado para cima; C) Limite amelo-dentinário alinhado com a superfície do dispositivo; D) Posicionamento do anel para a padronização do desgaste do esmalte; E) Desgaste na politriz; F) Superfície planificada; G) Ajuste da profundidade do orifício do dispositivo para 2.1 mm; H e I) Posicionamento do espécime no orifício com a dentina voltada para cima; J) Desgaste na politriz; K) Espécime planificado; L) Espécime padronizado.

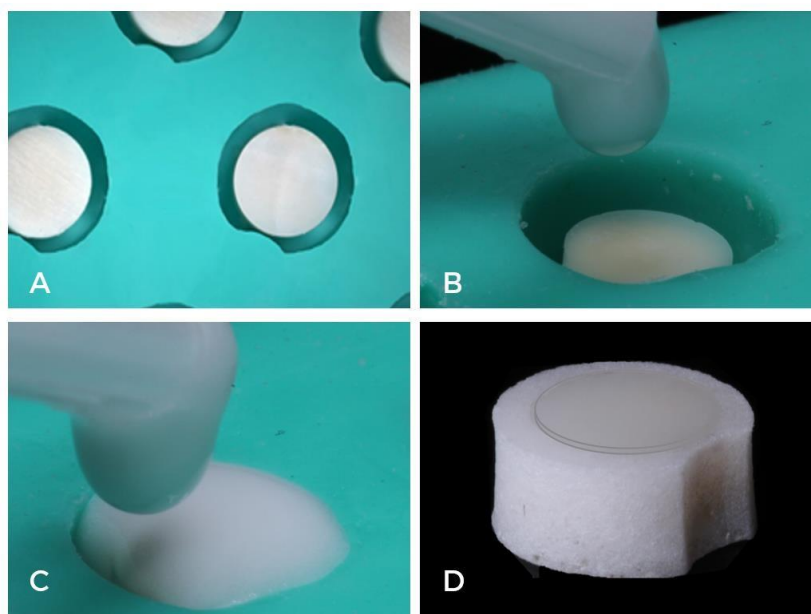
Fonte: Elaborada pelo autor.

Os espécimes padronizados foram colocados em uma matriz de silicone com 6 mm de diâmetro e 3 mm de profundidade e foram embutidos com resina acrílica autopolimerizável branca (Dencor, Clássico, São Paulo, Brasil). Os espécimes foram colocados no interior da matriz com a superfície do esmalte voltada para baixo, onde esta área apresentava um subnível de 0,1 mm (Figura 5A). A resina acrílica foi vertida na matriz utilizando pipeta tipo Pasteur, de forma lenta, evitando a formação de bolhas (Figura 5B e C). Após a obtenção de um espécime contendo 0,1 mm de esmalte além da resina (Figura 5D), esse foi posicionado com o

esmalte para dentro do dispositivo, para que fosse removido o excesso de resina com lixa P1200 (Extec Corp., CT, EUA).

Para o polimento do esmalte, foi utilizado uma politriz semiautomática (Tegramin 25, Struers GmbH, Ballerup, Dinamarca) (Figura 6A), com 30 N de força à velocidade de 120rpm eixo superior e 300rpm eixo inferior, sob constante irrigação. Os espécimes foram invertidos e posicionados com o esmalte voltado para baixo em um disco específico da politriz (Figura 6B e C), que apresentava seis orifícios para o encaixe dos espécimes. Uma sequência de lixas foi utilizada para o polimento do esmalte, com granulações P1200, P2000 e P4000 (Struers GmbH, Ballerup, Dinamarca) por 5, 10 e 15 segundos, respectivamente. Após isso, foi utilizado tecido associado à pastas para polimento (MD Nap e MD Dac - Struers GmbH, Ballerup, Dinamarca) por 60 segundos cada. Entre as lixas e ao final, os espécimes foram lavados em banho ultrassônico (Ultrasonic Cleaner, Odontobrás, São Paulo, Brasil), durante 10 minutos com água deionizada, para retirar resíduos de abrasivos que possam interferir na lisura da superfície polida, finalizando seu aspecto (Figura 6D). Então, os espécimes foram armazenados em tubos tipo Eppendorf numerados, contendo 2ml de saliva artificial.

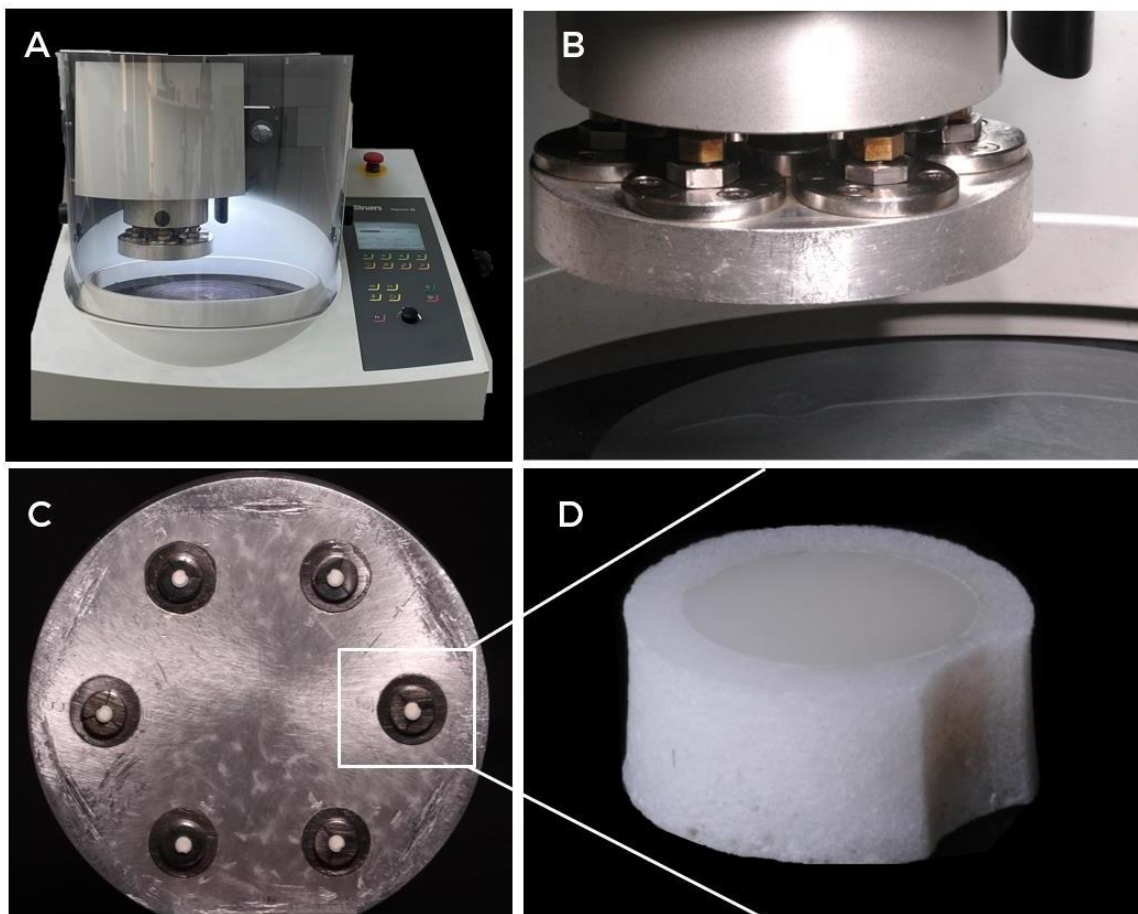
Figura 5 - Embutimento do espécime com resina acrílica



Legenda: A) Matriz de silicone com os espécimes posicionados; B) e C) Inserção da resina; D) Espécime contendo 0,1 mm de esmalte além da resina.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 6 – Polimento do esmalte em politriz semiautomática



Legenda: A) Politriz semiautomática; B) e C) Disco para encaixe dos espécimes; D) Espécime finalizado após a remoção de 0,1mm de esmalte.

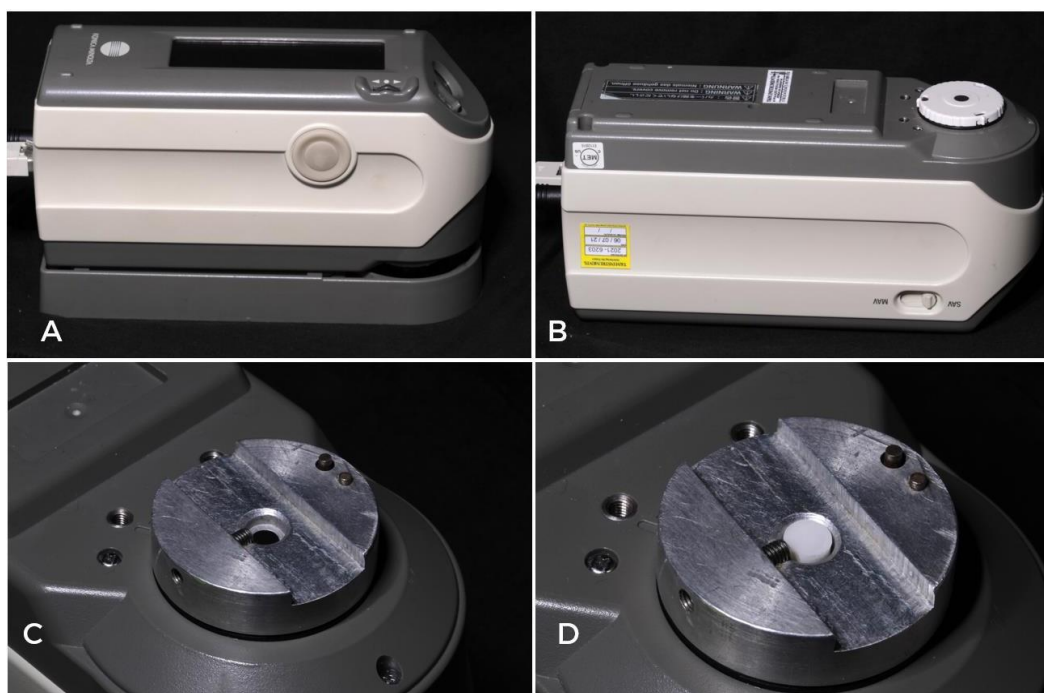
Fonte: Elaborada pelo autor.

4.1.5 Avaliação da cor inicial

A avaliação da cor inicial foi realizada com um espectrofotômetro de reflectância (CM-2600d, Konica Minolta, Osaka, Japão) (Figura 7A). O equipamento foi ajustado para leitura de pequenas amostras (SAV) com área definida em 7,065 mm² (diâmetro de 3 mm), com uso do iluminante padrão D65, inclusão do ultravioleta em 100%, ângulo do observador em 2° e o componente especular incluído (SCI). Antes da leitura, o aparelho foi calibrado com os padrões branco e preto fornecidos pelo fabricante. O aparelho é virado e sua face superior se torna a base de apoio

(Figura 7B). Foi removida a máscara de proteção e colocado a máscara de leitura que possui um orifício de 3 mm de diâmetro, deixando apenas a superfície do esmalte exposta para a leitura. Isso impede que a cor da resina de embutimento seja lida simultaneamente (Figura 7C). Os espécimes foram removidos da saliva artificial, removendo o excesso de umidade com gaze e imediatamente levados ao orifício do dispositivo de posicionamento iniciando a mensuração da cor (Figura 7D). A cor foi analisada de acordo com o Sistema CIELAB proposto pela International Commission on Illumination (CIE, 2004), por meio do software Spectramagic NX (Konica Minolta, Osaka, Japão). Após a leitura, os espécimes foram removidos do aparelho e guardadas novamente nos tubos Eppendorf contendo saliva artificial. A leitura da cor foi realizada antes do início das intervenções (baseline) e após a finalização das ciclagens de manchamento/tratamento.

Figura 7 – Espectrofotômetro colorimétrico



Legenda: A) Espectrofotômetro colorimétrico; B) Espectrofotômetro posicionado para a remoção da máscara de proteção; C) Colocação da máscara de leitura; D) Espécime posicionado na máscara para a leitura da cor.

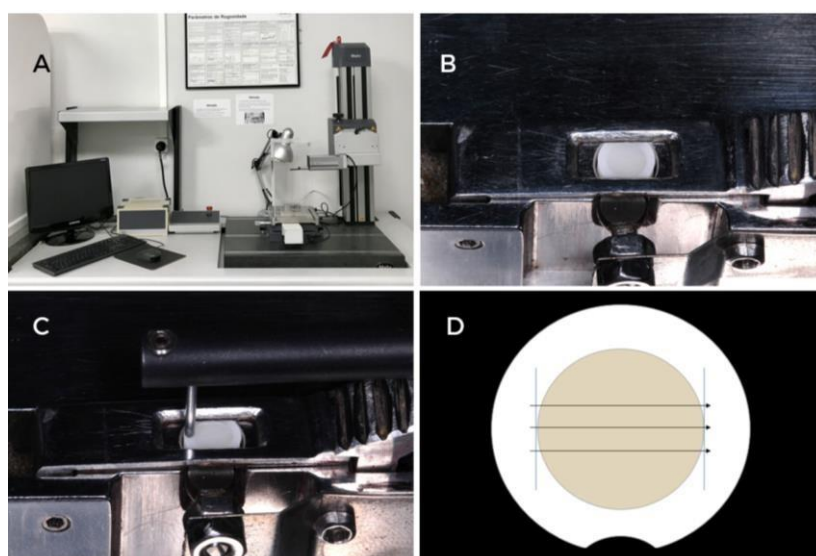
Fonte: Elaborada pelo autor.

4.1.6 Avaliação da rugosidade inicial

A avaliação da rugosidade superficial (R_a) do esmalte foi realizada por meio do perfilômetro de contato (MarSurf GD 25, Mahr, Goettingen, Alemanha) e seu software dedicado (MarSurf XT 20 4.50-07, 2011, Mahr, Goettingen, Alemanha) (Figura 8A).

A rugosidade da superfície foi medida antes e após as ciclagens de tratamento/manchamento. Para permitir a comparação das medidas, os espécimes foram posicionados em um dispositivo metálico fixo ao perfilômetro, o qual possui uma trava esférica onde se encaixa ao sulco em forma de curva na resina de embutimento, garantindo o exato posicionamento durante as leituras dos perfis inicial e após a escovação mecânica (Figura 8B). Foram realizadas três varreduras na superfície dos espécimes (Figura 8C) e os valores médios de R_a foram determinados (μm) com o comprimento transversal de 4,8 mm, um cut-off de 0,25 mm entre elas e velocidade média de 0,5 mm/s, obtendo-se três perfis para cada espécime (Figura 8D).

