

Análise in vitro da resistência flexural de resinas acrílicas utilizadas em prótese total removível

In vitro analysis of the flexural strength of acrylic resins used in removable complete dentures

Análisis in vitro de la resistencia a la flexión de las resinas acrílicas utilizadas en prótesis totales removibles

DOI: 10.54901/educa.v9-484

Vandre Taumaturgo de Mesquita¹
Marcelo Porto Taumaturgo²
Janaína Chaves Lima³
Victor Emanuel Lima Simeão⁴
Jessica Maria Gomes Ferreira⁵
Edson Vaz Lima⁶
Fernanda Taumaturgo Porto⁷
Raniel Fernandes Peixoto⁸
Arnaldo de França Caldas Júnior⁹

RESUMO: Objetivo: Avaliar e comparar a resistência flexural de resinas acrílicas (termopolimerizáveis e digitais CAD/CAM), incluindo materiais compactados ou fresados e impressos. Materiais e Métodos: Foram confeccionados 5 corpos de prova em resina acrílica termopolimerizável e resinas acrílicas digitais. As amostras foram submetidas ao ensaio de resistência flexural em três pontos conforme ISO 20795-1. Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 24 horas antes do teste. A análise estatística foi realizada por ANOVA e teste post-hoc de Tukey ($p < 0,05$). Resultados: As resinas CAD/CAM fresadas apresentaram os maiores valores médios de resistência flexural, seguidas das impressas em 3D e por final, as termopolimerizáveis, com diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. Conclusão: As resinas acrílicas digitais compactadas ou fresadas demonstraram superior desempenho mecânico quando comparadas às resinas convencionais, indicando maior potencial para uso clínico em bases de próteses totais, em situações de maior carga funcional.

¹ Doutor em Odontologia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: vandretmesquita@gmail.com

² Especialista em Prótese Dentária, Universidade Estadual do Ceará (UECE), Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: marceloportau@gmail.com

³ Especialista em Serviço Social e Políticas Públicas, Universidade de Brasília (UnB), Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: janainachaveslima@yahoo.com.br

⁴ Especialista em Prótese Dentária, Centro Universitário UNINOVAFAPI (UNINOVAFAPI), Teresina, Piauí, Brasil. E-mail: victorsimeao1990@hotmail.com

⁵ Especialista em Prótese Dentária, Centro Universitário UNINOVAFAPI (UNINOVAFAPI), Teresina, Piauí, Brasil. E-mail: jmgferreira01@gmail.com

⁶ Especialista em Prótese Dentária, Centro Universitário UNINOVAFAPI (UNINOVAFAPI), Teresina, Piauí, Brasil. E-mail: edsonvaz10@hotmail.com

⁷ Especialista em Endodontia, Associação Brasileira de Odontologia (ABO), Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: fernandinhafortal@hotmail.com

⁸ Doutor em Reabilitação Oral, Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: rani87@gmail.com

⁹ Doutor em Saúde Coletiva, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil. E-mail: arnaldo.caldas@ufpe.br

Palavras-chave: Resinas acrílicas; Prótese total; CAD/CAM; resistência flexural; materiais odontológicos.

1 INTRODUÇÃO

A história das próteses totais para o tratamento do edentulismo evoluiu significativamente ao longo dos séculos, acompanhando o desenvolvimento de materiais e técnicas reabilitadoras. Desde a Antiguidade, civilizações como egípcios, gregos, maias e astecas já realizavam tentativas de substituição de dentes perdidos utilizando materiais rudimentares, como madeira, osso, marfim e fios metálicos, com o objetivo de restaurar função e estética oral (Wang, et al., 2021).

Durante o século XVIII, o avanço da Odontologia moderna, impulsionado por Pierre Fauchard, estabeleceu bases científicas para o desenvolvimento de próteses dentárias. Posteriormente, materiais como porcelana e marfim foram introduzidos, embora apresentassem limitações relacionadas à durabilidade e estabilidade (Oliveira, et al., 2021).

No início do século XX, novos polímeros sintéticos foram incorporados à prática odontológica, destacando-se o polimetilmetacrilato (PMMA), introduzido como material base para próteses totais. A partir da década de 1930, com o desenvolvimento das resinas acrílicas termoativadas, o PMMA consolidou-se como material de escolha devido à sua biocompatibilidade, estabilidade dimensional, estética satisfatória e facilidade de processamento (Limírio, et al., 2022).

Apesar de sua ampla utilização, o PMMA apresenta limitações mecânicas, como baixa resistência à flexão, fragilidade e suscetibilidade à fratura sob carga mastigatória, o que motivou o desenvolvimento de materiais alternativos e técnicas de manufatura digital (Kim, et al., 2021).

Nas últimas décadas, avanços tecnológicos introduziram resinas acrílicas modificadas, materiais CAD-CAM e manufatura aditiva (impressão 3D), com o objetivo de melhorar propriedades mecânicas, como resistência flexural, dureza e estabilidade dimensional. Esses materiais vêm sendo amplamente estudados em relação ao seu desempenho clínico e laboratorial, especialmente no contexto da reabilitação de pacientes edêntulos (Sartori et al., 2024).

Assim, apesar dos avanços, o PMMA permanece como material padrão para próteses totais, enquanto novas tecnologias buscam otimizar suas limitações e melhorar a longevidade

das reabilitações protéticas (Al- Qarni, et al., 2022, Carvalho, et al., 2023, Sartori, et al., 2024).

