



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



MAURÍCIO TANJI
CIRURGIÃO-DENTISTA

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

***ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TIPOS DE RESINAS ACRÍLICAS
SOBRE AS VARIÁVEIS RESISTÊNCIA AO IMPACTO, DUREZA DE
SUPERFÍCIE, RUGOSIDADE E POROSIDADE.***

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À FACULDADE
DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA DA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
CLÍNICA ODONTOLÓGICA: ÁREA DE PRÓTESE
DENTAL.

PIRACICABA-SP
2000



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



MAURÍCIO TANJI
CIRURGIÃO-DENTISTA

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE TIPOS DE RESINAS ACRÍLICAS
SOBRE AS VARIÁVEIS RESISTÊNCIA AO IMPACTO, DUREZA DE
SUPERFÍCIE, RUGOSIDADE E POROSIDADE.**

ORIENTADOR: PROF. DR. SAÍDE SARCKIS DOMITTI
CO-ORIENTADOR: PROF. DR. SIMONIDES CONSANI

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À FACULDADE
DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA DA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
CLÍNICA ODONTOLÓGICA: ÁREA DE PRÓTESE
DENTAL.

Este exemplar foi devidamente corrigido,
de acordo com a Resolução CCPG-036/83
CPG, 27/09/00
Saíde Sarckis Domitti
Assinatura do Orientador

BANCA EXAMINADORA:
PROF. DR. MARCELO FERRAZ MESQUITA
PROF. DR. MARCO POLO MARCHESI

PIRACICABA-SP
2000



200012400

UNIDADE BC
 N.º CHAMADA: T/UNICAMP
T156e
 Ex. 1
 OMBO BC/43064
 ROC. 96-278100
 C ☐ D ☒
 REC. R\$ 99,00
 ATA 99/99/00
 CPD

UNICAMP
 BIBLIOTECA CENTRAL
 SEÇÃO CIRCULANTE

CM-00153322-1

Ficha Catalográfica

T156e

Tanji, Maurício.

Estudo comparativo entre tipos de resinas acrílicas sobre as Variáveis resistência ao impacto, dureza de superfície, rugosidade e porosidade. / Maurício Tanji. – Piracicaba, SP [s.n.], 2000.

128p. : il.

Orientadores : Prof. Dr. Saíde Sarckis Domitti, Prof. Dr. Simonides Consani.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Materiais dentários. 2. Resinas acrílicas. 3. Porosidade. 4. Resistência dos materiais. I. Domitti, Saíde Sarckis. II. Consani, Simonides. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. IV. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marilene Girello CRB / 8 – 6159, da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba / UNICAMP.



FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de MESTRADO, em sessão pública realizada em 11 de Agosto de 2000, considerou o candidato MAURÍCIO TANJI aprovado.

1. Prof. Dr. SAIDE SARCKIS DOMITTI

Saide Sarckis Domitti

2. Prof. Dr. MARCO POLO MARCHESI

MP Marchesi

3. Prof. Dr. MARCELO FERRAZ MESQUITA

MF Mesquita

A DEUS, pelo que há de mais valioso neste mundo, a vida

Aos meus pais **Tanji e Miyoko**, pelo amor, incentivo, exemplo e grandes ensinamentos durante a minha vida, os quais sem eles, não poderia ter galgado mais essa etapa profissional.

Aos meus irmãos **Márcio** (in memoriam), **Márcia** e **Denise**, pelo apoio, exemplo de garra na busca de novas conquistas.

À minha noiva **Taciane**, pelo amor, apoio, compreensão, em mais essa etapa de minha vida, sempre soube compartilhar bons e maus momentos.

DEDICO ESTE TRABALHO

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Ao **Prof. Dr. Saíde Sarckis Domitti**, Titular da Área Prótese Total da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela amizade, paciência, incentivo, habilidade e liberdade de pensamento na orientação deste trabalho.

Ao **Prof. Dr. Simonides Consani**, Titular da Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela amizade, disponibilidade, competência, atenção e co-orientação na realização deste trabalho.

MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS.

AGRADECIMENTOS

À Direção da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP pela oportunidade da realização deste trabalho de grande valia para minha formação como docente.

Ao Diretor da Faculdade de Odontologia de Lins – UNIMEP, **Prof. Dr. Carlos Wagner de Araújo Werner**, pelo incentivo para que eu conseguisse esta qualificação.

Ao **Prof. Dr. Antônio Carlos Usberti**, Ex – Diretor da Faculdade de Odontologia de Lins - UNIMEP, pelo apoio e incentivo na minha formação profissional bem como, exemplo de vida a ser seguido.

Ao **Prof. Dr. Marco Polo Marchese**, da Área de Prótese, Oclusão e Clínica Integrada I e II da Faculdade de Odontologia de Lins – UNIMEP, pelo apoio, incentivo na minha formação profissional e colaboração na realização deste trabalho.

À FAPESP através do processo nº 99/04493-2 pela bolsa de estudos que nos foi concedida.

Aos docentes do Curso de Pós-graduação em Clínica Odontológica, pela minha formação acadêmica.

À Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP pela utilização da Lupa estereoscópica e do aparelho Wolpert Werke.

À Área Prótese Parcial Removível na pessoa da **Profª. Dra. Altair A. Del Bel Cury** pela utilização do Microdurômetro Shimadzu.

À Área Prótese Fixa na pessoa do **Prof. Dr. Guilherme E. P. Henriques** pela utilização do Rugosímetro Surfcorder.

Ao **Prof. Dr. Mário Alexandre C. Sinhoreti** da Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela análise estatística.

À bibliotecária **Marilene Girello** da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela orientação e correção das referências bibliográficas.

Aos amigos e companheiros do curso de Pós-graduação: **Juliana Saab Rahal, José Renato Ribeiro Pinto, Marco Antônio Borges de Almeida, Rafael Leonardo Xediek Consani e Roberto Massayuki Hayacibara**, pela convivência, incentivo e amizade durante o curso.

Aos demais colegas de Pós-graduação, pelo convívio durante o curso.

A todos aqueles que indiretamente possibilitaram a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Abreviaturas, Siglas e Significados.....	08
Resumo.....	09
Abstract.....	13
1. Introdução.....	15
2. Revisão da Literatura.....	19
3. Proposição.....	61
4. Materiais e Método.....	63
4.1 Materiais.....	64
4.2 Método.....	66
4.2.1 Confeção dos modelos.....	66
4.2.2 Confeção dos corpos-de-prova.....	67
4.2.2.1 Moldagem dos modelos.....	67
4.2.2.2 Inclusão dos moldes de silicone.....	68
4.2.2.3 Prensagem da resina acrílica.....	70
4.2.2.4 Acabamento e Polimento dos corpos-de-prova.....	72
4.3 Rugosidade.....	73
4.4 Dureza de Superfície.....	74
4.5 Porosidade.....	75
4.6 Resistência ao Impacto.....	78
5. Resultados.....	81
6. Discussão dos Resultados.....	87
7. Conclusão.....	95
Referências Bibliográficas.....	99
Apêndice.....	107

ABREVIATURAS, SIGLAS E SIGNIFICADOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas e Técnicas
A.D.A .	Associação Dentária Americana
atm	atmosfera
cm	centímetro
cm ³	centímetro cúbico
cm/min	centímetro por minuto
°C	grau celsius
Cr-Co	cromo-cobalto
et al.	e colaboradores (abreviatura de et alii)
°F	grau fharenheit
g	grama
g/cm ³	grama por centímetro cúbico
g/min	grama por minuto
h	hora
kgf	quilograma força
kgf/cm ²	quilograma força por centímetro quadrado
Ltda	limitada
ml	mililitro
mg	miligrama
mm	milímetro
mm/min	milímetro por minuto
Mhz	megahertz
n°	número
%	por cento
p	página
rpm	rotações por minuto
v	volume
W	watts