Figura 8 - Perfilômetro e esquema de leitura de R_a dos espécimes



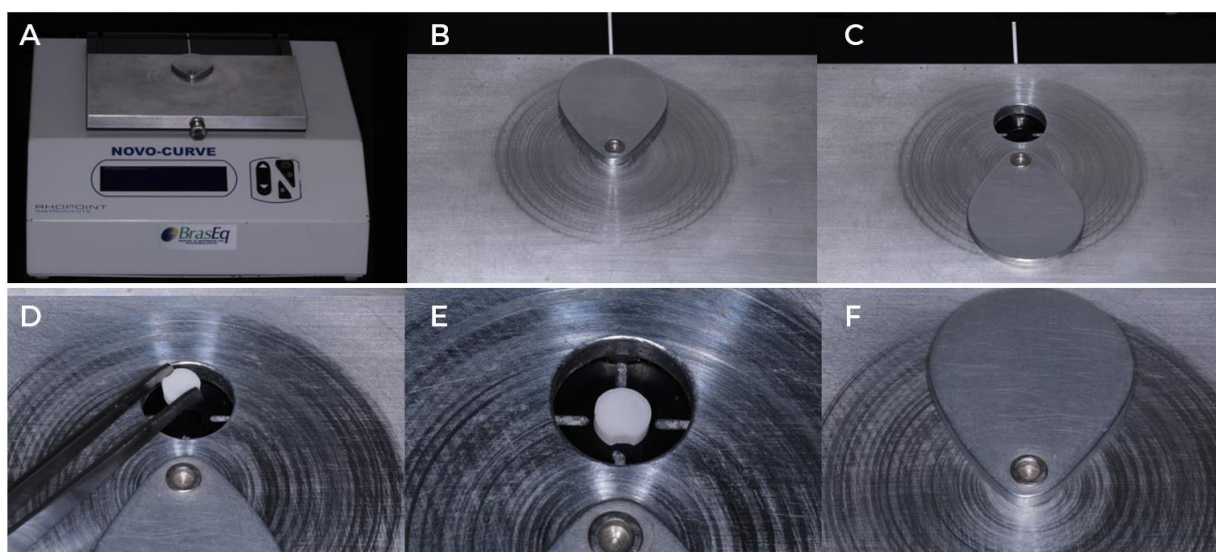
Legenda: A) Perfilômetro; B) Posicionamento do espécime no dispositivo fixo; C) Varredura do espécime; D) Imagem ilustrativa da distância das varreduras.

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.1.7 Avaliação do brilho inicial

A leitura do brilho foi realizada utilizando-se o aparelho Novo-Curve (Rhopoint TM - East Sussex, Inglaterra) (Figura 9A) com uma área de leitura de 2 mm x 2 mm e 60° de geometria (incidência da luz) e expressa em Unidades de Brilho (UB). Um dispositivo metálico foi acoplado ao equipamento para padronização do posicionamento do espécime (Figura 9B e C) e bloqueando a luz para eliminar possíveis interferências da luz ambiente presente (Figura 9D, E e F). Três mensurações aleatórias foram realizadas para cada espécime antes e após as ciclagens manchamento/tratamento.

Figura 9 – Medidor de brilho



Legenda: A) Medidor de brilho; B) Suporte metálico; C) Área de leitura do espécime; D) Posicionamento do espécime; E) Espécime centralizado; F) Área de leitura fechada, para a luz ambiente não interferir no resultado.

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.1.8 Divisão dos grupos

Os espécimes foram alocados aleatoriamente, em um mesmo momento, utilizando um programa estatístico online RANDOM.ORG True Random Number Service (www.random.org), na sessão “Numbers”, item “Sequence Generator”. Para a geração da sequência da identificação dos espécimes e a divisão dos grupos, os limites da sequência foram preenchidos com o menor valor (1 - primeiro espécime) e o maior valor (180 - último espécime), divididos em doze grupos para geração da sequência.

Os grupos foram determinados de acordo com o tratamento (dentrífrios e pó de carvão) empregado:

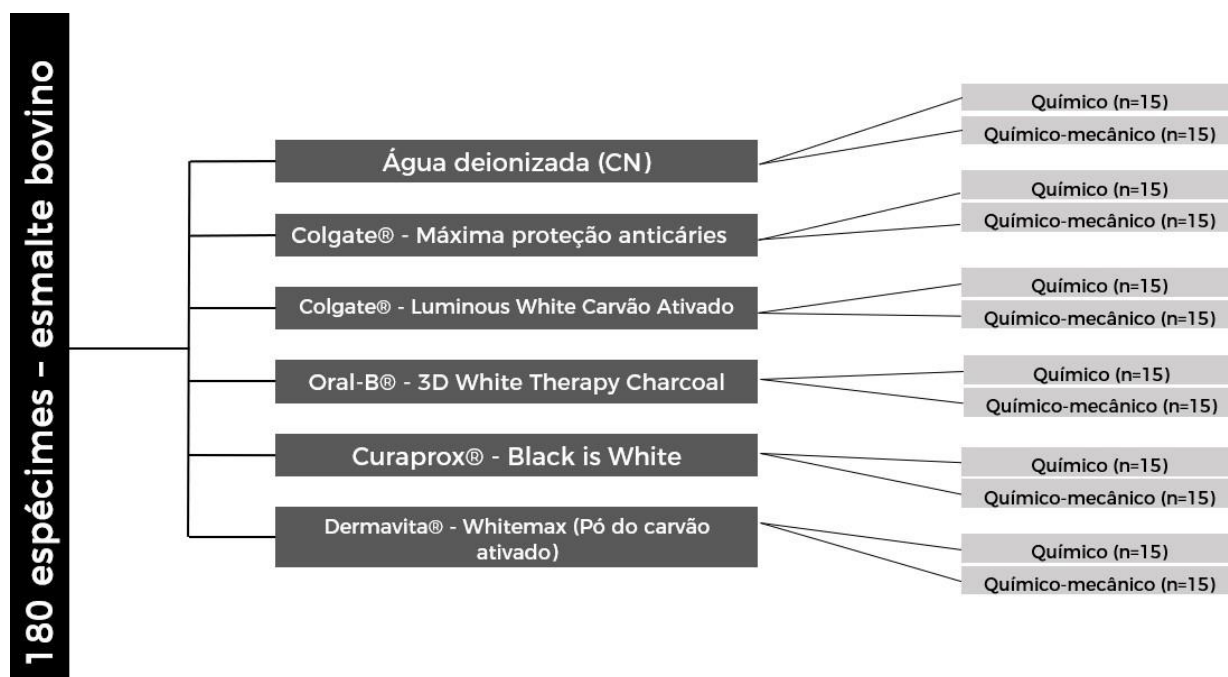
- Água deionizada (controle negativo) - CN;
- Colgate® - Máxima proteção anticáries (Dentrífrío convencional –controle positivo) - CP;
- Colgate® - Luminous White Carvão Ativado - LW;
- Oral-B® - 3D White Therapy Charcoal – 3DW;
- Curaprox® - Black is White - BW;
- Dermavita® - Whitemax (Pó de carvão ativado) - WP.

Os grupos de tratamento foram posteriormente divididos em subgrupos de acordo com o mecanismo de ação testado:

- Químico (Q) – com exposição à suspensão de dentrífrío, sem abrasão por escovação;
- Químico-mecânico (QM) – com exposição à suspensão dos produtos associada à abrasão por escovação.

Os grupos finais, distribuídos de acordo com o tratamento e o seu modo de ação (n=15), estão ilustrados na figura 10.

Figura 10 – Divisão dos espécimes em grupos



Legenda: Divisão dos espécimes nos grupos e nos mecanismos de ação.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O pH dos produtos foi mensurado após o preparo das suspensões em saliva artificial (1:3), utilizando um eletrodo (HI1083B, Hanna Instruments, Woonsocket, RI, EUA) e pHmetro (Digimed, São Paulo, SP, Brasil), após calibração com soluções-padrão (pH 4,00 e 6,86). A saliva artificial foi composta por: 0,002 g de ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$); 0,030 g de glucose ($C_6H_{12}O_4$); 0,580 g de cloreto de sódio (NaCl); 0,225 g de cloreto de cálcio dihidratado ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$); 0,160 g de cloreto de amônia (NH_4Cl); 1,270 g de cloreto de potássio (KCl); 0,160 g de tiocianato de sódio ($NaSCN$); 0,330 g de fosfato de potássio monobásico anidro PA (KH_2PO_4); 0,200 g de carbamida (CH_4N_2O); 0,426 g de fosfato de sódio bibásico dihidratado ($Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$); e 2,700 g de mucina em 1 L de água destilada, com pH de 6,8 (Klimek et al., 1982). As especificações dos produtos testados e os valores de pH

estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1 – Especificações dos produtos testados

Produto	Fabricante	Lote	Composição	pH
Máxima proteção anticáries	Colgate-Palmolive, São Bernardo do Campo, SP, Brasil	2213BR 122B	Monofluorofosfato de sódio (1450 ppm F ⁻), carbonato de cálcio, lauril sulfato de sódio, sacarina sódica, pirofosfato tetrasódico, silicato de sódio, sorbitol, carboximetilcelulose, metilparabeno, propilparabeno, aroma e água.	9,11
Luminous WhiteCarvão Ativado	Colgate-Palmolive, São Bernardo do Campo, SP, Brasil	2291BR 122B	Monofluorofosfato de sódio (1000 ppm F ⁻), aqua, sílica hidratada, sorbitol, pirofosfato de cálcio, glicerina PEG-12, trifosfato pentassódico, pirofosfato tetrapotássico, aroma, lauril sulfato de sódio, goma de celulose, sacarina sódica, goma xantana, cocamidopropil betaína, CI 7726 (carvão em pó) 16035, CI 42090, CI 19140 e limoneno.	7,45
3D White Therapy Charcoal	Procter & Gamble, Cincinnati, OH, USA	203243 54P0	Fluoreto de sódio (1100 ppm F ⁻), água, sorbitol, sílica hidratada, pirofosfato dissódico, lauril sulfato de sódio, celulose, sabor, goma de celulose, hidróxido de sódio, sacarina sódica, carbômero, dióxido de titânio, pó de carvão, mica, limoneno, sucralose e polisorbato 80.	7,55
Black is White	Curaden International, Kriens, LU, Switzerland	OO5MH DEXPO 126	Monofluorofosfato de sódio (950 ppm F ⁻), água, sorbitol, sílica hidratada, glicerina e carvão ativado.	6,41
Whitemax	Dermavita, Brusque, SC, Brazil	WM584 X54	Pó do carvão (carvão ativado), kaolin, aroma e óleo da cascade laranja.	9,49

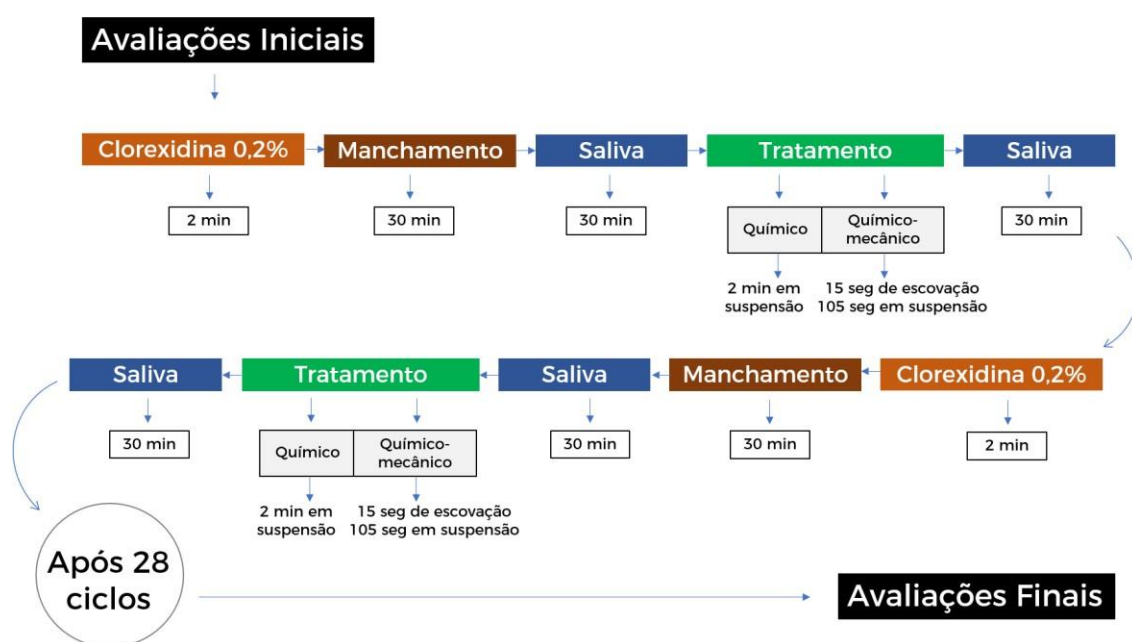
Legenda: Quadro contendo as especificações dos produtos testados.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.9 Ciclagem e tratamento

Os espécimes foram submetidos à ciclagem envolvendo soluções de manchamento, os tratamentos propostos e imersão em saliva artificial. Os ciclos foram repetidos 28 vezes, simulando quatro semanas de tratamento (2x/dia). As análises de cor, rugosidade superficial e brilho foram realizadas antes e após as ciclagens, como mostra a figura 11.

Figura 11 – Imagem esquemática da ciclagem manchamento/tratamento



Legenda: Figura esquemática contendo a ciclagem do estudo.
 Fonte: Elaborada pelo autor.

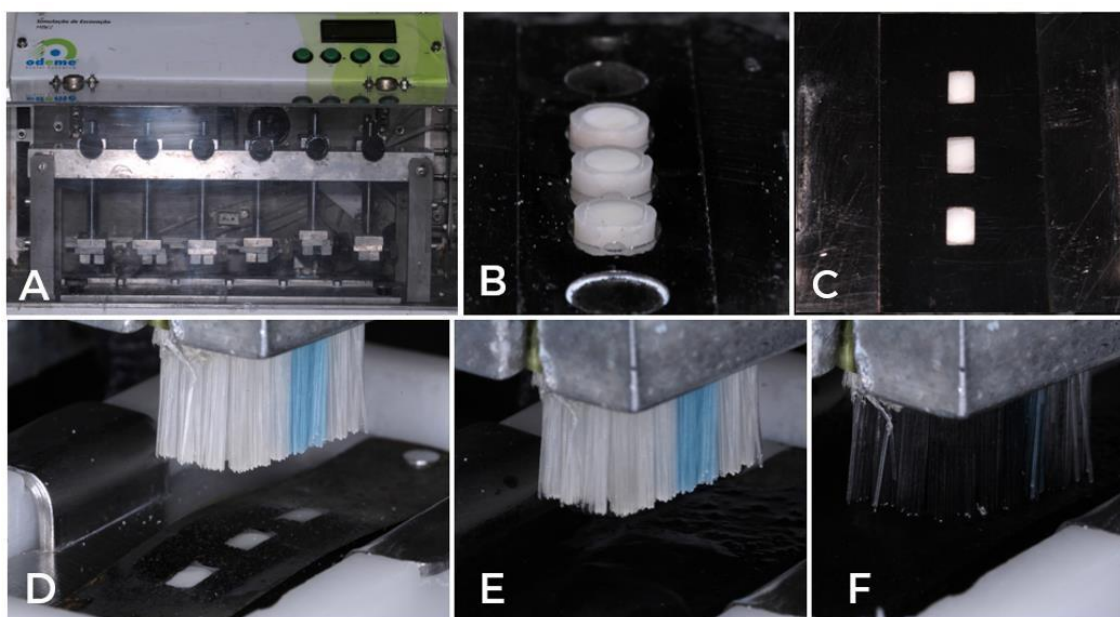
Os espécimes foram imersos em 1,5 ml de clorexidina 0,2% (RiohexDermo Suave, Rioquímica Indústria Farmaceutica) por 2 minutos, lavados com água ultrapura por 10 s e imersos em solução de manchamento por 30 minutos (adaptado de Prayitno, Addy, 1979; Sheen et al., 2002). A temperatura do sistema foi de $37 \pm$

2 °C e a solução de manchamento foi trocada todos os dias (Alshara et al., 2014).

