



CATOLICA
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA

VISEU

ANÁLISE DA RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE DE RESINAS DE PROVISÓRIOS EM PRÓTESE FIXA

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa
para obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Por:
Miguel Borges Pina Tavares Santos

Viseu, 2025



CATÓLICA
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA

VISEU

ANÁLISE DA RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE DE RESINAS DE PROVISÓRIOS EM PRÓTESE FIXA

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa
para obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Por:

Miguel Borges Pina Tavares Santos

Orientador: Professora Doutora Helena Salgado

Coorientador: Professora Doutora Patrícia Fonseca

Coorientador: Professor Doutor Carlos Fernandes

Viseu, 2025

Membros do Júri das Provas Públicas

Presidente: Professora Doutora Raquel Silva

Universidade Católica Portuguesa, Faculdade de Medicina Dentária, Centro de Investigação Interdisciplinar em Saúde (CIIS), Viseu, Portugal

Arguente: Professora Doutora Margarida Quezada

Instituto Politécnico de Portalegre, Portalegre, Portugal

Orientador: Professora Doutora Helena Salgado

Universidade Católica Portuguesa, Faculdade de Medicina Dentária, Centro de Investigação Interdisciplinar em Saúde (CIIS), Viseu, Portugal

Data das provas públicas: 09 / 07 / 2025

Classificação: 18 valores

Part of the journey is the end.

- Tony Stark

AGRADECIMENTOS

À minha maninha, que é a melhor irmã do mundo, a minha melhor amiga, com quem passo os melhores momentos e que me ajuda em tudo.

Aos meus pais, por estarem sempre presentes, serem um apoio constante e por me terem ensinado tudo na minha vida.

À minha Vovó Alice, que cuidou sempre de mim. Uma estrelinha, que me faz tanta falta, mas está sempre no meu coração.

Aos meus avós, por sempre me acompanharem na minha vida e me apoiarem em tudo.

À minha orientadora, Professora Doutora Helena Salgado, pela orientação exemplar prestada, pela sua generosidade, disponibilidade permanente, ajuda e apoio que sempre demonstrou. Pela sua exigência e confiança que depositou em mim desde o primeiro momento. Por todo o conhecimento que adquiri ao longo do meu percurso.

À minha coorientadora, Professora Doutora Patrícia Fonseca, por todo o apoio prestado e por toda a aprendizagem que adquiri ao longo do meu percurso académico.

Ao Laboratório de Tribologia da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), no nome do **Professor Doutor Carlos Fernandes** por toda a colaboração nesta investigação.

À professora Cláudia Lourinho e ao professor Doutor Tiago Marques por toda a ajuda prestada na elaboração deste projeto.

Aos meus amigos, por me terem acompanhado neste percurso e a quem agradeço por cada momento que passámos juntos.

A todos os professores da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade Católica Portuguesa de Viseu que me acompanharam no meu percurso académico.

A toda a Faculdade de Medicina Dentária da Universidade Católica Portuguesa de Viseu, por ser a minha segunda casa nestes anos.

RESUMO

INTRODUÇÃO: Durante o tratamento protético, as restaurações provisórias desempenham um papel fundamental, permitindo avaliar a estética, a função e o conforto antes da colocação das próteses definitivas. As resinas utilizadas nos provisórios podem ser acrílicas como o polimetilmetacrilato (PMMA), bis-acrílicas ou as novas resinas CAD/CAM (de fresagem ou de impressão 3D). A rugosidade média (Ra) da superfície das restaurações provisórias é uma propriedade física importante, pois influencia a adesão e a acumulação de placa microbiana. Superfícies mais rugosas têm uma maior propensão à formação de biofilme, o que pode resultar em inflamação nos tecidos gengivais e desenvolvimento de cáries nos dentes pilares. O principal objetivo deste estudo laboratorial é determinar a Ra de diferentes tipos de resina utilizados na confecção de provisórios em prótese fixa.

MATERIAIS E MÉTODOS: Foram confeccionados 20 provetes quadrangulares, 5 de cada tipo de resina (PMMA (*Tab 2000*, *Kerr®*, Suíça), resina bis-acrílica (*Structur 3*, *VOCO®*, Alemanha), resina de fresagem (*Structur CAD*, *VOCO®*, Alemanha) e resina de impressão 3D (*Dental Sand*, *Harz Labs*, Rússia)). Os 20 provetes de dimensões padronizadas (20x20x2mm) foram submetidos ao mesmo protocolo de polimento, utilizando discos 3M™ *Sof-Lex™*. A Ra foi avaliada em 6 locais distintos dos provetes com um perfilômetro de contacto e a média foi registada. Os dados obtidos foram sujeitos a análise estatística descritiva e inferencial para um limiar de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS: Os valores mais baixos de Ra foram registados na resina de fresagem ($0,303\mu\text{m}$) e os mais elevados na resina bis-acrílica ($0,686\mu\text{m}$), com diferenças estatisticamente significativas ($p=0,000$). Diferenças com significância estatística foram também encontradas entre a resina de fresagem e a de impressão 3D ($p=0,004$) e entre a resina acrílica e a bis-acrílica ($p=0,011$). Por outro lado, a resina impressa e a bis-acrílica ($p=0,183$), assim como a fresada e o PMMA ($p=0,087$) e o PMMA comparativamente com a impressa ($p=1$) não diferem entre si de forma significativa.

CONCLUSÃO: Pelo seu valor de rugosidade mais baixo, podemos considerar que a resina de fresagem é uma boa opção clínica para provisórios de longa duração. Apesar de ser necessário mais evidência científica, pelos

resultados obtidos, a utilização de resina bis-acrílica é desaconselhada neste tipo de restauração fixa provisória.

PALAVRAS-CHAVE: Prótese, Parcial, Fixa; Prótese, Parcial, Provisória; Desenho assistido por computador; Propriedades de superfície

ABSTRACT

INTRODUCTION: During prosthetic treatment, provisional restorations play a fundamental role, allowing aesthetics, function and comfort to be assessed before the definitive prostheses are fitted. The resins used in provisionals can be acrylics such as polymethylmethacrylate (PMMA), bis-acrylic resins or the new CAD/CAM resins (milling or 3D printing). The average roughness (Ra) of the surface of provisional restorations is an important physical property, as it influences adhesion and the accumulation of microbial plaque. Rougher surfaces are more prone to biofilm formation, which can result in inflammation in the gingival tissues and the development of caries in the abutment teeth. The main objective of this laboratory study was to determine the Ra of different types of resin used to make provisional fixed prostheses.

METHODOLOGY: Twenty square specimens were made, 5 of each type of resin (PMMA (*Tab 2000*, Kerr®, Switzerland), bis-acrylic resin (*Structur 3*, VOCO®, Germany), milling resin (*Structur CAD*, VOCO®, Germany) and 3D printing resin (*Dental Sand*, Harz Labs, Russia)). The 20 standardized specimens (20x20x2mm) were subjected to the same polishing protocol using 3M™ Sof-Lex™ discs. The Ra was assessed at 6 different locations on the specimens with a contact profilometer and the mean was recorded. The data obtained was subjected to descriptive and inferential statistical analysis at a significance threshold of $p < 0.05$.

RESULTS: The lowest Ra values were recorded in the milling resin ($0.303\mu\text{m}$) and the highest in the bis-acrylic resin ($0.686\mu\text{m}$), with statistically significant differences ($p=0.000$). Statistically significant differences were also found between milling and 3D printing resins ($p=0.004$) and between acrylic and bis-acrylic resins ($p=0.011$). On the other hand, the printed and bis-acrylic resins ($p=0.183$), as well as the milled and PMMA ($p=0.087$) and the PMMA compared to the printed resin ($p=1$) did not differ significantly.

CONCLUSION: Due to its lower average roughness value, we can consider milling resin to be a good clinical option for long-term provisionals. Although more scientific evidence is needed, based on the results obtained, the use of bis-acrylic resin is not recommended for this type of provisional fixed restoration.

KEYWORDS: Denture, Partial, Fixed; Denture, Partial, Temporary;
Computer-Aided Design, Surface Properties

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE TABELAS	XIX
LISTA DE ACRÓNIMOS, SIGLAS e ABREVIATURAS	XXI
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Reabilitação Oral.....	3
1.2. Provisionalização	4
1.3. Técnicas de Confeção de Provisórios.....	5
1.4. Tipos de Resinas de Provisórios.....	6
1.5. Tecnologia CAD/CAM	7
1.6. Rugosidade de Superfície	9
1.6.1. Medição da rugosidade de superfície	10
1.7. Objetivos do estudo	10
2. MATERIAIS E MÉTODOS	13
2.1. Desenho do estudo	15
2.2. Amostra.....	15
2.3. Protocolo experimental	16
2.3.1. Provetes de resinas acrílica e bis-acrílica (resinas convencionais)	16
2.3.2. Provetes de resinas CAD/CAM.....	17
2.3.3. Verificação da qualidade dos provetes	21
2.3.4. Polimento	21
2.3.5. Medição da Ra.....	23
3. RESULTADOS	25
3.1. Estatística descritiva	27
3.2. Estatística inferencial	29

