

Artigo Original de Pesquisa
Original Research Article

Avaliação da resistência flexural de resinas acrílicas polimerizadas por dois métodos

Evaluation of flexural strength of acrylic resins polymerized for two methods

Eron Toshio Colauto YAMAMOTO*
Eduardo Shigueyuki UEMURA**
Marcos Yasunóri MAEKAWA**
Bruna do Amaral BAGNI***
Renata Gussen dos Santos ROSA***
Andrey de Souza Setúbal DESTRO***

Endereço para correspondência:

Address for correspondence:

Eron Toshio Colauto Yamamoto
Rua Pedro de Toledo, 19 – Centro
CEP 08900-000 – Guararema – SP
E-mail: eron.y@terra.com.br

* Mestre e doutorando em Dentística pela Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP.

** Professores Doutores da disciplina Prótese Parcial Removível da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP.

*** Alunos do Programa de Aperfeiçoamento Continuado da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP.

Recebido em 3/10/08. Aceito em 6/11/08.

Received on October 3, 2008. Accepted on November 6, 2008.

Palavras-chave:

resinas acrílicas; ciclo de polimerização; resistência à flexão.

Resumo

Introdução: Recentemente a polimerização convencional de resina acrílica vem sendo trocada pela polimerização por micro-ondas. **Objetivo:** O estudo teve como objetivo avaliar a resistência flexural de diferentes resinas acrílicas, para confecção de próteses, quanto ao ciclo de polimerização convencional e por micro-ondas. **Material e métodos:** Foram confeccionados corpos-de-prova de 65 mm X 10 mm e 2,5 mm de espessura com diferentes resinas acrílicas, polimerizados pela técnica convencional e por micro-ondas. Os espécimes foram divididos em seis grupos, de acordo com a marca e o tipo de polimerização respectivamente: G1 (Clássico Convencional), G2 (Clássico Micro-ondas), G3 (Vip Dent Convencional), G4 (Vip Dent Micro-ondas), G5 (Palaton Convencional) e G6 (Palaton Micro-ondas). Os corpos-de-prova passaram por teste de tensão de flexão de três

pontos até sua fratura. **Resultados:** Os testes Anova e Tukey para nível de significância 5% foram aplicados, e verificou-se diferença estatística entre o G1 ($101,15 \pm 15,70$) e os grupos G3 ($85,51 \pm 10,79$) e G5 ($86,00 \pm 8,49$); não houve diferença entre G3 e G5. Os grupos G2 ($98,74 \pm 14,71$), G4 ($96,28 \pm 8,02$) e G6 ($92,81 \pm 11,38$) não diferiram estatisticamente entre si e em relação aos outros grupos. Não houve diferença estatística entre as técnicas de polimerização. **Conclusão:** Para o ciclo de polimerização convencional, a resina da marca Clássico possui maior resistência se comparada com as outras duas marcas estudadas, e tanto o ciclo de polimerização convencional quanto o de micro-ondas podem ser bem indicados para o uso protético.

Keywords:

acrylic resins;
polymerization cycle;
flexural strength.

Abstract

Introduction: Recently the conventional polymerization of acrylic resin has been changed by microwaves polymerization. **Objective:** The purpose of this study was to evaluate flexural strength of three different acrylic resins as for the cycle of conventional and microwaves polymerization. **Material and methods:** Specimens of 65 mm X 10 mm and 2.5 mm of dimension were made with different acrylic resins and polymerized through the conventional and microwaves techniques. The specimens were divided in six groups in agreement with the mark and the polymerization type respectively: G1 (Clássico Conventional), G2 (Clássico Microwaves), G3 (Vip Dent Conventional), G4 (Vip Dent Microwaves), G5 (Palaton Conventional) and G6 (Palaton Microwaves). The specimens were tested by flexural strength until fracture. **Results:** The test Anova and Tukey for significance level of 5% was applied and there was statistic difference among G1 (101.15 ± 15.70) and the groups G3 (85.51 ± 10.79) and G5 (86.00 ± 8.49), what did not occur among G3 e G5. There was not statistic difference among the groups G2 (98.74 ± 14.71), G4 (96.28 ± 8.02) and G6 (92.81 ± 11.38) and in relation to the other groups. There was not statistic difference among the polymerization techniques. **Conclusion:** It was concluded that the Clássico resin for the cycle of conventional polymerization has higher strength compared to the other two studied marks, and both conventional polymerization and microwaves cycle can be indicated to prosthetic use.

