



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



DEPARTAMENTO DE MATERIAIS ODONTOLÓGICOS E PRÓTESE

AMANDA DIAS CASTANHEIRO

**EFEITO DE DIFERENTES SELANTES DE SUPERFÍCIE SOBRE A
DEGRADAÇÃO SUPERFICIAL DE POLÍMEROS DE PMMA PARA
CAD/CAM SUBMETIDOS A TERMOCICLAGEM E DESAFIO EROSIVO:
ESTUDO *IN VITRO***

**Araçatuba - SP
2022**

AMANDA DIAS CASTANHEIRO

**EFEITO DE DIFERENTES SELANTES DE SUPERFÍCIE SOBRE A
DEGRADAÇÃO SUPERFICIAL DE POLÍMEROS DE PMMA PARA
CAD/CAM SUBMETIDOS A TERMOCICLAGEM E DESAFIO EROSIVO:
ESTUDO *IN VITRO***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Odontologia de Araçatuba da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho” – UNESP, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Cirurgião-Dentista

Orientador: Prof. Assoc. Aldiéris Alves Pesqueira

**Araçatuba - SP
2022**

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a todos que me auxiliaram durante os anos da graduação, principalmente à minha família por todo o apoio, incentivo emocional, financeiro, e por acreditarem no meu potencial. Iniciei o curso com muitas turbulências em minha vida pessoal, no entanto, com a ajuda de minha mãe, meu irmão, e meu namorado, venci todas as dificuldades, me encontrando agora na reta final dessa jornada. Esse trabalho é sobretudo dedicado ao meu pai, que nunca chegou a ter conhecimento de minha aprovação no curso de Odontologia, mas cujo carinho, admiração e amor eu senti durante todas as etapas dessa aventura.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao meu orientador, Prof. Aldiéris Alves Pesqueira, que sempre se demonstrou solícito a me auxiliar nas dificuldades da graduação e do meu estágio em iniciação científica. Querido e admirado pelos alunos, ele é um exemplo de integridade e empatia em sua posição de docente. Sou muito grata por meu caminho durante a graduação me levar até sua equipe.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), que fomentou esse projeto (2021/01333-0) e viabilizou sua ocorrência.

À Caroline Freitas Jorge, que me introduziu à equipe do Prof. Aldiéris, acreditou no meu potencial e foi de extrema ajuda na execução desse trabalho. As longas horas durante os testes foram mais breves e suaves com sua companhia.

Aos pós-graduandos em Prótese Dentária: Lorena Scaioni, Jéssica Oliveira, João Pedro Limírio, Kevin Cruz, Victor Alves, Juliana Brunetto e Marcio Campaner, por todo o auxílio durante a execução desse trabalho e pelos momentos leves e divertidos durante a convivência no Departamento.

À minha família, agradeço mais uma vez, se estou aqui é por vocês! Amo vocês infinitamente, e cada conquista a partir da minha formação será nossa, e não somente minha.

Ao Gabriel Neves da Fontoura, meu companheiro, cuja paciência e afeição são dignas de admiração. Sua presença ao meu lado foi essencial para que acreditasse mais em mim mesma e para que meus dias fossem mais alegres e menos exaustivos. Você foi a peça-chave para que eu chegasse até aqui.

Gostaria de agradecer também os meus grandes amigos da faculdade: Maria Paula Bernal, Yana Maia, Cláudia Simões e José Elias Borges, pela amizade, bons momentos, carinho e companhia. Meus dias foram mais divertidos e as dificuldades se tornaram pequenas ao lado de vocês.

À Leticia Espicalquis e Giovana Alves de Oliveira, minhas amigas de longa data, sou grata por ter vocês mesmo após todos esses anos. Vocês são para a vida toda.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a instituição Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, pela oportunidade. Tenho muito orgulho de me formar em uma instituição tão acolhedora, humana e de excelência. Saio daqui cirurgiã-dentista e um ser humano muito melhor, com visão de mundo mais ampla. Tudo graças a vivência nessa grande universidade.

CASTANHEIRO, A. D. Efeito de diferentes selantes de superfície sobre a degradação superficial de polímeros de PMMA para CAD/CAM submetidos a termociclagem e desafio erosivo: estudo *in vitro*. 2022. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2022.

RESUMO

A aplicação de selantes de superfície poderá ajudar na diminuição da degradação superficial dos blocos de PMMA para CAD/CAM frente aos desafios de absorção de água, variação de temperatura e desafio erosivo causada pelo suco gástrico (frequente em pacientes com refluxo gastroesofágico (DRGE) ou bulimia. Contudo, poucos estudos na área odontológica foram realizados com essas variáveis, sendo necessário o aprofundamento sobre o assunto. Diante disso, o objetivo deste estudo foi avaliar o impacto de diferentes selantes de superfície (Biscovel LV e Palaseal) na preservação das propriedades mecânicas de polímero de PMMA para CAD/CAM, submetidos a termociclagem (T_1 - 5.000 ciclos, de 5 e 55°C; T_2 – 10.000 ciclos, de 5 e 55°C) e desafio erosivo (DE_1 - imersão em HCl 5% (pH=2,0) durante 45 horas e DE_2 - 91 horas), por meio da rugosidade de superfície (Ra) e microdureza Knoop (MK). Foram confeccionados 90 espécimes quadrados (10x10x3mm), estes foram divididos em grupos (n=10) de acordo com o tratamento de superfície e envelhecimento. Os polimentos realizados foram: P_A - pontas de borracha Astropol; P_A+S_B - polimento com P_A + aplicação de selante de superfície Biscover LV e P_A+S_P - polimento com P_A + aplicação de selante de superfície Palaseal. As análises foram realizadas após os tratamentos de superfície e após os períodos dos envelhecimentos. Os dados obtidos foram submetidos ao ANOVA (2 fatores), teste Bonferroni ($\alpha=0,05$) e a análise de regressão linear simples. Na análise de Ra, em todos os períodos de termociclagem o grupo P_A obteve os maiores valores de Ra e P_A+S_P os menores, com diferença significativa entre eles ($p<0.05$). De acordo com a análise de regressão linear, todos os grupos apresentaram tendência linear crescente. Já após DE_1 e DE_2 os três grupos diferiram estatisticamente entre si ($p<0.05$), sendo classificados em ordem crescente de rugosidade em $P_A+S_P < P_A+S_B < P_A$. O grupo P_A+S_P manteve os valores de Ra no decorrer dos períodos de análises. Não houve diferenças significativas nas análises de MK, independente dos tratamentos de superfície e envelhecimentos. Conclui-se que os

selantes de superfície foram capazes de preservar a rugosidade de superfície de polímero de PMMA para CAD/CAM submetidos a termociclagem ou desafio erosivo.

Palavras-chave: Desenho assistido por computador. PMMA. Dureza.

CASTANHEIRO, A. D. Effect of different surface sealants on the surface degradation of PMMA polymers for CAD/CAM subjected to thermocycling and erosive challenge: *in vitro* study. 2022. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2022.