As resinas acrílicas à base de polimetilmetacrilato (PMMA) são amplamente utilizadas na confecção de bases de próteses totais devido à sua facilidade de manipulação, estética e custo acessível. Entretanto, limitações mecânicas, como fraturas por fadiga e baixa resistência à flexão, ainda representam desafios clínicos relevantes (Srinivasan, et al., 2021).

Com o avanço da odontologia digital, as resinas CAD/CAM surgiram como alternativa promissora, oferecendo maior grau de polimerização, menor porosidade e melhor estabilidade estrutural. Esses materiais podem ser obtidos por fresagem de blocos pré-polimerizados ou por impressão 3D, com diferentes comportamentos mecânicos (Freitas, et al., 2023, Carvalho, et al., 2023, Sartori, et al., 2024).

A resistência flexural é uma propriedade fundamental para avaliar o desempenho clínico desses materiais, pois está diretamente relacionada à capacidade de resistir às forças mastigatórias cíclicas sem fratura (Abualsaud, et al., 2022).

Neste sentido, este estudo tem como proposição comparar a resistência flexural de resinas acrílicas (termopolimerizáveis e digitais) utilizadas em Prótese Total Removível.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local da Pesquisa

Esta pesquisa foi realizada no laboratório da Pós-Graduação do curso de Odontologia da Universidade Federal do Ceará, campus Fortaleza, no período de fevereiro de 2023 a setembro de 2024.

3 MATERIAIS

Os materiais odontológicos e instrumentos utilizados nesta pesquisa científica encontram-se listados nas tabelas 1 e 2:

Tabela 1. Instrumentos e materiais odontológicos utilizados no experimento.

TIPO	MARCA COMERCIAL	LOCAL DE FABRICAÇÃO
Água destilada	Iodontosul	São Paulo, SP, Brasil
Béquer	Cremer	São Paulo, SP, Brasil
Caneta preta esferográfica	3M	São Paulo, SP, Brasil
Cera 7	Asfer	São Paulo, SP, Brasil
Cera Utilidade	Lysanda	São Paulo, SP, Brasil
Dentifrício	Colgate	São Paulo, SP, Brasil
Escova dental	Descart	São Paulo, SP, Brasil
Escova de pelo	3M	São Paulo, SP, Brasil
Espátula para gesso	Nova OGP	São Paulo, SP, Brasil
Gesso Pedra Branco Especial	Zero Flask-Dentona	São Paulo, SP, Brasil
Gesso pedra comum	Asfer	São Caetano, SP, Brasil
Hipoclorito de Sódio a 1%	Asfer	São Caetano, SP, Brasil
Grau de Borracha	Nova OGP	São Paulo, SP, Brasil
Lixa d'água de granulação 400, 600, 1000 e 2000	3M	São Paulo, SP, Brasil
Papel Toalha	Snob	Passo Fundo, RS, Brasil
Pedra-pomes	3M	São Paulo, SP, Brasil
Pedra Silicone	3M	São Paulo, SP, Brasil
Potes de Plástico Hermético	Premium	São Paulo, SP, Brasil
Refrigerante	Coca Cola	São Paulo, SP, Brasil
Resina Acrílica Vipi Block	Vipi	Pirassununga, SP, Brasil
Resina Acrílica Prizma 3D Bio Denture	MakerTechlabs	Tatuí, SP, Brasil
Resina Acrílica Vipi Cril Plus	Vipi	Pirassununga, SP, Brasil
Resina Acrílica Vipi Cril Plus	Vipi	Pirassununga, SP, Brasil
Roda de Pano	3M	São Paulo, SP, Brasil
Seringa hipodérmica de 20 mL	Cremer	São Paulo, SP, Brasil
Silicona de adição Silic One	FGM	São Paulo, SP, Brasil
Silicona ZetaLab-ZetaPlus	Zermack	São Paulo, SP, Brasil

Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

Os tipos e marcas comerciais de resinas acrílicas utilizadas no experimento estão listadas abaixo:

Tabela 2. Tipos e marcas comerciais das resinas acrílicas pesquisadas.

TIPOS DE RESINA ACRÍLICA	MARCA COMERCIAL	LOCAL DE FABRICAÇÃO
Resina Acrílica Vipi Block	Vipi	Pirassununga, SP, Brasil
Resina Acrílica Prizma 3D Bio Denture	MakerTechlabs	Tatuí, SP, Brasil
Resina Acrílica Vipi Cril Plus	Vipi	Pirassununga, SP, Brasil

Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Estas resinas acrílicas foram avaliadas e dispostas em grupos, conforme a tabela 3 abaixo;

Tabela 3: Grupos dispostos das resinas acrílicas para o experimento:

GRUPOS	TIPOS DE RESINA ACRÍLICA
G1	Resina acrílica termopolimerizável
G2	Resina acrílica CAD/CAM compactada ou fresada
G3	Resina acrílica impressa

Fonte: Elaborado pelo pesquisador

4 PREPARO DOS CORPOS DE PROVA

4.1 Dimensão das Amostras

O tamanho dos corpos de provas foi de 10 mm de altura, 4,0 mm de largura e 2,0 mm de espessura, no qual foram determinadas de acordo com as dimensões compatíveis com os equipamentos utilizados.