Introdução

Por volta de 1937 surgiu o metilmetacrilato, uma resina acrílica que substituiu praticamente todos os materiais até então utilizados [19, 21]. A partir de 1963, muitos plásticos industriais foram aperfeiçoados, mas nenhum foi considerado mais favorável e fácil de ser usado do que as resinas acrílicas, que nos dias de hoje ainda vêm sofrendo modificações para aprimorar propriedades físicas e mecânicas, a fim de manter uma excelente resistência, propriedades estéticas, baixa solubilidade e facilidade de processamento e reparo [2].

A resina acrílica tradicionalmente utilizada para confecção de base de próteses totais origina-se de um líquido (monômero) e de um pó (polímero). Esse material é convencionalmente processado em muflas de metal pela técnica de compressão do molde quando o material se encontra na fase plástica. As muflas são acondicionadas em banho de água aquecida com temperatura controlada por um longo período de tempo, para que o material seja polimerizado (74°C por oito horas ou mais) [3, 6].

Atualmente a resina acrílica polimerizada convencionalmente em banho de água quente vem dando espaço para a polimerização por micro-ondas. Desde 1968, com pesquisa iniciada por Nishii

[17], as resinas acrílicas polimerizadas por micro-ondas demonstram vantagens, como maior praticidade técnica, maior rapidez e ação do calor diretamente na resina acrílica.

Uma propriedade de extrema importância da resina acrílica refere-se à sua resistência à flexão, que diz respeito à resistência do material diante de situações de fraturas por queda do aparelho ou por fadiga do material durante o uso. Essa propriedade mecânica deve apresentar valores compatíveis com os padrões estabelecidos nas normas, promovendo assim uma maior longevidade do aparelho protético, desde que se mantenham os aspectos de confecção próprios das próteses [7].

Levin *et al.* (1989) [16] testaram cinco tipos de resina, que foram processados por energia de micro-ondas e pelo método convencional de banho de água aquecida; os autores investigaram a dureza, a porosidade e a resistência transversal de ambos os métodos. Os resultados não mostraram diferença significativa entre as amostras polimerizadas pelos dois métodos. Porém a polimerização por energia de micro-ondas apresentou como vantagem tempo reduzido de cura e facilidade de limpeza do processo.

Cury *et al.* (1994) [8] propuseram-se a verificar e comparar as propriedades físicas de sorção e solubilidade em água, resistência transversal, flexão máxima e resistência ao impacto de quatro resinas acrílicas dentais, sendo duas termopolimerizáveis (Lucitone 550 e Photoplast Termic), uma quimicamente ativada (Ortho-class) e uma curada por meio de energia micro-ondas (Acron M-C). Observou-se pelos resultados que as resinas diferiram entre si quanto às propriedades físicas testadas e que as diferenças verificadas estão relacionadas ao método de cura e à composição delas.

Ilbay *et al.* (1994) [12] investigaram dureza, propriedades físicas e mecânicas e diferentes métodos de polimerização de resina acrílica, utilizando energia de micro-ondas. Foram avaliados 21 diferentes métodos de polimerização variando-se a potência e o tempo de cura deles. Os resultados mostraram que a polimerização por energia de micro-ondas apresentou melhor resistência mecânica do que o método convencional, além de ser uma técnica segura para ser aplicada na produção das bases de dentadura.

