

ESTUDO *IN VITRO* DA POROSIDADE DA RESINA ACRÍLICA ATIVADA TERMICAMENTE ATRAVÉS DE CICLO LONGO E POR ENERGIA DE MICROONDAS

TARCÍSIO JOSÉ DE ARRUDA PAES JÚNIOR*, LEONARDO MARCHINI*, ESTEVÃO TOMOMITSU KIMPARA**

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi investigar a ocorrência de porosidades em corpos de prova de resina acrílica ativada termicamente (RAAT), em função das variáveis ciclo de polimerização (banho de água quente convencional e por energia de microondas), fase da prensagem da resina (pegajosa, plástica ou borrachóide) e tempo decorrido da prensagem ao início do ciclo de ativação. A metodologia empregada consistiu da confecção de cubos de cera 7 de 2 cm de aresta num total de 36 cubos, que foram divididos em dois grupos de 18, sendo um grupo destinado á acrilização pela técnica convencional em ciclo longo, utilizando-se da resina incolor de polimerização térmica marca CLÁSSICO e o outro em microondas, no ciclo proposto pelo fabricante da resina (ONDA-CRYL, marca CLÁSSICO). Cada grupo foi ainda subdividido em dois grupos de nove cubos, sendo um levado imediatamente para a polimerização após a prensagem da resina e o outro, aguardando-se 24 horas pós prensagem para então polimerizar. As resinas foram prensadas em três fases diferentes (pegajosa, plástica e borrachóide) sendo que em cada mufla foram incluídos três cubos. Os resultados foram obtidos por observação visual da quantidade de porosidade em cada cubo, por quatro observadores que atribuíram escores. Os dados foram compilados e submetidos à análise estatística não paramétrica. Assim sendo pode-se concluir que para o volume de material considerado na pesquisa, os corpos de prova que apresentaram melhores resultados foram aqueles obtidos em polimerização convencional nas fases plástica e borrachóide com período de descanso de 24 horas.

UNITERMOS

Resina acrílica; porosidade; microondas.
PAES-JÚNIOR, T.A., MARCHINI, L., T. KIMPARA,
E. *In vitro* study of heat-activated acrylic resin

INTRODUÇÃO

porosity polymerized by conventional and microwave techniques. *Pós-Grad. Rev. Fac. Odontol. São José dos Campos*, v.2, n.2, p. , Ju./Dez., 1999.

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the porosity occurrence in acrylic resin thermally activated specimens, in function of the polymerization cycle (conventional hot water bath and by microwave energy), the resin pressing phase (stringy, doughlike and rubbery) and the elapsed time from the pressing to the beginning of the activated cycle. The methodology used consisted of making cubes of wax (with 2 cm each side) with a total of 36 cubes, that were divided in 2 groups of 18, with one group destined to turn acrylic by the conventional technique of the long cycle, using transparent resin of thermal polymerization (Clássico) and the other one by microwave, in the cycle proposed by the manufacturer of this resin. (ONDA-CRYL , "Clássico"). Each group was yet subdivided in 2 groups of 9 cubes, one of them taken immediately to polymerization after pressing the resin and the other, waiting 24 hours after pressing. The resins were pressed in 3 different phases (stringy, doughlike and rubbery), being that in each flask were included 3 cubes. The results were obtained by visual observation of porosity in the cubes, by 04 observers that attributed scores. The data was compiled and undergone numeric comparison. By this being, we concluded that the conventional mode showed better results than by microwaves, the bodies that laid still during 24 hours showed better results than the immediate and the pressing phase showed great importance in the conventional pressing group and immediate polymerization.

UNITERMS

Acrylic resin, porosity, microwave.

* Aluno do Curso de Pós-Graduação em Odontologia – Área de Concentração Prótese-Buco-Maxilo-Facial (Nível Mestrado) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP
12245-000 São José dos Campos - SP

** Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP - 12245-000 São José dos Campos - SP

A resina acrílica ativada termicamente (RAAT) começou a ser utilizada a partir da década de 40 em substituição a materiais até então em uso, como vulcanite e baquelite, sendo atualmente o material de eleição para confecção de bases de dentaduras. Tal fato provavelmente deve-se a algumas características favoráveis deste material, como nível apropriado de biocompatibilidade, estabilidade dimensional nas temperaturas bucais, boa capacidade de polimento e estética aceitável, dentre outras.