ABSTRACT

Surface application of sealants can help to decrease the surface degradation of PMMA CAD/CAM blocks, in the face of temperature and erosive treatment by gastric juice (frequent in pacientes with gastroesophageal reflux) or bulimia. However, few studies in the dental field have been carried out with these variables, and it is necessary to deepen the subject. Therefore, the objective of this study was to evaluate the impact of different surface sealants (Biscover LV and Palaseal) on the preservation of mechanical properties of PMMA polymer for CAD/CAM, subjected to thermocycling (T_1 - 5,000 cycles, at 5 and 55°C; T_2 - 10,000 cycles, at 5 and 55°C) and erosive challenge (DE_1 - immersion in 5% HCl (pH=2.0) for 45 hours and DE_2 - 91 hours), through surface roughness (R_a) and Knoop microhardness (MK). Ninety square specimens (10x10x3mm) were made and divided into groups (n=10) according to surface treatment and aging. The polishings performed were: P_A - Astropol rubber tips; P_A+S_B - polishing with P_A + application of surface sealant Biscover LV and P_A+S_P - polishing with P_A + application of surface sealant Palaseal. The analyzes were carried out after the surface treatments and after the aging periods. The data obtained were submitted to ANOVA (2-way), Bonferroni test ($\alpha=0.05$) and simple linear regression analysis. In the R_a analysis, in all thermocycling periods, the P_A group obtained the highest R_a values and P_A+S_P the lowest, with a significant difference between them ($p<0.05$). According to linear regression analysis, all groups showed an increasing linear trend. After DE_1 and DE_2 , the three groups differed statistically from each other ($p<0.05$), being classified in increasing order of roughness in $P_A+S_P < P_A+S_B < P_A$. The P_A+S_P group maintained the R_a values throughout the analysis periods. There were no significant differences in the MK analyses, regardless of surface treatments and aging. It is concluded that the surface sealants were able to preserve the surface roughness of PMMA polymer for CAD/CAM subjected to thermocycling or erosive challenge.

Keywords: Computer-aided design. PMMA. Roughness.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1-	Delineamento experimental contendo material, tratamentos de superfícies, envelhecimentos, distribuição, número dos espécimes e variáveis respostas.	15
-----------	---	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1-	Materiais que foram utilizados no presente estudo.	14
TABELA 2-	ANOVA 2 fatores para Ra após termociclagem.	19
TABELA 3-	ANOVA 2 fatores para MK após termociclagem.	20
TABELA 4-	ANOVA 2 fatores para Ra após desafio erosivo.	22
TABELA 5-	ANOVA 2 fatores para MK após desafio erosivo.	23

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1-	Média e Desvio Padrão da Ra (nm) após termociclagem*. (P<0,05)	19
GRÁFICO 2-	Regressão linear simples entre termociclagem e Ra.	20
GRÁFICO 3-	Média e Desvio Padrão da MK após termociclagem*. (P<0,05)	21
GRÁFICO 4-	Regressão linear simples entre termociclagem e MK.	21
GRÁFICO 5-	Média e Desvio Padrão da RA (nm) após desafio erosivo*. (P<0,05)	22
GRÁFICO 6-	Regressão linear simples entre desafio erosivo e Ra.	23
GRÁFICO 7-	Média e Desvio Padrão da MK após desafio erosivo*. (P<0,05)	24
GRÁFICO 8-	Regressão linear simples entre desafio erosivo e MK	24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
3 MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1 Delineamento Experimental	14
3.2 Formação dos Grupos	14
3.3 Fabricação dos espécimes	15
3.3.1 Acabamento e Polimento dos espécimes	15
3.4 Tratamentos de superfície	16
3.4.1 Polimento pontas Astropol (controle) (P_A)	16
3.4.2 Polimento pontas Astropol + Selante de superfície Biscover LV (P_A+S_B)	16
3.4.3 Polimento pontas Astropol + Selante de superfície Palaseal (P_A+S_p)	16
3.5 Variáveis Respostas	17
3.5.1 Rugosidade de Superfície (R_a)	17
3.5.2 Microdureza Knoop	17
3.6 Envelhecimentos	17
3.6.1 Termociclagem (T)	17
3.6.2 Desafio Erosivo (DE)	17
3.7 Período de Análises	18
3.8 Análise Estatística	18
4 RESULTADOS	19
4.1 Resultados após Termociclagem	19
4.2 Resultados após Desafio Erosivo	21
5 DISCUSSÃO	25
6 CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

As restaurações provisórias são essenciais para o sucesso do tratamento com próteses fixas, sendo necessárias para proteger as superfícies dentárias frente aos efeitos biológicos, físicos e mecânicos até a instalação das próteses definitivas.^{1,2} Sendo assim, a escolha adequada do material usado para confecção dessas restaurações tornou-se uma etapa importante da reabilitação protética. Com evolução constante dos materiais restauradores provisórios, foram desenvolvidos polímeros de polimetil-metacrilato (PMMA) para confecção de restaurações provisórias pelo sistema CAD/CAM (*Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing*). Esses blocos são polimerizados industrialmente sob condições padronizadas de alta temperatura e pressão, evitando o alto calor da polimerização e, conseqüentemente, a sua reação de contração, o que resulta em melhores propriedades químicas, mecânicas e estéticas.^{2,3,4} São indicados para confecção de restaurações provisórias para uso prolongado⁴⁻⁸, especialmente em reabilitações complexas, que envolvem tratamentos multidisciplinares e incluem restabelecimento da dimensão vertical de oclusão (DVO), terapia com implantes dentários e tratamento de DTM.^{2,7}

As restaurações provisórias devem preservar suas características mecânicas e estéticas durante o uso clínico.^{1,9} Quanto maior o período de utilização das restaurações provisórias, maior será sua degradação na cavidade bucal e, conseqüentemente, poderão ocorrer falhas como manchamento, desgastes em áreas críticas, perda da integridade marginal e, principalmente, fraturas catastróficas.^{2,10} Os materiais provisórios para CAD/CAM também sofrem degradação no meio bucal. A degradação das resinas para provisórios é multifatorial, sendo assim, diversos fatores irão influenciar na durabilidade das restaurações provisórias, tais como, absorção de água, mudança de temperatura, higiene oral, e ingestão de bebidas corantes.^{2,10} Além desses fatores, o pH ácido também pode provocar a degradação dos materiais restauradores. Em virtude disso, as causas e os efeitos da erosão ácida provocada pelo ácido gástrico sobre materiais restauradores se tornaram tema de grande interesse na Odontologia.^{11,15} O ácido gástrico é composto principalmente de ácido clorídrico (HCl), tem um pH extremamente baixo ($\leq 2,0$) e grande capacidade erosiva.^{11,13} A exposição ao ácido ocorre frequentemente em pacientes com doença do refluxo gastroesofágico (DRGE) ou transtornos alimentares (anorexia e bulimia nervosa).^{11,12}

Todos esses fatores de degradação possuem relação direta com a qualidade de superfície do material.^{16,17} Diante disso, várias técnicas foram desenvolvidas para o polimento de materiais provisórios. Normalmente, são utilizadas pedras abrasivas com granulação em ordem decrescente, associadas ou não a pasta de óxido de alumínio.^{16,17} A literatura tem mostrado que a rugosidade superficial afeta negativamente as propriedades mecânicas e ópticas dos materiais restauradores^{18,19}, pois superfícies ásperas/rugosas estão diretamente relacionadas com maior risco de acúmulo de biofilme, doença periodontal, cárie secundária e pigmentação.⁶ Em relação as propriedades mecânicas, superfícies rugosas reduzem a resistência mecânica dos materiais restauradores (ocasionam a criação e propagação de microfissuras) aumentando o risco de fratura. Por essas razões, é de fundamental importância proteger a superfície desses materiais da degradação no meio bucal e, dessa forma, aumentar o tempo de uso clínico dos provisórios.