Duarte *et al.* (2006) [10] procuraram avaliar comparativamente as características mecânicas de rugosidade e resistência flexional de resinas acrílicas, utilizadas para bases de próteses implantorretidas e implantossuportadas, em função imediata, quais sejam: uma fotopolimerizável

(Vercyo.com), uma ativada por meio de micro-ondas (Acron-MC), uma termopolimerizável de ciclo rápido em água (Impact-Bosworth) e outra termopolimerizável (Lucitone 199), além de outra pelo método convencional (grupo controle). Os resultados mostraram que as resinas apresentam diferenças estatisticamente significantes tanto para o teste de rugosidade quanto para a resistência flexional.

Ainda que muitos estudos com resinas acrílicas para base de próteses totais tenham sido realizados e esta tenha passado por inúmeras modificações, a dificuldade com o processo de polimerização ainda tem surpreendido os profissionais. Assim, nota-se a necessidade de elaborar novas pesquisas a fim de minimizar efeitos adversos que esses materiais possam trazer.

Em virtude da escassez de estudos com algumas resinas acrílicas presentes no mercado, este trabalho teve como objetivo avaliar comparativamente cinco marcas de resinas acrílicas de três fabricantes, para bases de próteses totais, polimerizadas termicamente por técnica em banho de água aquecida ou por energia de micro-ondas. Para esta pesquisa foi empregado ensaio de resistência flexural pela técnica dos três pontos.

Material e métodos

Foram elaborados padrões metálicos em aço inoxidável no formato de barra, retangulares, com arestas nítidas, nas dimensões de 67 mm X 12,60 mm X 2,55 mm (figura 1). Essas medidas foram propositalmente maiores que as exigidas para o corpo-de-prova, no sentido de permitir um correto acabamento das peças sem comprometer os valores finais de dimensionamento.



Figura 1 — Padrões metálicos

Na inclusão dos padrões metálicos foram utilizadas muflas metálicas para o ciclo de polimerização convencional (banho de água aquecida) e muflas de plástico reforçado com fibra de vidro para o ciclo de polimerização por energia de micro-ondas.

Passada uma hora, as muflas foram abertas, os padrões metálicos removidos e inseridas as resinas acrílicas. Utilizaram-se, neste estudo, três marcas comerciais de resina acrílica, descritas na tabela I: Clássico, Palaton e Vipi Cril.

Tabela I — Marcas de resina acrílica utilizadas

Tipo	Fabricante	Nomes comerciais
Resina acrílica ativada termicamente	Artigos Odontológicos Clássico Ltda., São Paulo	Clássico e Onda Cril
Resina acrílica ativada termicamente	Dencril Produtos Odontológicos	Palaton
Resina acrílica ativada termicamente	Vipi Produtos Odontológicos Ltda.	Vipi Cril e Vipi Wave

Todos os grupos obedeceram ao mesmo procedimento de prensagem. Quanto ao processo de polimerização das resinas, cada grupo seguiu as especificações de seu fabricante. O ciclo de polimerização convencional foi de oito horas a 74°C. Já na polimerização por energia de micro-ondas, foi utilizado forno da marca Panasonic com potência de 900 W. Nos primeiros cinco minutos foram usados 10% da potência do forno. Nos cinco minutos seguintes foram aplicados 20% da potência. Nos dez minutos seguintes não se utilizou potência, sendo um período de descanso dos corpos-de-prova. Nos últimos quatro minutos 70% da potência do forno foi empregada, finalizando o ciclo.

Na fase de acabamento, usou-se lixadeira rotatória (Extec), sob refrigeração constante com água. A aferição da mensuração dos corpos-de-prova foi realizada por paquímetro digital (Starret – 727) (figura 2), até atingir a dimensão de 10 mm de largura, 2,5 mm de espessura e 65 mm de comprimento.



Figura 2 — Mensuração do corpo-de-prova

Foram distribuídos 12 corpos-de-prova para cada grupo (n = 12) a seguir: 1) resina Clássico – ciclo convencional; 2) resina Onda Cril – energia de micro-ondas; 3) resina Palaton – ciclo convencional; 4) resina Palaton – energia de micro-ondas; 5) resina Vipi Cril – ciclo convencional; 6) resina Vipi Wave – energia de micro-ondas e análise da resistência flexural.