Estas características devem-se a um conjunto de propriedades físicas e mecânicas adequadas dentre as quais pode-se citar: resistência à tração- 52 Mpa; módulo de elasticidade- 2350 MPa, solubilidade- 0,04mg/cm²; coeficiente de difusão- 1,08x10⁻¹²m²/s; condutividade térmica- 0,2W/mK e contração linear 0,69% (Ashby & Gomes³, 1986; Anusavice², 1996).

Muitos autores^{2,4,5,9,10,12} têm se dedicado a aprimorar estas propriedades desejáveis e suprimir as indesejáveis, alterando aspectos como composição, relação pó-líquido e *modus operandi*.

Anusavice² (1996) esclareceu que na atual formulação das RAAT o líquido é composto de monômero (metacrilato de metila) e inibidor (hidroquinona) enquanto o pó reúne o polímero (polimetacrilato de metila), o plastificador (dibutil ftalato), o iniciador (peróxido de benzoíla) e pigmentos. A relação correta pó/líquido para obtenção das propriedades almejadas é de 3/1 em volume.

Com relação ao modo de ativação, este pode ser feito por imersão da mufla em água aquecida a 74°C por oito horas ou mais (ciclo longo) ou 74°C por duas horas, aumento até 100°C e manutenção por uma hora (ciclo rápido). Independentemente do ciclo utilizado, é importante frisar que a temperatura não deve ultrapassar 100,8° C, correspondente ao ponto de ebulição do monômero, o que acarretaria conseqüências indesejáveis, como a presença de porosidade (Anusavice², 1996).

Outras maneiras de realizar a polimerização da resina têm sido empregadas, como: a) fotopolimerização, b) sistema de injeção, o qual envolve auto e termopolimerização associadas à pressão do mecanismo injetor, c) ativação pela energia de microondas.

O uso de energia de microondas para polimerização das resinas acrílicas teve seu início a

partir da segunda metade da década de 60 no Japão, e esta técnica vem sendo aceita como alternativa aos métodos convencionais, devido a vantagens como rapidez, limpeza de procedimentos e facilidade de execução.

Ilbay et al.⁴(1994) descrevem em seus estudos que as microondas fazem com que as moléculas da resina vibrem com maior frequência, gerando atrito e, portanto, calor. Este por sua vez, ativa a reação de polimerização da mesma forma que o banho de água convencional, só que com velocidade muito superior.

Vários estudos têm sido realizados avaliando as características de resinas ativadas por energia de microondas. Com relação à porosidade, Reitz et al.⁹ (1985) observaram que, em corpos de prova (CP) de pouca espessura, não havia diferença significativa entre os CP ativados termicamente ou por microondas. No entanto, em CP mais espessos, ocorreu 70% de porosidade no centro destes, ao passo que os CP polimerizados pelo método convencional não apresentaram porosidade significativa. Com o intuito de verificar o efeito da potência sobre a porosidade nestes corpos de prova, os autores reduziram a mesma de 400 para 90W e aumentaram o tempo de 5 para 13 minutos, observando então a ocorrência de apenas 30% de porosidade.

Al-Hanbali et al.¹ (1991) colocaram que ocorrem alterações dimensionais tanto em processamentos convencionais pelos ciclos longo e rápido quanto em microondas. No entanto, o ciclo em microondas gera menores distorções que o ciclo rápido e similares às do ciclo longo. Salim et al.¹¹ (1992) não encontraram diferenças significativas na alteração dimensional das resinas ativadas por microondas ou pela técnica convencional.

Nelson et al.⁷ (1991) verificaram que as próteses polimerizadas em microondas demonstraram maior alteração da dimensão vertical de oclusão do que as processadas pela técnica de rotina. No entanto, estas alterações foram sempre menores que um milímetro e, portanto clinicamente passíveis de ajustes.