Recentemente, os selantes de superfície estão sendo usados para polir, preservar ou melhorar as propriedades mecânicas e estéticas dos materiais restauradores.¹⁵ Esses selantes são compostos de resinas fluídas com pouca ou nenhuma carga. Foram introduzidos para minimizar a porosidade da superfície e obter superfícies lisas, preenchendo os defeitos e irregularidades da superfície, também prevenindo a microinfiltração, melhorando a vedação marginal, aumentando resistência mecânica e melhorando a resistência a manchas.²⁰⁻²² No entanto, a eficácia dos selantes em melhorar a qualidade das superfícies dos materiais provisórios a longo prazo ainda é controversa e incerta, uma vez que foram relatados problemas como: baixa resistência a abrasão, formação de camada não uniforme, fraca retenção ao material subjacente, apresentando descolamento do material e criando assim textura rugosa, vulnerável a manchas e a descoloração.¹¹

Embora existam algumas pesquisas publicadas sobre as propriedades mecânicas dos polímeros de PMMA para CAD/CAM, nenhum estudo avaliou se os selantes de superfície têm efeito de preservar ou melhorar as propriedades mecânicas desses materiais frente a desafios erosivos (HCL- pH $\cong$ 2).

2 OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto de diferentes selantes de superfície (Biscover LV e Palaseal) na preservação das propriedades mecânicas de polímero de PMMA para CAD/CAM, submetidos a termociclagem (T_1 - 5.000 ciclos, de 5 e 55°C e T_2 - 10.000 ciclos) e desafio erosivo (DE_1 - imersão em HCl 5% (pH 2,0) durante 45 horas e (DE_2) - 91 horas), por meio da rugosidade de superfície (R_a) e microdureza Knoop (MK).

A hipótese nula testada foi de que nenhum dos diferentes selantes de superfície promoverá alterações nas características mecânicas do polímero de PMMA para CAD/CAM, independentemente da termociclagem ou desafio erosivo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Delineamento Experimental

O estudo teve três fatores em análise: (1) tratamentos de superfície (PA: pontas Astropol, SB: selante de superfície Biscover e SP: selante de superfície Palaseal); (2) envelhecimentos: (2.1) Termociclagem (T): 5.000 ciclos, de 5 e 55oC (T₁) e 10.000 ciclos, de 5 e 55oC (T₂); (2.2) Desafio Erosivo (DE): imersão em HCl 5% (pH 2,0) durante 45 horas (DE₁) e 91 horas (DE₂); e (3) tempos de análises em 4 níveis: T0 - após armazenamento em água destilada por 24 horas, após T₁, T₂, DE₁, DE₂. Foram consideradas 2 variáveis de resposta: (1) rugosidade de superfície (Ra) e (2) microdureza Knoop (MK).

3.2 Formação dos Grupos

Os materiais que foram utilizados no presente estudo estão descritos na Tabela 1. Foram confeccionados 90 espécimes quadrados com dimensões de 10×10×3 mm⁵, que foram avaliados no presente estudo conforme análises descritas na Figura 1.

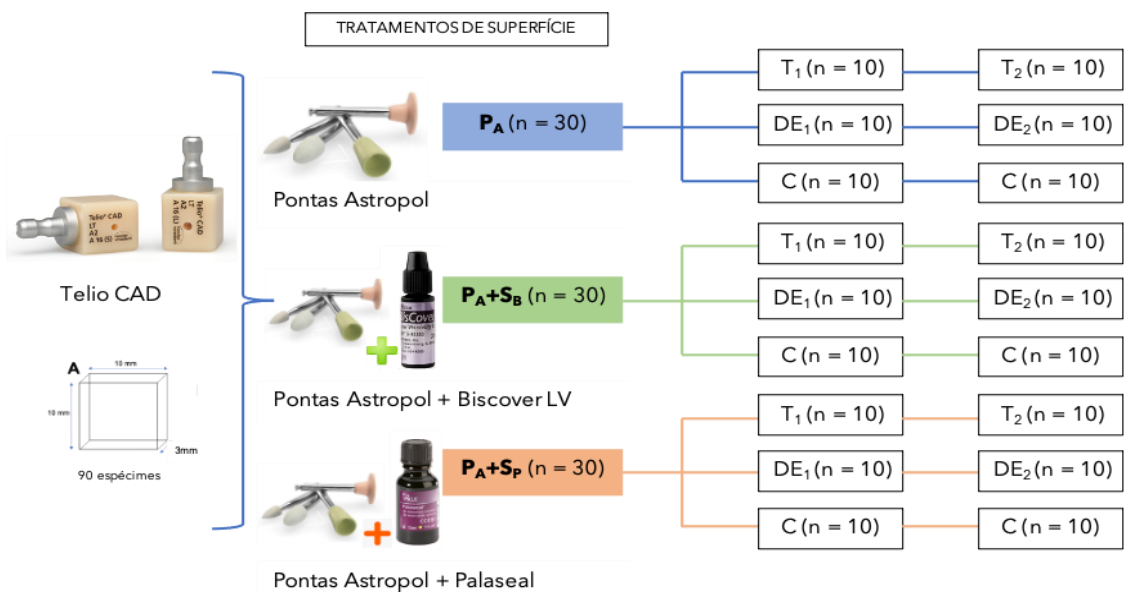
TABELA 1- Materiais que foram utilizados no presente estudo

Material	Composição	Marcacomercia l	Fabricante
Bloco de resina acrílica (PMMA) para sistema CAD/CAM	99.5% polímero de PMMA	Telio CAD	IvoclarVivadent, Schaan, Liechtenstein
Pontassiliconadasimpregnadasdediamantes	Óxido de alumínio, partículas de carboneto de silício, partículas de diamante, dióxido de titânio e óxido de ferro. Ponta verde 45µm, cinza 1µm e rosa 03 µm	Astropol F, P e H	IvoclarVivadent, Schaan, tenstein
Selante de superfície	Dimetacrilato de etoxilato de bisfenol, acrilato de éster de uretano,	BisCover LV	Bisco Inc., Schaumburg, IL, EUA

	polietilenoglicolacrilato		
Selante de superfície	MMA, THEICTA, epóxiacrilizado e polissiloxano	Palaseal	Kulzer, Hanau, Alemanha

Fonte: Autor, 2022.

FIGURA 1- Delineamento experimental contendo material, tratamentos de superfícies, envelhecimentos, distribuição, número dos espécimes e variáveis respostas.



Fonte: Autor, 2022.

3.3 Fabricação dos espécimes

Os blocos pré-fabricados de PMMA (Telio CAD, IvoclarVivadent, Schaan, Liechtenstein) foram fresados com disco de corte diamantado em baixa rotação (300 rpm), sob irrigação abundante e carga de 300g/f em cortadeira metalográfica (Isomet® 1000, Buehler, Illinois, USA), de forma que foram obtidos 90 espécimes de 10×10×3mm.