5 FABRICAÇÃO DAS AMOSTRAS

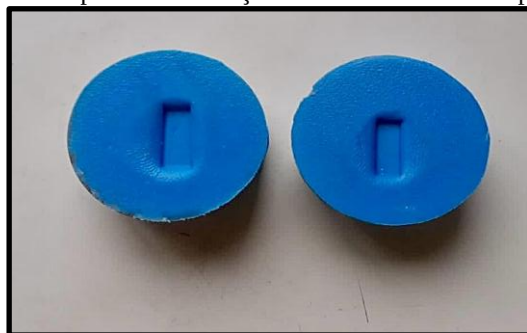
5.1 Corpo de Provas de Resinas Acrílicas Termopolimerizáveis

Para a realização da fabricação das amostras termopolimerizáveis, um corpo de prova foi fabricado pelo processo digital-impresso e este serviu como um modelo padrão para a formação dos espécimes do tipo convencional (Atalay *et al.*, 2023).

Com isso, um molde da massa densa de sílica ZetaLab (ZetaPlus) (São Paulo, SP, Brasil) foi confeccionado, através de um recipiente do tipo garrafa de refrigerante, como mostra a figura 1 abaixo, em que a amostra padrão foi utilizada e determinada as dimensões espaciais dos corpos de prova da resina termopolimerizável *Vipi Cril Plus-Vipi* (Pirassununga, SP, Brasil).

Assim, as amostras no método convencional foram fabricadas a partir destes moldes realizados, como mostra a figura 2 e a figura 3, as amostras em cera e em resina acrílica termopolimerizável (Atalay *et al.*, 2023).

Figura 1: Molde para a confecção das amostras termoplimerizáveis



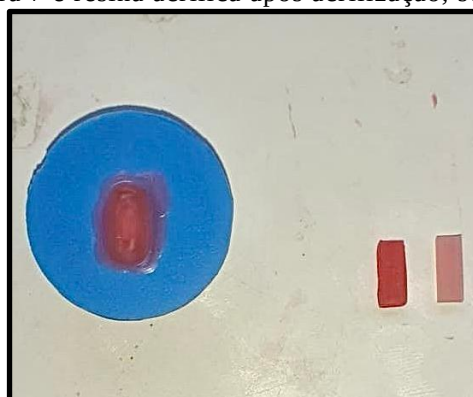
Fonte: Acervo do pesquisador

Figura 2: Tipo de Padrão de Cera 7 acomodado no molde



Fonte: Acervo do pesquisador

Figura 3: Bastão de Cera 7 e resina acrílica após acrilização, sendo aplicada no molde.



Fonte: Acervo do pesquisador

Para a acrilização das amostras em resina acrílica termopolimerizável, um padrão em cera 7 Asfer foi utilizado e incluído na mufla com gesso pedra justaposto (Atalay *et al.*, 2023) (Figura 4).

A proporção pó/líquido de resina acrílica utilizada foi a recomendada pelo fabricante e foi incluída na mufla com gesso pedra, branco especial levados à Prensa Hidráulica MAXX (*Hydraulic Press 3 TON*) para a sua acrilização (Casucci *et al.*, 2023).

Em seguida, o processo foi constituído para a aquisição das amostras termopolimerizáveis em que se iniciou com a inclusão do modelo de gesso tipo 2, no interior da mufla e este gesso deve ser suficiente para envolver o modelo mantendo, no entanto, a base de prova livre de gesso. A quantidade de gesso adequada para fixar o modelo é de 100 gramas (Casucci *et al.*, 2023).

Em seguida, o conjunto composto pela cera foi colocado em um cozimento para derreter a cera, formando espaços necessários para a inserção da resina acrílica. (Gruber, *et al.* 2021; Shen, *et al.* 2021)

A resina acrílica termopolimerizável foi inserida na mufla, preenchendo os espaços deixados pela cera e a contra-mufla foi fechada para garantir a contenção e fixação do material. (Gruber, *et al.* 2021; Shen, *et al.* 2021)

A prensagem do conjunto foi colocada em uma prensa hidráulica para eliminar qualquer monômero residual e assegurar que a resina preenchesse adequadamente os moldes, eliminando excessos e bolhas de ar. (Gruber, *et al.* 2021).

O conjunto foi imerso novamente em um banho-maria em água em ebulição e o processo de polimerização apresentou duração de 20 minutos. O resfriamento inicialmente a seco, por 30 minutos, permitiu que a resina se estabilizasse (Shen, *et al.* 2021)

Em seguida, foi imerso por 15 minutos em água corrente para evitar qualquer choque térmico que pudesse causar deformações ou trincas das amostras (Shen, *et al.* 2021).

A contra-mufla e a mufla foram abertas com cuidado, e a resina acrílica foi retirada do conjunto (Gruber, *et al.* 2021; Shen, *et al.* 2021).

Figura 4. Padrão de cera sendo incluído na mufla com gesso justaposto.