A solução de manchamento foi confeccionada com 100 g de café instantâneo; 50 g de chá preto; 0,125 g de metilparabeno; 0,075 g de propilparabeno; 533 ml de vinho tinto; 2 g de mucina; 1,5 ml de corante amarelo e vermelho dissolvidos em 1 l de água destilada (adaptado de Wozniak et al., 1991) conforme preconizado pela American Dental Association (ADA, 2008). O pH final foi ajustado para 7,0. Após o manchamento, os espécimes foram lavados com água ultrapura por 10 s e imersos na saliva artificial por 30 min sobre um agitador tipo Kline, a uma frequência de 120 rpm, simulando a movimentação da saliva que ocorreria dentro da cavidade bucal.

Foi posicionada sobre os espécimes (químico-mecânico) uma máscara confeccionada com uma fita metálica perfurada, expondo apenas a área de esmalte dentário sobre o qual atuou as cerdas da escova durante o processo de escovação. Os espécimes foram então levados a uma máquina de escovação (MEV-2T, Odeme, Luzerna Santa Catarina, Brasil) (Figura 12).

Figura 12 – Máquina de escovação



Legenda: A) Máquina de escovação; B) Espécimes posicionados; C) Fita metálica perfurada; D) Escova posicionada; E) Produto após a diluição sobre os espécimes; F) Escovação.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os produtos (dentifrícios e pó de carvão) foram preparados em saliva artificial na proporção 1 para 3 em peso (Ashcroft et al., 2008) e então cobriram os espécimes e as cerdas da escova durante o procedimento de abrasão. A escova utilizada foi de cerdas retas e macias (Ultra professional, Sanifil, Curitiba, PR, Brasil). Para que a escovação fosse homogênea, o longo eixo das quatro linhas das cerdas da escova formou um ângulo de 15° em relação ao sentido de deslocamento.

Os espécimes que receberam apenas o tratamento químico foram imersos nas suspensões de dentifrícios e do pó de carvão em quantidade e tempo proporcionais aos espécimes que receberam a escovação.

Nos grupos que receberam o tratamento químico-mecânico, os espécimes permaneceram imersos nas suspensões de tratamento por 120 segundos e foram submetidos à abrasão (15 s de escovação - 2 golpes/s, carga de 200 g, seguido de 105 s sem escovação) (Scaramucci et al., 2013). Os espécimes foram então removidos da máquina, lavados em água ultrapura por 10 s e imersos em um recipiente contendo saliva artificial por 30 min. O ciclo foi repetido 28 vezes simulando 4 semanas de tratamento com duas escovações diárias (McCracken et al., 2003) e duas sessões de manchamento, seguindo os mesmos procedimentos descritos acima. O armazenamento dos espécimes durante o período noturno foi em umidade relativa a 100% em recipientes hermeticamente fechados e mantidos em temperatura ambiente.

4.1.10 Avaliação da cor final

A alteração da cor final dos espécimes em relação aos valores iniciais foi calculada, utilizando o parâmetro de variação de cor CIELAB (ΔE_{ab}) e CIEDE2000 (ΔE_{00}) (CIE, 2004). As coordenadas (L^* , a^* e b^*) foram avaliadas individualmente, com enfoque ao L^* e b^* , sendo estes responsáveis pela luminosidade (mudança no eixo preto-branco) e amarelamento (mudança no eixo amarelo-azul) (Luo et al., 2007). Os dados foram comparados com os limites de aceitabilidade (LA) e

perceptibilidade (LP) propostos por Paravina et al., (2015). Os valores obtidos foram discutidos de forma criteriosa, de acordo com a proposta de relação entre a eficácia e os limites de perceptibilidade e aceitabilidade observados (Paravina et al., 2019).

As seguintes fórmulas foram utilizadas para a avaliação:

$$\Delta E^*_{a\bar{b}} = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]}$$

Onde ΔL , Δa e Δb são as diferenças nos valores respectivos antes e depois da escovação mecânica:

ΔL = Variação de luminosidade entre o mais claro (Branco: 0) com o mais escuro (Preto: 100);

Δa = Variação de cor entre vermelho (valor positivo) e verde (valor negativo);

Δb = Variação de cor entre amarelo (valor positivo) e azul (valor negativo);

ΔE_{ab} = Variação total da cor

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left[\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)\right]}$$

Onde:

ΔL^* = Diferença de luminosidade; ΔC^*

= Diferença de croma;

ΔH^* = Diferença de matiz; R_T =

Função de rotação;

S_L , S_C , S_H = Fatores de ponderação (termos de correção na diferença de cor nas coordenadas L^* , a^* e b^*);

KL, KC, KH= Fatores paramétricos (termos de correção para condições experimentais);

ΔE_{00} = Variação total da cor

Além disso, o índice de branqueamento (Whiteness Index for Dentistry - WI_D) foi calculado de acordo com as coordenadas CIELAB (Pérez et al., 2015). Para tal, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$WID = (0,511 \times L^*) - (2,324 \times a^*) - (1,100 \times b^*)$$

4.1.11 Avaliação da rugosidade final

A avaliação final da rugosidade superficial (Ra) foi avaliada após a ciclagem com as especificações já citadas. A variação da rugosidade superficial do esmalte antes e após os tratamentos foi calculada pela seguinte fórmula: $\%Ra_{alt} = (Ra_{final} / Ra_{inicial}) \times 100$

4.1.12 Avaliação do brilho final

Após a finalização da ciclagem citada, três leituras de cada espécime foram realizadas e a média dos valores obtidos foi utilizada para determinar a variação na alteração de brilho. Para isso, utilizou-se a seguinte fórmula: $\%B_{alt} = (B_{final} / B_{inicial}) \times 100$

4.2 Avaliação do potencial abrasivo dos produtos no esmalte dental (Etapa 2)

4.2.1 Delineamento do estudo (Etapa 2)

Unidades experimentais: 54 espécimes em dente bovino

Fatores em investigação:

a) Tratamento (6 níveis):

- Água deionizada (controle negativo);
- Colgate® - Máxima proteção anticáries (Dentifrício convencional – controle positivo);
- Colgate® - Luminous White Carvão Ativado;
- Oral-B® - 3D White Therapy Charcoal;
- Curaprox® - Black is White;
- Dermavita® - Whitemax (Pó de carvão ativado).

b) Variável resposta:

- Perda da superfície do esmalte (μm).

4.2.2 Delineamento amostral

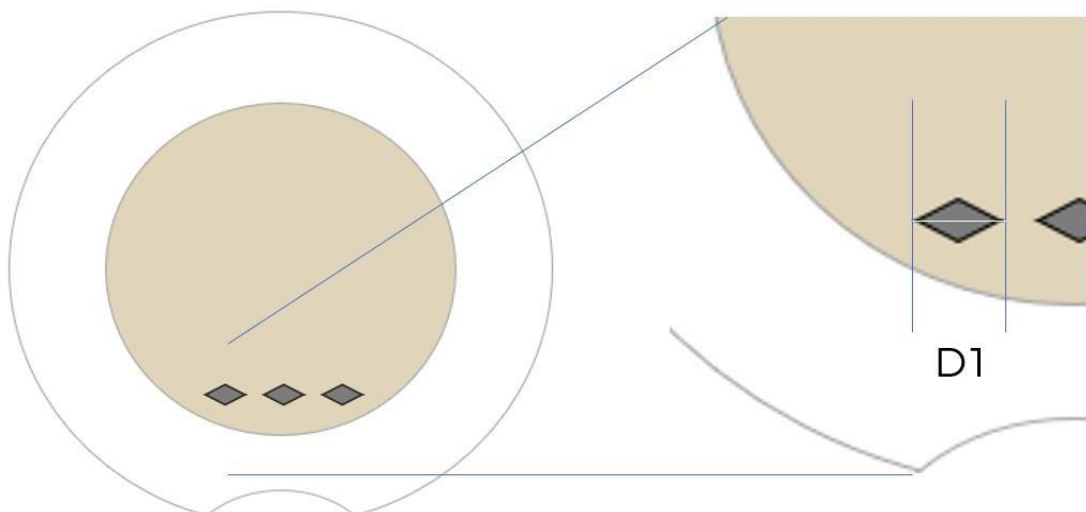
O cálculo da amostra para o estudo da etapa 2 foi realizado tomando-se como parâmetros o poder de 80% e nível de significância de 5%, com base nos dados de média e desvio-padrão obtidos a partir de um estudo piloto. Levando-se em consideração os seis grupos do estudo, foram utilizados nove espécimes por grupo. O cálculo amostral foi realizado no software estatístico G* Power 3.1 (Heinrich Heine University, Dusseldorf, Alemanha). Portanto, espécimes adicionais

(n= 9, cada grupo) foram cortados, preparados e polidos conforme descrito anteriormente (item 4.1.4).

4.2.3 Ensaio de microdureza

Foram realizadas três indentações por meio de um microdurômetro Knoop (FM-700, Future-Tech, Tóquio, Japão) na parte inferior da superfície do espécime em esmalte, próximo ao sulco em forma de curva na resina de embutimento. As indentações foram realizadas com carga de 50 g durante 10 segundos (Borges et al., 2012), com uma distância de 100 μm entre elas. O valor médio da diagonal maior das indentações foi obtido (Figura 13). Para análise da repetibilidade e reprodutibilidade do método, foram realizados testes adicionais, descritos no Apêndice A.

Figura 13- Esquema da realização das indentações na parte inferior dos espécimes



Legenda: Imagem esquemática das indentações Knoop e a medição de suas diagonais (D1).
Fonte: Elaborada pelo autor.

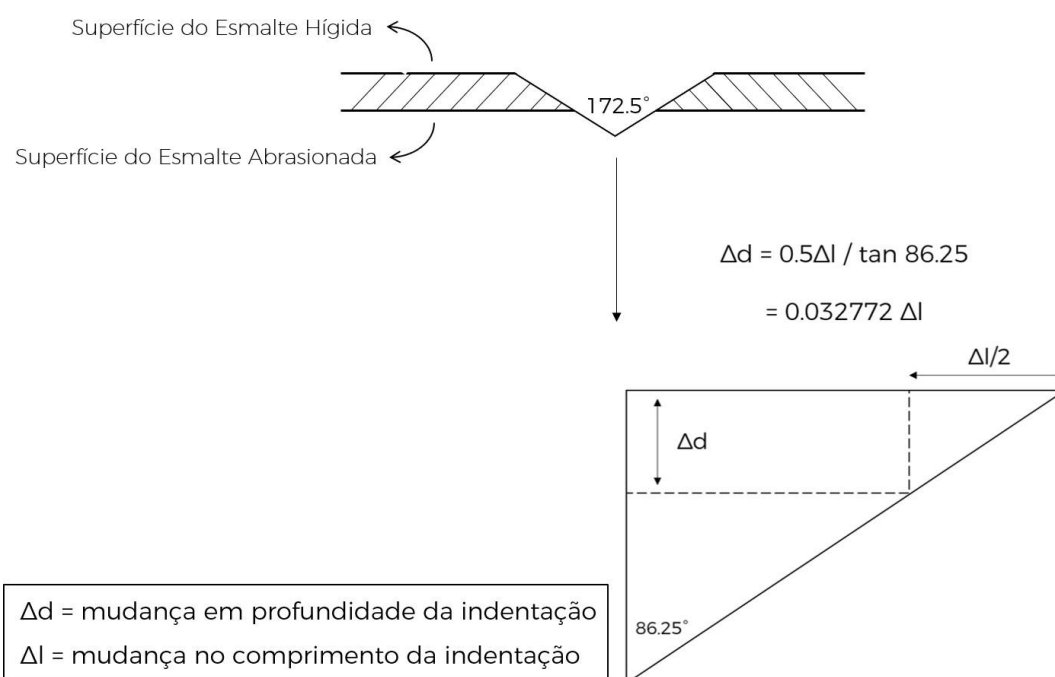
4.2.4 Divisão dos grupos e abrasão

Os espécimes foram divididos nos grupos contendo os mesmos produtos testados no experimento da etapa 1 (Quadro 1). Foram posicionados na máquina de escovação contendo as suspensões de dentifrícios e submetidos a 100.000 ciclos de abrasão (carga de 200 g) (Crastechini et al., 2019). Esta ciclagem longa foi necessária devido à alta resistência ao desgaste abrasivo apresentada pelo esmalte hígido (Hooper et al., 2003). Análises das indentações foram realizadas em quatro tempos: inicial, após 50.000, 75.000 e 100.000 ciclos de abrasão, para acompanhamento do padrão de perda de superfície de cada grupo, simulando a escovação dental durante a vida do indivíduo (10, 15 e 20 anos) (Nassar, Hara, 2021).

4.2.5 Avaliação da perda de superfície do esmalte

As diagonais das indentações Knoop foram mensuradas após a finalização de cada tempo de escovação (50.000, 75.000 e 100.000 ciclos) e comparadas com os valores iniciais. Para isso, os espécimes foram posicionados no microdurômetro apenas para a visualização e mensuração das indentações que foram realizadas no início (antes dos ciclos de abrasão), não sendo realizadas novas indentações. A mudança na profundidade da indentação foi calculada a partir da diminuição do seu comprimento, e o desgaste foi convertido em μm (Jaeggi, Lussi, 1999; Joiner et al., 2004b; Joiner et al., 2008c). Para isso, foi utilizada a fórmula descrita abaixo (Figura 14).

Figura 14- Esquema das indentações realizadas sobre os espécimes e a fórmula utilizada para mensuração do desgaste



Legenda: Imagem esquemática da mensuração do desgaste pela diminuição do comprimento da indentação Knoop. Adaptado de Joiner et al. (2004b).
 Fonte: Elaborada pelo autor.

Imagens da superfície do esmalte após a abrasão (100.00 ciclos) foram capturadas do microscópio óptico acoplado ao microdurômetro (aumento original de 10X) para avaliação qualitativa da superfície.

4.2.6 Delineamento estatístico

Os dados da etapa 1 foram analisados e submetidos à análise estatística, sendo que a estatística descritiva consistiu no cálculo da m dia e desvio-padrão. Após a análise dos dados, observou-se que esses não respeitaram os pressupostos

da Análise de Variância (ANOVA), sendo então transformados em Log para posterior emprego do teste ANOVA dois fatores e teste post-hoc de Tukey, com nível de significância de 5%.

Os dados da etapa 2 (após 100.000 ciclos de escovação) apresentaram distribuição paramétrica de acordo com os testes de Shapiro-Wilk e Brown-Forsythe ($p>0,05$). Foram empregados os testes ANOVA um fator e Tukey. O nível de significância adotado foi de 5%.

As hipóteses em investigação foram:

H₀₁- não existe diferença no potencial de prevenção/remoção do manchamento entre os tratamentos testados, considerando-se os mecanismos de ação químico ou químico-mecânico;

H₀₂- não existe diferença na rugosidade superficial do esmalte nos diferentes grupos testados, para os mecanismos de ação químico ou químico-mecânico;

H₀₃- não existe diferença na mudança de brilho nos diferentes grupos de tratamento testados;

H₀₄- os tratamentos promovem desgaste semelhante no esmalte.