Anteriormente à análise, os grupos foram colocados em um pote com tampa, preenchido com água destilada mantida à temperatura de 37°C por um período de 48h, conforme determina a norma n.º 12 da ADA.

Posteriormente realizou-se o teste de flexão de três pontos (figura 3).

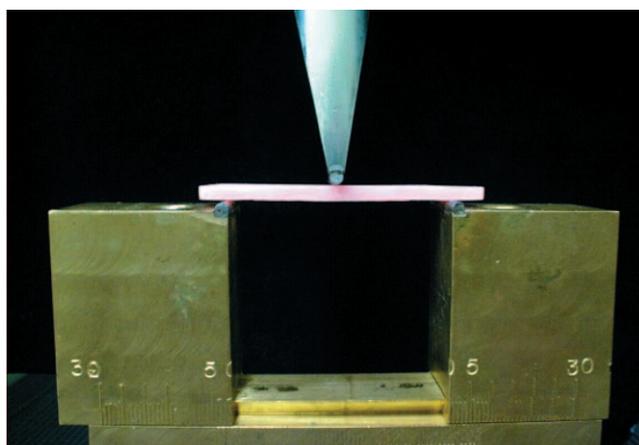


Figura 3 — Teste de flexão de três pontos

Para mensurar a resistência flexural foi utilizada uma máquina de ensaios mecânicos (Emic – Linha DL), com aplicação de carga à velocidade de 5 mm/min no centro do corpo-de-prova até registrar o momento da ruptura.

Resultados

Observando a tabela II podemos verificar os valores da média, do desvio-padrão e de grupos homogêneos após os testes Anova e Tukey para nível de significância de 5%.

Tabela II — Média e desvio-padrão

Resina	Média e desvio-padrão	Grupos homogêneos
Clássico – convencional	101,15±15,70	A
Onda Cryl – micro-ondas	98,74±14,71	A C
Palaton – convencional	86,00±8,49	B C
Palaton – micro-ondas	92,81±11,38	A C
Vipi Cril – convencional	85,51±10,79	B C
Vipi Wave – micro-ondas	96,28±8,02	A C

$p < 0,05$

Realizou-se o teste Anova para os tipos de polimerização e não se verificou diferença estatística (tabela III).

Tabela III — Teste Anova 5%

	f	P
Tipo de polimerização	2,82	0,097

Discussão

A resina acrílica vem sendo utilizada por mais de 60 anos como material de escolha para a confecção de bases de próteses. Ao longo desses anos surgiram diversos tipos de resina e várias técnicas para polimerização. Se o material não for adequado e a técnica não for correta, a resina acrílica apresentará baixa resistência à flexão e poderá fraturar-se durante as tensões que sofre durante a mastigação [7].

As bases de próteses totais e removíveis podem ser confeccionadas com as resinas termopolimerizáveis pelas técnicas: convencional (banho de água), energia de micro-ondas e resina fluida injetada.

No Brasil, a primeira resina acrílica formulada para polimerização com energia de micro-ondas foi Onda Cryl.

Nishii [17] introduziu o uso da energia de micro-ondas para polimerizar resinas acrílicas para base

de próteses em 1968. Ele observou que as propriedades físicas da resina acrílica polimerizada por meio das micro-ondas foram semelhantes às da resina polimerizada em banho de água, assim como em nosso trabalho.

Posteriormente, Kimura *et al.* (1983) [13] registraram a possibilidade de polimerização da resina por essa técnica num tempo reduzido; em 1984 e 1985 muflas plásticas leves e reforçadas com fibras substituíram as pesadas muflas metálicas, e os equipamentos de polimerização em banho de água quente cederam lugar ao forno de micro-ondas doméstico [14, 16, 20].

A polimerização da resina acrílica pela energia de micro-ondas vem sendo utilizada, e sua principal vantagem é a grande redução do tempo de polimerização desse material.