3.3.1 Acabamento e Polimento dos espécimes

Após segmentados, os espécimes foram submetidos a acabamento para remoção das irregularidades das bordas e/ou os excessos, com auxílio de um micromotor (Kavo, Joinville, SC, Brasil) e broca minicut (Edenta, Hauptstrasse, Suíça). Em seguida, os espécimes foram levados para banho em lavadora ultrassônica (Unique USC 2850, São Paulo, Brasil) por 10 minutos em água destilada e, então, secados à ar. Foram realizadas três mensurações da

altura, largura e espessura com um paquímetro digital (Paquímetro Digital Digimatic, Mitutoyo Sul Americana Ltda, Santo Amaro, SP, Brasil). Em seguida, foram realizados os tratamentos de superfícies propostos no estudo.

3.4 Tratamentos de superfície

3.4.1 Polimento pontas Astropol (controle) (P_A)

Foi realizado apenas o polimento com as pontas Astropol F, P e HP nos espécimes (controle positivo), conforme a sequência de três passos: Passo 1 - acabamento com Astropol F (cinza), passo 2 - polimento com Astropol P (verde) e passo 3 - polimento com Astropol HP (rosa). Cada ponta foi aplicada sobre a superfície do espécime por 20 segundos com pressão intermitente, com movimentos ligeiramente rotativos, depois levados para banho em lavadora ultrassônica (Unique USC 2850, São Paulo, Brasil) por 10 minutos em água destilada e, então, secados à ar.

3.4.2 Polimento pontas Astropol + Selante de superfície Biscover LV (P_A+S_B)

Após o polimento com Astropol F, P e HP, foi aplicada uma fina camada do selante BisCover LV, com pincel fino e macio, esse foi mergulhado no conteúdo e removido os excessos, sendo aplicado em uma só direção com toque suave, para que apenas uma camada fina e homogênea ficasse sobre a superfície do espécime. Depois, foi aguardado o tempo de 15 segundos para o início da fotopolimerização com lâmpada de LED (Bluephase N, Ivoclar Vivadent) por 30 segundos a uma curta distância (0-2mm).

3.4.3 Polimento pontas Astropol + Selante de superfície Palaseal (P_A+S_P)

Após polimento com Astropol F, P e HP, foi aplicada uma fina camada do selante Palaseal conforme descrito anteriormente para o outro selante. No entanto, nesse caso foi aguardado o tempo de exposição de aproximadamente 20 segundos para o início de uma fotopolimerização com lâmpada de LED (Bluephase N, Ivoclar Vivadent) por 90 segundos a uma curta distância (0-2mm).

Em seguida aos tratamentos de superfícies, todos os espécimes foram armazenados

em água destilada a 37°C por 24 horas. Após esta etapa foi realizada a leitura inicial das variáveis respostas do estudo (T₀ = leitura inicial).

3.5 Varáveis Respostas

3.5.1 Rugosidade de Superfície (Ra)

A leitura de rugosidade de superfície (n=10) foi determinada por meio de rugosímetro portátil SJ-401 (Mitutoyo, Sul Americana Ltda, Santo Amaro, SP, Brasil). As leituras foram realizadas por um mesmo operador. Cada espécime foi individualmente posicionado no centro do equipamento e a ponta medidora do rugosímetro na superfície dele. Aleatoriamente foi realizada a leitura no centro do espécime, e duas leituras paralelas, à direita e à esquerda desse centro sendo a média calculada após essas três leituras. Os valores de Ra (média aritmética da rugosidade de superfície) foram mensurados com varredura de 300 µm, no tempo constante de 12 segundos. Os valores originais foram em Angström (Å) e, a partir de então, foram transformados para a escala nanométrica (nm).

3.5.2 Microdureza Knoop

Para a análise da microdureza Knoop (MK) (n=10), os espécimes foram submetidos a leituras em microdurômetro (HMV 2000 Shimadzu, Tokyo, Japão), com carga estática de 100 g por 15 segundos. Em cada tempo de análise, foram realizadas três endentações na região central do espécime com distância de 100 µm entre cada endentação e o valor da MK de cada espécime foi estipulado pela média destes valores.

3.6 Envelhecimentos

3.6.1 Termociclagem (T)

Os espécimes desses grupos foram submetidos a diferentes ciclos de termociclagem (5 mil ciclos que corresponde a 6 meses de uso clínico (T₁) e 10 mil ciclos que corresponde a 1 ano de uso clínico (T₂)^{23,24}, variando a temperatura entre 5 e 55°C por 30 segundos.

3.6.2 Desafio Erosivo (DE)

Os espécimes desses grupos foram submetidos a diferentes períodos em imersão em HCl a 5% (45 horas que correspondem a 6 meses de exposição clínica ao ácido clorídrico (DE₁) e 91 horas que correspondem a 1 ano de exposição clínica ao ácido clorídrico (DE₂)^{12,13}. Durante o desafio erosivo, os espécimes foram posicionados no interior de placas de 24 poços devidamente fechados com o objetivo de evitar a evaporação do HCl e mantidas em estufa com 37±1°C. Cada poço recebeu 2 mL de HCl à 5% até o completo recobrimento do espécime.

3.7 Período de Análises

As variáveis respostas foram realizadas em 3 tempos distintos, sendo eles: (T0- após 24 horas em água destilada (inicial), após T₁, T₂, DE₁, DE₂).

3.8 Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao Anova (2 fatores) e teste Bonferroni com nível de significância de 5%. A análise de Regressão Linear Simples foi realizada para avaliação do comportamento dos espécimes ao longo dos envelhecimentos.

4 RESULTADOS

4.1 Resultados após Termociclagem

De acordo com a análise de variância ANOVA, a termociclagem e os tratamentos de superfície afetaram significativamente a Ra ($p < 0,05$) (Tabela 2).

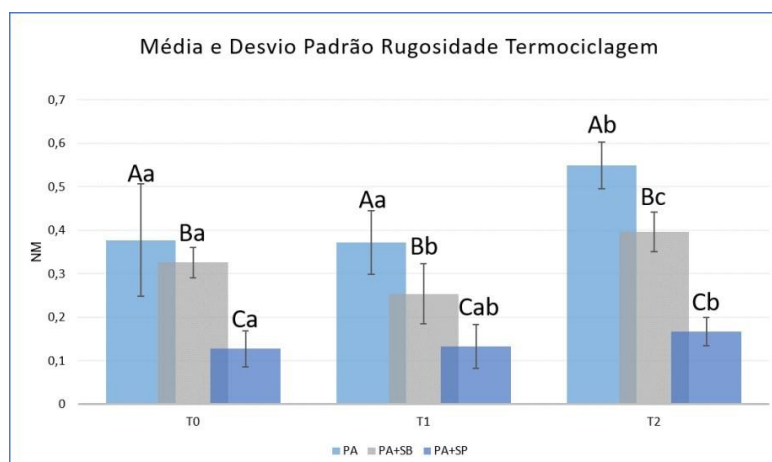
Tabela 2– ANOVA 2 fatores para Ra após termociclagem

Source	TEMPO	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Termociclagem	Linear	,132	1	,132	191,784	,000
	Quadratic	,103	1	,103	59,760	,000
Termociclagem * Polimento	Linear	,047	2	,023	33,937	,000
	Quadratic	,033	2	,016	9,589	,001
Error(TEMPO)	Linear	,019	27	,001		
	Quadratic	,046	27	,002		

Fonte: Autor, 2022

Em todos os períodos o grupo P_A obteve os maiores valores de Ra e P_{A+SP} os menores, com diferença significativa entre eles ($p < 0,05$). Sendo classificados em ordem crescente de rugosidade em $P_{A+SP} < P_{A+SB} < P_A$. Após T_1 ocorreu diminuição significativa da Ra do grupo P_{A+SB} . Já após T_2 houve aumento significativo da Ra nos grupos P_{A+SB} e P_A .