5 RESULTADOS

5.1 Alteração de cor

Os valores de média e desvio-padrão dos dados de ΔL , Δa e Δb para os grupos de tratamento químico e químico-mecânico estão demonstrados na tabela 1.

Tabela 1 - Média e desvio padrão (DP) do ΔL , Δa , Δb para os grupos testados

Grupos	Químico			Químico-mecânico		
	ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
CN	-10,69±2,67	3,01±1,39	8,63±4,18	-9,87±5,38	2,45±1,54	7,04±4,14
CP	-8,07±2,63	2,50±1,10	4,56±2,02	-4,48±3,30	0,82±0,61	3,05±2,92
LW	-6,40±2,11	1,53±0,57	3,94±2,31	-5,42±2,48	1,02±0,64	2,75±2,52
3DW	-5,64±1,84	1,50±1,01	3,60±1,58	-4,81±2,21	0,77±0,54	2,44±2,41
BW	-7,01±1,60	1,42±0,50	3,63±2,16	-4,30±1,88	0,46±0,44	0,91±2,42
WP	-5,46±1,82	1,19±0,48	4,00±3,19	-4,83±2,06	0,84±0,59	2,09±3,07

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os valores de média e desvio-padrão dos dados de ΔE_{ab} , ΔE_{00} e ΔW_{Id} para os grupos de tratamento químico e químico-mecânico estão listados na tabela 2.

Tabela 2 - Média e desvio padrão (DP) do ΔE_{ab} , ΔE_{00} e ΔWl_d para os grupos testados

Grupos	Químico			Químico-mecânico		
	ΔE_{ab}	ΔE_{00}	ΔWl_d	ΔE_{ab}	ΔE_{00}	ΔWl_D
CN	14,47±3,78	12,08±3,04	- 21,95±7,21	13,27±4,88	10,63±4,34	-17,94±9,43
CP	9,47±2,15	8,61±1,89	-14,97±3,91	6,47±2,69	5,27±2,23	-7,36±4,81
LW	8,05±1,96	6,77±1,69	-11,17±3,36	6,62±2,59	5,41±2,13	-8,18±4,73
3DW	6,97±2,29	5,92±2,06	-10,34±4,46	5,77±2,67	4,72±2,27	-6,94±4,73
BW	8,30±1,64	6,90±1,36	-10,88±3,19	4,88±2,24	3,82±1,77	-4,18±3,73
WP	7,38±2,46	6,18±2,11	-9,98±4,39	6,09±2,18	4,92±1,82	-6,74±4,84

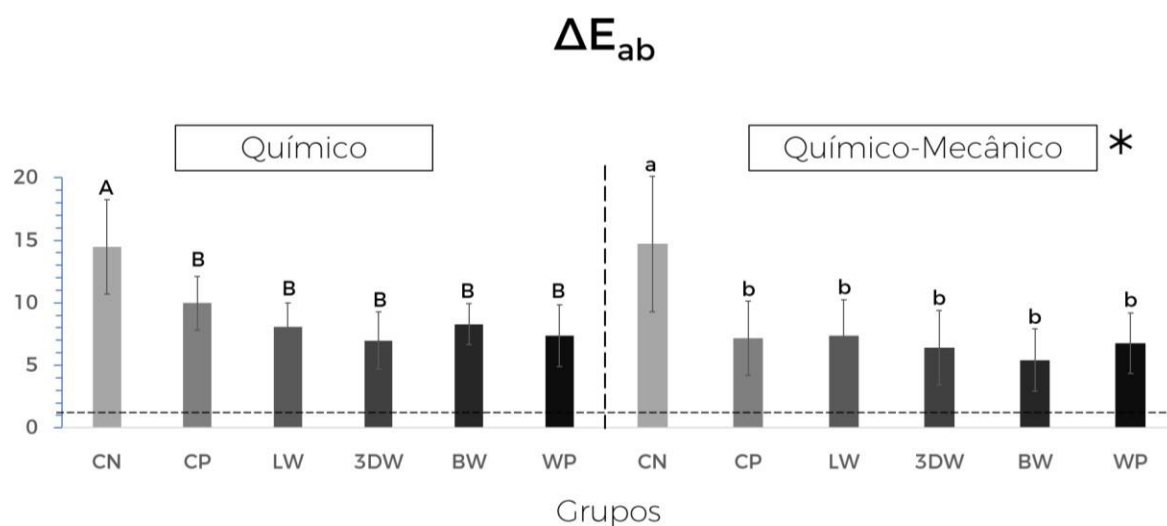
Fonte: Elaborada pelo autor.

A aplicação do teste ANOVA dois fatores mostrou que houve diferença significativa para os fatores grupo e desafio nos parâmetros ΔE_{ab} , ΔE_{00} e Wl_D ($p = 0,0001$), no entanto, não houve interação significativa entre estes fatores para os parâmetros analisados ($p = 0,3283$; $p = 0,2581$ e $p = 0,4001$, respectivamente).

Os espécimes submetidos ao desafio químico apresentaram variação de cor significativamente maior do que os submetidos ao tratamento químico-mecânico ($p = 0,0001$).

A aplicação do teste de Tukey nos dados de ΔE_{ab} , ΔE_{00} e Wl_D mostrou que, para ambos os desafios (químico e químico-mecânico), os dentifrícios e o pó de carvão mostraram alteração de cor similares, demonstrando comportamento semelhante quanto ao potencial de prevenção do manchamento. Todos os grupos diferiram do controle negativo (água deionizada). Os resultados estão apresentados nas figuras 15, 16 e 17. Uma linha horizontal foi traçada nas imagens, identificando o valor do limite de perceptibilidade (LP) de 1,2 para ΔE_{ab} e 0,8 para ΔE_{00} (Paravina et al., 2015). Todos os grupos apresentaram alteração de cor perceptível ao final do experimento.

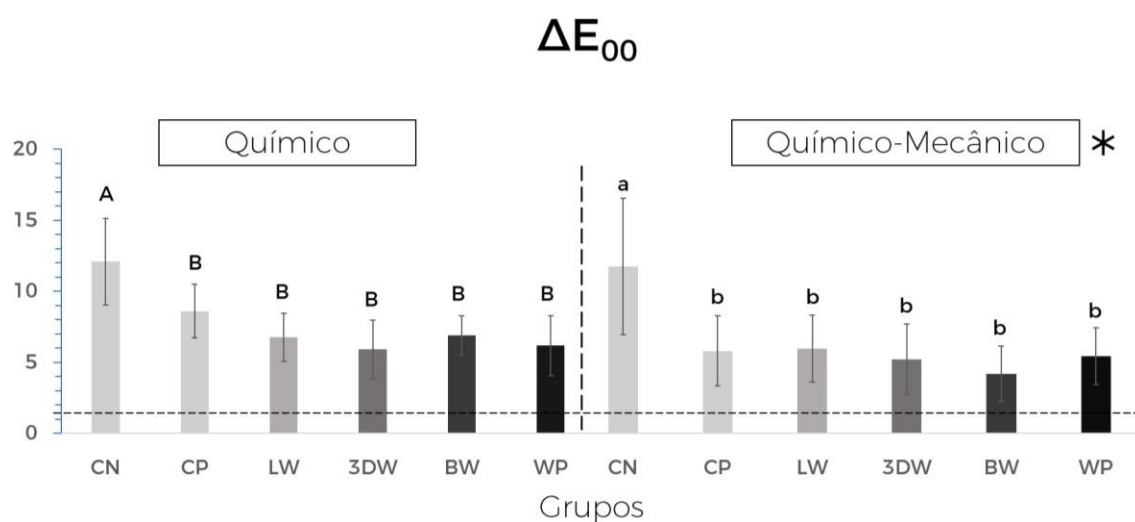
Figura 15 - Média e desvio-padrão dos valores absolutos dos dados de ΔE_{ab} para os grupos analisados em ambos os desafios



Legenda: Letras diferentes mostram diferença significativa entre os grupos no mesmo desafio. O asterisco indica diferença entre os desafios. A linha horizontal se refere ao limite de perceptibilidade (LP) para ΔE_{ab} .

Fonte: Elaborada pelo autor.

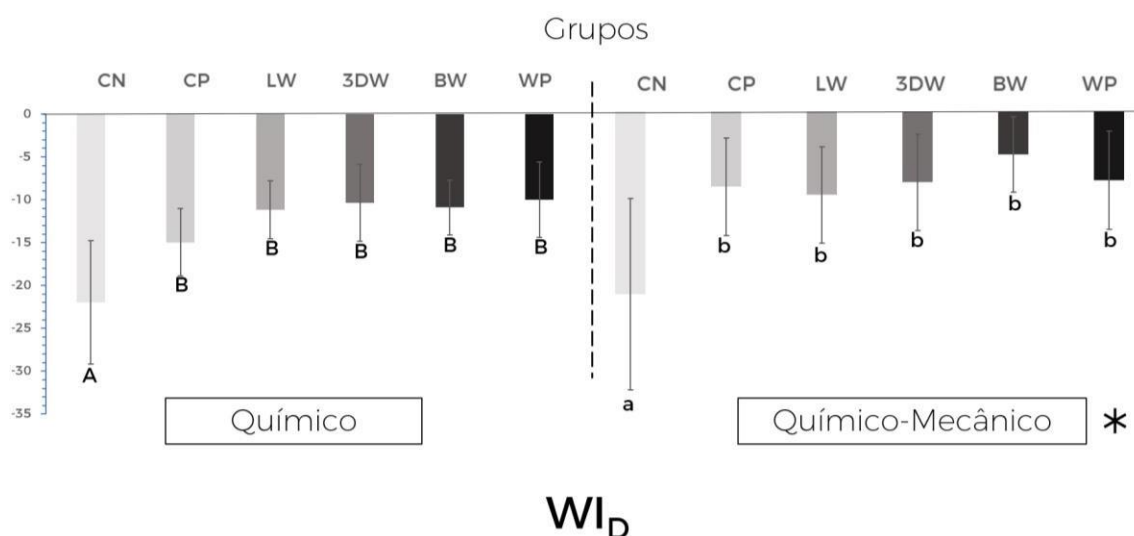
Figura 16 - Média e desvio-padrão dos valores absolutos dos dados de ΔE_{00} para os grupos analisados em ambos os desafios



Legenda: Letras diferentes mostram diferença significativa entre os grupos no mesmo desafio. O asterisco indica diferença entre os desafios. A linha horizontal se refere ao limite de perceptibilidade (LP) para ΔE_{00} .

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 17 - Média e desvio-padrão dos valores absolutos dos dados de WI_D para os grupos analisados em ambos os desafios



Legenda: Letras diferentes mostram diferença significativa entre os grupos no mesmo desafio. O asterisco indica diferença entre os desafios.

Fonte: Elaborada pelo autor.

5.2 Avaliação da rugosidade

Os valores de média e desvio-padrão dos dados de rugosidade inicial, final e da alteração (em %) para os grupos de tratamento químico e químico-mecânico estão demonstrados na tabela 6.

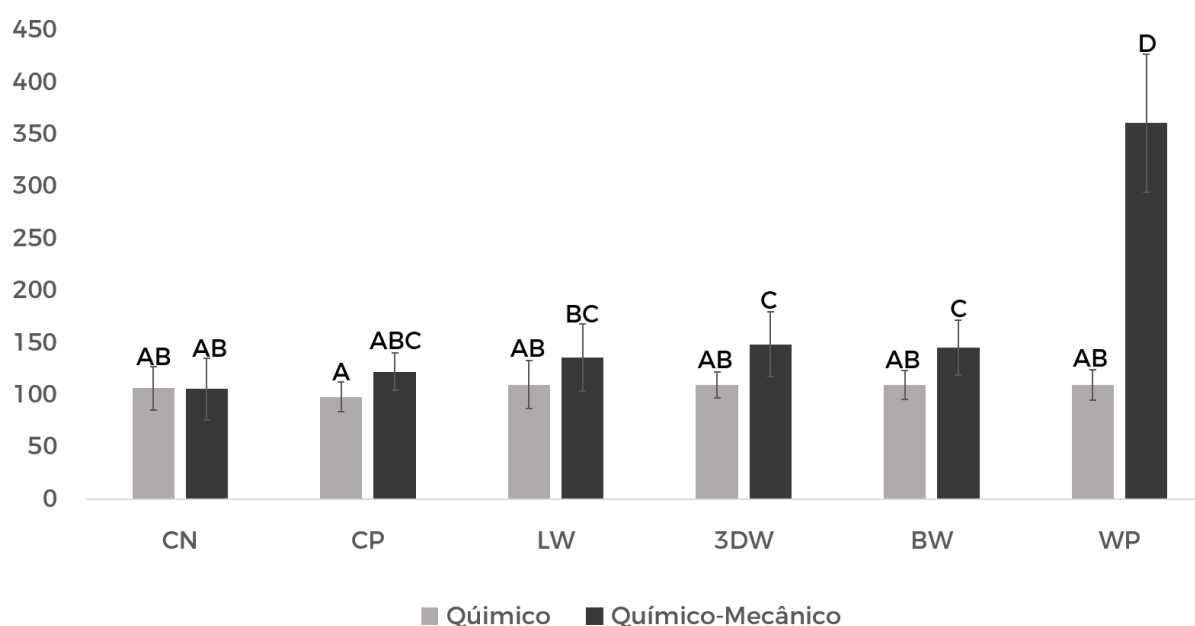
O teste ANOVA dois fatores evidenciou diferença significativa para ambos os fatores (grupo e desafio), bem como para a interação entre eles ($p = 0,0001$). O teste de Tukey foi então aplicado e as diferenças observadas para a interação são mostradas na figura 18. Não houve diferença significativa entre os grupos submetidos ao tratamento químico (sem escovação) ($p > 0,05$). Quando os espécimes foram submetidos à abrasão (tratamento químico-mecânico), o grupo WP apresentou a maior variação da rugosidade e todos os dentifrícios testados apresentaram valores similares de alteração da rugosidade.

Tabela 6 – Valores iniciais, finais e alteração (%) da rugosidade para ambos os desafios

Grupos	Químico			Químico-mecânico		
	Ra _{inicial}	Ra _{final}	%Ra _{alt}	Ra _{inicial}	Ra _{final}	%Ra _{alt}
CN	0,013±0,003	0,013±0,003	106,53±20,68	0,013±0,004	0,014±0,004	105,71±29,52
CP	0,016±0,005	0,016±0,005	98,26±14,24	0,016±0,006	0,020±0,007	122,40±17,59
LW	0,014±0,003	0,015±0,005	109,83±23,02	0,015±0,005	0,020±0,007	135,78±32,15
3DW	0,015±0,005	0,016±0,006	109,71±12,57	0,016±0,006	0,023±0,008	148,61±31,25
BW	0,017±0,004	0,018±0,005	109,54±13,89	0,016±0,007	0,024±0,012	145,27±26,19
WP	0,013±0,004	0,014±0,004	109,83±14,47	0,016±0,006	0,058±0,019	360,89±66,15

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 18 - Média e desvio-padrão dos valores dos dados de alteração de rugosidade para os grupos analisados em ambos desafios e resultados do teste de Tukey



Fonte: Elaborada pelo autor.

5.3 Avaliação do brilho

Os valores de média e desvio-padrão dos dados de brilho inicial, final e da alteração (em %) para os grupos de tratamento químico e químico-mecânico estão demonstrados na tabela 7.