Fonte: Acervo do pesquisador

Após a acrilização dos corpos de prova em resina acrílica termopolimerizável, o acabamento e polimento foram requeridos em todos os espécimes de resina acrílica termopolimerizável Vipi Cril Plus- Vipi (Pirassununga, SP, Brasil), consistindo em lixa d'água de granulação 400, 600, 1000 e 2000 3M (São Paulo, SP, Brasil), por 10 segundos, pedra de silicone 3M (São Paulo, SP, Brasil), por 10 segundos, para acabamento, escova de pelo 3M (São Paulo, SP, Brasil) e pedra-pomes 3M (São Paulo, SP, Brasil), por 10 segundos, roda de pano 3M (São Paulo, SP, Brasil) e pedra-pomes 3M (São Paulo, SP, Brasil), por 10 segundos, para lisura e brilho à superfície dos espécimes. Após esta etapa, todas as amostras foram limpas em água destilada Iodontosul (São Paulo, SP, Brasil), por 10 min e secas com papel toalha *Snob* (Passo Fundo, RS, Brasil). Em seguida, os espécimes foram imersos em água destilada Iodontosul (São Paulo, SP, Brasil), por 48 horas, para eliminação do monômero residual (Freitas *et al.*, 2023).

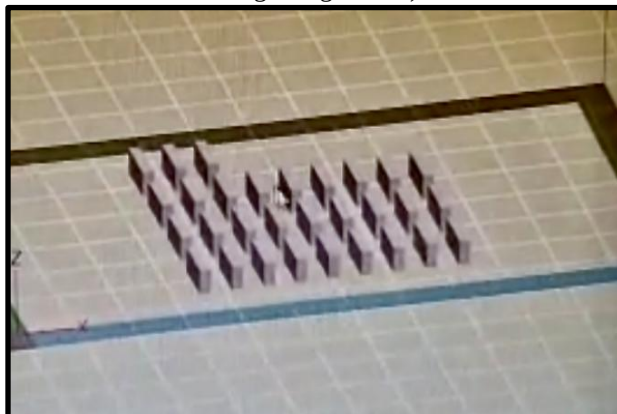
Todas as amostras da pesquisa foram submetidas ao mesmo protocolo de acabamento e polimento supracitado, no sentido de padronizar os procedimentos técnicos e laboratoriais (Gruber *et al.*, 2021).

5.1.1 Corpo de Provas das Resinas Acrílicas Digitais Impressas

Os corpos de prova impressos foram confeccionados através da impressora Hunter DLP 3D- Flashforge (Vitória, Hong Kong, China), no laboratório *Done 3D*, localizado em Ribeirão Preto, São Paulo, SP, Brasil.

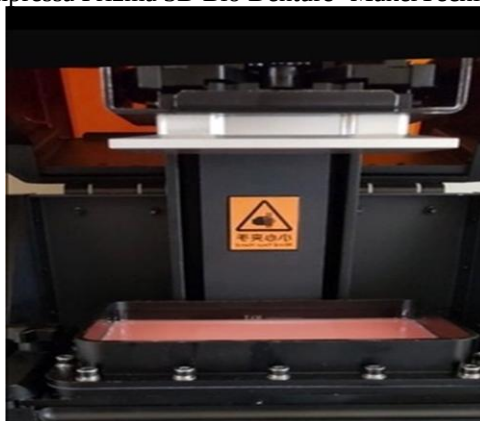
A medida padrão das amostras de resina acrílica da marca PRIZMA 3D BIO DENTURE - DLP/LCD–MAKERTECHLABS (Tatuí, São Paulo, SP, Brasil) foram fabricadas, configuradas pelo sistema do próprio equipamento e impressas pelo método computadorizado digital (Atalay *et al.*, 2022), como mostra na figura 5 e 6 abaixo:

Figura 5. Amostras sendo planejadas para serem impressas na impressora Hunter DLP 3D- *Flashforge* (Vitória, Hong Kong, China).



Fonte: Acervo do pesquisador.

Figura 6: Impressora Hunter DLP 3D- *Flashforge* (Vitória, Hong Kong, China) e a resina acrílica digital impressa Prizma 3D Bio Denture- MakerTechlabs



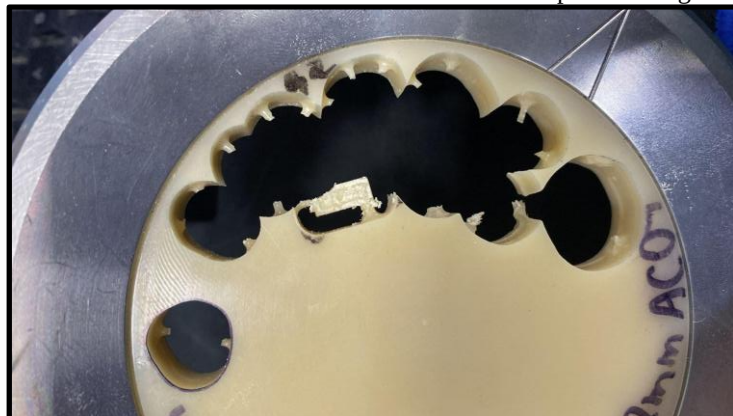
Fonte: Acervo do pesquisador.

5.1.2 Corpos de Provas das Resinas Acrílicas Compactadas

Para a aquisição das amostras de resina acrílica compactada, primeiramente houve uma tentativa de constituir subgrupos de resinas digitais, utilizando a fresadora (CAM) *Dentisply Sirona* (São Paulo, SP, Brasil).

No entanto, não foi possível, pois as amostras possuíam dimensões incompatíveis para esta máquina, como mostra na figura abaixo, onde as amostras acabaram se destruindo, pela sua proximidade entre elas e a ponta fresadora, não sendo capaz de constituir estes corpos de prova nas dimensões estabelecidas para esta pesquisa, como mostra na Figura 7.