Gráfico 1 - Média e Desvio Padrão da Ra (nm) após termociclagem*. ($P < 0,05$)

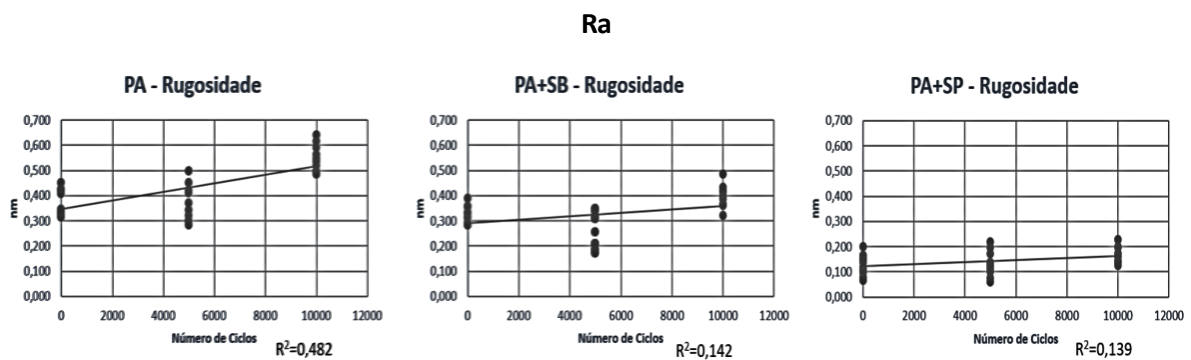


*Diferentes letras maiúsculas significam diferença estatística dos diferentes tratamentos de superfície dentro do mesmo período. Diferentes letras minúsculas significam diferença estatística do mesmo tratamento de superfície em diferentes períodos ($P < 0,05$).

Fonte: Autor, 2022

De acordo com a análise de regressão linear simples (Gráfico 2), todos os grupos apresentaram tendência linear crescente, ou seja, a R_a aumentou no decorrer da termociclagem. O grupo P_A apresentou o maior coeficiente de determinação ($R^2 = 0,482$), isto é, 48,2% da variabilidade da R_a pôde ser explicada pela termociclagem. Já os grupos P_A+S_B e P_A+S_P obtiveram menores coeficientes de determinação, respectivamente: 0,142 e 0,139.

Gráfico 2 – Regressão linear simples entre termociclagem e



Fonte: Autor, 2022

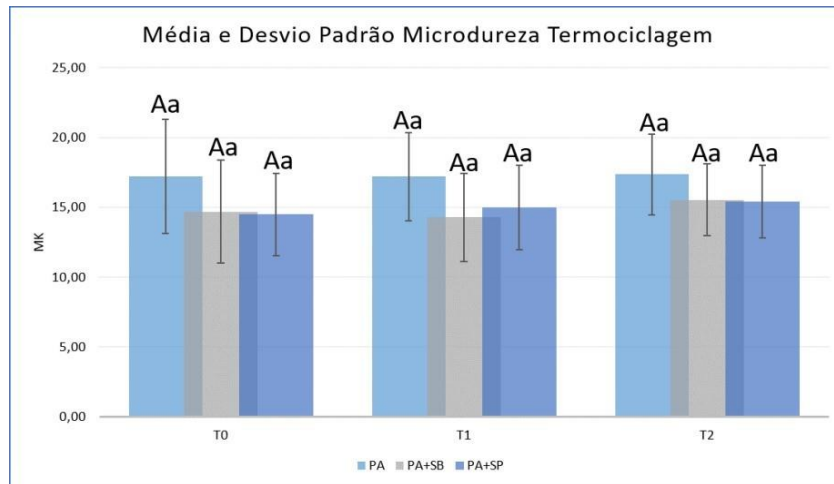
De acordo com a análise de variância ANOVA, a termociclagem e os tratamentos de superfície não afetaram significativamente a MK ($p > 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3 – ANOVA 2 fatores para MK após termociclagem

Source	tempo	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Termociclagem	Linear	8,170	1	8,170	4,106	,053
	Quadratic	2,445	1	2,445	3,378	,077
Termociclagem * Polimento	Linear	2,931	2	1,466	,737	,488
	Quadratic	4,165	2	2,083	2,877	,074
Error(tempo)	Linear	53,721	27	1,990		
	Quadratic	19,547	27	,724		

Fonte: Autor, 2022

Gráfico 3 - Média e Desvio Padrão da MK após termociclagem*. ($P<0,05$)

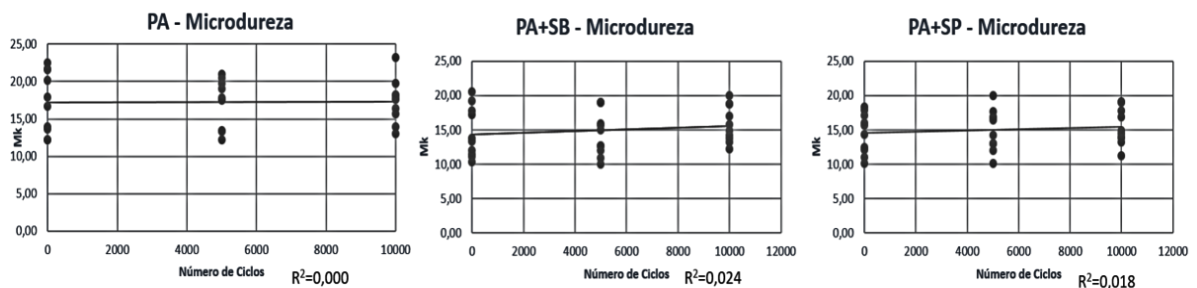


*Diferentes letras maiúsculas significam diferença estatística dos diferentes tratamentos de superfície dentro do mesmo período. Diferentes letras minúsculas significam diferença estatística do mesmo tratamento de superfície em diferentes períodos ($P<0,05$).

Fonte: Autor, 2022

De acordo com a análise de regressão linear simples (Gráfico 4), não houve correlação entre termociclagem e MK. Todos os grupos apresentaram coeficientes de determinação (R^2) próximos ou iguais a zero.

Gráfico 4 – Regressão linear simples entre termociclagem e MK



Fonte: Autor, 2022

4.2 Resultados após Desafio Erosivo

De acordo com a análise de variância ANOVA, o desafio erosivo e os tratamentos de

superfície afetaram significativamente a Ra ($p < 0,05$) (Tabela 4).