Com respeito aos ciclos de polimerização em microondas vários vêm sendo utilizados. Por exemplo, Nelson et al.⁷ (1991) utilizavam ciclo de 500W por cinco minutos, Al-Hanbali et al.¹ (1991), 65W por 25 minutos e Sadamori et al.¹⁰ (1994), 500W por três minutos.

Com relação à dureza, Ilbay et al.⁴ (1994) não verificaram diferenças estatisticamente significativas entre a técnica convencional e por microondas. A absorção de água e solubilidade em água foram de 0,72 mg cm⁻² e 0,038 mg cm⁻², respectivamente, valores em conformidade com a especificação número 12 da ADA, o mesmo ocorrendo com o valor encontrado para a resistência transversa. Opinião corroborada por Lian⁶ (1996), o qual constatou que a resistência à flexão também não apresenta diferenças significativas polimerizando por microondas ou pela técnica de rotina. Sanders et al.¹³ (1991) acrescentam ainda não ter observado diferença estatisticamente significativa entre a adaptação de bases experimentais e modelos, após a polimerização pelos métodos convencional e por microondas.

Com relação ao aspecto monômero residual, Sadamori et al.¹⁰ (1994) encontraram concentrações semelhantes deste nos corpos de prova confeccionados em microondas e pela técnica convencional em ciclo rápido, sendo estes valores inferiores aos encontrados na técnica de injeção de resina fluída.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do estudo proposto confeccionaram-se quatro cubos de cera com dois centímetros de aresta, os quais foram moldados com silicona de laboratório, dando origem a um molde que permitia a reprodução dos cubos em cera 7.

Desta forma, foram construídos 36 cubos de cera 7, divididos em dois grupos de 18, sendo um grupo destinado à acrilização pela técnica de polimerização em microondas e o outro pelo ciclo longo convencional.

Para a polimerização pela técnica convencional foi utilizada RAAT incolor convencional (marca Clássico) proporcionada e manipulada de acordo com as instruções do fabricante, bem como utilizando os métodos de moldagem por compressão (Anusavice², 1996). Foi empregado um ciclo longo em banho de água aquecida a 74°C e mantida sob temperatura constante, em polimerizadora dotada de termostato, por 8 horas, após o que mantinha-se a mufla em temperatura

No entanto, Polyzois & Dahl⁸ (1993) observaram menor força de união entre dentes e bases das próteses polimerizadas em microondas, em virtude do aparecimento de porosidade na interface dente-base, a qual foi justificada pela presença de maior espessura de resina nesta área da prótese.

Nota-se portanto, a partir dos dados consultados na literatura, que uma das características que mostram maiores variáveis de resultados é a formação de porosidades, pois além das diferenças relativas ao ciclo utilizado, outros fatores interferem na sua formação tais como: relação pó/líquido; a fase em que a resina é prensada e o tempo decorrido do momento da prensagem da resina ao início do ciclo de ativação.

Desta forma, o estudo que ora se apresenta tem por objetivo investigar a formação de porosidade em corpos de prova de RAAT, em função das variáveis ciclo de polimerização (microondas ou ciclo longo convencional), fase da resina em que a mesma é prensada (pegajosa, plástica ou borrachóide) e tempo decorrido da prensagem ao início do ciclo de ativação.

ambiente para desaquecimento gradual e procedia-se à demuflagem.

Para a polimerização pela técnica do microondas utilizou-se resina própria para esta finalidade (Onda-Cryl, marca Clássico), utilizando as técnicas de inclusão e prensagem descritas pelo fabricante, bem como mufla plástica também destinada à acrilização em forno de microondas (Onda-Cryl, Marca Clássico). De acordo com as instruções do fabricante da resina, o ciclo utilizado foi de 3 minutos a 40% da potência (forno de 800 W), 4 minutos de descanso e 3 minutos a 90% da potência. Aguardava-se o esfriamento gradual em temperatura ambiente e procedia-se à demuflagem.