4. DISCUSSÃO	31
4.1. Análise crítica ao estudo desenvolvido	35
4.2. Limitações deste estudo	36
4.3. Trabalhos de investigação futuros	36
5. CONCLUSÃO	39
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Resinas utilizadas no estudo: (A) resina de PMMA; (B) resina bis-acrílica; (C) resina de fresagem; (D) resina de impressão 3D.....	15
Figura 2 – Desenho virtual do molde para os provetes de resinas acrílica e bis-acrílica.....	16
Figura 3 – Molde para os provetes de resinas acrílica e bis-acrílica impresso.....	16
Figura 4 – Confeção dos provetes de resinas convencionais	17
Figura 5 – Desenho virtual do provete.....	17
Figura 6 – Fresadora (VHF K5, Alemanha).....	18
Figura 7 – Desenho virtual dos provetes da resina de fresagem.....	18
Figura 8 – Disco de resina inserido na fresadora no final do processo de fresagem	18
Figura 9 – Provetes de resina de fresagem.....	18
Figura 10 – Impressora 3D (Phrozen Sonic Mini 8K, Phrozen, Taiwan).....	19
Figura 11 – Resina de impressão 3D depositada no tanque de impressão. ...	19
Figura 12 – Provetes aderidos à plataforma elevatória da impressora no final do processo de impressão.	19
Figura 13 – Aparelho de processamento pós-impressão	20
Figura 14 – Provetes: (A) resina bis-acrílica; (B) resina de PMMA; (C) resina de fresagem; (D) resina de impressão 3D.....	21
Figura 15 – Discos de polimento (Sof-Lex™) e sequência de utilização.	22
Figura 16 – Polimento dos provetes.	22
Figura 17 – Medição da rugosidade de superfície utilizando um perfilómetro de contacto.....	23
Figura 18 – Boxplot do teste de Kruskal-Wallis.	28

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Estatística descritiva dos dados para o parâmetro Ra, com um limiar de significância estatística de $p < 0,05$	27
Tabela 2 – Testes de normalidade.....	29
Tabela 3 – Comparação dos valores de Ra das resinas em estudo – Teste Kruskal-Wallis com correção de Bonferroni.....	30

LISTA DE ACRÓNIMOS, SIGLAS e ABREVIATURAS

3D – Tridimensional

CAD/CAM – *Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing*

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

mm – Milímetro

nm – Nanómetro

PEMA – Polietilmetacrilato

PMMA – Polimetilmetacrilato

Ra – Rugosidade média

rpm – Rotações por minuto

STL – *Standard Tessellation Language*

µm – Micrómetro

1. INTRODUÇÃO

1.1. Reabilitação Oral

As consequências da perda dentária são diversas. Primeiramente, podem ficar afetadas funções importantes como a mastigação e a fala, mas o comprometimento estético pode condicionar o sorriso e a componente social dos pacientes, interferindo diretamente na sua qualidade de vida. (1)

Segundo o Glossário de Termos Prostodônticos, Prostodontia é a vertente da Medicina Dentária responsável pelo diagnóstico, plano de tratamento, reabilitação e manutenção da função na cavidade oral, conforto, aparência e saúde dos pacientes com condições associadas a perdas dentárias ou dentes com uma estrutura deficiente, utilizando substitutos biocompatíveis. (2)

A Prostodontia pode ser subdividida em Removível e Fixa. As próteses removíveis, que podem ser acrílicas ou esqueléticas, são como o seu próprio nome indica dispositivos protéticos que podem ser removidos da cavidade oral pelo paciente, para procedimentos de higiene e manutenção enquanto a prótese fixa engloba os dispositivos protéticos, que vão substituir os dentes perdidos ou danificados e que são colocados de forma que apenas possam ser removidos em âmbito clínico. (1)

A prótese fixa pode transformar uma dentição com função deficiente numa oclusão estável e saudável, melhorando significativamente a estética. (3) O tratamento protético pode ir desde a restauração de um único dente com uma coroa, à substituição de um ou mais dentes em falta com uma prótese dentária fixa, uma prótese suportada por implantes ou até reabilitações complexas envolvendo todos os dentes de uma arcada ou toda a dentição. (3)

Uma coroa, segundo o Glossário de Termos Prostodônticos, é um substituto artificial que restaura a estrutura dentária em falta, revestindo parte ou a totalidade da estrutura remanescente da coroa clínica do dente e é fixada de forma permanente. (2) Esta deve reproduzir a morfologia e os contornos das porções coronais danificadas de um dente, permitindo-lhe desempenhar a sua função. As restaurações intracoronárias são aquelas que se encaixam nos contornos anatómicos da coroa clínica de um dente como os *inlays* e os *onlays*. Outro tipo de tratamento protético fixo que tem ganho bastante popularidade nos últimos anos são as facetas em cerâmica, que são utilizadas em dentes

anteriores e que garantem uma estética melhorada ao nível da cor e da forma anatómica dos dentes. (4)

1.2. Provisionalização

A provisonalização é uma das fases do tratamento em prótese fixa e tem uma elevada importância pois são os provisórios que se vão manter em boca até à prótese definitiva. (3) Isto não implica uma utilização expectável a curto prazo pois, por vezes, têm de permanecer na cavidade oral durante períodos prolongados como, por exemplo, durante o estabelecimento do equilíbrio oclusal ou de uma nova dimensão vertical de oclusão, assim como na formação do contorno gengival em torno dos dentes e no restabelecimento dos tecidos moles após uma cirurgia periodontal. Em todos estes cenários, as restaurações provisórias desempenham um importante papel, uma vez que permitem ao paciente avaliar o conforto, a função e a aparência antes da colocação das restaurações definitivas. (5)

Por estes motivos, as restaurações provisórias têm de ter requisitos que permitam que estas se mantenham por um tempo prolongado na cavidade oral, ou seja, estas devem cumprir requisitos biológicos, mecânicos e estéticos. (3)

Em relação aos requisitos biológicos, as restaurações provisórias devem fazer uma proteção pulpar, selando e isolando o dente preparado para prevenir a sensibilidade, lesões de cárie e irritação da polpa. (3) Estas devem ser fabricadas com um material que impeça a condução de temperaturas extremas para proteger a polpa dentária. (4) Também a manutenção da saúde periodontal é muito importante. Assim, as restaurações provisórias devem ter um bom ajuste marginal, com contornos adequados e superfícies polidas para poder haver um bom controlo da adesão de placa microbiana e uma consequente preservação da saúde gengival. Para além disso, os provisórios devem manter a estabilidade oclusal e a posição dos dentes na arcada. (3)

Relativamente aos requisitos mecânicos, os provisórios têm de resistir às elevadas forças exercidas durante a função, uma vez que estas elevadas tensões podem provocar fraturas das restaurações. Para além disso, devem resistir aquando da sua remoção, devendo estar íntegros e sem danos para, se necessário, poderem ser reutilizados em consultas seguintes. (3, 4)

Por fim, no que diz respeito aos requisitos estéticos, as restaurações provisórias devem ter atributos específicos como o contorno, a cor, a translucidez e a textura que permitam criar uma boa estética para o paciente. Os provisórios são importantes para se obter o *feedback* por parte dos pacientes acerca do seu aspeto e estética. Um provisório com uma estética correta serve de guia para a confecção da restauração definitiva. (3)

Desta forma, podemos considerar que as propriedades ideais das resinas utilizadas nas restaurações provisórias são: terem um tempo de trabalho adequado, um tempo de presa rápido, serem fáceis de manusear, serem biocompatíveis e não alergénicas, manterem a estabilidade dimensional durante a polimerização, permitirem um bom polimento, facilidade de reparação, possuírem resistência à compressão e abrasão e terem uma boa estética. (3, 6)

1.3. Técnicas de Confeção de Provisórios

Existem duas técnicas principais para a confecção das restaurações provisórias: indireta que requer uma impressão dos dentes preparados sendo as restaurações provisórias fabricadas fora da cavidade oral em laboratório e a direta que é feita intraoralmente. Ainda existe uma terceira técnica que conjuga as outras duas de forma sequencial. Todos estes procedimentos podem ser feitos da maneira convencional ou digital. (3)

Relativamente à técnica direta, esta pode ser feita utilizando coroas pré-formadas que necessitam normalmente de serem rebasadas para ajuste à estrutura dentária e à margem cervical. É escolhida uma coroa com uma largura mesial/distal apropriada para obter um ponto de contacto com os dentes adjacentes. Depois disso, o dente é vaselinado e deposita-se dentro da coroa pré-formada uma resina acrílica, colocando-se a coroa de seguida no dente. Por fim, removem-se os excessos e faz-se o polimento do provisório. (7) Para além desta técnica, também se pode usar uma matriz em silicone do dente ou dentes que vão ser preparados e dos dentes adjacentes. Esta técnica é bastante utilizada, uma vez que é rápida e de baixo custo e permite uma restauração provisória de ajuste perfeito, pois é feita especificamente para o dente preparado. Quando os dentes que vão ser preparados têm uma correta anatomia, a matriz é feita logo inicialmente. Se isto não acontecer pode ser

necessário fazer uma reconstrução do dente previamente à confecção da matriz. Depois da matriz estar feita e do dente estar preparado, o dente é vaselinado e o material usado para o provisório, que pode ser uma resina acrílica ou bis-acrílica, é colocado dentro da matriz e esta colocada em boca. Por fim, removem-se os excessos, verifica-se o ajuste marginal e faz-se o polimento do provisório. (7)

No que diz respeito à técnica indireta, após uma impressão feita em consultório, procede-se à confecção de um enceramento que pode ser manual ou digital. Uma matriz em silicone desse enceramento vai ser posteriormente utilizada para confeccionar o provisório. (8) Uma das técnicas indiretas são os provisórios em casca de ovo que consistem numa fina camada de resina acrílica feita em laboratório a partir do modelo inicial que vai servir de superfície externa do provisório que depois é rebasada diretamente em boca após a preparação dos dentes. Esta técnica pode poupar tempo de cadeira porque a restauração é parcialmente confeccionada antes da consulta de preparação. (4)