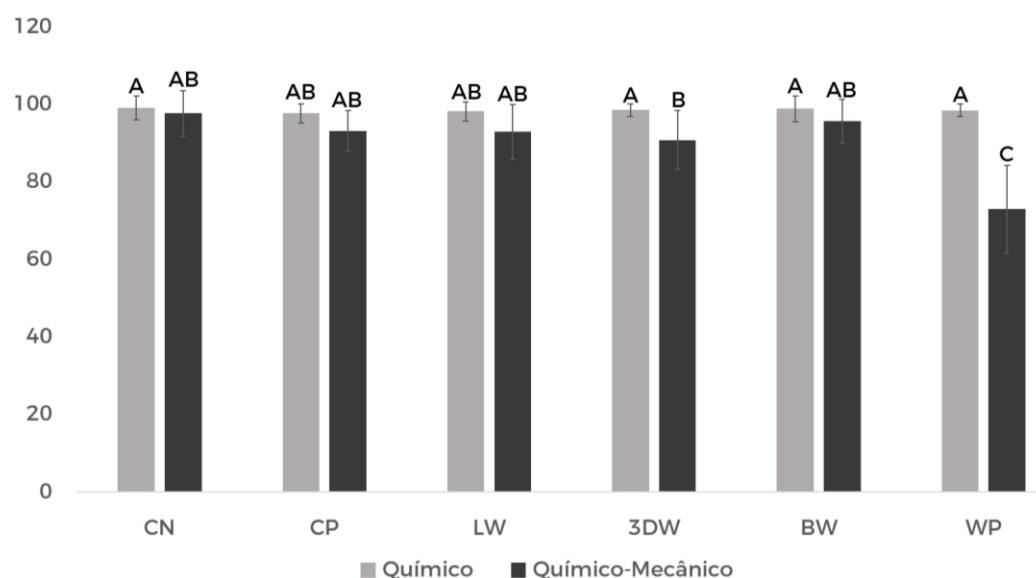
Tabela 7 – Valores iniciais, finais e alteração (%) do brilho para ambos os desafios

Grupos	Químico			Químico-mecânico		
	B _{inicial}	B _{final}	%B _{alt}	B _{inicial}	B _{final}	%B _{alt}
CN	101,11±7,68	100,02±7,30	98,98±3,06	103,67±2,34	101,08±4,87	97,58±5,91
CP	104,52±2,49	101,96±2,82	97,56±2,43	103,07±4,36	95,86±5,46	93,08±5,15
LW	103,97±3,19	101,93±3,35	98,06±2,52	103,61±3,50	96,05±6,66	92,80±7,02
3DW	101,17±8,42	99,58±8,57	98,41±1,64	103,52±4,06	93,84±8,07	90,70±7,63
BW	103,95±3,25	102,60±2,53	98,76±3,32	102,37±5,06	97,86±8,42	95,52±5,61
WP	104,85±3,42	103,13±3,32	98,37±1,60	103,47±6,12	75,30±12,00	72,87±11,36

Fonte: Elaborada pelo autor.

O teste ANOVA dois fatores evidenciou diferença significativa para ambos os fatores (grupo e desafio), bem como para a interação entre eles ($p = 0,0001$). O teste de Tukey foi então aplicado e as diferenças observadas para a interação são mostradas na figura 19. Não houve diferença significativa entre os grupos submetidos ao desafio químico (sem escovação) ($p > 0,05$). Quando os espécimes foram submetidos à abrasão (desafio químico-mecânico), o grupo WP apresentou a maior alteração de brilho e todos os dentifrícios testados apresentaram valores similares aos do grupo controle negativo.

Figura 19 - Média e desvio-padrão dos valores dos dados de alteração de brilho para os grupos analisados em ambos desafios e resultados do teste de Tukey



Legenda: Letras diferentes mostram diferença significativa.

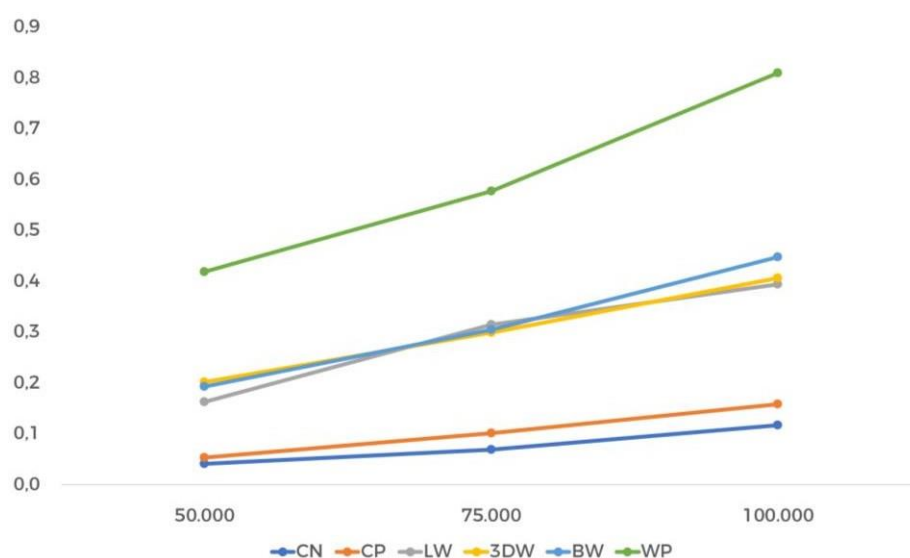
Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4 Avaliação da perda superficial do esmalte (Etapa 2)

A figura 20 mostra os valores de média e desvio-padrão do desgaste calculado (em μm) nos diferentes períodos testados (após 50.000, 75.000 e 100.000 ciclos), a partir do cálculo obtido com os valores do comprimento das diagonais das indentações Knoop medidos.

Os dados de cálculo do desgaste do esmalte após 100.000 ciclos foram analisados estatisticamente utilizando o teste ANOVA um fator. Foram observadas diferenças significantes entre os grupos testados ($p=0,0001$). Para localização destas diferenças, aplicou-se o teste de Tukey. A tabela 8 mostra os dados de desgaste para os grupos e os resultados do teste de Tukey para os dados de desgaste no último período testado (100.000 ciclos).

Figura 20 - Gráfico de média do desgaste dental observado nos diferentes ciclos de escovação testados (μm)



Fonte: Elaborado pelo autor.

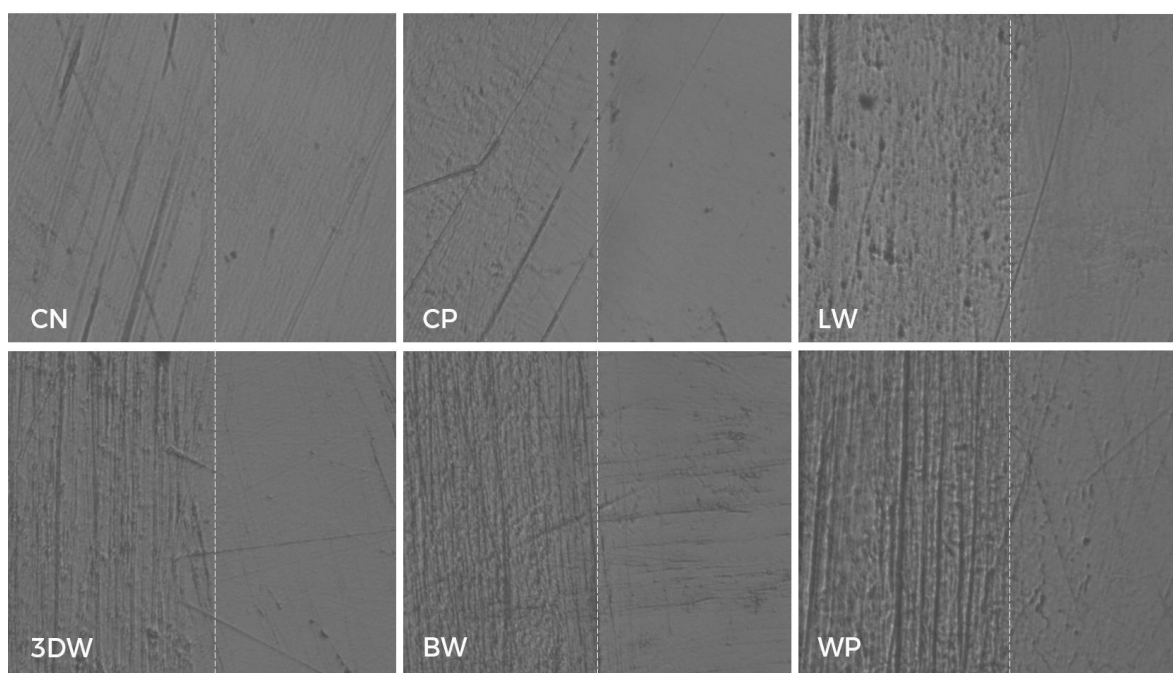
Tabela 8 – Dados de média e desvio-padrão do desgaste do esmalte (em μm) nos ciclos testados calculado com base nos valores das diagonais das indentações Knoop. Os grupos com letras diferentes apresentam diferença significativa ($p < 0,05$)

Grupos	Desgaste após 100.000 ciclos	Grupos homogêneos
CN	0,11 $\pm$ 0,05	A
CP	0,15 $\pm$ 0,08	A
LW	0,39 $\pm$ 0,20	B
3DW	0,40 $\pm$ 0,15	B
BW	0,44 $\pm$ 0,10	B
WP	0,80 $\pm$ 0,13	C

Fonte: Elaborada pelo autor.

A figura 21 mostra a imagem de um espécime representativo da superfície do esmalte após 100.000 ciclos de escovação nos diferentes grupos testados, evidenciando a interface que recebeu a escovação e a área de esmalte protegida pela fita metálica. Observa-se que nos grupos controle negativo submetido à escovação com água deionizada (CN) e positivo (CP - dentifrício convencional), as ranhuras topográficas estão menos evidentes que os grupos escovados com os dentifrícios à base de carvão ativado (LW, 3DW e BW). No grupo escovado com a suspensão preparada com o pó de carvão (WP), a superfície apresenta maior alteração da topografia.

Figura 21 – Fotomicrografias da superfície do esmalte após 100.000 ciclos de escovação com os diferentes produtos



Legenda: A linha vertical tracejada separa a interface para demonstrar a localização do espécime que recebeu escovação (esquerda) e a área do esmalte que não foi escovada (direita). Aumento original de 10X.

Fonte: Elaborado pelo autor.

6 DISCUSSÃO

A alteração de cor gerada pela interação entre o efeito dos produtos utilizados neste estudo e o manchamento dental foi analisada por meio da aplicação de diferentes fórmulas (ΔE_{ab} , ΔE_{00} e Wl_D). Objetivou-se quantificar a distância entre dois pontos no espaço de cor CIELAB, sendo esse o mais utilizado em pesquisas clínicas e laboratoriais em Odontologia (Pérez et al., 2015). A obtenção de valores numéricos é dada pela mensuração do intervalo dentro deste espaço (Pecho et al., 2016). Embora tradicionalmente os valores de ΔE_{ab} sejam os mais frequentemente utilizados, o ΔE_{00} apresenta maior acurácia na análise de cor, por incluir fatores de correção e a interação entre matiz e croma (Luo et al., 2001).

Os resultados relacionados à cor indicam que houve alteração perceptível para todos os grupos de tratamento, uma vez que os valores foram acima do limite de perceptibilidade (1,2 para ΔE_{ab} e 0,8 para ΔE_{00}) (Paravina et al., 2015). É importante ressaltar que os valores de ΔE são resultantes da interação entre os parâmetros de cor analisados e, portanto, deve-se avaliar as coordenadas individualmente para possibilitar uma análise adequada da alteração de cor (Ghinea et al., 2010; Pecho et al., 2016). No presente estudo, percebe-se que a alteração de cor está relacionada predominantemente à ação das soluções de manchamento, pois mostra que houve a diminuição do L^* (no sentido do preto), aumento do a^* (no sentido do vermelho) e b^* (no sentido do amarelo) em todos os grupos testados, indicando que os produtos não foram capazes de impedir o manchamento. Vale ressaltar que o aumento da coordenada L^* e diminuição do b^* estão geralmente relacionados com a eficácia clareadora de diferentes abordagens para o clareamento dental (Joiner, 2010; Tao et al., 2017a), sendo o oposto para os presentes resultados, uma vez que foi realizado manchamento concomitante aos tratamentos. Isso pode ser confirmado pelo índice de brancura (Whiteness Index for Dentistry - Wl_D), pois todos os grupos apresentaram valores negativos, indicando valores mais baixos ao final do experimento (Pérez et al., 2015).

Em ambos os mecanismos testados (químico e químico-mecânico), o grupo controle negativo (CN) apresentou em geral maior magnitude nos dados de ΔL , Δa e Δb , e consequente maior alteração de cor. Isso indica que as soluções de

manchamento apresentaram maior capacidade de adsorção na superfície do esmalte neste grupo quando comparado aos demais. A utilização de soluções de manchamento auxilia a avaliação da eficácia de dentifrícios clareadores, simulando alterações de cor visíveis para quantificar o potencial destes produtos sobre a prevenção e/ou redução do manchamento (Joiner, 2010). Com esse objetivo, diferentes agentes podem ser utilizados individualmente, como chá preto (Vaz et al., 2019) e café (Torres et al., 2013), ou combinados, como a utilização de clorexidina seguido de chá preto (Lath et al., 2006; Prayitno, Addy, 1979; Sheen et al., 2002).

A clorexidina é considerada uma substância catiônica com afinidade de adesão às glicoproteínas presentes na película adquirida da saliva através de interações eletrostáticas (Sheen et al., 2002; Shellis et al., 2005). Após sua adesão à superfície, ocorre a precipitação de cromógenos aniônicos, como os polifenóis presentes no chá e vinho tinto (Farawati et al., 2019), sobre a superfície catiônica gerada pela clorexidina, e assim ocorre o manchamento dos dentes (Addy, Moran, 1995). Para este estudo, foi utilizada a associação da clorexidina com uma solução contendo diferentes cromógenos, como café, vinho e outros corantes (adaptado de Wozniak et al., 1991), possibilitando uma gama maior de cromógenos, visando reproduzir a realidade clínica com maior fidelidade, conforme metodologia sugerida pela Associação Dental Americana (ADA, 2008).

No entanto, há que se considerar que o tempo de exposição ao manchamento utilizado em estudos laboratoriais é geralmente exacerbado quando comparado às condições clínicas, visando viabilizar e facilitar a mensuração da cor e comparação entre os grupos. Quando os grupos tratados foram comparados ao grupo controle negativo, pôde-se observar que de forma geral, todas as coordenadas exibiram menores variações, o que demonstra que o uso de dentifrícios e a suspensão do pó de carvão exibiram potencial de redução da susceptibilidade ao manchamento dental. Com isso, podemos rejeitar a primeira hipótese de nulidade, pois existiu diferença entre os produtos testados (dentifrício convencional, dentifrícios clareadores e pó contendo carvão ativado) e o grupo controle negativo.