Cada grupo foi ainda dividido em dois sub-grupos de nove cubos, sendo que um era levado imediatamente para a polimerização após a colocação e prensagem da resina e o outro só era levado à polimerização após decorridas 24 horas da prensagem.

Em uma mufla eram colocados três cubos, de modo que cada sub-grupo de nove cubos era acrilizado em três muflas. Cada mufla recebia a resina em uma fase

diferente, sendo uma na fase pegajosa, a seguinte na fase plástica e a terceira na fase borrachóide. As três muflas eram levadas conjuntamente à polimerizadora e individualmente ao forno de microondas.

Pelo descrito, depreende-se que ao final do experimento havia 12 grupos de três cubos de resina transparente acrilizados de forma diferente, conforme pode ser observado No Quadro 1.

Os corpos de prova (CP) desta forma obtidos foram então avaliados visualmente quanto à quantidade

e qualidade das bolhas que apresentavam, por quatro examinadores previamente calibrados. Assim sendo, foram atribuídos escores com valores que variaram de 0 a 3, baseados nos critérios pré-estabelecidos (Figura 1). A partir dos dados obtidos, foi realizada comparação numérica da média aritmética dos resultados.

Quadro 1_ Descrição dos grupos experimentais.

GRUPOS	Descrição
GRUPO 1	Prensado na fase pegajosa e levado imediatamente à polimerização pela técnica convencional;
GRUPO 2	Prensado na fase plástica e levado imediatamente à polimerização pela técnica convencional;
GRUPO 3	Prensado na fase borrachóide e levado imediatamente à polimerização pela técnica convencional;
GRUPO 4	Prensado na fase pegajosa e levado após 24 horas para polimerização pela técnica convencional;
GRUPO 5	Prensado na fase plástica e levado após 24 horas para polimerização pela técnica convencional;
GRUPO 6	Prensado na fase borrachóide e levado após 24 horas para polimerização pela técnica convencional;
GRUPO 7	Prensado na fase pegajosa e levado imediatamente à polimerização pela energia de microondas;
GRUPO 8	Prensado na fase plástica e levado imediatamente à polimerização pela energia de microondas;
GRUPO 9	Prensado na fase borrachóide e levado imediatamente à polimerização pela energia de microondas;
GRUPO 10	Prensado na fase pegajosa e levado após 24 horas para polimerização pela energia de microondas;
GRUPO 11	Prensado na fase plástica e levado após 24 horas para polimerização pela energia de microondas;
GRUPO 12	Prensado na fase borrachóide e levado após 24 horas para polimerização pela energia de microondas;

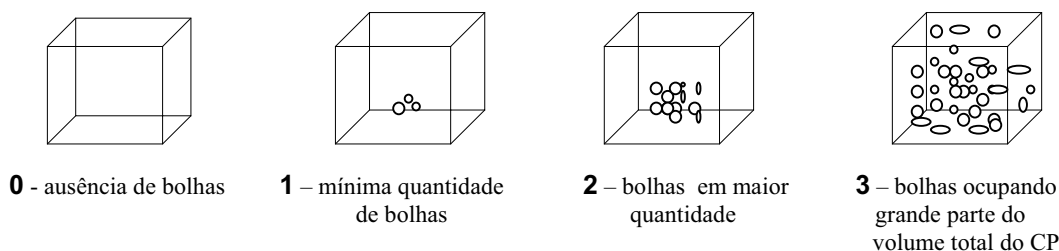


FIGURA 1_ Desenho esquemático dos corpos de prova com os respectivos escores para cada situação observada.

RESULTADOS

De acordo com os valores obtidos (Tabela 1) pode-se observar que para o ciclo convencional e polimerização imediata, os CP apresentaram menos porosidade para a fase plástica e valores próximos para as fases pegajosa e borrachóide. Já no ciclo convencional e polimerização 24 horas após, as fases pegajosa e borrachóide mostraram melhor desempenho que o processo anterior, embora os CP prensados na fase plástica apresentassem resultados semelhantes.