A técnica direta tem como vantagens o facto de ser mais rápida, mais fácil de realizar e de não requerer trabalho do laboratório, mas possui algumas desvantagens como a possibilidade de agressão da polpa devido à exotermia da polimerização da resina acrílica. Para além disso, utilizando materiais como o polimetilmetacrilato (PMMA) pode haver libertação de monómero residual que é também fator de irritação pulpar e gengival. Em relação à técnica indireta, possibilita um menor risco de contração de polimerização, havendo também um menor sobreaquecimento. (3) Para além disso, os provisórios confeccionados em laboratório permitem uma estética melhor e uma maior durabilidade em boca pois possuem maior resistência mecânica. No entanto, esta técnica demora mais tempo e acresce custos adicionais. (9)

1.4. Tipos de Resinas de Provisórios

As resinas utilizadas nas restaurações provisórias podem ser divididas em dois grandes grupos com base na sua composição: as resinas acrílicas como o PMMA e o polietilmetacrilato (PEMA) e as resinas bis-acrílicas. (10) Com o surgimento das novas tecnologias como o sistema CAD/CAM (*Computer-Aided*

Design/ Computer-Aided Manufacturing), existem agora dois novos tipos de resinas: de fresagem e de impressão tridimensional (3D). (10)

O PMMA é o material mais utilizado na confecção de restaurações provisórias devido ao seu custo acessível e à sua facilidade de fabrico. (11) Para além disso, tem como vantagens uma boa adaptação marginal, resistência, durabilidade e um bom acabamento/polimento. (4) No entanto, aquando da polimerização sofre contração, há libertação de monómeros livres e por ser uma reação exotérmica existe uma elevada produção de calor. (4) Relativamente ao PEMA, em comparação com o PMMA, este apresenta uma baixa produção de calor e uma baixa contração de polimerização. Porém, a sua superfície é mais rígida, o que provoca uma baixa resistência à fratura. (4)

No que diz respeito às resinas bis-acrílicas, estas demonstraram ser superiores em termos de resistência a danos provocados por solventes alimentares, melhor estética e adaptação marginal em comparação com as resinas de metacrilato. (12) Para além disso, estas apresentam uma menor contração de polimerização. (4, 12) No entanto, estas resinas são mais frágeis e mecanicamente pouco resistentes por isso não devem ser usadas para a confecção de pontes parciais fixas, especialmente na zona posterior. (4)

1.5. Tecnologia CAD/CAM

A tecnologia CAD/CAM permite a realização de restaurações provisórias através de um fluxo de trabalho digital, permitindo que a reabilitação seja efetuada de forma eficiente, proporcionando um tratamento de qualidade aos pacientes. Esta tecnologia permite a partilha e armazenamento digital de dados reduzindo assim o risco de erros no decorrer do tratamento. (13)

No sistema CAD/CAM as restaurações provisórias podem ser fabricadas através de dois métodos. O método subtrativo, no qual ocorre a fresagem de blocos de resina pré-polimerizados e o método aditivo, também conhecido como impressão 3D, no qual o provisório é obtido pela deposição de camadas a partir de um material em pó ou líquido. (14)

As resinas de fresagem surgiram em primeiro lugar. Vários estudos compararam as propriedades físicas e mecânicas destas resinas com as resinas provisórias convencionais e concluíram que estas têm propriedades superiores.

(15-18) Para além disso, os problemas inerentes aos materiais provisórios convencionais à base de PMMA como a elevada contração de polimerização e a libertação de monómeros residuais foram minimizados através da utilização deste tipo de resinas. (10) Maior precisão, boa estabilidade de cor e melhor integridade marginal são referidas como vantagens das resinas de fresagem em relação às resinas convencionais. (11) Também oferecem um melhor desempenho mecânico, uma vez que são polimerizadas sob condições otimizadas de pressão e temperatura, ao contrário dos métodos convencionais. (14) No entanto, o elevado custo da tecnologia de fresagem, o extenso desperdício de material e a utilização de brocas de fresagem muito caras pode limitar a sua aplicação em grande escala. Para além disso, a reprodução limitada dos detalhes da superfície em diferentes desenhos de restauração e o desenvolvimento de microfissuras podem ser inconvenientes à sua utilização. (11) Ainda têm como desvantagens o facto de não ser possível esculpir pormenores mais complexos ou uma geometria mais detalhada, bem como a capacidade de apenas ser possível criar uma unidade de cada vez. (19)

Mais recentemente, surgiram as técnicas aditivas conhecidas como impressão 3D. Existem várias tecnologias de impressão 3D, mas as mais utilizadas em Medicina Dentária incluem a estereolitografia, o processamento digital de luz, a sinterização seletiva a laser e a modelação por deposição fundida. (10) Estas surgiram como uma alternativa ao processo de fresagem, reduzindo o desperdício de material e permitindo o fabrico de várias restaurações dentárias em simultâneo. (11) A utilização de métodos aditivos torna-se vantajosa, uma vez que permite produzir restaurações dentárias complexas de maior precisão em menos tempo. (14) Porém, como são resinas muito recentes ainda não existem muitos estudos acerca das suas propriedades e do seu comportamento na cavidade oral. (20)

Na generalidade, comparativamente às resinas convencionais, as resinas CAD/CAM, nomeadamente as resinas de fresagem, possuem maior resistência ao desgaste, microdureza adequada e maior resistência à fratura, no entanto possuem uma desvantagem que se prende nos elevados custos iniciais na aquisição do equipamento e *software*. (5)

1.6. Rugosidade de Superfície

O comportamento e durabilidade das restaurações provisórias é influenciado pelas propriedades dos materiais utilizados na sua confecção, tais como: resistência à flexão, estabilidade química, microdureza, rugosidade de superfície, estabilidade de cor e resistência ao desgaste. (5)

A rugosidade de superfície dos materiais utilizados na cavidade oral tem um elevado impacto na adesão e retenção dos microrganismos orais. Segundo a literatura, nas superfícies supragengivais, verificou-se que um aumento da rugosidade da superfície resulta numa colonização mais rápida e numa maturação também mais célere do biofilme oral, aumentando assim o risco de infecções periodontais. Este efeito da rugosidade da superfície na placa supragengival justifica a procura de materiais que possibilitem superfícies lisas para minimizar a formação de biofilme, reduzindo assim a potencial ocorrência de cáries e doença periodontal. Segundo diversos estudos (21), foi provado que as superfícies rugosas acumulam e retêm mais placa microbiana do que as superfícies lisas. As coroas com superfícies rugosas estavam mais frequentemente rodeadas por um periodonto inflamado, caracterizado por um índice de hemorragia mais elevado, um aumento da produção de fluido crevicular e um tecido histologicamente inflamado. (22)

A rugosidade de superfície afeta também a estabilidade da cor, influenciando, por sua vez, a aparência estética das restaurações. (19) Existem estudos em que se provou que o aumento da rugosidade da superfície induziu aumentos no escurecimento do material. (6)

A superfície da coroa provisória deve ser suficientemente lisa para ser confortável, estética e capaz de evitar alterações de cor e acumulação de placa microbiana. (12) Além disso, a sua superfície pode ficar lisa após um polimento inicial, mas ao longo do tempo pode apresentar um aumento da rugosidade da superfície causada pelas condições do ambiente oral, como as alterações térmicas e de pH. (23)

A rugosidade da superfície é, portanto, um fator essencial a ter em consideração nos materiais utilizados na confecção de restaurações provisórias para, desta forma, se garantir um melhor prognóstico clínico. (5)

1.6.1. Medição da rugosidade de superfície

A rugosidade de superfície pode ser medida sobretudo por dois métodos diferentes: com instrumentos de contacto e com instrumentos sem contacto. Como exemplo de equipamento de contacto existe o perfilómetro ou rugosímetro de contacto. Por outro lado, o rugosímetro ótico é um exemplo de instrumento sem contacto. (24) Os instrumentos de contacto são mais tradicionais e os métodos sem contacto surgiram com a evolução tecnológica e têm sido cada vez mais investigados. (25)

A técnica de medição da rugosidade utilizando um perfilómetro de contacto consiste numa ponta fina que percorre a superfície do objeto, monitorizando a velocidade de deslocamento e transformando as variações de altura em impulsos elétricos que são registados graficamente, resultando no perfil de rugosidade. (26) O perfilómetro só realiza medições em 2 dimensões uma vez que, a sua ponta só se move na vertical e na horizontal ao longo de uma linha. Um inconveniente deste tipo de instrumento é o facto de apenas poder ser utilizado em superfícies horizontais. (26)

Relativamente ao rugosímetro ótico, este caracteriza-se pelo facto de não necessitar de contacto direto com a superfície a medir, sendo apenas necessário colocar o dispositivo de medição sobre a superfície. Esta técnica permite fazer medições em 3 dimensões pois, utiliza feixes de luz para caracterizar a superfície, permitindo assim efetuar medições em superfícies horizontais, verticais ou em qualquer outro ângulo. (26)

A rugosidade de superfície pode ser caracterizada através de diversos parâmetros, sendo a rugosidade média (R_a) o mais utilizado e referido na literatura. (24)

1.7. Objetivos do estudo

O principal objetivo deste estudo laboratorial é determinar a rugosidade média de superfície (R_a) de diferentes tipos de resina utilizados na confeção de provisórios fixos.