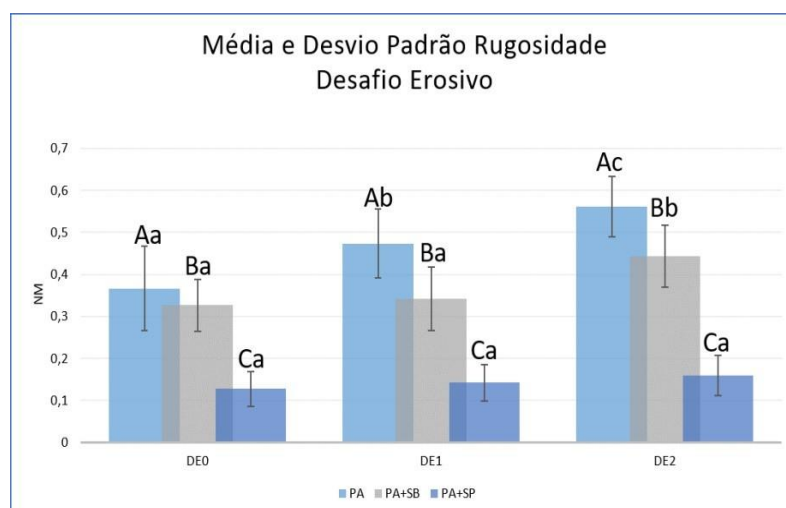
Tabela 4 – ANOVA 2 fatores para Ra após desafio erosivo

Source	TEMPO	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Desafioerosivo	Linear	,185	1	,185	108,529	,000
	Quadratic	,004	1	,004	4,217	,050
Desafioerosivo * Polimento	Linear	,059	2	,029	17,190	,000
	Quadratic	,009	2	,005	5,482	,010
Error(TEMPO)	Linear	,046	27	,002		
	Quadratic	,023	27	,001		

Fonte: Autor, 2022

Houve aumento significativo da Ra no grupo P_A em todos os períodos e após DE₂ no grupo P_A+S_B ($p < 0,05$). Não ocorreu alteração significativa da Ra no grupo P_A+S_P nos diferentes períodos de análise ($p > 0,05$). Os três grupos diferiram estatisticamente entre si nos três períodos ($p < 0,05$), sendo classificados em ordem crescente de rugosidade em P_A+S_P < P_A+S_B < P_A.

Gráfico 5 - Média e Desvio Padrão da RA (nm) após desafio erosivo*. ($P < 0,05$)

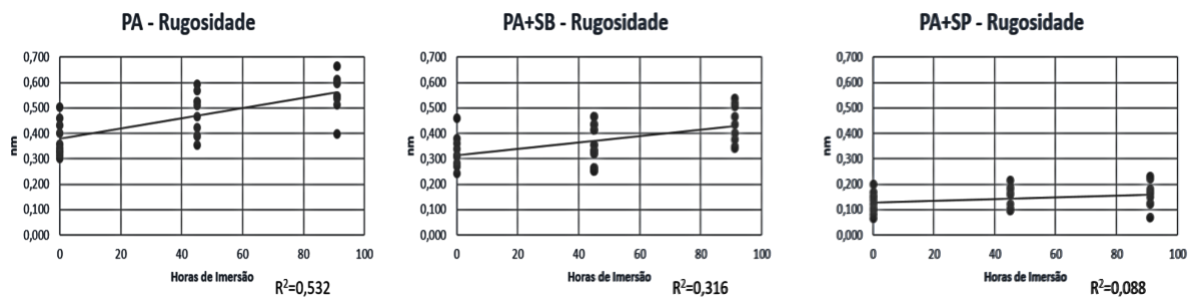


*Diferentes letras maiúsculas significam diferença estatística dos diferentes tratamentos de superfície dentro do mesmo período. Diferentes letras minúsculas significam diferença estatística do mesmo tratamento de superfície em diferentes períodos ($P < 0,05$).

Fonte: Autor, 2022

De acordo com a análise de regressão linear simples (Gráfico 6), os grupos P_A e P_A+S_B apresentaram tendência linear crescente, ou seja, a R_a aumentou no decorrer do desafio erosivo. Obtiveram coeficientes de determinação (R^2), respectivamente: 0,532 e 0,316. Já o grupo P_A+S_P , além de apresentar os menores valores de coeficientes de determinação ($R^2=0,088$), se manteve estável no decorrer dos períodos de análises.

Gráfico 6 - Regressão linear simples entre desafio erosivo e R_a



Fonte: Autor, 2022

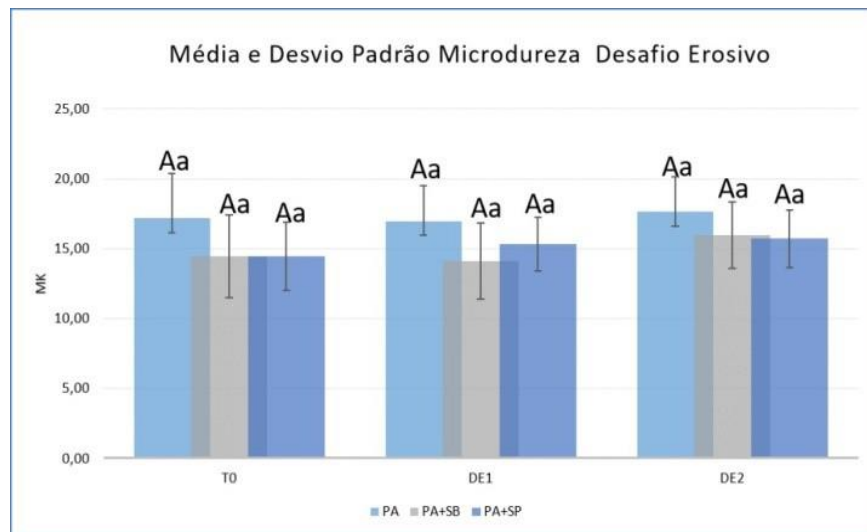
De acordo com a análise de variância ANOVA, o desafio erosivo e os tratamentos de superfície (P_A ; P_A+S_B e P_A+S_P) não afetaram significativamente a MK ($p>0,05$) (Tabela 5).

Tabela 5— ANOVA 2 fatores para MK após desafio erosivo

Source	Tempo	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Desafioerosivo	Linear	17,648	1	17,648	8,735	,076
	Quadratic	11,249	27	,417		
	Quadratic	3,687	1	3,687	8,849	,076
Desafioerosivo *	Linear	3,079	2	1,539	,762	,477
	Quadratic	5,805	2	2,902	6,966	,004
Error(Tempo)	Linear	54,549	27	2,020		

Fonte: Autor, 2022

Gráfico 7 - Média e Desvio Padrão da MK após desafio erosivo*. ($P<0,05$)

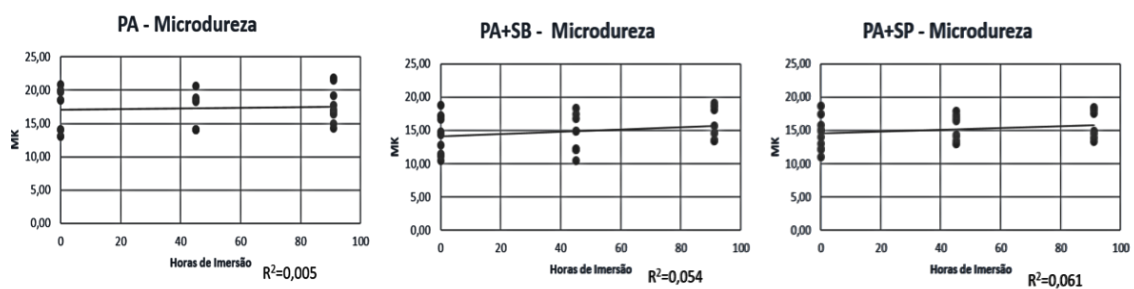


*Diferentes letras maiúsculas significam diferença estatística dos diferentes tratamentos de superfície dentro do mesmo período. Diferentes letras minúsculas significam diferença estatística do mesmo tratamento de superfície em diferentes períodos ($P<0,05$).