Com a simulação de manchamento, o dentífrico convencional (controle positivo) apresentou efeito similar aos demais produtos que são comercializados com o termo “clareadores”, tanto na presença como na ausência de escovação. Tal efeito deve-se, em parte, à ação dos agentes abrasivos presentes nos produtos, como fosfatos insolúveis, carbonatos, alumina e sílicas (Mason et al., 2019) que atuam durante a escovação. Ainda, agentes adicionais, como o pirofosfato tetrassódico contido no dentífrico convencional, podem estar relacionados à redução do potencial de manchamento dental, pois os pirofosfatos são capazes de afetar o potencial de interação das proteínas presentes na saliva que podem de aprisionar as moléculas de manchamento (Rykke et al., 1988; Rykke, Rolla, 1990; Shellis et al., 2005). Tal relação pode ser explicada pela provável competição entre os íons pirofosfato e as proteínas salivares aos sítios de cálcio na superfície dos cristais de apatita (Rykke, Rolla, 1990), atuando na formação e integridade da película adquirida salivar.

Apesar do carvão ativado apresentar capacidade adsorptiva a componentes orgânicos (Bond, 2002; Juurlink, 2015), os produtos (dentífricos e pó) contendo este agente não foram capazes de reduzir o manchamento de forma superior ao dentífrico convencional. Esses resultados corroboram com um estudo anterior que testou o uso de produtos semelhantes após o manchamento dental, que também falhou em demonstrar superioridade no potencial de alteração de cor de dentífricos contendo carvão ativado (Vural et al., 2021). Para o pó de carvão, não foi observada diferença significativa entre esse produto e o dentífrico convencional (grupo CP), estando esses resultados de acordo com outros estudos (Franco et al., 2020; Palandi et al., 2020).

Fatores relacionados à fabricação de produtos contendo carvão ativado, como tipo de ativação do carvão, porosidade e área de superfície, proporção do agente e temperatura para a ativação, e presença de aditivos podem influenciar o mecanismo de ação do carvão ativado e consequentemente, interferir na eficácia dos produtos (Goel et al., 2021). No entanto, estes fatores não são revelados pelos fabricantes dos produtos analisados.

Uma menor alteração de cor foi observada para os grupos que receberam a escovação (químico-mecânico). Isso sugere que a abrasão associada à utilização da

suspensão de dentifrício/pó de carvão foi essencial, pois menores alterações de cor foram observadas quando esses foram utilizados, assim como também reportado por Alshara et al. (2014) com dentifrícios clareadores, embora não tenham incluído produtos à base de carvão ativado.

Durante a escovação dos dentes, ocorre o íntimo contato do conjunto escova/dentifrício com a superfície dental (Liu, Tu, 2021). Com isso, preocupações acerca da modificação das propriedades superficiais do esmalte pela utilização de novos produtos devem ser fatores de investigação. Os resultados relacionados à rugosidade superficial mostraram não haver diferenças significantes para todos os grupos que receberam o tratamento químico (sem abrasão), uma vez que não houve atuação de forças abrasivas sobre o esmalte (Lewis et al., 2004; Pickles, 2006).

Nos grupos de tratamento químico-mecânico, apenas o grupo WP (pó de carvão ativado) mostrou rugosidade superficial significativamente maior que os outros tratamentos, embora tenha exibido valores muito menores do que os considerados propensos ao maior acúmulo de biofilme (acima de $0.2\ \mu\text{m}$) (Bollen et al., 1997). Assim, a segunda hipótese de nulidade foi rejeitada, uma vez que houve diferença entre os valores de rugosidade para os grupos testados. Os demais grupos (dentifrícios contendo carvão ativado) não apresentaram valores de alteração de rugosidade significativamente diferentes do que os obtidos pelo dentifrício convencional. Porém, para Pertiwi et al. (2017) e Dionysopoulos et al. (2020), os dentífricos contendo carvão ativado testados em seus estudos promoveram maior rugosidade do esmalte. A razão por trás disso pode estar associada com o longo tempo de escovação, uma vez que a simulação de escovação foi de três meses de tratamento com escovação contínua, em ambas as metodologias.

Os resultados da análise de brilho foram similares ao de rugosidade, pois apenas o grupo WP associado ao desafio químico-mecânico apresentou diferença significativa pelo decréscimo do brilho superficial, negando assim a terceira hipótese de nulidade. A alteração da superfície do esmalte causada pela abrasão pode modificar a trajetória da luz incidida sobre o esmalte (O'Neill et al., 2017) e reduzir a reflexão especular, que está associada ao brilho superficial (Ji et al., 2006). Com isso, demonstra a necessidade de cautela quanto a utilização do pó de carvão ativado, uma vez que a redução do brilho pode prejudicar a aparência estética

(Hamza et al., 2020b).

Em relação ao potencial de desgaste gerado pelos produtos testados, foi possível detectar que os grupos usados como controle (CN e CP) apresentaram valores baixos, reforçando a segurança entre a escovação e o desgaste dos dentes hígidos (Addy, Hunter, 2003). Estes resultados ainda podem ser menores em condições clínicas, uma vez que os desafios abrasivos realizados neste estudo foram contínuos e longos, simulando um período total equivalente a 20 anos de escovação (Nassar, Hara, 2021). Além disso, não foi considerado o efeito protetor que pode ser obtido pela saliva humana (Joiner et al., 2008c). Os dentifrícios contendo carvão ativado apresentaram valores de desgaste similares entre si e intermediários aos demais grupos. Em uma análise de RDA/REA de diversos dentifrícios contendo carvão ativado, Zoller et al. (2022) observaram que os mesmos possuíam potencial de abrasividade similar aos dentifrícios convencionais presentes no mercado odontológico, considerados como baixa capacidade de abrasão. De fato, mesmo apresentando valores maiores que os dos grupos controle, o desgaste promovido pelos dentifrícios testados no presente estudo foi muito pequeno e com pouco potencial de relevância clínica. Valores de desgaste abaixo de 100 μm não promovem danos considerados relevantes clinicamente, considerando o período de vida dos indivíduos, pois o esmalte dental apresenta aproximadamente 130 μm de espessura na região cervical e valores superiores que esse nas demais regiões da coroa dental (Hooper et al., 2003).

Há que se considerar ainda que, embora clinicamente os dentes sejam constantemente submetidos a desafios diversos além da abrasão, como a exposição frequente a substâncias ácidas, os dentifrícios com carvão ativado testados apresentam flúor, que é capaz de atuar como um fator protetor contra o desgaste dental (Viana et al., 2021).

Por outro lado, o grupo WP (pó de carvão ativado) apresentou maior desgaste do esmalte, o que pode estar relacionado não apenas com o potencial de abrasividade das partículas propriamente ditas, mas também com a composição simplificada do produto, como a ausência de agentes surfactantes e fluoretos. Durante a escovação, os detergentes (surfactantes) resultam na formação de espuma que pode reduzir a quantidade de abrasivo que contacta a superfície dental

(Redmalm, 1986) além de promover a aglomeração das partículas abrasivas e lubrificar as mesmas e/ou atuar sobre a superfície dental, modulando o potencial de abrasividade dos produtos (Zoller et al., 2022).

Ainda, há que se considerar a suposta presença elevada de partículas de carvão, além da adição de caulim, que é um agente abrasivo eficaz, justificando sua maior capacidade abrasiva (Joiner, 2010; Schemehorn et al., 2011). Pela diferença nos valores de desgaste entre os grupos, a quarta e última hipótese de nulidade foi negada.

Correlacionando todas as variáveis analisadas, foi possível notar que o efeito sobre a superfície dental e alteração de cor promovida pelos produtos contendo carvão ativado foram similares ao dentífrico convencional para a prevenção/remoção do manchamento, de acordo com a metodologia utilizada neste estudo. Os resultados, no entanto, devem ser considerados com cautela, pois condições clínicas relevantes como fluxo salivar, película adquirida e exposição a agentes ácidos não foram consideradas nas condições laboratoriais testadas. Sugere-se que precauções sejam tomadas quanto ao uso de suspensões à base de pó carvão ativado, uma vez que alterações superficiais foram detectadas com o produto testado, com potencial deletério sobre a estrutura dental, revelado pela maior rugosidade, menor brilho e maior desgaste do esmalte.

7 CONCLUSÃO

De acordo com a metodologia testada, pode-se concluir que:

- a) Os produtos contendo carvão ativado apresentaram potencial de prevenção/remoção do manchamento dental similar ao dentífrico convencional, com alteração de cor semelhante entre eles;
- b) O mecanismo de ação dos produtos está relacionado principalmente com ao seu potencial abrasivo;
- c) Alterações significantes de rugosidade superficial e brilho foram detectadas com o uso do pó de carvão ativado associado à escovação;
- d) Os dentífricos contendo carvão ativado promoveram maior desgaste do esmalte, sendo o produto à base de pó de carvão ativado o que apresentou maior potencial abrasivo.

REFERÊNCIAS

- American Dental Association. Professional Product Review - In-Office Whitening Agents: Laboratory Testing Methods. Am Dent Assoc. 2008;3(2):1–11.
- American Dental Association. Tooth Whitening/Bleaching: Treatment Considerations for Dentists and Their Patients. New York: ADA; 2009.
- American Dental Association. ANSI/ADA Standard No. 130 for Dentifrices. Chicago: ADA; 2020.
- Addy M, Moran J. Mechanisms of stain formation on teeth, in particular associated with metal ions and antiseptics. Adv Dent Res. 1995;9(4):450-456. doi: 10.1177/08959374950090041601.
- Addy M, Hunter ML. Can tooth brushing damage your health? Effects on oral and dental tissues. Int Dent J. 2003;53(2):177–86.
- Addy M, Shellis R. Interaction between attrition, abrasion and erosion in tooth wear. Monogr Oral Sci. 2006.20:17–31.
- Ahmadpour A, Do DD. The preparation of activated carbon from macadamia nutshell by chemical activation. Carbon.1997;35(12):1723–32. doi: 10.1016/S0008-6223(97)00127-9.
- Alkahtani R, Stone S, German M, Waterhouse P. A review on dental whitening. J Dent.2020;100:1-11. doi: 10.1016/j.jdent.2020.103423.
- Alkhatib MN, Holt R, Bedi R. Age and perception of dental appearance and tooth colour. Gerodontology. 2005;22(1):32–6. doi: 10.1111/j.1741-2358.2004.00045.x.
- Alshara S, Lippert F, Eckert GJ, Hara AT. Effectiveness and mode of action of whitening dentifrices on enamel extrinsic stains. Clin Oral Investig. 2014;18(2):563–9. doi: 10.1007/s00784-013-0981-8.
- Al Habashneh R, Farasin R, Khader Y. The effect of a triclosan/copolymer/fluoride toothpaste on plaque formation, gingivitis, and dentin hypersensitivity: A single-blinded randomized clinical study. Quintessence Int (Berl). 2017;48(2):123–30. doi: 10.3290/j.qi.a37384.
- de Andrade ICGB, Silva BM, Turssi CP, do Amaral FLB, Basting RT, de Souza EM FF. Effect of whitening dentifrices on color, surface roughness and microhardness of dental enamel in vitro. Am J Dent. 2021;34(6):300–6.
- Ashcroft AT, Cox TF, Joiner A, Laucello M, Philpotts CJ, Spradbery PS, et al. Evaluation of a new silica whitening toothpaste containing blue covarine on the colour of anterior restoration materials in vitro. J Dent. 2008;36(1):26–31. doi:

10.1016/j.jdent.2008.02.007.

Attin T, Manolakis A, Buchalla W, Hannig C. Influence of tea on intrinsic colour of previously bleached enamel. *J Oral Rehabil*. 2003;30(5):488–94. doi: 10.1046/j.1365-2842.2003.01097.x.

Baig A, He T, Buisson J, Sagel L, Suszcynsky-Meister E WD. Extrinsic whitening effects of sodium hexametaphosphate--a review including a dentifrice with stabilized stannous fluoride. *Compend Contin Educ Dent*. 2005;26(9):47–53.

Bartlett D, O'Toole S. Tooth wear and aging. *Aust Dent J*. 2019;64(1):59–62. doi: 10.1111/adj.12681.

Bauler L, Santos C, Lima G, Moraes R. Charcoal-based dentifrices and powders: analyses of product labels, Instagram engagement, and altmetrics. *Braz Dent J*. 2021;32(2):80–9.

Baxter PM, Davis WB, Jackson J. Toothpaste abrasive requirements to control naturally stained pellicle. *J Oral Rehabil*. 1981;8(1):19–26.

Bollen C, Lambrechts P, M Q. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: A review of the literature. *Dent Mater*. 1997;13:258–69.

Bond GR. The role of activated charcoal and gastric emptying in gastrointestinal decontamination: a state-of-the-art review. *Ann Emerg Med*. 2002;39(3):273–86. doi: 10.1067/mem.2002.122058.

Borges AB, Caneppele TMF, Luz M, Pucci CR, Torres CRG. Color stability of resin used for caries infiltration after exposure to different staining solutions. *Oper Dent*. 2014;39(4):433–40. doi: 10.2341/13-150-L.

Borges AB, Torres CRG, De Souza PAB, Caneppele TMF, Santos LFTF, Magalhães AC. Bleaching gels containing calcium and fluoride: Effect on enamel erosion susceptibility. *Int J Dent*. 2012;1012:1-6. doi: 10.1155/2012/347848.

Bosch J ten, Coops J. Tooth color and reflectance as related to light scattering and enamel hardness. *J Dent Res*. 1955;74(1):374–80.

Brooks JK, Bashirelahi N, Reynolds MA. Charcoal and charcoal-based dentifrices: A literature review. *J Am Dent Assoc*. 2017;148(9):661–70. doi: 10.1016/j.adaj.2017.05.001.

Carey CM. Tooth whitening: what we now know. *J Evid Based Dent Pr*. 2014;4(164):70–6. doi: 10.1016/j.jebdp.2014.02.006.

Chandy T, Sharma S. Activated charcoal microcapsules and their applications. *J Biomater Appl*. 1998;13(2):128–57. doi: 10.1177/088532829801300204.

Chirkova N, Popova T, Shelkovnikova S. Clinical evaluation of the effectiveness and safety of biomed white complex/charcoal dentifrice. *Austin J Dent*. 2018;5(6):5–7.

Cho B, Lim Y, Lee Y. Comparison of the color of natural teeth measured by a colorimeter and shade vision system. *J Dent*. 2007;3:1307–12. doi: 10.1016/j.dental.2006.11.008.

Commission Internationale de l'Eclairage. Technical report. Vienna: CIE; 2004.

Clark EB. Tooth Color Selection. *J Am Dent Assoc*. 1933;20(6):1065–73. doi: 10.14219/jada.archive.1933.0149.

Clark EB. An analysis of tooth color. *J Am Dent Assoc*. 1931;18(11):2093–103. doi: 10.14219/jada.archive.1931.0317.

Collins LZ, Naeeni M, Platten SM. Instant tooth whitening from a silica toothpaste containing blue covarine. *J Dent*. 2008;21–5. doi: 10.1016/j.jdent.2008.02.006.

Commission Internationale l'Eclairage. Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms, Supplement 2 to CIE publication 15. Paris: CIE. 1978.

Crastechini E, Bühler Borges A, Gomes Torres CR. Effect of remineralizing gels on microhardness, color and wear susceptibility of bleached enamel. *Oper Dent*. 2019;44(1):76–87. doi: 10.2341/17-150-L.

Dabrowski A, Podkoscielny P, Hubicki Z, Barczak M. Adsorption of phenolic compounds by activated carbon — a critical review. *Chemosphere*. 2005;58:1049–70. doi: 10.1016/j.chemosphere.2004.09.067.