Como hipótese nula (H_0) considera-se que não existem diferenças estatisticamente significativas no valor da R_a das diferentes resinas em estudo.

Como hipótese alternativa (H_1) considera-se que existem diferenças estatisticamente significativas no valor da R_a entre os grupos testados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Desenho do estudo

Esta investigação consiste num estudo laboratorial *in vitro* para avaliar uma das propriedades físicas de superfície dos materiais, nomeadamente, a rugosidade de superfície. Foram utilizados 4 tipos diferentes de resina habitualmente utilizados na confecção de provisórios de prótese fixa (Figura 1): uma resina acrílica de PMMA (*Tab 2000*, *Kerr®*, Suíça), uma resina bis-acrílica (*Structur 3*, *VOCO®*, Alemanha), uma resina de fresagem (*Structur CAD*, *VOCO®*, Alemanha) e uma resina de impressão 3D (*Dental Sand*, *Harz Labs*, Rússia).

Cada uma das resinas utilizadas neste estudo foi manuseada de acordo com as instruções do fabricante.



Figura 1 – Resinas utilizadas no estudo: (A) resina de PMMA; (B) resina bis-acrílica; (C) resina de fresagem; (D) resina de impressão 3D.

2.2. Amostra

Para a realização deste trabalho experimental foram confeccionados 5 provetes de cada tipo de resina, de forma quadrangular e de dimensões padronizadas: 20x20x2mm.

2.3. Protocolo experimental

2.3.1. Provetes de resinas acrílica e bis-acrílica (resinas convencionais)

Para a confecção dos provetes das resinas convencionais foi desenhado, tridimensionalmente, um molde com o *software* de desenho virtual (*Meshmixer, Autodesk, Inc., EUA*) (Figura 2) e efetuada a sua respetiva impressão numa impressora 3D (*Phrozen Sonic Mini 8K, Phrozen, Taiwan*) utilizando uma resina fotopolimerizável (*ABS-Like 3D Printing Resin Creamy White, Phrozen, Taiwan*) (Figura 3).

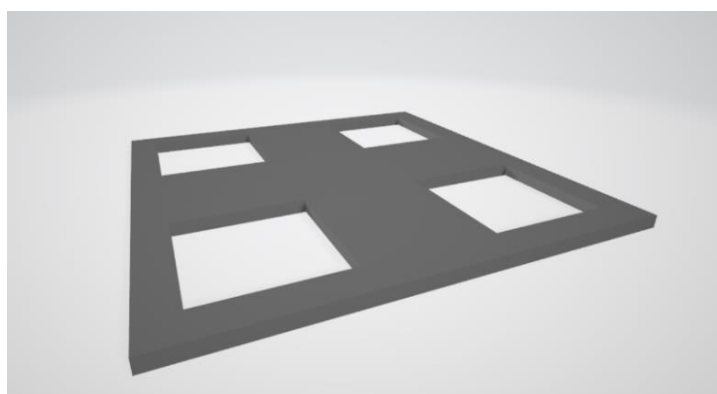


Figura 2 – Desenho virtual do molde para os provetes de resinas acrílica e bis-acrílica.

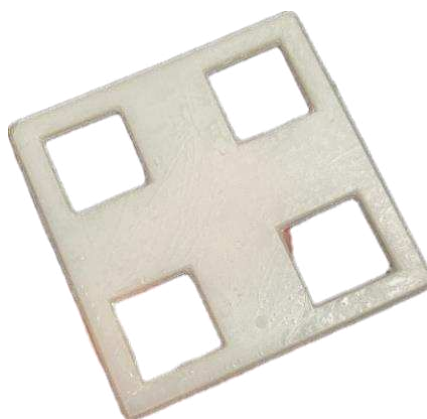


Figura 3 – Molde para os provetes de resinas acrílica e bis-acrílica impresso.

Relativamente à resina bis-acrílica, depois do molde ter sido vaselinado, foi inserido um cartucho da respetiva resina no dispensador e, posteriormente, utilizando uma ponta automisturadora foi depositada a resina em cada poço do molde.

No caso da resina de PMMA, esta foi confeccionada misturando as proporções corretas de pó e líquido, de acordo com as instruções do fabricante, num *godet* e utilizando uma espátula de metal, até se obter uma mistura homogênea.

Depois da colocação das resinas em cada poço do molde, este foi mantido sob pressão entre duas placas de vidro, até à total polimerização das resinas (Figura 4).

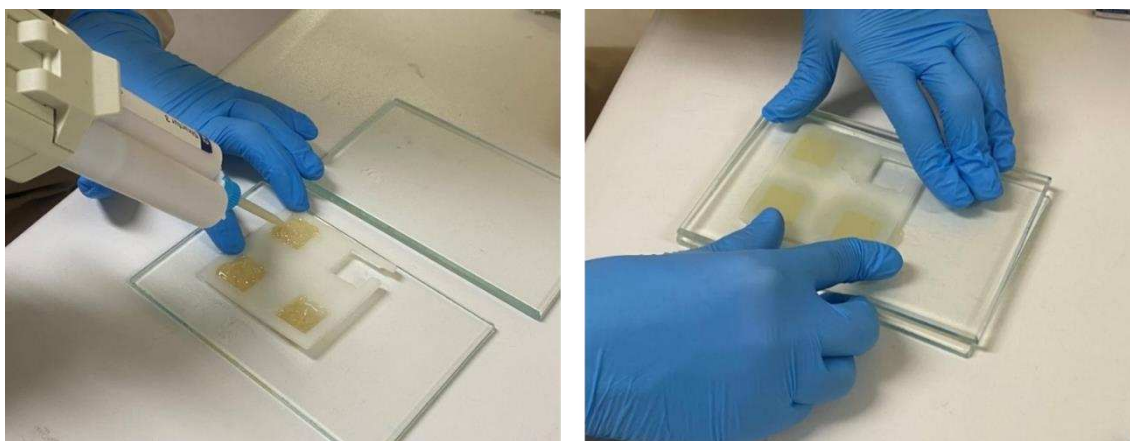


Figura 4 – Confeção dos provetes de resinas convencionais

2.3.2. Provetes de resinas CAD/CAM

Para a confeção dos provetes das resinas do sistema CAD/CAM foi feito um desenho virtual do provete utilizando um programa informático de CAD (*SolidWorks®*, *Dassault Systèmes S.A*, França) e de seguida, esse desenho CAD foi convertido em ficheiro *Standard Tessellation Language* (STL) (Figura 5).

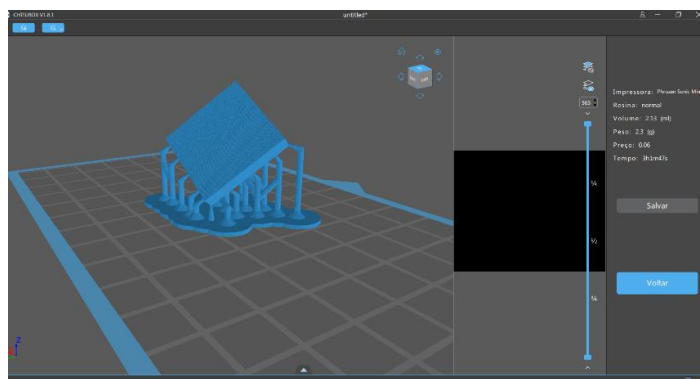


Figura 5 – Desenho virtual do provete

Para as resinas CAD/CAM de fresagem, o ficheiro STL foi enviado para a fresadora (VHF K5, Alemanha) (Figura 6) que cortou os provetes no disco de resina (Structur® CAD, VOCO, Alemanha) com o recurso a brocas, pelo método de subtração (Figuras 7, 8 e 9).



Figura 6 – Fresadora (VHF K5, Alemanha)

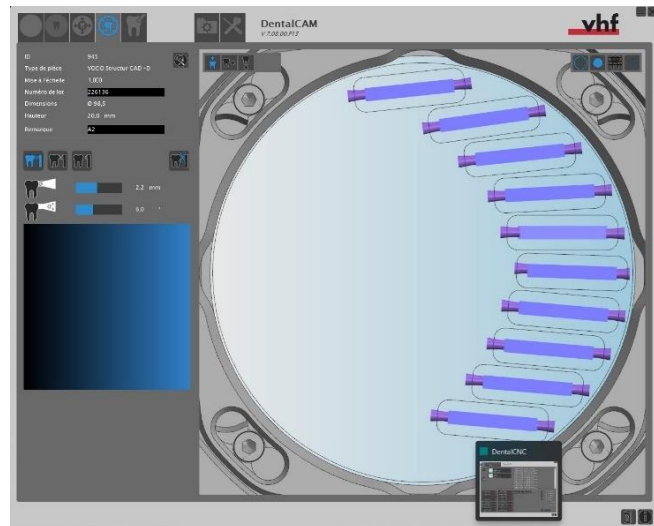


Figura 7 – Desenho virtual dos provetes da resina de fresagem



Figura 8 – Disco de resina inserido na fresadora no final do processo de fresagem



Figura 9 – Provetes de resina de fresagem

Para as resinas CAD/CAM de impressão 3D, o ficheiro STL foi utilizado num programa informático (*Chitubox, CDB-Tech, China*), para criação da mesa de impressão. Seguidamente, o ficheiro de impressão foi enviado para a impressora 3D (*Phrozen Sonic Mini 8K, Phrozen, Taiwan*) (Figura 10), que construiu os provetes por fotopolimerização camada a camada da resina (*Dental Sand, Harz Labs, Rússia*). A resina antes de ser depositada no tanque da impressora foi agitada levemente e de seguida, iniciou-se o processo de impressão (Figura 11).