Com relação ao ciclo de microondas e polimerização imediata, este apresentou equivalência entre as fases pegajosa e plástica com quantidades acentuadas de bolhas e, discreta redução para a fase borrachóide. Para o ciclo de microondas e polimerização após 24 horas, verificou-se valores próximos para as fases pegajosa e plástica e curiosamente, um resultado

pior para fase borrachóide, com aumento considerável na quantidade de bolhas.

De um modo geral os resultados demonstraram que o ciclo convencional possibilitou a obtenção de CP de qualidade superior aos polimerizados em microondas, e que a prensagem após 24 horas de descanso mostrou valores menores de porosidades para ambas as técnicas, sendo que de todos os ciclos utilizados, o que apresentou menor ocorrência de bolhas foi o convencional com polimerização após 24 horas da prensagem (Tabela 2).

Como o número de amostras do presente trabalho foi relativamente pequeno, não foi possível realizar-se análise estatística, embora os resultados numéricos apontem para necessidade de uma investigação mais completa que avalize ou não os dados obtidos neste estudo.

Tabela 1_ Média aritmética dos escores relativos às fases de prensagem.

Corpos de Prova	Fase Pegajosa	Fase Plástica	Fase Borrachóide
Ciclo Convencional Polimerização Imediata	2,16	1,25	2,08
Ciclo Convencional Polimerização 24 horas	0,5	1,33	0,5
Ciclo Microondas Polimerização Imediata	3	3	2,66
Ciclo Microondas Polimerização 24 horas	2	2,08	2,83

Tabela 2_ Média aritmética dos escores gerais para a quantidade de porosidade dos CP.

Corpos de Prova	Ciclo Convencional Polimerização Imediata	Ciclo Convencional Polimerização 24 horas	Ciclo Microondas Polimerização Imediata	Ciclo Microondas Polimerização 24 horas
Média das Fases de Prensagem	1,83	0,77	2,88	2,30

DISCUSSÃO

No presente trabalho o principal enfoque foi dado à verificação de aspectos inerentes ao processo de polimerização das resinas acrílicas ativadas termicamente como a ocorrência de porosidade em corpos de prova de volumes e espessuras maiores do que aquelas usualmente utilizadas na acrilização de próteses totais mas, sobretudo, avaliar características dessa resina

quando polimerizada por energia de microondas a partir das especificações ditadas pelo fabricante da resina específica para esta finalidade.

Como pode-se comprovar pela análise dos resultados numéricos obtidos, a ativação da resina por energia de microondas propiciou a ocorrência de porosidades em grandes quantidades para todos os corpos de prova, independentemente da fase de

prensagem do material ou do tempo em que este permaneceu em repouso antes do ciclo de polimerização. Estes valores, apesar do número reduzido de corpos de prova do experimento, vem ao encontro aos resultados de Reitz et al.⁹ (1985), e sugerem que a utilização do ciclo proposto pelo fabricante da resina, no qual utiliza-se numa primeira fase do ciclo 90% da potência do microondas durante 3 minutos, estaria elevando a temperatura interna da massa de resina para valores superiores aos que segundo Anusavice² (1996), causariam a ebulição do monômero (100,8° C), fato que provocaria a formação das porosidades. Além destes fatores, pelo período de tempo ser reduzido (três minutos), a velocidade da reação de polimerização estaria sendo induzida de uma maneira muito rápida, o que contribuiria para uma exotermia acentuada.

Em razão do exposto, parece evidente que, para as dimensões dos corpos de prova do presente estudo, as recomendações do fabricante quanto ao ciclo de polimerização em microondas deve ser reconsiderada.

Com relação aos valores obtidos para a utilização de polimerização convencional por banho de água

quente, estes comprovaram um melhor desempenho na avaliação de porosidades para os corpos de prova polimerizados em fase plástica, permanecendo em repouso por um período de 24 horas, resultados corroborados pelos achados de Kimpara⁵ (1995). Os melhores resultados obtidos nos corpos de prova polimerizados após decorridas 24 horas da prensagem podem ser atribuídos a uma melhor difusão do monômero no polímero, fazendo com que a ocorrência de porosidade fosse minimizada.