Davies R, Scully C, Preston AJ. Dentifrices - an update. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2010;15(6):976–82. doi: 10.4317/medoral.15.e976.

Dawson PL, Walsh JE, Morrison T, Grigor J. Dental stain prevention by abrasive toothpastes: A new in vitro test and its correlation with clinical observations. *J Cosmet Sci*. 1998;49(4):275–83.

De Boer P, Duinkerke A, Arends J. Influence of tooth paste particle size and tooth brush stiffness on dentine abrasion in vitro. *Caries Res*. 1985;19:232–9.

Demarco F, Meireles S, Masotti A. Over-the-counter whitening agents: a concise review. 2009;23(1):64–70.

Derlet R, Albertson T. Activated charcoal-past, present and future. *West J Med*. 1986;145(4):493–496.

Dionysopoulos D, Papageorgiou S, Malletzidou L, Gerasimidou O TK. Effect of novel

charcoal-containing whitening toothpaste and mouthwash on color change and surface morphology of enamel. *J Conserv Dent*. 2020;23(6):624–31.

Ellakany P, Fouda SM, Alghamdi M, Bakhurji E. Factors affecting dental self-confidence and satisfaction with dental appearance among adolescents in Saudi Arabia: a cross sectional study. *BMC Oral Health*. 2021;21(1):1–8. doi: 10.1186/s12903-021-01509-z.

Rodríguez-Reinoso F, Molina-Sabio M. Activated carbons from lignocellulosic materials by chemical and/or physical activation: an overview. *Carbon*. 1992;30(7):1111–8.

Farawati FAL, Hsu SM, O'Neill E, Neal D, Clark A, Esquivel-Upshaw J. Effect of carbamide peroxide bleaching on enamel characteristics and susceptibility to further discoloration. *J Prosthet Dent*. 2019;121(2):340–6. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.03.006.

Fogler HS. *Elements of chemical reaction engineering*. 3rd ed. Prentice – Hall PTR; 1998.

Franco MC, Uehara JLS, Meroni BM, Zuttion GS, Cenci MS. The effect of a charcoal-based powder for enamel dental bleaching. *Oper Dent*. 2020;45(6):618–23. doi: 10.2341/19-122-L.

Franzò D, Philpotts CJ, Cox TF, Joiner A. The effect of toothpaste concentration on enamel and dentine wear in vitro. *J Dent*. 2010;38:974–9. doi: 10.1016/j.jdent.2010.08.010.

Ganss C, Klimek J, Schwarz N. A comparative profilometric in vitro study of the susceptibility of polished and natural human enamel and dentine surfaces to erosive demineralization. *Arch Oral Biol*. 2000;45(10):897–902. doi: 10.1016/S0003-9969(00)00041-8.

Ghajari M, Shamsaei M, Basandeh K, Galouyak M. Abrasiveness and whitening effect of charcoal-containing whitening toothpastes in permanent teeth. *Dent Res J*. 2021;18(51):1–6.

Ghinea R, Pérez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, Paravina RD. Color difference thresholds in dental ceramics. *J Dent*. 2010;38(2):57–64. doi: 10.1016/j.jdent.2010.07.008.

Gimson AE, Braude S, Mellon PJ, Canalese J WR. Earlier charcoal haemoperfusion in fulminant hepatic failure. *Lancet*. 1982;25(2):681–3.

Goel C, Mohan S, Dinesha P. CO₂ capture by adsorption on biomass-derived activated char: a review. *Sci Total Environ*. 2021;798(149296):1–21. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.149296.

González-Cabezas C, Hara AT, Hefferren J, Lippert F. Abrasivity testing of dentifrices - Challenges and current state of the art. *Monogr Oral Sci.* 2013;23:100–7. doi: 10.1159/000350476.

Greenwall LH, Greenwall-Cohen J, Wilson NHF. Charcoal-containing dentifrices. *Br Dent J.* 2019;226(9):697–700. doi: 10.1038/s41415-019-0232-8.

Hamza B, Attin T, Cucuzza C, Gubler A, Wegehaupt FJ. RDA and REA values of commercially available toothpastes utilising diamond powder and traditional abrasives. *Oral Health Prev Dent.* 2020a;18(1):807–14. doi: 10.3290/j.ohpd.a45085.

Hamza B, Attin T, Paqué PN, Wiedemeier DB, Wegehaupt FJ. Mechanical properties of toothpastes with diamond abrasives. *J Esthet Restor Dent.* 2020b;32(4):416-423. doi: 10.1111/jerd.12588.

Harris EF, Hicks JD. A radiographic assessment of enamel thickness in human maxillary incisors. *Arch Oral Biol.* 1998;43(10):825–31. doi: 10.1016/S0003-9969(98)00061-2.

Hasegawa A, Ikeda I KS. Color and translucency of in vivo natural central incisors. *J Prosthet Dent.* 2000;83(4):418–23.

Hattab FN, Qudeimat MA, Al-Rimawi HS. Dental discoloration: an overview. *J Esthet Dent.* 1999;11(6):291–310.

Hayashi J, Kazehaya A, Muroyama K, Watkinson AP. Preparation of activated carbon from lignin by chemical activation. *Carbon.* 2000;38(13):1873–1878.

Haywood V, Heymann H. Nightguard vital bleaching. *Quintessence Int.* 1989;20(3):173–6.

Hefferren JJ. A laboratory method for assessment of dentrifice abrasivity. *J Dent Res.* 1976;55(4):563–73. doi: 10.1177/00220345760550040301.

Hooper S, West NX, Pickles MJ, Joiner A, Newcombe RG, Addy M. Investigation of erosion and abrasion on enamel and dentine: a model in situ using toothpastes of different abrasivity. *J Clin Periodontol.* 2003;30(9):802–808.

Huysmans MCDNJ, Chew HP, Ellwood RP. Clinical studies of dental erosion and erosive wear. *Caries Res.* 2011;45(1):60–68. doi: 10.1159/000325947.

Jaeggi T, Lussi A. Toothbrush abrasion of erosively altered enamel after intraoral exposure to saliva: an in situ study. *Caries Res.* 1999;33(455):455–61.

Janardhana C, Rao GN, Sathish RS, Kumar PS, Kumar VA, Madhav MV. Study on defluoridation of drinking water using zirconium ion impregnated activated charcoals. *Indian J Chem Technol.* 2007;14(7):350–354.

Ji W, Pointer M, Luo R, Dakin J. Gloss as an aspect of the measurement of. *J Opt Soc Am.* 2006;23(1):22–33.

Joiner A. Whitening toothpastes: A review of the literature. *J Dent.* 2010;38(2):17–24. doi: 10.1016/j.jdent.2010.05.017.

Joiner A. The bleaching of teeth: A review of the literature. *J Dent.* 2006a;34(7):412–9. doi: 10.1016/j.jdent.2006.02.002.

Joiner A. Review of the extrinsic stain removal and enamel/dentine abrasion by a calcium carbonate and perlite containing whitening toothpaste. *Int Dent J.* 2006b;56(4):175–80. doi: 10.1111/j.1875-595X.2006.tb00091.x.

Joiner A. Tooth colour: A review of the literature. *J Dent.* 2004;32(7):3–12. doi: 10.1016/j.jdent.2003.10.013.

Joiner A, Hopkinson I, Deng Y, Westland S. A review of tooth colour and whiteness. *J Dent.* 2008a;36(36):2–7. doi: 10.1016/j.jdent.2008.02.001.

Joiner A, Jones N, Raven S. Investigation of factors influencing stain formation utilizing an in situ model. *Adv Dent Res.* 1995;9(4):471–6.

Joiner A, Luo W. Tooth colour and whiteness: A review. *J Dent.* 2017;67:3–10. doi: 10.1016/j.jdent.2017.09.006.

Joiner A, Philpotts CJ, Alonso C, Ashcroft AT, Sygrove NJ. A novel optical approach to achieving tooth whitening. *J Dent.* 2008b;36(1):8–14. doi: 10.1016/j.jdent.2008.02.005.

Joiner A, Pickles MJ, Tanner C, Weader E, Doyle P. An in situ model to study the toothpaste abrasion of enamel. *J Clin Periodontol.* 2004;31(6):434–8. doi: 10.1111/j.1600-051X.2004.00497.x.

Joiner A, Schwarz A, Philpotts CJ, Cox TF, Huber K, Hannig M. The protective nature of pellicle towards toothpaste abrasion on enamel and dentine. *J Dent.* 2008c;36(5):360–8. doi: 10.1016/j.jdent.2008.01.010.

Juang LC, Lee CK, Wang CC, Hung SH, Lyu M Du. Adsorptive removal of acid red 1 from aqueous solution with surfactant modified titanate nanotubes. *Environ Eng Sci.* 2008;25(4):519–28. doi: 10.1089/ees.2007.0118.

Jurema A, Claudino E, Torres C, Bresciani E, Caneppele T. Effect of over-the-counter whitening products associated or not with 10 % carbamide peroxide on color change and microhardness: in vitro study. *J Contemp Dent Pract.* 2018;19(4):359–66.

Juurlink DN. Activated charcoal for acute overdose: a reappraisal. *Br J Clin Pharmacol.* 2015;81(3):482–7. doi: 10.1111/bcp.12793.

- Kausar A, Iqbal M, Javed A, Aftab K, Nazli Z, Nawaz H, et al. Dyes adsorption using clay and modified clay: A review. *J Mol Liq.* 2018;256:395–407. doi: 10.1016/j.molliq.2018.02.034.
- Kim HJ, Jang JH, Choi D, Kim J, Shim JH, Kim DS. Bleaching toothpaste with two different concentrations of hydrogen peroxide: A randomized double-blinded clinical trial. *J Dent.* 2020;103(12):1-24. doi: 10.1016/j.jdent.2020.103508.
- Klimek J, Hellwing G, Ahrens G. Fluoride taken up by plaque, by the underlying enamel and by clean enamel from three fluoride compounds in vitro. *Caries Res.* 1982;16(12):156–61.
- Kwon S, Wertz P. Review of the mechanism of tooth whitening. *J Esthet Restor Dent.* 2015;27(5):240–57. doi: 10.1111/jerd.12152.
- Lath DL, Johnson C, Smith RN, Brook AH. Measurement of stain removal in vitro: a comparison of two instrumental methods. *Int J Dent Hyg.* 2006;4(3):129–32. doi: 10.1111/j.1601-5037.2006.00191.x.
- Lewis R, Dwyer-Joyce RS, Pickles MJ. Interaction between toothbrushes and toothpaste abrasive particles in simulated tooth cleaning. *Wear.* 2004;257(3–4):368–76. doi: 10.1016/j.wear.2004.01.015.
- Lippert F. An introduction to toothpaste - its purpose, history and ingredients. *Monogr Oral Sci.* 2013;23:1–14. doi: 10.1159/000350456.
- Liu H, Tu J. Reduction of extrinsic tooth stain by a toothpaste containing 10 % high cleaning pyrophosphate: an 8 - week randomised clinical trial. *BMC Oral Health.* 2021;21(1):1–7. doi: 10.1186/s12903-021-01484-5.
- Lobene RR. Effect of dentifrices on tooth stains with controlled brushing. *J Am Dent.* 1968;77:849–55. doi: 10.14219/jada.archive.1968.0298.
- Luo MR, Cui G, Rigg B. The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000. *Color Res Appl.* 2001;26(5):340–50.
- Luo W, Westland S, Brunton P, Ellwood R, Pretty IA, Mohan N. Comparison of the ability of different colour indices to assess changes in tooth whiteness. *J Dent.* 2007;35(2):109–16. doi: 10.1016/j.jdent.2006.06.006.
- MarketWatch. New York, NYC. [cited 2021 Jul 11]. Activated charcoal toothpaste market size 2021 growing rapidly with modern trends, development strategy, business prospect, market share and growth rate, revenue, and forecast to 2027. Available from: <https://www.marketwatch.com/press-release/activated-charcoal-toothpaste-market-analyzing-growth-opportunities-and-industry-trends-for-2023-2028-2023-03-13>

Mason S, Young S, Araga M, Butler A, Lucas R, Milleman JL, et al. Stain control with two experimental dentin hypersensitivity toothpastes containing spherical silica: a randomised, early-phase development study. *BDJ Open*. 2019;5(1):1–5. doi: 10.1038/s41405-019-0016-x.

McCracken GI, Janssen J, Swan M, Steen N, De Jager M, Heasman PA. Effect of brushing force and time on plaque removal using a powered toothbrush. *J Clin Periodontol*. 2003;30(5):409–13. doi: 10.1034/j.1600-051X.2003.20008.x.

Meireles SS, Sousa JP de, Lins RBE, Sampaio FC. Efficacy of whitening toothpaste containing blue covarine: A double-blind controlled randomized clinical trial. *J Esthet Dent*. 2020;5:1–10. doi: 10.1111/jerd.12605.

Miller L. Organizing color in dentistry. *J Am Dent Assoc*. 1987.Spec No(12):26-40. doi: 10.14219/jada.archive.1987.0315.

Miller W. Experiments and observations on the wasting of tooth tissue variously designated as erosion, abrasion, chemical abrasion, denudation, etc. *Dent Cosm*. 1907;49(1):1–23.

Moore C, Addy M. Wear of dentine in vitro by toothpaste abrasives and detergents alone and combined. *J Clin Periodontol*. 2005;32(12):1242–6. doi: 10.1111/j.1600-051X.2005.00857.x.

Mordor Intelligence [Internet] Hyderabad, Telangana. [cited 2021 Jul 28]. Teeth whitening market - growth, trends, covid-19 impact, and forecasts (2021 - 2026). Available from: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5176262/teeth-whitening-market-growth-trends-covid>

Muhler J, Radike A, Nebergall W, Day H. Effect of a stannous fluoride-containing dentrifice on caries reduction in children. II. Caries experience after one year. *J Am Dent Assoc*. 1955;50(2):163–6. doi: 10.14219/jada.archive.1955.0028.

Naidu AS, Bennani V, Aarts JM, Brunton P. Over-the-counter tooth whitening agents: A review of literature. *Braz Dent J*. 2020;31(3):221–35. doi: 10.1590/0103-6440202003227.

Nassar HM, Hara AT. Effect of dentifrice slurry abrasivity and erosive challenge on simulated non-carious cervical lesions development in vitro. *J Oral Sci*. 2021;63(2):191–4. doi: 10.2334/josnurd.20-0478.

Navada R, Kumari H, Le S ZJ. Oral malodor reduction from a zinc-containing toothpaste. *J Clin Dent*;2008.19(2):69–73.

Newsom SWB. Hygiene and the ancient romans. *Br J Infect Control*. 2004;5(3):25–7.

Newton JT, Subramanian SS, Westland S, Gupta AK, Luo W, Joiner A. The impact of tooth colour on the perceptions of age and social judgements. *J Dent*. 2021;112(9):1-

6. doi: 10.1016/j.jdent.2021.103771.

O'Neill C, Kreplak L, Dds FAR, Labrie D, Alberto C, Shimokawa K, et al. Effect of tooth brushing on gloss retention and surface roughness of five bulk-fill resin composites. *J Esthet Restor Dent*. 2017;30(1):1–11. doi: 10.1111/jerd.12350.