Figura 10 – Impressora 3D (*Phrozen Sonic Mini 8K, Phrozen, Taiwan*).



Figura 11 – Resina de impressão 3D depositada no tanque de impressão.

Após o processo de impressão, os provetes aderidos à plataforma elevatória da impressora (Figura 12) foram removidos com recurso a uma espátula.



Figura 12 – Provetes aderidos à plataforma elevatória da impressora no final do processo de impressão.

Seguidamente, foi realizado o processamento pós-impressão dos provetes de acordo com as normas do fabricante, que consistiu em:

1. Lavagem em banho ultrassónico com álcool isopropílico a 90% durante 10 min, no aparelho de pós-processamento (*ANYCUBIC Wash and Cure Plus*, ANYCUBIC®, Estados Unidos) (Figura 13);
2. Colocação no forno (*POL-EKO Aparatura*, Wodzisław Śląski, Polónia), a 80°C durante 30 min;
3. Polimerização durante 10 minutos no aparelho de pós-processamento (*ANYCUBIC Wash and Cure Plus*, ANYCUBIC®, Estados Unidos) (Figura 13), com radiação ultravioleta de 405nm durante 10 min.

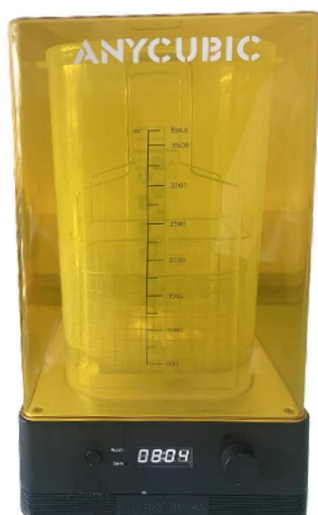


Figura 13 – Aparelho de processamento pós-impressão

Por fim, foram removidos os suportes que ligavam os provetes à plataforma elevatória.

No final de todos os processos de confeção das resinas utilizadas, os provetes foram armazenados em mangas esterilizadas até ser realizado o seu polimento.

2.3.3. Verificação da qualidade dos provetes

A integridade física dos provetes (Figura 14) foi avaliada pela ausência de fraturas ou irregularidades de superfície detetáveis a olho nu. Relativamente à verificação das dimensões pré-definidas dos provetes, esta foi realizada com recurso a um paquímetro digital (*Mitutoyo, Absolute AOS Digimatic*, Alemanha).

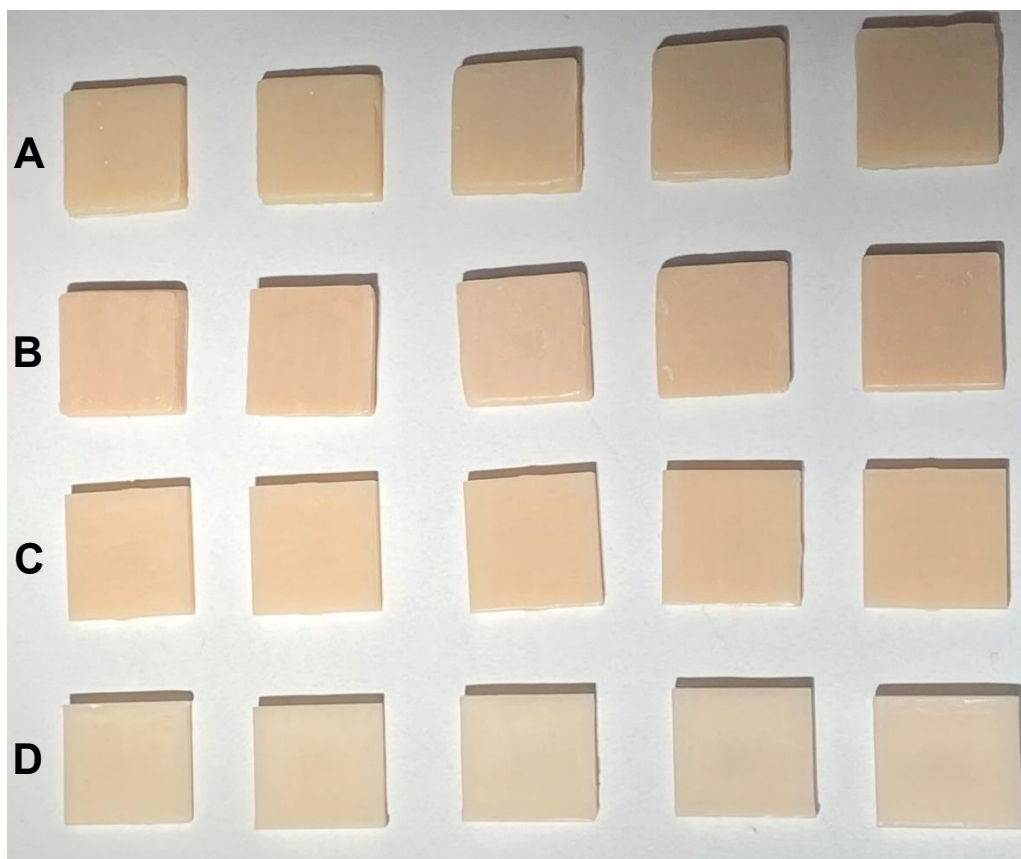


Figura 14 – Provetes: (A) resina bis-acrítica; (B) resina de PMMA; (C) resina de fresagem; (D) resina de impressão 3D.

2.3.4. Polimento

Os 5 provetes de cada resina foram submetidos ao mesmo protocolo de polimento em que foram utilizados discos *Sof-Lex™* (*3M™ ESPE*, Suíça) montados em contra ângulo (*T3 line E 40, Dentsply Sirona*, Alemanha) utilizando um mandril metálico com uma sequência de granulometria do mais grosso (vermelho-escuro) para o mais fino (amarelo) (Figura 15), procurando-se simular

o polimento realizado em consultório, de forma homogênea e independente da resina testada.

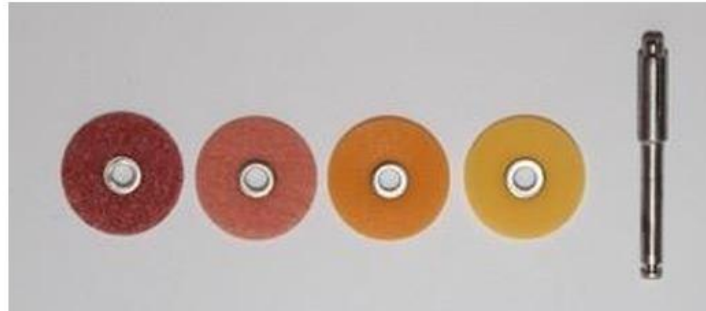


Figura 15 – Discos de polimento (Sof-Lex™) e sequência de utilização.

Segundo a sequência de discos, primeiramente foi feito o polimento com o disco de maior granulometria em cada um dos 20 provetes, trocando de disco a cada provete. O polimento foi realizado sem água a 15000 rpm. Este procedimento foi realizado na horizontal em 5 segmentos diferentes do provete, fazendo o movimento nos dois sentidos em cada segmento. O mesmo processo foi feito para os restantes discos. O polimento foi realizado sempre pelo mesmo operador, nas mesmas condições e tendo o operador sido calibrado previamente (Figura 16).

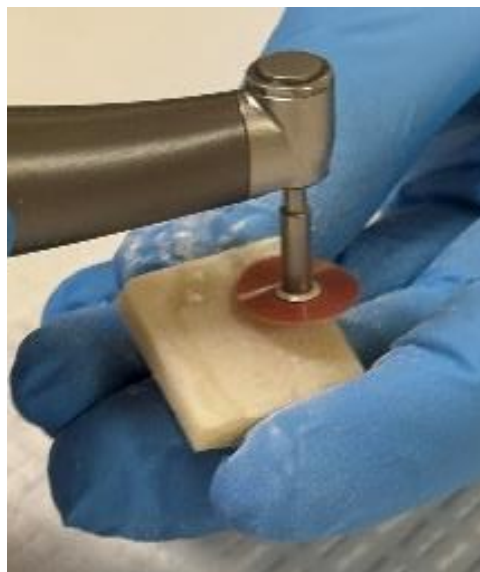


Figura 16 – Polimento dos provetes.

2.3.5. Medição da Ra

Concluída esta fase, os provetes foram colocados numa estufa EHRET BK 4106 (*EHRET GmbH*, Alemanha) em água destilada a 37°C durante 24 horas para simular a hidratação inicial que a superfície da resina sofre no ambiente oral. De seguida, os provetes permaneceram à temperatura ambiente até ao início do procedimento de medição da rugosidade. Este procedimento foi realizado no Laboratório de Tribologia da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) utilizando um perfilómetro de contacto (*Hommelwerke LV – 50* com unidade linear e controlador T8000, *Hommelwerke*, Alemanha) que possui uma ponta de diamante de 5µm de raio com carga constante que percorre um trajeto com um comprimento de medição retilíneo de 4,8mm por 10 segundos. Foram realizadas 6 medições: 3 verticais e 3 horizontais, em locais diferentes de cada provete e calculado o valor médio de rugosidade. (Figura 17).