As micro-ondas são geradas por um magnétron de 2.450 MHz, em forma de ondas eletromagnéticas de 12,0 cm de largura. Essa energia é produzida por um oscilador magnético e, quando irradia um objeto, é absorvida e transformada instantaneamente em calor. Essa condição energética faz as moléculas de metilmetacrilato se orientarem no campo eletromagnético, o que altera a sua direção aproximadamente 5 milhões de vezes por segundo, gerando inúmeras colisões intermoleculares que causam aquecimento rápido. Se o calor exigido para quebrar as moléculas de peróxido de benzoíla (ativador) em radicais livres pode ser gerado no interior da resina, é possível manter baixa a temperatura externa da mufla, e o calor gerado pelo desencadeamento da polimerização é disperso mais eficientemente. Desse modo, a polimerização pode ser mais rápida, minimizando-se riscos inerentes do próprio processamento das resinas, como por exemplo a porosidade, pois se elimina a transferência de calor por diversas estruturas (mufla, revestimento, modelo), até que chegue à resina.

Alguns aspectos na utilização das micro-ondas para a polimerização de resinas acrílicas foram estudados por De Clerck em 1987 [9]. O autor fez considerações a respeito da ação das micro-ondas sobre o polimetilmetacrilato e concluiu que elas geram calor diretamente na resina, economizando o tempo que levaria para o calor se dissipar da água quente através das várias estruturas, como da mufla para o gesso e o modelo e depois para a resina no centro da mufla. Foram realizados ensaios físicos (como resistência ao impacto), químicos (como índice de liberação de monômero residual em ciclos de tempo e temperatura diferentes), bem como testes de alteração dimensional para avaliar as

propriedades da resina polimerizada por energia de micro-ondas. O autor concluiu que esse processo economiza tempo e custos de produção das próteses e que a resina polimerizada em micro-ondas tem os menores níveis de monômero residual e propriedades físicas semelhantes ao método convencional de polimerização em banho de água aquecida, além de favorecer a diminuição do número de poros das resinas, uma vez que o calor da reação de polimerização pode ser dissipado com maior eficiência, pelo fato de o material de revestimento encontrar-se em uma temperatura mais baixa.

Estudos como o de Bafile *et al.* (1991) [4] e De Clerk (1987) [9] indicam que, ao empregar potências elevadas no forno de micro-ondas, o risco de o monômero entrar em ebulição e causar porosidade na resina acrílica é muito alto. Em potências mais baixas e em tempos mais prolongados, segundo esses autores, o aquecimento do monômero seria apropriado, permitindo o início do processo de polimerização da resina e uma reação adequada entre o polímero e o monômero.

Alkhatib *et al.* (1990) [1] e Ilbay *et al.* (1994) [12] utilizaram a energia de micro-ondas para a polimerização de dois tipos de resina acrílica específicas para tal método de polimerização e uma resina termopolimerizável convencional. Na avaliação de resistência à flexão, essas resinas, assim como em nosso estudo, não demonstraram diferenças significantes.

Nesta pesquisa utilizaram-se a resina acrílica Clássico termopolimerizável, a resina Onda Ceryl para micro-ondas, a Vipi Crill termopolimerizável, a Vipi Wave para micro-ondas, a Palaton termopolimerizável. Tanto os fabricantes Clássico quanto Vipi tinham no mercado resinas específicas para ciclos de polimerização para banho de água quente e para micro-ondas. Apenas o fabricante Dencril não possuía resina para os dois ciclos. Desse modo, aproveitamos para analisar se a resina termopolimerizável convencional Palaton poderia ser usada para polimerização em micro-ondas.

A análise de variância 5% demonstrou que no ciclo convencional, em banho de água, a resina Clássico obteve melhores resultados, diferenciando-se das outras duas marcas. A análise estatística indicou também que não houve diferença quanto ao tipo de ciclo de polimerização.

Ilbay *et al.* (1994) [12] concluíram que a resina termopolimerizável pode ser utilizada para a polimerização em micro-ondas sem prejuízo às suas propriedades, como dureza e resistência à flexão, à sorção de água e à solubilidade. Em nosso estudo demonstrou-se também que a resina Palaton, que

possuía apenas resinas termopolimerizadas, obteve resultados semelhantes quando polimerizada em banho de água quente e em micro-ondas.