Figura 7: Disco de PMMA *Evolux Monocolor - Blue Dent* (Pirassununga, São Paulo, SP, Brasil), rompido na tentativa de constituir as amostras da resina acrílica com o processo digital fresado.



Fonte: Acervo do pesquisador.

Para as amostras do grupo fresadas, discos de VIPI BLOCK- VIPI (Pirassununga, São Paulo, SP, Brasil) foram cortados no tamanho padrão com o uso de discos diamantados, montados em uma peça de mão elétrica, sob jato de água constante. Com isso, as amostras da dimensão correspondente foram extraídas de bloco de PMMA compactado, sendo ilustrado na Figura 8 abaixo (Freitas *et al.*, 2023).

Figura 8. Disco PMMA de resina compactada VIPI-BLOCK-VIPI (Pirassinunga, São Paulo, SP, Brasil) seccionado para o tamanho amostral.



Fonte: Acervo do pesquisador.

Os corpos de prova foram confeccionados em dimensões padronizadas de acordo com a ISO 20795-1 ($65 \times 10 \times 3,3$ mm), com acabamento e polimento padronizados. Os espécimes foram armazenados em água destilada a 37°C por 24 horas antes dos testes mecânicos.

5.2 Cálculo Amostral

A definição do tamanho amostral (n) em ensaios laboratoriais de resistência flexural deve considerar a padronização normativa, a reprodutibilidade do método e a homogeneidade

do material avaliado. No presente estudo, optou-se pela utilização de $n = 5$ corpos de prova por grupo, uma vez que esse número encontra respaldo em normas técnicas amplamente empregadas em pesquisas com materiais odontológicos, além de ser recorrente na literatura científica.

Normas internacionais como a ISO 4049 (materiais restauradores à base de polímeros) e a ASTM D790 (ensaio de flexão em materiais poliméricos) estabelecem que um número mínimo de cinco espécimes é suficiente para obtenção de valores confiáveis de resistência flexural, desde que os corpos de prova sejam confeccionados sob condições controladas e padronizadas.

5.3 Análise Estatística

A normalidade dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro–Wilk. Considerando a distribuição normal, aplicou-se a análise de variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey, adotando-se nível de significância de 5%

Adicionalmente, estudos laboratoriais envolvendo resinas acrílicas convencionais, termopolimerizáveis e materiais fabricados por métodos digitais (CAD/CAM ou impressão 3D) demonstram que amostras com $n = 5$ apresentam baixa variabilidade intra-grupo, especialmente quando os protocolos de preparo, polimerização e acabamento são rigorosamente seguidos.

Nessas condições, o aumento do tamanho amostral para $n = 10$ não resulta, necessariamente, em ganho estatisticamente significativo de poder analítico, podendo representar apenas maior consumo de material, tempo e custos laboratoriais.

Do ponto de vista estatístico, quando a distribuição dos dados é normal e o coeficiente de variação é reduzido, amostras com $n = 5$ permitem análises inferenciais adequadas, sobretudo em estudos comparativos entre materiais, desde que acompanhadas de testes estatísticos apropriados e nível de significância previamente estabelecido.

Portanto, a escolha de $n = 5$ é considerada tecnicamente válida, normativamente aceita e metodologicamente consistente para ensaios de resistência flexural em materiais odontológicos, não comprometendo a confiabilidade nem a reprodutibilidade dos resultados obtidos.

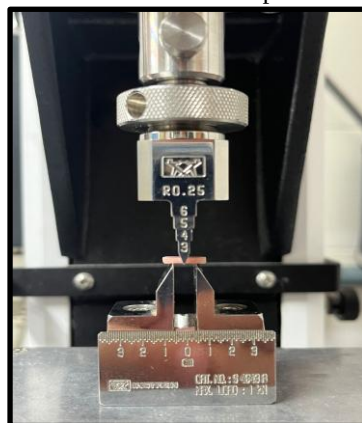
5.4 Ensaio da Resistência Flexural

Para o ensaio de resistência flexural por três pontos foi realizado em máquina de ensaios universal (5567 *Universal Testing Machine*; Instron Ltda, São Paulo, SP, Brasil) com célula de carga de 500N, sendo testados conforme as diretrizes da ISO 20795-1 para polímeros à base de prótese, ilustrada abaixo com a Figura 9 (Sartori *et al.*, 2024).

Os corpos de prova foram mensurados, através do paquímetro digital (modelo número NB60, *Mitutoyo America Corporation*, Providence, RI, EUA), para garantir uma espessura uniforme de $2 \pm 0,03\text{mm}$ e serem preenchidas no *software* do computador do equipamento (Sartori *et al.*, 2024).

As amostras ficaram dispostas, horizontalmente, em contato com as hastes paralelas entre si, de suporte metálico e, em seguida, a máquina foi acionada com velocidade de 0,5mm/min. O *software* da máquina universal foi então acionado para o início do dispositivo. A porção móvel da máquina incidiu sua força perpendicular na central dos corpos de prova até ocorrer a fratura (Sartori *et al.*, 2024).

Figura 9. Máquina universal (5567 *Universal Testing Machine*; Instron Ltda., São Paulo, SP, Brasil) com a amostra acoplada.



Fonte: Acervo do pesquisador.