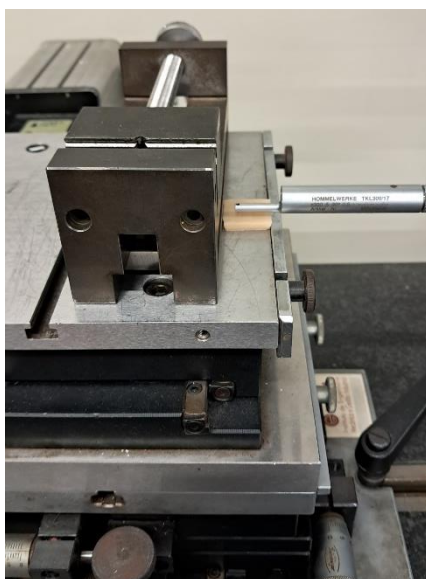


Figura 17 – Medição da rugosidade de superfície utilizando um perfilómetro de contacto.

Os resultados da Ra obtidos na leitura pelo perfilômetro foram depois sujeitos a análise estatística descritiva e inferencial dos dados, com um limiar de significância estatística de $p < 0,05$. Esta análise foi feita através do *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS®, IBM, EUA). Os valores de Ra foram representados através da média, intervalo de confiança de 95% para a média, desvio-padrão e com uma significância estatística de $p < 0,05$.

Foi realizado o Teste de Normalidade Shapiro-Wilk e como os dados não seguiam uma distribuição normal, foi feito o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Neste teste foi feita uma comparação entre os valores de rugosidade dos diferentes grupos de resinas. Por fim, foram feitas comparações múltiplas com correção de Bonferroni.

3. RESULTADOS

3.1. Estatística descritiva

Os resultados obtidos pela análise estatística descritiva encontram-se descritos na Tabela 1 e representados na Figura 18. A resina de fresagem apresenta um valor médio de rugosidade de 0,303 μ m, tendo uma menor variabilidade (DP=0,085) e uma distribuição mais simétrica. A resina de impressão 3D apresenta um valor médio de rugosidade de 0,484 μ m, é mais assimétrica e há valores extremos. No que diz respeito à resina bis-acrítica, o valor médio da rugosidade é de 0,686 μ m, apresentando uma maior variabilidade (DP=0,511) e é muito assimétrica. Por fim, a resina acrílica tem um valor médio de rugosidade de 0,499 μ m e é também assimétrica.

Sumariamente, a resina de fresagem tem a menor rugosidade média e menos variabilidade, sugerindo uma superfície mais lisa e consistente. Por outro lado, as resinas acrílica, bis-acrítica e de impressão 3D mostram valores de rugosidade mais elevados, com distribuições assimétricas e maior dispersão, o que pode indicar superfícies menos uniformes.

Tabela 1 – Estatística descritiva dos dados para o parâmetro Ra, com um limiar de significância estatística de $p < 0,05$.

RESINA	Média	Desvio Padrão	Mediana	Máximo	Mínimo
Structur 3	0,6863	0,51057	0,5250	2,56	0,32
TAB 2000	0,4987	0,38440	0,4150	1,74	0,15
Fresagem	0,3033	0,08474	0,2900	0,56	0,15
Impressão 3D	0,4843	0,27614	0,4000	1,63	0,21

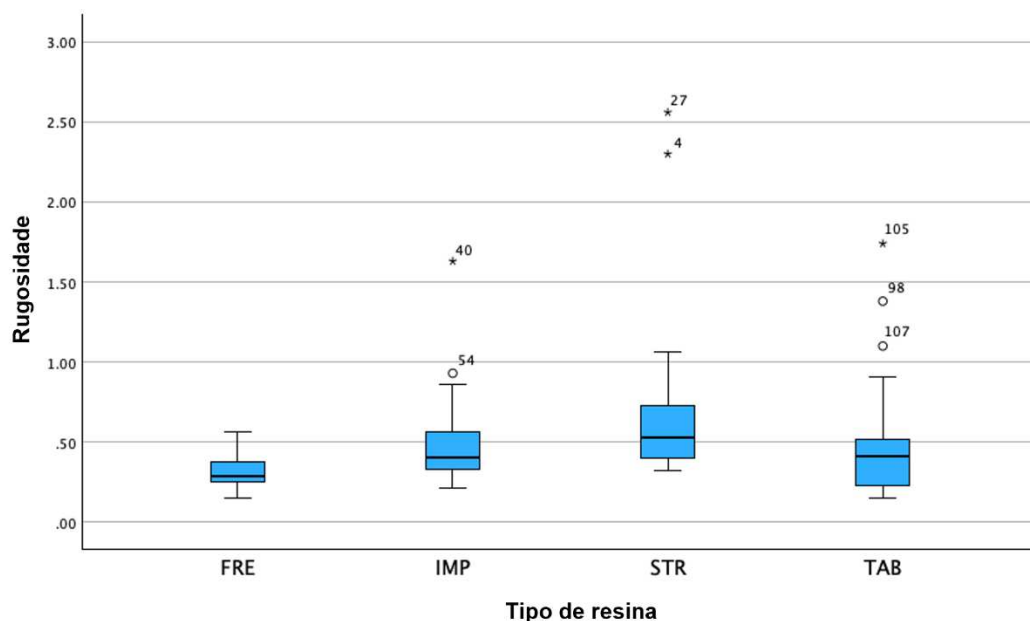


Figura 18 – Boxplot do teste de Kruskal-Wallis.

A análise do *boxplot* relativo à rugosidade (Ra) por tipo de resina (Figura 18) permite visualizar de forma clara as diferenças na distribuição dos valores obtidos para cada resina. Cada caixa representa o intervalo interquartil, ou seja, os 50% centrais dos dados, sendo a linha no interior da caixa a mediana, que indica o valor central da amostra. As linhas verticais estendem-se até aos valores mais baixos e mais altos considerados não atípicos. Os valores situados fora destes limites são representados por símbolos: círculos, que indicam *outliers* moderados, e asteriscos, que representam *outliers* extremos.

Assim sendo, no caso da resina de fresagem (FRE), observa-se uma mediana baixa e uma caixa estreita, refletindo valores de rugosidade baixos e bastante consistentes. Não há presença de *outliers*, o que sugere uma elevada homogeneidade e controlo no processo de confeção, resultando em superfícies mais lisas. Contrariamente, a resina de impressão 3D (IMP) apresenta uma mediana mais elevada e maior dispersão dos dados, com a presença de *outliers*, o que indica menor uniformidade na rugosidade obtida. A resina bis-acrílica (STR) apresenta a mediana mais elevada entre as quatro resinas, bem como a maior dispersão e um número significativo de *outliers*, incluindo extremos, o que revela elevada variabilidade. A resina acrílica (TAB) situa-se numa posição intermédia, com valores de rugosidade superiores aos de FRE, alguma dispersão e presença de valores atípicos, embora em menor número do que STR.

De forma geral, o *boxplot* reforça a conclusão estatística de que os métodos de confecção de diferentes resinas produzem resultados significativamente distintos em termos de rugosidade superficial. A de fresagem destaca-se como o método mais consistente, enquanto a resina bis-acrílica apresenta os piores resultados em termos de rugosidade de superfície.

3.2. Estatística inferencial

Primeiramente, foi testada a normalidade dos dados de modo a eleger qual o teste mais adequado para testar as hipóteses sugeridas neste projeto.

- H0: Não existem diferenças estatisticamente significativas entre os grupos testados.
- H1: Existem diferenças estatisticamente significativas entre os grupos testados.

Uma vez que os grupos não seguem distribuições normais (Tabela 2), o teste mais adequado para comparação entre grupos é um teste não paramétrico, neste caso o teste de Kruskal-Wallis, com correção de Bonferroni.

Tabela 2 – Testes de normalidade.

Resina	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Significância	Estatística	df	Significância
Structur 3	0,294	30	<0,001	0,608	30	<0,001
TAB 2000	0,245	30	<0,001	0,795	30	<0,001
Fresagem	0,135	30	0,169	0,929	30	0,046
Impressão 3D	0,202	30	0,003	0,719	30	<0,001

a. Correção de significância Lilliefors

Fazendo as comparações múltiplas com a correção de Bonferroni, podemos identificar que (Tabela 3):

- A resina de fresagem (FRE) difere significativamente da de impressão 3D (IMP) ($p=0,004$) e da resina bis-acrílica (STR) ($p=0,000$), tendo valores mais baixos de rugosidade;
- A resina acrílica (TAB) mostrou rugosidade significativamente menor do que a bis-acrílica (STR) ($p=0,011$);

- As resinas impressa e bis-acrílica ($p=0,183$), assim como a fresada e acrílica ($p=0,087$) não diferem entre si de forma significativa. O mesmo é observado com a acrílica comparativamente com a impressa ($p=1$).

Tabela 3 – Comparação dos valores de Ra das resinas em estudo – Teste Kruskal-Wallis com correção de Bonferroni.

Amostra 1 - Amostra 2	Teste Estatístico	Erro Padrão	Teste Estatístico Padrão	Significância	Nível de Significância Ajustado
FRE-TAB	-21,950	8,978	-2,445	0,014	0,087
FRE-IMP	-30,417	8,978	-3,388	<0,001	0,004
FRE-STR	-49,833	8,978	-5,551	<0,001	0,000
TAB-IMP	8,467	8,978	0,943	0,346	1,000
TAB-STR	27,883	8,978	3,106	0,002	0,011
IMP-STR	-19,417	8,978	-2,163	0,031	0,183

Cada linha testa a hipótese nula de que as distribuições da Amostra 1 e da Amostra 2 são iguais. O nível de significância é 0,05.