Fonte: Autor, 2022

De acordo com a análise de regressão linear simples, não houve correlação entre desafio erosivo e MK. Todos os grupos apresentaram coeficientes de determinação (R^2) próximos a zero.

GRÁFICO 8 - Regressão linear simples entre desafio erosivo e MK



Fonte: Autor, 2022

5 DISCUSSÃO

Os selantes de superfície foram desenvolvidos para preservar ou melhorar as propriedades mecânicas e estéticas dos materiais restauradores,^{15, 16, (20-23)} sua aplicação após a etapa de polimento é indicada para aumentar a longevidade das restaurações.²⁴ No presente estudo, foi observado efeito positivo da aplicação dos selantes sobre a rugosidade de superfície do polímero de PMMA para CAD/CAM submetidos aos envelhecimentos. Desse modo, a hipótese nula de que nenhum dos selantes de superfície promoveria alterações nas características físicas e mecânicas do polímero de PMMA para CAD/CAM foi negada.

Os selantes de superfície são materiais feitos de resinas fluídas, com pouca ou nenhuma carga, com a capacidade de preencher as irregularidades (microfissuras e microdefeitos) e, conseqüentemente, promover melhor lisura de superfície.^{23, 25-29} O que justifica os menores valores de Ra obtidos nos grupos que receberam selante de superfície em comparação com os grupos polidos apenas com borrachas, independente do envelhecimento. No entanto, mesmo nos grupos que receberam selante Biscover LV, houve aumento significativo ($p < 0.05$) após 10.000 ciclos de termociclagem e 91 horas de desafio erosivo e no grupo $P_A + S_P$ após T_2 em comparação com o período inicial (T_0). Tal aumento de Ra pode estar relacionado ao espalhamento irregular do selante sobre a superfície,^{16,27,29} fraca retenção ao material subjacente¹⁶ e polimerização incompleta do selante, que podem provocar microfissuras e ocasionarem o deslocamento de áreas de selante ao longo do tempo.³⁶ Ainda, a variação de temperatura durante a termociclagem, pode contrair e expandir o camada de selante, induzindo microfissuras e o descascamento de partículas de superfície não aderidas.²⁶

Houve diferença estatisticamente significativa nos valores de Ra entre os selantes utilizados, sendo o selante S_P apresentando os menores valores durante os três períodos de análise. O selante S_P foi o único que conseguiu valores inferiores a $0,2 \mu m$ em todos os períodos, valores superiores $0,2 \mu m$ podem resultar em maior acúmulo de placa bacteriana e aumento da prevalência de doenças periodontais e lesões cariosas.²³ Tais diferenças observadas podem ser devido às diferenças na composição dos dois selantes, sendo que a composição do selante determina a viscosidade, taxas de fluxo e penetração do material^{28,30,31} e, portanto, pode influenciar na qualidade e durabilidade do selante. Além

disso, a diferença do tempo de polimerização dos materiais também pode influenciar nas propriedades físico/químicas dos selantes.²⁶

Outra importante análise do material restaurador é a microdureza de superfície, tendo grande influência no comportamento mecânico,^{15,32} principalmente, em áreas que necessitam de alta resistência mecânica, já que a redução da dureza da superfície pode tornar o material mais suscetível à deformação.^{23,33} O polimento da restauração pode afetar sua dureza superficial,²³ no entanto, no presente estudo, os tratamentos de superfícies e envelhecimento não afetaram significativamente a microdureza. Destacamos que embora não seja estatisticamente significativo, a aplicação dos selantes (Biscover LV e Palaseal) resultou em menores valores de MK em todos os períodos de análises em comparação os grupos polidos apenas com pontas de borracha. As diferenças observadas podem ser devido a camada de selantes sobre a superfície ter baixo conteúdo de cargas, que pode resultar em menor MK.³¹

O desafio erosivo teve efeito negativo na análise de Ra. A imersão em HCl foi utilizada para simular o efeito do suco gástrico sobre os materiais.⁹ Assim, materiais à base de polímeros quando expostos a solução ácida causam uma mudança nas ligações de éster na matriz da resina, levando uma hidrólise do metacrilato³⁴, e causando uma redução nas propriedades estruturais.^{35,36} De acordo com os resultados do presente estudo, a utilização de selantes de superfície pareceu favorecer a manutenção dos valores de Ra nos grupos que receberam selantes de superfície após desafio erosivo. No estudo de Guedes et al.¹⁵ também foi observado melhora significativa nas propriedades de superfície dos materiais de resina composta, quando submetidas à aplicação de selantes de superfície, principalmente, quando levadas a situações de baixos pH, simulados por bebidas ácidas.

Por se tratar de um estudo *in vitro*, algumas limitações são encontradas, principalmente para a comparação destas restaurações provisórias com a realidade clínica. Desse modo, estudos que verificassem a influência dos selantes de superfície de polímeros de PMMA para CAD/CAM em ambientes mais similares com a cavidade bucal, especialmente em circunstâncias ácidas, seriam de grande valia para melhor compreensão do comportamento físico-mecânico do material. Para seleção do melhor tratamento de superfície para esses materiais, estudos clínicos de longo prazo são necessários.

6 CONCLUSÃO

Dentro das limitações deste estudo podemos concluir que:

- Os selantes de superfície foram capazes de preservar a rugosidade de superfície de polímero de PMMA para CAD/CAM submetidos a termociclagem ou desafio erosivo.
- A termociclagem e o desafio erosivo influenciaram negativamente na análise de rugosidade de polímero de PMMA para CAD/CAM.
- Quanto a análise de dureza, não houve influência significativa dos tratamentos de superfície e envelhecimentos.

REFERÊNCIAS

1. Peñate L, Basilio J, Roig M, Mercadé M. Comparative study of interim materials for direct fixed dental prostheses and their fabrication with CAD/CAM technique. **J Prosthet Dent.** 2015;114(2):248-53. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.12.023.
2. Thompson GA, Luo Q. Contribution of post polymerization conditioning and storage environments to the mechanical properties of three interim restorative materials. **JProsthet Dent.** 2014;112(3):638-48. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.04.008.
3. Beuer F, Aggstaller H, Richter J, Edelhoff D, Gernet W. Influence of preparation angle on marginal and internal fit of CAD/CAM-fabricated zirconia crown copings. **Quintessence Int.** 2009;40(3):243-50.
4. Kelvin Khng KY, Ettinger RL, Armstrong SR, Lindquist T, Gratton DG, Qian F. In vitro evaluation of the marginal integrity of CAD/CAM interim crowns. **J Prosthet Dent.** 2016;115(5):617-23. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.10.002. Epub 2016 Jan 7.
5. Liebermann A, Wimmer T, Schmidlin PR, Scherer H, Löffler P, Roos M, Stawarczyk B. Physico mechanical characterization of polyether etherket one and current esthetic dental CAD/CAM polymers after aging in different storage media. **J Prosthet Dent.** 2016;115(3):321-8.e2. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.09.004
6. Elagra MI, Rayyan MR, Alhomaiddhi MM, Alanazy AA, Alnefaie MO. Color stability and marginal integrity of interim crowns: An in vitro study. **Eur J Dent.** 2017;11(3):330-334. doi: 10.4103/ejd.ejd_66_17.