6 RESULTADOS

Após o teste de normalidade Shapiro-Wilk, os grupos de resina acrílica apresentaram normalidade de seus dados, 0,86 para as resinas acrílicas termopolimerizáveis, 0,94 para as impressas digitais e 0,90 para as compactadas ou fresada, $p > 0,05$. Com isso, todos os grupos apresentaram distribuição normal, permitindo o uso de testes paramétricos.

Os dados de carga em quebra apresentaram distribuição normal em todos os grupos, conforme o teste de Shapiro–Wilk ($p > 0,05$). A análise de variância ANOVA revelou diferença estatisticamente significativa entre os grupos avaliados ($p < 0,001$ e $F=41,2$).

O teste de Tukey demonstrou que a resina acrílica compactada apresentou valores de resistência ou módulo à flexão significativamente superiores aos demais grupos, seguida pela resina acrílica digital impressa, enquanto a resina termopolimerizável apresentou os menores valores ($p < 0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4. Média (desvio padrão) e mediana (mínimo; máximo) do módulo flexão (MPa) das resinas acrílicas avaliadas

Grupo de resina	n	Média ± DP (N)	Mínimo	Máximo
Termopolimerizável	5	79,60 ± 7,02	73,79	92,71
Impressa digital	5	141,53 ± 19,35	127,00	177,54
Compactada ou Fresada	5	285,02 ± 50,61	249,38	373,72

Fonte: Elaborado pelo pesquisador

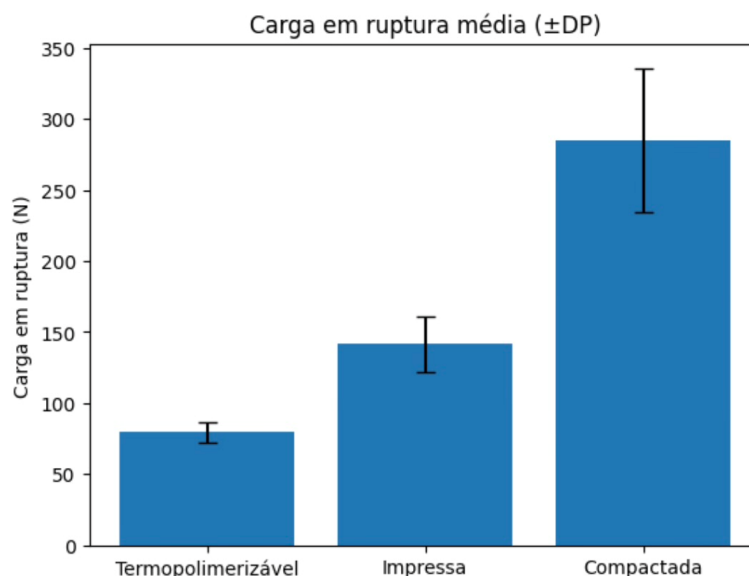
Em relação a ordem de desempenho mecânico (Carga em Quebra), a resina acrílica compactada ou fresada apresentou maior resistência, seguido das impressas digitais e com menor valor de resistência, as termo polimerizáveis (Tabela 5 e figura 10).

Tabela 5. Média (desvio padrão) e mediana (mínimo; máximo) da carga em ruptura ou quebra (N) das resinas acrílicas avaliadas

Grupo de resina	n	Média ± DP (MPa)	Mínimo	Máximo
Termopolimerizável	5	301,04 ± 11,69	289,55	322,58
Impressa digital	5	237,02 ± 68,69	194,36	352,17
Compactada ou Fresada	5	329,18 ± 32,13	296,55	385,58

Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Figura 10: Gráfico da carga em ruptura ou quebra média (N) das resinas acrílicas avaliadas



Fonte: Elaborado pelo pesquisador

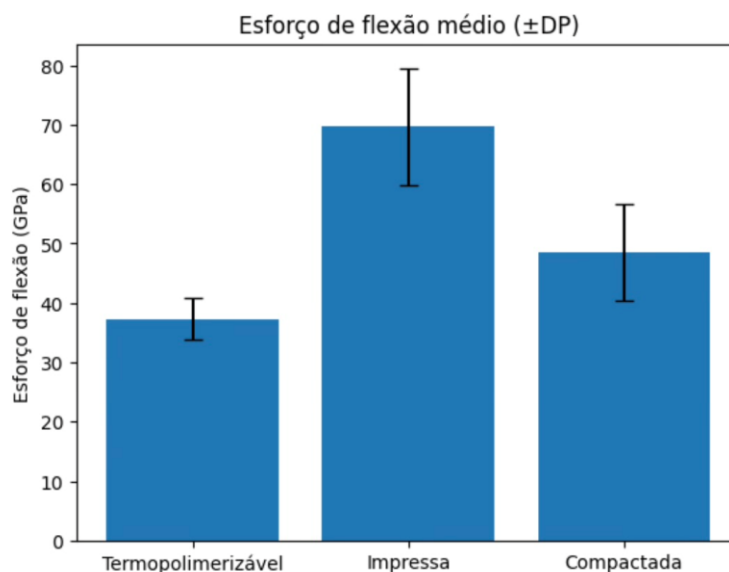
Observou-se que o esforço ou módulo de flexão apresentou valores elevados na resina impressa, sugerindo maior rigidez estrutural, embora isso não tenha se traduzido em maior carga de ruptura proporcional (Tabela 6 e figura 11).