Barbosa *et al.* (2003) [5] avaliaram a resistência à flexão de um tipo de resina acrílica termopolimerizável convencional (Clássico) polimerizada pela energia de micro-ondas. No forno de micro-ondas aplicou-se um ciclo curto de 3 minutos a 500W (grupo A) e um ciclo longo de 13 minutos a 90W e polimerização final por mais 90 segundos a 500W (grupo B). Essa mesma resina foi polimerizada convencionalmente em banho de água quente (grupo C), e os valores de resistência à flexão desse grupo foram estatisticamente semelhantes aos do grupo B e menores que os do grupo A. Os autores concluíram que os dois ciclos de polimerização em micro-ondas produziram efeito parecido sobre a resistência à flexão da resina acrílica e que essa resina termopolimerizável pôde ser polimerizada pela energia de micro-ondas sem prejuízo às propriedades mecânicas.

A técnica de polimerização por micro-ondas apresenta algumas vantagens em relação ao tradicional banho de água quente, como a velocidade em que a polimerização se processa, por dispensar equipamentos sofisticados e pela demonstração de fácil manuseio aliada ao fator limpeza [9, 11, 18].

Na avaliação de resistência à flexão, um espécime recebe uma carga transversal no seu longo eixo. Isso ocasiona força de compressão na superfície superior da amostra e força de tensão na camada inferior. Quando há a diminuição da resistência do material, o espécime fratura, e essa fratura se inicia nas camadas mais inferiores, onde se concentram as forças de tensão [7].

A resistência à flexão, segundo Hayden (1986) [11], está relacionada com a eficiência da polimerização e conseqüentemente com a formação de cadeias curtas de polímeros de baixo peso molecular.

Em trabalho recente, Lai *et al.* (2004) [15] destacaram que a maior vantagem do processamento por energia de micro-ondas sobre a técnica do banho de água quente reside no fato de que tanto o interior como o exterior da massa de resina acrílica são igualmente aquecidos, e a temperatura eleva-se rapidamente. Entretanto a porosidade, a dureza e a resistência transversa de amostras polimerizadas em micro-ondas são semelhantes às processadas pelo banho de água quente [20]. Segundo Hayden (1986) [11] e Shlosberg *et al.* (1989) [23], não existe diferença estatística entre valores de resistência flexural e dureza das resinas processadas em micro-ondas e banho de água quente; em acréscimo, Smith

et al. (1992) [22], que estudaram a resistência ao impacto de sete resinas processadas em banho de água quente, energia de micro-ondas e luz visível, verificaram que os valores de resistência ao impacto de uma resina de micro-ondas diminuiriam. Dessa forma, Lai *et al.* (2004) [15] sugerem que, quando métodos de polimerização são comparados, o fator mais importante é o controle cuidadoso da temperatura durante o processamento em micro-ondas.

A potência e o tempo do micro-ondas, como utilizados em nosso estudo, têm de ser totalmente ajustáveis, para que a polimerização não exceda o tempo de exposição às ondas nem haja problemas, como a falta de polimerização ou o excesso, causando porosidades na resina acrílica.

Conclusão

Considerando as condições em que o presente trabalho foi realizado, as seguintes conclusões podem ser formuladas:

- No ciclo convencional a resina Clássico obteve melhor desempenho de resistência, ao ser comparada com as outras duas marcas;
- Tanto o ciclo de polimerização convencional quanto o de micro-ondas podem ser bem indicados para o uso protético.