World Health Organization WHO [Internet] Geneva, CH. WHO [cited 2022 Jul 28]. WHO model list of essential medicines. Available from: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/93142/EML_18_eng.pdf;jsessionid=251605A1A1EAF009C07D5B3A67139010?sequence=1

Othman NH, Alias NH, Shahrudin MZ, Fitrah N, Bakar A, Raikhan N, et al. Adsorption kinetics of methylene blue dyes onto magnetic graphene oxide. *Biochem Pharmacol*. 2018;6(2):2803–11. doi: 10.1016/j.jece.2018.04.024.

Palandi S da S, Kury M, Picolo MZD, Coelho CSS, Cavalli V. Effects of activated charcoal powder combined with toothpastes on enamel color change and surface properties. *J Esthet Restor Dent*. 2020;32(8):783–90. doi: 10.1111/jerd.12646.

Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, et al. Color difference thresholds in dentistry. *J Esthet Restor Dent*. 2015;27(S1):S1–9. doi: 10.1111/jerd.12149.

Paravina RD, Pérez MM, Ghinea R. Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. *J Esthet Restor Dent*. 2019;31(2):103–12. doi: 10.1111/jerd.12465.

Parnell C, O'Mullane D. After-Brush Rinsing Protocols , Frequency of Toothpaste Use: Fluoride and Other Active Ingredients. *Monogr Oral Sci*. 2013;23:140–53. doi: 10.1159/000350480.

Pecho OE, Ghinea R, Alessandretti R, Pérez MM, Della Bona A. Visual and instrumental shade matching using CIELAB and CIEDE2000 color difference formulas. *Dent Mater*. 2016;32(1):82–92. doi: 10.1016/j.dental.2015.10.015.

Pérez M del M, Ghinea R, Rivas MJ, Yebra A, Ionescu AM, Paravina RD, et al. Development of a customized whiteness index for dentistry based on CIELAB color space. *Dent Mater*. 2015;13(3):1–7. doi: 10.1016/j.dental.2015.12.008.

Pertiwi UI, Eriwati YK, Irawan B. Surface changes of enamel after brushing with charcoal toothpaste. *J Phys Conf Ser*. 2017;884(1):1-9. doi: 10.1088/1742-6596/884/1/012002.

Philpotts CJ, Weader E, Joiner A. The measurement in vitro of enamel and dentine wear by toothpastes of different abrasivity. *Int Dent J*. 2005;55(3):183–7. doi: 10.1111/j.1875-595x.2005.tb00057.x.

Pickles M. Tooth wear. *Monogr Oral Sci*. 2006;19:86–104. doi:

10.53730/ijhs.v5nS1.5405.

Pickles MJ, Joiner A, Weader E, Cooper YL, Cox TF. Abrasion of human enamel and dentine caused by toothpastes of differing abrasivity determined using an in situ wear model. *Int Dent J*. 2005;55(3):188–93.

Plotino G, Buono L, Grande NM. Nonvital tooth bleaching: A review of the literature and clinical procedures. *J Endod*. 2008;34(4):394-407 doi: 10.1016/j.joen.2007.12.020.

Poulsen S, Errboe M, Lescay Mevil Y, Glennly A-M. Potassium containing toothpastes for dentine hypersensitivity. *Cochrane Database Syst Rev*. 2006;19(4):1-18. doi: 10.1002/14651858.cd001476.pub2.

Prayitno S, Addy M. An in vitro study of factors affecting the development of staining associated with the use of chlorhexidine. *J Periodontal Res*. 1979;14(5):397–402. doi: 10.1111/j.1600-0765.1979.tb00237.x.

Redmalm G. Dentifrice abrasivity. The use of laser light for determination of the abrasive properties of different silicas. An in vitro study. *Swed Dent J*. 1986;10(6):243–50.

Ryкке M, Rolla G. Desorption of acquired enamel pellicle in vivo by pyrophosphate. *Scand J Dent Res*. 1990;98(7):211–4.

Ryкке M, Rolla G, Sonju T. Effect of pyrophosphate on protein adsorption to hydroxyapatite in vitro and on pellicle formation in vivo. *Scand J Dent Res*. 1988;96(6):517–22.

Samorodnitzky-Naveh GR, Geiger SB, Levin L. Patients' satisfaction with dental esthetics. *J Am Dent Assoc*. 2007;138(6):805–8. doi: 10.14219/jada.archive.2007.0269.

Santana Jorge O, Noronha Ferraz de Arruda C, Tonani Torrieri R, Geng Vivanco R, de Carvalho Panzeri Pires-de-Souza F. Over-the-counter bleaching agents can help with tooth whitening maintenance. *J Esthet Restor Dent*. 2022;34(2):328–34. doi: 10.1111/jerd.12617.

Saxton CA, Cowell CR. Clinical investigation of the effects of dentifrices on dentin wear at the cemento-enamel junction. *J Am Dent Assoc*. 1981;102(1):38–43. doi: 10.14219/jada.archive.1981.0012.

Scaramucci T, Borges AB, Lippert F, Frank NE, Hara AT. Sodium fluoride effect on erosion-abrasion under hyposalivatory simulating conditions. *Arch Oral Biol*. 2013;58(10):1457–63. doi: 10.1016/j.archoralbio.2013.06.004.

Schemehorn BR, Moore MH PM. Abrasion, polishing, and stain removal characteristics of various commercial dentifrices in vitro. *J Clin Dent*. 2011;22(1):11–

8.

Schlafer S, Poulsen PN, Johansen J, Trap L. The whitening effect of single brushing with blue-covarine containing toothpaste — A randomized controlled trial. *J Dent.* 2021;105(2):1-4. doi: 10.1016/j.jdent.2020.103559.

Schmalz G, Hiller KA, Nunez LJ, Stoll J, Weis K. Permeability characteristics of bovine and human dentin under different pretreatment conditions. *J Endod.* 2001;27(1):23–30. doi: 10.1097/00004770-200101000-00007.

Sheen S, Banfield N, Addy M. The effect of unstimulated and stimulated whole saliva on extrinsic staining in vitro - A developmental method. *J Dent.* 2002;30(7–8):365–9. doi: 10.1016/S0300-5712(02)00053-2.

Shellis RP, Addy M. The Interactions between attritio , abrasion and erosion in tooth wear. *Monogr Oral Sci.* 2014;25:32–45. doi: 10.1159/000359936.

Shellis RP, Addy M, Rees GD. In vitro studies on the effect of sodium tripolyphosphate on the interactions of stain and salivary protein with hydroxyapatite. *J Dent.* 2005;33(4):313–24. doi: 10.1016/j.jdent.2004.09.006.

Sing K, Everett D, Haul R, Moscou L, Pierotti R. Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity. *Pure Appl Chem.* 1985;57(4):603–19.

Soeteman GD, Ga CV, Loveren VDWC Van. Whitening dentifrice and tooth surface discoloration — a systematic review and meta-analysis. *Int J Dent Hyg.* 2017;16(1):1–12. doi: 10.1111/idh.12289.

Srivastava VC, Swamy MM, Mall ID, Prasad B, Mishra IM. Adsorptive removal of phenol by bagasse fly ash and activated carbon: Equilibrium, kinetics and thermodynamics. *Colloids Surfaces A Physicochem Eng Asp.* 2006;272(1–2):89–104. doi: 10.1016/j.colsurfa.2005.07.016.

Stamm JW. Multi-function toothpastes for better oral health: A behavioural perspective. *Int Dent J.* 2007;57(5):351–63. doi: 10.1111/j.1875-595x.2007.tb00162.x.

Sulieman M. An overview of tooth discoloration: extrinsic, intrinsic and internalized stains. *Dent Updat.* 2005;32(8):463–4.

Tao AD, Sun JN, Wang X. In vitro and clinical evaluation of optical tooth whitening toothpastes. *J Dent.* 2017;67(1):1–18. doi: 10.1016/j.jdent.2017.08.014.

Tao D, Smith RN, Zhang Q, Sun JN, Philpotts CJ, Ricketts SR, et al. Tooth whitening evaluation of blue covarine containing toothpastes. *J Dent.* 2017;67(6):20–4. doi: 10.1016/j.jdent.2017.10.014.

- Tembhurkar AR Dongre S. Studies on fluoride removal using adsorption process. *J Env Sci Eng*. 2006;48(3):151–6.
- Tin-Oo MM, Saddki N, Hassan N. Factors influencing patient satisfaction with dental appearance and treatments they desire to improve aesthetics. *BMC Oral Health*. 2011;11(1):7–9. doi: 10.1186/1472-6831-11-6.
- Torres C, Crastechini E, Feitosa F, Pucci C, Borges A. Influence of pH on the Effectiveness of Hydrogen Peroxide Whitening. *Oper Dent*. 2014;39(6):261–8. doi: 10.2341/13-214-L.
- Torres C, Perote L, Gutierrez NC, Pucci C, Borges A. Efficacy of mouth rinses and toothpaste on tooth whitening. *Oper Dent*. 2013;38(1):57–62. doi: 10.2341/11-360-L.
- Tsuchiya T, Levy G. Relationship between effect of activated charcoal on drug absorption in man and its drug adsorption characteristics in vitro. *J Pharm Sci*. 1972;1(4):586–9.
- Umanah A, Otakhoigbogie U, Soroye M. Activated charcoal-based dental products: awareness, knowledge and opinion of dental practitioners in a tertiary hospital in Nigeria. *West Afr J Med*. 2020;37(7):732–9.
- van der Burgt T, ten Bosch J, Borsboom P, Kortsmit W. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *J Prosthet Dent*. 1990;63(2):155–62.
- Van Loveren C, Duckworth RM. Anti-calculus and whitening toothpastes. *Monogr Oral Sci*. 2013;23:61–74. doi: 10.1159/000350698.
- Vaz VTP, Jubilato DP, Oliveira MRM de, Bortolatto JF, Floros MC, Dantas AAR, et al. Whitening toothpaste containing activated charcoal, blue covarine, hydrogen peroxide or microbeads: Which one is the most effective. *J Appl Oral Sci*. 2019;14(1):1–8. doi: 10.1590/1678-7757-2018-0051.
- Vertuan M, de Souza BM, Machado PF, Mosquim V, Magalhães AC. The effect of commercial whitening toothpastes on erosive dentin wear in vitro. *Arch Oral Biol*. 2020;109(1):1-4. doi: 10.1016/j.archoralbio.2019.104580.
- Viana ÍEL, Weiss GS, Sakae LO, Niemeyer SH, Borges AB, Scaramucci T. Activated charcoal toothpastes do not increase erosive tooth wear. *J Dent*. 2021;109(1):1-7. doi: 10.1016/j.jdent.2021.103677.
- Vladislavic N, Tadin A, Gavic L, Jerkovic D, Franic I, Verzak Z. In vivo evaluation of whitening toothpaste efficiency and patient treatment satisfaction: a randomized controlled trial. *Clin Oral Investig*. 2021;26(1):739–50. doi: 10.1007/s00784-021-04052-x.
- Volpe A, Mooney R, Zumbunnen C, Stahl D, Goldman H. A long term clinical study

evaluating the effect of two dentifrices on oral tissues. *J Periodontol.* 1975;46(2):113-118.

Vural UK, Bagdatli Z, Yilmaz AE, Yalç F. Effects of charcoal-based whitening toothpastes on human enamel in terms of color , surface roughness , and microhardness: an in vitro study. *Clin Oral Investig.* 2021;25(10):77-85.

Walsh T, Worthington H V., Glenny AM, Marinho VCC, Jeroncic A. Fluoride toothpastes of different concentrations for preventing dental caries. *Cochrane Database Syst Rev.* 2019;4(3):1-242. doi: 10.1002/14651858.CD007868.pub3.

Watts A, Addy M. Tooth discolouration and staining: A review of the literature. *Br Dent J.* 2001;190(6):309–16. doi: 10.1038/sj.bdj.4800959.

White DJ, Schneiderman E, Colón E SJS. A profilometry-based dentifrice abrasion Method for V8 brushing machines. Part I: Introduction to RDA-PE. *J Clin Dent.* 2015;26(1):1–6.

Wiegand A, Schlueter N. The role of oral hygiene: Does toothbrushing harm? *Monogr Oral Sci.* 2014;25:215–9. doi: 10.1159/000360379.

Winchesterabcd JF, Edwardsabcd RO, Tilstoneabcd WJ, Woodcockabcd BG. Activated charcoal hemoperfusion and experimental acetaminophen poisoning. *Toxicol Appl Pharmacol.* 1975;31(1):120–7.

Wozniak WT, Naleway CA, Gonzalez E, Schemehorn BR SG. Use of an in vitro model to assess the effects of APF gel treatment on the staining potential of dental porcelain. *Dent Mater.* 1991;7(4):263–7.

Xiao J, Zhou XD, Zhu WC, Zhang B, Li JY, Xu X. The prevalence of tooth discolouration and the self-satisfaction with tooth colour in a Chinese urban population. *J Oral Rehabil.* 2007;34(5):351–60. doi: 10.1111/j.1365-2842.2007.01729.x.

Yang K, Jiang Y, Yang J, Lin D. Correlations and adsorption mechanisms of aromatic compounds on biochars produced from various biomass at 700 C *. *Environ Pollut.* 2018;233:64–70. doi: 10.1016/j.envpol.2017.10.035.

Zellner T, Prasa D, Färber E, Hoffmann-walbeck P, Genser D, Eyer F. The use of activated charcoal to treat intoxications. *Dtsch Arztebl Int.* 2019;116(18):311–8. doi: 10.3238/arztebl.2019.0311.

Zero DT. Dentifrices, mouthwashes, and remineralization/caries arrestment strategies. *BMC Oral Health.* 2006;6(1):1–13. doi: 10.1186/1472-6831-6-S1-S9.

Zoller M, Hamza B, Cucuzza C, Gubler A, Attin T. Relative dentin and enamel abrasivity of charcoal toothpastes. *Int J Dent Hyg.* 2022;21(1):149-156. doi: 10.1111/idh.12634.

APÊNDICE A - Teste de confiabilidade do método para mensuração do desgaste abrasivo pelas indentações Knoop

Dez espécimes em esmalte bovino polido foram utilizados para avaliação da confiabilidade do método, sendo testados o grupo controle negativo (água deionizada - grupo 1) e o grupo do pó de carvão ativado (grupo 6).

Foi realizada uma indentação no momento inicial (Di1) em cada espécime utilizando os mesmos parâmetros descritos na metodologia do estudo (item 4.2.3).

A fim de provocar o desgaste abrasivo, os espécimes de cada grupo foram submetidos ao tratamento de acordo com seu respectivo grupo. Após, os espécimes foram reposicionados no equipamento e novas leituras foram realizadas nas mesmas indentações iniciais (leituras finais). Os espécimes foram removidos de sua posição e recolocados na plataforma do equipamento para realização de três mensurações da diagonal da mesma indentação Knoop após a abrasão (Df1, Df2 e Df3). Então, os valores da Di1 (inicial) foram comparados com os valores obtidos na Df1.1, Df1.2, e Df1.3.

A alteração das diagonais foi convertida em desgaste em μm , como descrito no item 4.2.5 da metodologia, conforme proposto por Joiner et al. (2004b). Foi então calculada a média de desgaste obtido para cada espécime em cada um dos dois grupos e a reprodutibilidade da leitura foi determinada pela média do desvio-padrão das três mensurações de cada espécime. Para o grupo 1, o valor encontrado foi de 0,01051 μm e para o grupo 6 de 0,01428 μm . Isso significa que a sensibilidade de detecção de perda pelo método varia entre os grupos, mas demonstra a precisão do processo.