Tabela 6. Média (desvio padrão) e mediana (mínimo; máximo) do esforço de flexão (GPa)

Grupo de resina	n	Média $\pm$ DP	Mínimo	Máximo
Termopolimerizável	5	37,28 $\pm$ 3,45	34,59	43,46
Impressa digital	5	69,67 $\pm$ 9,84	60,00	83,22
Compactada ou Fresada	5	48,48 $\pm$ 8,19	40,29	62,12

Fonte: Elaborado pelo pesquisador

Figura 11: Gráfico do esforço ou módulo de flexão médio (GPa) das resinas acrílicas avaliadas



Fonte: Elaborado pelo pesquisador

7 DISCUSSÃO

A resistência mecânica é uma das propriedades mais importantes, pois atua como influência direta na sua longevidade e sucesso do aparelho oral reabilitador. Algumas pesquisas vêm sendo realizadas para estudar a resistência mecânica, pois atua diretamente na longevidade, função e sucesso da PT (Carvalho, et al., 2023, Sartori, et al., 2024).

Atualmente, as resinas acrílicas vêm apresentando uma melhoria de suas propriedades a fim de oferecer maior longevidade destes aparelhos, obtendo melhor desempenho na sua utilização (Di Fiori, et al., 2021, Helal, et al., 2022).

Os resultados demonstram superioridade das resinas CAD/CAM fresadas em relação às resinas termopolimerizáveis convencionais. Esse comportamento pode ser explicado pelo maior grau de polimerização e pela ausência de porosidades, resultantes do processo industrial controlado (Srinivasan, et al., 2021, Carvalho, et al., 2023, Sartori, et al., 2024).

As resinas impressas em 3D, embora representem avanço tecnológico importante, ainda apresentam limitações relacionadas à anisotropia de camadas e à menor densidade de polimerização, o que pode justificar sua menor resistência flexural (Sartori, et al., 2024, Kanakaraj, et al., 2021).

Os achados estão de acordo com estudos prévios que relatam melhor desempenho mecânico das resinas compactadas ou fresadas em comparação às técnicas convencionais (Kim, et al., 2021, Carvalho, et al., 2023, Sartori, et al., 2024).

Em um dos trabalhos mais relevantes e atuais sobre este tema, Freitas *et al.* (2023), utilizando a manufatura subtrativa (fresagem CAD-CAM) e a manufatura aditiva (impressão 3D), afirmaram que podem promover significativos avanços, reduzindo o tempo e o custo de produção de próteses totais.

Corroborando com os resultados acima, em uma revisão sistemática realizada por Srinivasan, *et al.* (2021) concluíram, por meio de metanálise, que os blocos de resina CAD-CAM pré polimerizados ofereceram maiores valores de resistência flexural que os corpos-de-prova confeccionados, convencionalmente, por termopolimerização.

Para ratificar, ainda sobre este tema, Casucci *et al.* (2023) compararam a resistência à flexão de diferentes resinas fabricadas, usando diferentes tecnologias (convencionais, fresadas em CAD-CAM e impressa em 3D) e técnicas de polimerização. Foram testadas 11 resinas diferentes: seis de PMMA convencional (*Acrypol R*, *Acrypol LL*, *Acrypol HI*, *Acrypol Fast*, *Acryse lf e Acryslef P*), duas obtidas a partir de discos de PMMA UDMA (disco *Ivotion* e disco *Aadva*, grupos controle), duas resinas PMMA impressas em 3D (*NextDent Denture 3D+* e *SprintRayEU Denture Base*) e uma resina composta impressa em 3D (*GC Temp Print*).

Obtiveram, como resultados, que as amostras fresadas em CAD-CAM apresentaram a maior resistência à flexão (107,87 MPa para UDMA), seguidas pelas resinas compostas impressas em 3D (102,96 MPa).

Além disso, as resinas impressas em 3D polimerizadas por 40 min não apresentaram diferenças, estatisticamente significativas, com os grupos de resina convencional. Em complemento, em todas as amostras impressas em 3D, foi encontrada uma alta correlação entre a técnica de polimerização e a resistência à flexão (Casucci *et al.*, 2023).

Logo, os resultados encontrados nesta presente pesquisa indicaram a supremacia das resinas acrílicas computadorizadas CAD-CAM, em especial as compactadas ou fresadas que apresentam valores superiores de resistência em detrimento das outras resinas acrílicas, sugerindo o uso deste material como de eleição para os aparelhos de prótese total, em especial aqueles que necessitam apresentar um suporte maior sobre alta carga oclusal.

Isso não invalida o uso das resinas acrílicas convencionais termopolimerizáveis, considerada como padrão ouro do uso para este fim, através da sua larga história de sua indicação para a fabricação destes aparelhos protéticos (Perea- Lowery, et al., 2021).

E ainda, as impressas digitais que em uma conformação mais simples computadorizadas, pode oferecer próteses totais removíveis eficazes para a sua utilização (Abualsaud, et al., 2022)

8 CONCLUSÃO

As resinas acrílicas CAD/CAM fresadas apresentaram maior resistência flexural quando comparadas às resinas termopolimerizáveis e impressas, sugerindo maior indicação clínica para bases de próteses totais em situações principalmente, de maior carga funcional.

Dentre a conformação digital, as resinas compactadas ou fresadas apresentam valores de resistência superior as impressas digitais, sugerindo o método substitutivo para obtenção do aparelho protético.