Referências

1. Alkhatib MB, Goodacre CJ, Swartz ML, Munoz-Viveros CA, Andres CJ. Comparison of microwave polymerized denture base resins. *Int J Prosthodont.* 1990;3(3):249-55.
2. Anthony OH, Peyton FA. Dimensional accuracy of various denture base materials. *J Prosth Dent.* 1962;12(1):67-81.
3. Anusavice KJ. *Phillips science of dental materials.* 10ª ed. Philadelphia: WB Saunders Company; 1996. p. 237-71.
4. Bafle M, Graser GN, Myers ML, Li EKH. Porosity of denture resin cured by microwave energy. *J Prosthet Dent.* 1991;66(2):269-74.
5. Barbosa DB, Lucas MG, Leles CR, Compagnoni MA. Resistência à flexão de resina acrílica polimerizada pela energia de micro-ondas. *Cienc Odont Bras.* 2003;6(2):72-9.
6. Caul HJ, Sweeney WT, Paffenbarger GC. Relationship between residual monomer and some properties of self-curing dental resins. *J Am Dent Assoc.* 1956;3(1):60-3.
7. Craig RC. *Applications of polymers.* In: Craig RC. *Restorative dental materials.* 3ª ed. Saint Louis: Mosby; 1997. Cap. 19, p. 500-51.
8. Cury AABD, Rodrigues Junior AL, Panzeri H. Resinas acrílicas dentais polimerizadas por energia de micro-ondas, método convencional de banho de água e quimicamente ativada: propriedades físicas. *Rev Odontol Univ S Paulo.* 1994;8(4):243-9.
9. De Clerk JP. Microwave polymerization of acrylic resins used in dental prostheses. *J Prosthet Dent.* 1987;57(5):650-8.
10. Duarte ARC, Ayub EA, Bonachela WC, Salvador MCG, Vieira LF. Avaliação de rugosidade superficial e resistência flexional de quatro resinas acrílicas utilizadas para próteses sobre implante, em função imediata. *UFES Rev Odontol.* 2006;8(1):37-45.
11. Hayden WJ. Flexural strength of microwave-cured denture baseplates. *Gen Dent.* 1986;34(5):367-71.
12. Ilbay SG, Güvener S, Alkumuru HN. Processing dentures using a microwave technique. *J Oral Rehabil.* 1994;21(1):103-9.
13. Kimura H, Teraoka F, Ohnishi H, Saito T, Manabu Y. Applications of microwave for dental technique (Part 1). Dough-forming and curing of acrylic resins. *J Osaka Univ Dent Sch.* 1983;23:43-9.
14. Kimura H, Teraoka F, Sugita M. Application of microwave for dental technique (Part 2). Adaptability of cured acrylic resins. *J Osaka Univ Dent Sch.* 1984;24:21-9.
15. Lai CP, Tsai MH, Chen M, Chang HH, Tay HH. Morphology and properties of denture acrylic resins cured by microwave energy and conventional water bath. *Dent Mater.* 2004;20(2):133-41.
16. Levin B, Sanders JL, Reitz PV. The use of microwave energy for processing acrylic resins. *J Prosthet Dent.* 1989;61(3):381-3.
17. Nishii M. Curing of denture base resins with microwave irradiation: with particular reference to heat-curing resins. *J Osaka Dent Univ.* 1968;2(1):23-40.

18. Phoenix RD. Introduction of a denture injection system for use with microwaveable acrylic resins. *J Prosthodont.* 1997;6(4):286-91.
19. Pickett HG, Appleby RC. A comparison of six acrylic resin processing techniques. *J Am Dent Assoc.* 1953;80(6):332-8.
20. Reitz PV, Sanders JL, Levin B. The curing of denture acrylic resins by microwave energy. *Propriedades físicas. Quintessence Int.* 1985;6(8):547-51.
21. Sweeney WT. Acrylic resins in prosthetic dentistry. *Dent Clin N Am.* 1958;593-602.
22. Smith LT, Powers JM, Ladd D. Mechanical properties of a new dentures resins polymerized by visible light, heat, and microwave energy. *Int J Prosthodont.* 1992;5(4):315-20.
23. Shlosberg SR, Goodacre CJ, Munoz CA, Moore BK, Schnell RJ. Microwave energy polymerization of poly (methylmethacrylate) denture base resin. *Int J Prosthodont.* 1989;2(5):453-8.