7. Alp G, Murat S, Yilmaz B. Comparison of Flexural Strength of Different CAD/CAM PMMA-Based Polymers. **J Prosthodont**. 2019;28(2):e491-e495. doi: 10.1111/jopr.12755.

8. Stawarczyk B, Liebermann A, Eichberger M, Güth JF. Evaluation of mechanical and optical behavior of current esthetic dental restorative CAD/CAM composites. **J Mech Behav Biomed Mater**. 2015;55:1-11. doi: 10.1016/j.jmbbm.2015.10.004.

9. Takamizawa T, Barkmeier WW, Tsujimoto A, Scheidel D, Erickson RL, Latta MA, Miyazaki M. Mechanical Properties and Simulated Wear of Provisional Resin Materials. **Oper Dent**. 2015 Nov-Dec;40(6):603-13. doi: 10.2341/14-132L.1.

10. Yao J, Li J, Wang Y, Huang H. Comparison of the flexural strength and marginal accuracy of traditional and CAD/CAM interim materials before and after thermal cycling. **J Prosthet Dent**. 2014;112(3):649-57. doi:10.1016/j.prosdent.2014.01.012.

11. Sulaiman TA, Abdulmajeed AA, Shahramian K, Hupa L, Donovan TE, Vallittu P, Närhi TO. Impact of gastric acidic challenge on surface topography and optical properties of monolithic zirconia. **Dent Mater**. 2015;31(12):1445-52. doi: 10.1016/j.dental.2015.09.010.

12. Alnasser M, Finkelman M, Papathanasiou A, Suzuki M, Ghaffari R, Ali A. Effect of acidic pH on surface roughness of esthetic dental materials. **J Prosthet Dent**. 2019;122(6):567.e1-567.e8. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.08.022.

13. Harryparsad A, Dullabh H, Sykes L, Herbst D. The effects of hydrochloric acid on all-ceramic restorative materials: an in-vitro study. **SAD J.** 2014;69(3):106-11.

14. Backer AD, Münchow EA, Eckert GJ, Hara AT, Platt JA, Bottino MC. Effects of Simulated Gastric Juice on CAD/CAM Resin Composites -Morphological and Mechanical Evaluations. **J Prosthodont.** 2017 Jul;26(5):424-431. doi: 10.1111/jopr.12420.

15. Guedes APA, Oliveira-Reis B, Catelan A, Suzuki TYU, Briso ALF, Santos PHD. Mechanical and surface properties analysis of restorative materials submitted to erosive challenges in situ. **Eur J Dent.** 2018;12(4):559-565. doi: 10.4103/ejd.ejd_188_18.

16. Köroğlu A, Sahin O, Dede DÖ, Yilmaz B. Effect of different surface treatment methods on the surface roughness and color stability of interim prosthodontic materials. **J Prosthet Dent.** 2016;115(4):447-55. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.10.005.

17. Mickeviciute E, Ivanauskiene E, Noreikiene V. In vitro color and roughness stability of different temporary restorative materials. **Stomatologija.** 2016;18(2):66-72. PMID: 27649722.

18. Ergün G, Mutlu-Sagesen L, Ozkan Y, Demirel E. In vitro color stability of provisional crown and bridge restoration materials. **Dent Mater J.** 2005;24(3):342-50. doi: 10.4012/dmj.24.342.

19. Nejatidanesh F, Momeni G, Savabi O. Flexural strength of interim resin materials for fixed prosthodontics. **J Prosthodont.** 2009;18(6):507-11. doi:10.1111/j.1532-849X.2009.00473.x.

20. Ruschel VC, Bona VS, Baratieri LN, Maia HP. Effect of Surface Sealants and Polishing Time on Composite Surface Roughness and Microhardness. **Oper Dent.** 2018;43(4):408-415. doi: 10.2341/17-048-L. Epub 2018 Apr 9.

21. Dayrell A, Takahashi J, Valverde G, Consani R, Ambrosano G, Mesquita M. Effect of sealer coating on mechanical and physical properties of permanent soft lining materials. **Gerodontology.** 2012;29(2):e401-7. doi: 10.1111/j.17412358.2011.00487.x.

22. Köroğlu A, Şahin O, Dede DÖ, Deniz ŞT, KaracanSever N, Özkan S. Efficacy of denture cleaners on the surface roughness and Candida albicans adherence of sealant agent coupled denture base materials. **Dent Mater J.** 2016;35(5):810816. doi: 10.4012/dmj.2016-103.

23. Gurbuz O, Cilingir A, Dikmen B, Ozsoy A, MertEren M. Effect of surface sealant on the surface roughness of different composites and evaluation of their microhardness. **Eur Oral Res.** 2020;54(1):1-8. doi: 10.26650/eor.20200020.

24. dos Santos PH, Pavan S, Consani S, Sobrinho LC, Sinhoreti MA, Filho JN. In vitro evaluation of surface roughness of 4 resin composites after the tooth brushing process and method store cover superficial smoothness. **Quintessence Int.** 2007;38(5):e247-53.

25. Bertrand MF, Leforestier E, Muller M, Lupi-Pégurier L, Bolla M. Effect of surface penetrating sealant on surface texture and microhardness of composite resins. **J Biomed Mater Res.** 2000;53(6):658-63. doi:10.1002/1097-4636(2000)53:6<658::aid jbm7>3.0.co;2-o.

26. Dede DÖ, Şahin O, Koroglu A, Yilmaz B. Effect of sealant agents on the color stability and surface roughness of nanohybrid composite resins. **J Prosthet Dent.** 2016;116(1):119-128. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.11.024.

27. Şahin O, Dede DÖ, Köroğlu A, Yılmaz B. Influence of surface sealant agents on the surface roughness and color stability of artificial teeth. **J Prosthet Dent.** 2015;114(1):130-7. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.02.009.

28. Yao Q, Morton D, Eckert GJ, Lin WS. The effect of surface treatments on the color stability of CAD-CAM interim fixed dental prostheses. **J Prosthet Dent.** 2021;126(2):248-253. doi: 10.1016/j.prosdent.2020.05.017.

29. Sahin O, Koroglu A, Dede DÖ, Yilmaz B. Effect of surface sealant agents on the surface roughness and color stability of denture base materials. **J Prosthet Dent.** 2016;116(4):610-616. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.03.007.

30. Choi JJE, Uy CE, Ramani RS, Waddell JN. Evaluation of surface roughness, hardness and elastic modulus of nanoparticle containing light-polymerized denture glaze materials. **J Mech Behav Biomed Mater.** 2020;103:103601. doi: 10.1016/j.jmbbm.2019.103601.

31. Çakmak G, Subaşı MG, Yılmaz B. Effect of thermocycling on the surface properties of resin-matrix CAD-CAM ceramics after different surface treatments. **J Mech Behav Biomed Mater.** 2021;117:104401. doi: 10.1016/j.jmbbm.2021.104401.
32. Kakaboura A, Rahiotis C, Zinelis S, Al-Dhamadi YA, Silikas N, Watts DC. In vitro characterization of two laboratory-processed resin composites. **Dent Mater.** 2003;19(5):393-8. doi: 10.1016/s0109-5641(02)00082-9.