Logo, os três tipos resinas acrílicas analisadas para o tratamento reabilitador oral em rebordos edêntulos totais, proporcionando aparelhos removíveis eficazes capazes de apresentar sucesso e longevidade utilizando também estas resinas acrílicas.

Há ainda uma necessidade de mais pesquisas científicas principalmente, em relação do comportamento clínico de utilização destes materiais frente ao seu uso e suas particularidades quanto aos seu sucesso e longevidade deste tratamento reabilitador.

REFERÊNCIAS

ABUALSAUD, R.; GAD, M. M. Flexural strength of CAD/CAM denture base materials: systematic review and meta-analysis of *in vitro* studies. **Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 160-170, 2022.

AL-QARNI, F. D.; GAD, M. M. Printing accuracy and flexural properties of different 3D-printed denture base resins. **Materials**, [S. l.], v. 15, n. 7, p. 2410, 2022.

ATALAY, S.; ÇAKMAK, G.; FONSECA, M.; SCHIMMEL, M.; YILMAZ, B. Effect of different disinfection protocols on the surface properties of CAD-CAM denture base materials. **Journal of Prosthetic Dentistry**, [S. l.], v. 130, n. 5, p. 1787-1795, 2023.

CASUCCI, A.; VERNIANI, G.; BARBIERI, A. L.; RICCI, N. M.; FERRARI CAGIDIACO, E.; FERRARI, M. Flexural strength analysis of different complete denture resin-based

materials obtained by conventional and digital manufacturing. **Materials**, [S. l.], v. 16, n. 19, p. 6559, 2023.

DI FIORE, A.; MENEGHELLO, R.; BRUN, P.; ROSSO, S.; GATTAZZO, A.; STELLINI, E. *et al.* Comparison of the flexural and surface properties of milled, 3D-printed, and heat-polymerized PMMA resins for denture bases: an *in vitro* study. **Journal of Prosthodontic Research**, [S. l.], v. 66, n. 3, p. 502-508, 2021.

FREITAS, R. F. C. P.; DUARTE, S.; FEITOSA, S.; DUTRA, V.; LIN, W. S.; PANARIELLO, B. H. D.; CARREIRO, A. D. F. P. Physical, mechanical, and anti-biofilm formation properties of CAD-CAM milled or 3D-printed denture base resins: *in vitro* analysis. **Journal of Prosthodontics**, [S. l.], v. 32, n. S1, p. 38-44, abr. 2023.

HELAL, M.; FADL-ALAH, A.; BARAKA, Y.; GAD, M.; EMAM, A. N. *In vitro* comparative evaluation for the surface properties and impact strength of CAD/CAM milled, 3D-printed, and polyamide denture base resins. **Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 126-131, 2022.

KANAKARAJ, S.; RAVICHANDRAN, H. K. R. An update on CAD/CAM removable complete dentures: a review on different techniques and available CAD/CAM denture systems. **International Journal of Applied Dental Sciences**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 491-498, 2021.

KIM, T. H.; HUH, J. B.; LEE, J.; BAE, E. B.; PARK, C. J. Retrospective comparison of postinsertion maintenance between conventional and 3D-printed complete dentures fabricated in a predoctoral clinic. **Journal of Prosthodontics**, [S. l.], v. 30, n. S2, p. 158-162, 2021.

LIMÍRIO, J. P. J. O.; GOMES, J. M. L.; REZENDE, M. C. R. A.; LEMOS, C. A. A.; ROSA, C. D. D. R. D.; PELLIZZER, E. P. Mechanical properties of polymethyl methacrylate as a denture base: conventional versus CAD-CAM resin: a systematic review and meta-analysis of *in vitro* studies. **Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 128, n. 6, p. 1221-1229, 2022.

OLIVEIRA, E.; FIGUEIREDO, E. Z.; SPOHR, A. M.; GROSSI, M. L. Properties of acrylic resin for CAD/CAM: a systematic review and meta-analysis of *in vitro* studies. **Journal of Prosthodontics**, [S. l.], v. 30, n. 8, p. 656-664, out. 2021.

PEREA-LOWERY, L.; MINJA, I. K.; LASSILA, L.; RAMAKRISHNAIAH, R. P. K.; VALLITTU. Assessment of CAD-CAM polymers for digitally fabricated complete dentures. **Journal of Prosthetic Dentistry**, [S. l.], v. 125, n. 1, p. 175-181, 2021.

SARTORI, N.; SANCHEZ, S. A.; OLIVEIRA, D.; HOSNEY, S.; ZOIDIS, P.; MARTIN, W.; GONZAGA, L.; ROCHA, M. G. Flexural properties and fatigue limit of 3D-printed and milled resin-based materials. **Journal of Prosthodontics**, [S. l.], v. 14, mar. 2024.

SRINIVASAN, M.; KAMNOEDBOON, P.; MCKENNA, G.; ANGST, L.; SCHIMMEL, M.; ÖZCAN, M.; MÜLLER, F. CAD-CAM removable complete dentures: a systematic review and meta-analysis of trueness of fit, biocompatibility, mechanical properties, surface characteristics, color stability, time-cost analysis, clinical and patient-reported outcomes. **Journal of Dentistry**, [S. l.], v. 113, 2021.

WANG, Y. F.; SHI, P. J.; XIE, J. H. Accuracy of digital complete dentures: a systematic review of *in vitro* studies. **Journal of Prosthetic Dentistry**, [S. l.], v. 125, n. 2, p. 249-256, 2021.