As diferenças observadas podem ter importância prática e implicação clínica, especialmente se a rugosidade estiver relacionada com o desempenho do material.

4. DISCUSSÃO

As restaurações provisórias por vezes, têm de permanecer na cavidade oral durante períodos prolongados e são, por isso, um passo essencial no tratamento protético fixo, sendo concebidas para melhorar a estética, a função e avaliar a eficácia de um plano de tratamento específico. (27) Estas restaurações podem ser confeccionadas convencionalmente utilizando resinas acrílicas ou bis-acrílicas, ou por outro lado, recorrendo às novas resinas associadas à tecnologia CAD/CAM, que surgiram procurando colmatar algumas desvantagens das resinas convencionais. (28)

Este estudo laboratorial avaliou a rugosidade de superfície de quatro tipos de resinas diferentes que podem ser utilizadas na confeção de provisórios de prótese fixa com o intuito de orientar a escolha do Médico Dentista na seleção da resina provisória mais indicada para cada situação clínica.

A rugosidade da superfície é uma propriedade importante, uma vez que afeta direta ou indiretamente a adesão e retenção de placa microbiana, por isso, as superfícies das restaurações provisórias devem ser lisas, de modo a obter uma estética e higiene oral ideais, reduzindo assim a potencial ocorrência de cáries e doença periodontal, uma vez que a rugosidade pode facilitar. (29) Para diminuir a acumulação e colonização de microrganismos, a rugosidade da superfície das resinas utilizadas nas reabilitações protéticas fixas não deve exceder um limite de $0,2\mu\text{m}$ e estudos relataram que um limiar de rugosidade de $0,2\mu\text{m}$ pode ser alcançado através de procedimentos comuns de acabamento e polimento em laboratório e no consultório. (30)

Aykent *et al* (31) referem que a rugosidade de superfície influencia na adesão microbiana. Neste estudo os autores utilizaram vários métodos de polimento e as resinas que sofreram um polimento com discos *Sof-lex* foram as que obtiveram os valores mais baixos de rugosidade, o que justifica o protocolo de polimento utilizado na presente investigação.

Segundo um estudo realizado por Simoneti *et al* (32), as resinas convencionais (resina acrílica e resina bis-acrílica) e uma resina de impressão 3D apresentaram valores semelhantes de rugosidade de superfície após o polimento. Estes resultados não estão em concordância com os do presente estudo, no qual a resina bis-acrílica obteve valores de rugosidade superiores às outras. Estas diferenças podem dever-se ao facto de terem sido utilizadas resinas de marcas comerciais diferentes que possam ter uma composição

química ligeiramente diferente, o que pode influenciar os resultados obtidos. Os mesmos autores estudaram também a adesão microbiana associada à rugosidade de superfície e não obtiveram valores de formação de biofilme significativamente diferentes entre as resinas. (32) O que pode querer dizer que a adesão microbiana é influenciada pela rugosidade de superfície, mas também pode ser influenciada por outros fatores como a composição química das resinas em estudo. (33)

Al-Qahtani *et al* (5) estudou diversas propriedades das resinas de provisórios, entre as quais a rugosidade de superfície. Neste estudo, a resina de fresagem foi a que obteve um valor médio de Ra menor, seguida da resina convencional de PMMA e a resina de impressão 3D foi a que obteve um valor de Ra maior. No presente estudo obtiveram-se resultados semelhantes ao estudo de Al-Qahtani *et al*, essencialmente o facto da resina de fresagem ter sido a resina com um valor de rugosidade média menor.

Resultados semelhantes foram obtidos por Aldahian *et al* (34), em que se obtiveram valores médios de rugosidade menores nas resinas de fresagem, tal como aconteceu no presente estudo. Para além disso também se obtiveram valores de rugosidade mais elevados para as resinas de impressão 3D (34), tal como no estudo de Atria *et al*. (35)

No estudo de Giti *et al* (36) também se obteve o valor médio de rugosidade mais baixo na resina de fresagem tal como no presente estudo. Apesar do resultado obtido para a resina de fresagem ser semelhante ao estudo vigente, existe uma diferença que reside no facto de neste estudo não haver diferenças estatisticamente significativas entre as resinas de fresagem e de PMMA e no estudo de Giti *et al* (36) não se obterem diferenças estatisticamente significativas entre as resinas de fresagem e de impressão de 3D e para além disso a resina de PMMA teve um valor de Ra superior às duas anteriormente referidas.

Por outro lado no estudo realizado por Myagmar *et al* (37), obtiveram-se valores de rugosidade mais baixos para as resinas de impressão 3D em comparação com as resinas convencionais, o que também é diferente do obtido neste estudo.

Nassary *et al* (38) compararam várias propriedades entre as resinas CAD/CAM e as resinas convencionais. No geral, obtiveram-se valores de rugosidade de superfície inferiores para as resinas CAD/CAM em comparação

com as resinas convencionais, estando também de acordo em parte com os nossos resultados.

Os resultados obtidos no presente estudo podem variar de outros estudos já realizados devido ao facto de os protocolos experimentais poderem ter sido realizados de forma diferente. Também se pode referir que a caracterização da rugosidade de superfície pode ser efetuada através de vários parâmetros, embora a rugosidade média (Ra) seja o mais utilizado, existem outros tipos de parâmetros que quando medidos podem originar valores diferentes para cada resina. (39)

De acordo com os resultados obtidos, apesar de ser necessário mais evidência científica, podemos considerar que a resina de fresagem é uma boa opção clínica para provisórios de longa duração, uma vez que foi a que obteve um valor de Ra menor e consequentemente deverá ter uma menor adesão microbiana. Por outro lado, pelos resultados obtidos, considerando apenas a rugosidade de superfície, do ponto de vista biológico a resina bis-acrítica deverá ser a resina com maior probabilidade de adesão microbiana e por isso, a sua utilização deve ser limitada neste tipo de restauração fixa provisória.

4.1. Análise crítica ao estudo desenvolvido

Este estudo experimental foi desenvolvido no âmbito do Mestrado Integrado em Medicina Dentária e desenvolveu um tema bastante atual pois, a era digital tem-se consolidado cada vez mais na prática clínica médico-dentária, tornando-se uma realidade quotidiana. Juntamente com esta evolução, a utilização de restaurações provisórias produzidas pela tecnologia CAD/CAM tem-se expandido, nomeadamente com recurso a resinas de impressão 3D. No entanto, uma vez que se trata de resinas mais recentes, ainda existem poucos estudos sobre as suas propriedades e comportamento biológico.

Este estudo, foi realizado com o maior rigor possível, salientando o facto de que todas as resinas utilizadas terem sido manuseadas de acordo com as instruções do fabricante. O protocolo de polimento foi realizado sempre pelo mesmo operador, da mesma forma e trocando de disco a cada provete. E de

referir também que apenas foram utilizados neste estudo provetes sem irregularidades.

4.2. Limitações deste estudo

Tal como em todos os trabalhos de investigação, é possível destacar algumas limitações do presente estudo. O facto de terem sido utilizadas apenas 4 marcas comerciais de resinas pode ser uma limitação na extrapolação dos resultados, sendo necessário avaliar um maior número de resinas para se obterem resultados mais concretos e precisos. Também de destacar que apenas se utilizou um protocolo de polimento e relativamente a este tema, apesar do polimento ter sido feito sempre pelo mesmo operador, nas mesmas condições, e tendo o operador sido calibrado, podem existir sempre diferenças na pressão exercida durante o processo, o que pode ter influenciado nos resultados de rugosidade obtidos. A forma dos provetes, neste caso quadrangular e de superfície plana, é diferente das restaurações provisórias utilizadas na cavidade oral, que possuem superfícies curvas e têm a forma dos dentes. Com isto podem-se obter resultados menos precisos devido à espessura e forma dos provetes serem diferentes.

4.3. Trabalhos de investigação futuros

Considerando as limitações desta investigação devem ser realizados mais estudos que avaliem as propriedades como a rugosidade de superfície das resinas utilizadas em provisórios de prótese fixa, especialmente nas novas resinas com o sistema CAD/CAM.

Segundo o presente estudo e de acordo com o estudo de Al-Qahtani *et al*/ (5) as resinas de fresagem têm uma rugosidade média inferior às resinas convencionais e às resinas de impressão 3D, o que pode provar que é um material com melhores propriedades que as resinas convencionais. No entanto têm sempre de haver mais estudos que aprofundem mais a avaliação destas propriedades para se obter mais literatura que ajude o médico dentista a

escolher o material mais indicado para cada caso especialmente os materiais com menor rugosidade e conseqüentemente menor tendência à adesão microbiana.

Para além do referido, deve-se alargar o número de resinas testadas, diferentes sistemas CAD/CAM, quer diferentes métodos de impressão 3D, quer de fresagem. Também se deve associar esta propriedade a outras propriedades físicas, mecânicas e biológicas das resinas dos provisórios para se entender melhor o seu comportamento biológico.

O estudo e a compreensão do desempenho, nomeadamente ao nível biológico, das diferentes resinas disponíveis para a confecção de restaurações fixas provisórias ajuda a orientar a escolha do Médico Dentista na seleção da resina provisória mais indicada para cada situação clínica.