Sendo assim julga-se importante comprovar estes resultados, pelo aumento do número de amostras do experimento, bem como alterando-se as variáveis para os ciclos de polimerização estudados, no intuito de minimizar a ocorrência deste tipo de problema já que a ativação de resinas por energia de microondas é uma alternativa que pode ser utilizada oferecendo inúmeras vantagens, dentre as quais pode-se citar rapidez, facilidade de execução e limpeza de procedimentos.

CONCLUSÕES

- a) o modo convencional de polimerização mostrou resultados melhores do que no microondas com relação à quantidade de porosidade nos CP;
- b) os CP que permaneceram em repouso por 24 horas antes da polimerização apresentaram melhores resultados que o processo imediato;
- c) a fase de prensagem mostrou ser um dos possíveis fatores que influenciaram na ocorrência de porosidades no ciclo convencional mas, que

não influenciou significativamente nos resultados do modo de microondas;

- d) o ciclo que apresentou menor ocorrência de porosidades foi o convencional com polimerização 24 horas após a prensagem nas fases pegajosa e borrachóide;
- e) para a espessura estabelecida nos CP deste estudo, as recomendações do fabricante para uso da resina em microondas, relativas ao ciclo de polimerização adequado não impediram a ocorrência de porosidades nos CP da amostra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 AL-HANBALI, E., KELLEWAY, J.P., HOWLETT, J.A. Acrylic denture distortion following double processing with microwaves or heat. *J. Dent.*, v.19, n.3, p.176-180, 1991.
- 2 ANUSAVICE, K.J. *Phillips science of dental materials*. 10. ed. Philadelphia: WB Saunders, 1996. p.237-71.
3. ASHBY, M.F., GOMES, R.H. *Engineering materials*. 1. Ed., Perguron Press, 1986, p.206-107.

4. ILBAY, S.G., GÜVNER, S., ALKUMURU, H.N. Processing dentures using a microwave technique. *J. Oral Rehabil.*, v.21, n.1, p.103-9, 1994.
5. KIMPARA, E.T. *Alteração dimensional e porosidade da resina acrílica para bases de dentaduras, em função de variáveis de processamento*. São Paulo, 1995, p. 79. Tese (Doutorado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo.

6. LIAN, Y.G. *Estudo comparativo da resistência à flexão de uma resina acrílica termicamente polimerizável processada em forno de microondas e pelo método convencional*. São Paulo, 1996. p.53. Tese (Mestrado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Universidade Camilo Castelo Branco.
7. NELSON, M.W., KOTWAL, K.R., SEVEDGE, S.R. Changes in vertical dimension of occlusion in conventional and microwave processing of complete dentures. *J. Prosthet. Dent.*, v.65, n.2, p.306-8, 1991.
8. POLYZOIS, G.L, DAHL, J.E. Bonding of synthetic resin teeth to microwave or heat activated denture base resin. *Eur. J. Prosthodont. Restorative Dent.*, v.2, n.1, p.41-4, 1993.
9. REITZ, V.P., SANDERS, J.L., LEVIN, B. The curing of denture acrylic resins by microwave energy. Physical properties. *Quintessence Int.*, v.8, n.4, p.547-51, 1985.
10. SADAMORI, S. et al. Influence of thickness and location on the residual monomer content of denture base cured by three processing methods. *J. Prosthet.Dent.*, v.72, n.1, p.19-22, 1994.
11. SALIM, S., SADAMORI, S., HAMADA, T. The dimensional accuracy of rectangular acrylic resin specimens cured by three denture base processing methods. *J. Prosthet. Dent.*, v. 67, n.6, p.879-81, 1992.
12. SANDERS, J.L. Porosity in denture acrylic resins cured by microwave energy. *Quintessence Int.*, v.18, n.7, p.453-56, 1987.
13. SANDERS, J.L., LEVIN, B., REITZ, P.V. Comparison of the adaptation of acrylic resin cured by microwave energy and conventional water bath. *Quintessence Int.*, v.22, n.3, p.181-6, 1991.