5. CONCLUSÃO

Tendo em conta as limitações deste estudo experimental, de acordo com a metodologia utilizada nesta investigação e os resultados obtidos, podem-se retirar as seguintes conclusões:

1. A resina bis-acrítica utilizada neste estudo foi a que obteve valores de rugosidades mais elevados e por isso, considerando apenas a rugosidade de superfície, do ponto de vista biológico deverá ser a resina com maior probabilidade de adesão microbiana.
2. A resina de fresagem foi a que obteve um valor de Ra menor.
3. A resina de impressão 3D e a resina acrílica obtiveram valores de Ra semelhantes, não havendo entre elas diferenças estatisticamente significativas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wiskott HA. Fixed prosthodontics. Principles and Clinics. London: Quintessence Publishing; 2011.
2. The Glossary of Prosthodontic Terms: Ninth Edition. J Prosthet Dent. 2017;117(5):e1-e105.
3. Rosenstiel SF, Land MF, Walter R. Contemporary Fixed Prosthodontics. 6th ed. Philadelphia: Elsevier - Health Sciences Division; 2022.
4. Shillingburg HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett SE. Fundamentals of fixed prosthodontics: Quintessence Publishing Company Chicago, IL, USA; 1997.
5. Al-Qahtani AS, Tulbah HI, Binhasan M, Abbasi MS, Ahmed N, Shabib S, et al. Surface Properties of Polymer Resins Fabricated with Subtractive and Additive Manufacturing Techniques. Polymers (Basel). 2021;13(23):4077.
6. Burns DR, Beck DA, Nelson SK. A review of selected dental literature on contemporary provisional fixed prosthodontic treatment: report of the Committee on Research in Fixed Prosthodontics of the Academy of Fixed Prosthodontics. J Prosthet Dent. 2003;90(5):474-97.
7. Keys WF, Keirby N, Ricketts DNJ. Provisional Restorations – A Permanent Problem? Dent Update. 2016;43(10):908-12, 914.
8. Hansen PA, Sigler E, Husemann RH. Making multiple predictable single-unit provisional restorations using an indirect technique. J Prosthet Dent. 2009;102(4):260-3.
9. Burke FJ, Murray MC, Shortall AC. Trends in indirect dentistry: 6. Provisional restorations, more than just a temporary. Dent Update. 2005;32(8):443-4, 7-8, 50-2.
10. Jain S, Sayed ME, Shetty M, Alqahtani SM, Al Wadei MHD, Gupta SG, et al. Physical and Mechanical Properties of 3D-Printed Provisional Crowns and Fixed Dental Prosthesis Resins Compared to CAD/CAM Milled and Conventional Provisional Resins: A Systematic Review and Meta-Analysis. Polymers (Basel). 2022;14(13):2691.
11. Ellakany P, Fouda SM, AlGhamdi MA, Aly NM. Comparison of the color stability and surface roughness of 3-unit provisional fixed partial dentures fabricated by milling, conventional and different 3D printing fabrication techniques. J Dent. 2023;131:104458.

12. Ayuso-Montero R, Martinez-Gomis J, Lujan-Climent M, Salsench J, Peraire M. Influence of matrix type on surface roughness of three resins for provisional crowns and fixed partial dentures. *J Prosthodont*. 2009;18(2):141-4.
13. Ribeiro AKC, de Freitas R, de Carvalho IHG, de Miranda LM, da Silva NR, de Fátima Dantas de Almeida L, et al. Flexural strength, surface roughness, micro-CT analysis, and microbiological adhesion of a 3D-printed temporary crown material. *Clin Oral Investig*. 2023;27(5):2207-20.
14. Taşın S, Ismatullaev A, Usumez A. Comparison of surface roughness and color stainability of 3-dimensionally printed interim prosthodontic material with conventionally fabricated and CAD-CAM milled materials. *J Prosthet Dent*. 2022;128(5):1094-101.
15. Alt V, Hannig M, Wöstmann B, Balkenhol M. Fracture strength of temporary fixed partial dentures: CAD/CAM versus directly fabricated restorations. *Dent Mater*. 2011;27(4):339-47.
16. Rayyan MM, Aboushelib M, Sayed NM, Ibrahim A, Jimbo R. Comparison of interim restorations fabricated by CAD/CAM with those fabricated manually. *J Prosthet Dent*. 2015;114(3):414-9.
17. Abdullah AO, Tsitrou EA, Pollington S. Comparative in vitro evaluation of CAD/CAM vs conventional provisional crowns. *J Appl Oral Sci*. 2016;24(3):258-63.
18. Reepomaha T, Angwaravong O, Angwarawong T. Comparison of fracture strength after thermo-mechanical aging between provisional crowns made with CAD/CAM and conventional method. *J Adv Prosthodont*. 2020;12(4):218-24.
19. Wadhwani V, Sivaswamy V, Rajaraman V. Surface roughness and marginal adaptation of stereolithography versus digital light processing three-dimensional printed resins: An in-vitro study. *J Indian Prosthodont Soc*. 2022;22(4):377-81.
20. Tahayeri A, Morgan M, Fugolin AP, Bompolaki D, Athirasala A, Pfeifer CS, et al. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dent Mater*. 2018;34(2):192-200.
21. Quirynen M, Bollen CM. The influence of surface roughness and surface-free energy on supra- and subgingival plaque formation in man. A review of the literature. *J Clin Periodontol*. 1995;22(1):1-14.

22. Şen D, Göller G, İşsever H. The effect of two polishing pastes on the surface roughness of bis-acryl composite and methacrylate-based resins. *The J Prosthet Dent*. 2002;88(5):527-32.
23. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Dawson DV. Effect of storage solution on surface roughness of provisional crown and fixed partial denture materials. *J Prosthodont*. 2004;13(4):227-32.
24. Quezada MM. Estudo da Rugosidade de Superfície de Diferentes Resinas Acrílicas [master's thesis]. Viseu (Portugal): Universidade Católica Portuguesa; 2022.
25. Alves ML, Ferreira BB, Leta FR. Evaluación de Parámetros de Rugosidad usando Análisis de Imágenes de Diferentes Microscopios Ópticos y Electrónicos. *Inf Tecnol*. 2011;22(4):129-46.
26. Fort R, Álvarez de Buergo M, Vázquez-Calvo C, Gómez-Villalba LS. Análisis de la microrugosidad mediante técnicas portátiles: aplicaciones y casos de estudio en patrimonio. *Ciencia y Arte IV Ministerio de Educación y Cultura*, Madrid. 2013:198-216.
27. Alzahrani SJ, Hajjaj MS, Azhari AA, Ahmed WM, Yeslam HE, Carvalho RM. Mechanical Properties of Three-Dimensional Printed Provisional Resin Materials for Crown and Fixed Dental Prosthesis: A Systematic Review. *Bioengineering (Basel)*. 2023;10(6):663.
28. Guzzo GG. Estabilidade de Cor de Resinas Acrílicas de Provisórios de Prótese Fixa [master's thesis]. Viseu (Portugal): Universidade Católica Portuguesa; 2023.
29. Gungor H, Gundogdu M, Yesil Duymus Z. Investigation of the effect of different polishing techniques on the surface roughness of denture base and repair materials. *J Prosthet Dent*. 2014;112(5):1271-7.
30. Al-Dwairi ZN, Tahboub KY, Baba NZ, Goodacre CJ, Özcan M. A Comparison of the Surface Properties of CAD/CAM and Conventional Polymethylmethacrylate (PMMA). *J Prosthodont*. 2019;28(4):452-7.
31. Aykent F, Yondem I, Ozyesil AG, Gunal SK, Avunduk MC, Ozkan S. Effect of different finishing techniques for restorative materials on surface roughness and bacterial adhesion. *J Prosthet Dent*. 2010;103(4):221-7.

32. Simoneti DM, Pereira-Cenci T, Dos Santos MBF. Comparison of material properties and biofilm formation in interim single crowns obtained by 3D printing and conventional methods. *J Prosthet Dent*. 2022;127(1):168-72.
33. Campos ACF. Adesão do *Streptococcus mutans* a diferentes resinas utilizadas na confecção de provisórios fixos [master's thesis]. Viseu (Portugal): Universidade Católica Portuguesa; 2024.
34. Aldahian N, Khan R, Mustafa M, Vohra F, Alrahlah A. Influence of conventional, CAD-CAM, and 3D printing fabrication techniques on the marginal integrity and surface roughness and wear of interim crowns. *Applied Sciences*. 2021;11(19):8964.
35. Atria PJ, Lagos I, Sampaio CS. In vitro evaluation of surface roughness, color stability, and color masking of provisional restoration materials for veneers and crowns. *Int J Comput Dent*. 2020;23(4):343-50.
36. Giti R, Dabiri S, Motamedifar M, Derafshi R. Surface roughness, plaque accumulation, and cytotoxicity of provisional restorative materials fabricated by different methods. *PLoS One*. 2021;16(4):e0249551.
37. Myagmar G, Lee JH, Ahn JS, Yeo IL, Yoon HI, Han JS. Wear of 3D printed and CAD/CAM milled interim resin materials after chewing simulation. *J Adv Prosthodont*. 2021;13(3):144-51.
38. Nassary Zadeh P, Lümke mann N, Eichberger M, Stawarczyk B, Kollmuss M. Differences in radiopacity, surface properties, and plaque accumulation for CAD/CAM-fabricated vs conventionally processed polymer-based temporary materials. *Oper Dent*. 2020;45(4):407-15.
39. Quezada MM, Salgado H, Correia A, Fernandes C, Fonseca P. Investigation of the Effect of the Same Polishing Protocol on the Surface Roughness of Denture Base Acrylic Resins. *Biomedicines*. 2022;10(8):1971.