RESUMO

RESUMO

Este trabalho comparou a influência das variáveis resistência ao impacto, dureza de superfície, rugosidade e porosidade em 30 corpos-de-prova de resinas acrílicas termopolimerizáveis Clássico, QC-20 e Onda-Cryl, confeccionados a partir de modelos retangulares de alumínio (65x10 e 64x9 x 3,0 mm), fixados com adesivo instantâneo (Super Bonder, Loctite) em suporte de madeira. Os modelos foram moldados com silicona por condensação para uso laboratorial (Zetalabor-Labordental Ltda.) e os moldes incluídos em muflas metálicas e de fibra de vidro. A proporção pó/líquido e mistura, assim como a prensagem das resinas acrílicas foram realizadas de acordo com as instruções dos fabricantes. Após a polimerização nos ciclos de água aquecida a 74°C por 9 horas, água em ebulição por 20 minutos, e por energia de microondas a 1400 W por 3 minutos, os corpos-de-prova foram removidos das muflas após esfriamento em temperatura ambiente e submetidos aos processos de acabamento e polimento convencionais. Posteriormente, foram submetidos aos ensaios de resistência ao impacto, numa máquina Otto Wolpert Werke pelo sistema Charpy; de dureza, num microdurômetro Shimadzu (Modelo HMV-2000) calibrado com carga de 25 gramas por 10 segundos; de rugosidade num rugosímetro (Modelo Surfcom SE 1700); e de porosidade, através da imersão dos corpos-de-prova em tinta Nankin (Acrilex) por 12 horas, lavados em água corrente por 10 segundos, e posteriormente quantificada e fotografada em área previamente determinada. Os resultados submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey (5%) mostraram que a porosidade sofreu influência dos tipos de resina acrílica com maiores valores para a de microondas, o mesmo ocorrendo

para com a dureza. Os menores valores de rugosidade foram mostrados pela resina para microondas, enquanto as demais resinas acrílicas não mostraram diferenças estatisticamente significantes; e a resistência ao impacto não sofreu influência dos tipos de resinas acrílicas.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SECÃO CIRCULANT

ABSTRACT

ABSTRACT

This study investigated the influence of the impact strenght, hardness of surface, roughness and porosity variables in 30 specimens on Clássico, QC-20 and Onda-Cryl, thermo-cured acrylic resins. The specimens were made in retangular aluminium model (65x10 and 64x9 x 3,0 mm), attached to a wooden holder by Super Bonder glue (Loctite). The model were printed using a Zetalabor (Labordental Ltda.) silicone for condensation for laboratory purposes and the molds were included into metal flasks, and reinforced fiberglass flasks. The proportion powder/liquid and mixture, as well as acrylic resin pressing were done following the manufature's instructions. After hot water (74°C) for 9 hours, boiling water for 20 minutes; and microwave energy with 1400W for 3 minutes, curing cycles the specimens were removed form flasks after cooling at room temperature and submited to polishing by conventional procedure. Subsequently, were submited to impact strenght test by Charpy system in a Wolpert machine; and hardness by Shimadzu microdurometer with load of 25 grams during 10 seconds; and the superficial roughness with Surfcorde SE 1700; and porousness by specimens immersion into Nankin ink (Acrilex) for 12 hours, washed into running water for 10 seconds and thererafter the porousness was counted and photographed in pre-determined areas. The results submited to ANOVA and Tukey's test showed that the porosity was influenced by acrylic resin types with greater values for microwave, the same was showed for the hardness. The roughness and hardness smaller values had been showed for microwave resin, however the other cycles didn't show difference statistical significant; and the impact strenght hadn't influence of the acrylic resins types.

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Vários materiais e métodos de processamento de resinas termopolimerizáveis têm sido introduzidos na Odontologia, com a finalidade de produzir bases de próteses mais precisas, resistentes e polidas, objetivando maior conforto aos pacientes e atendimento aos requisitos de estabilidade, retenção e estética (PHILLIPS, 1993).

SPENCER & GARIAEFF, em 1949, relataram que apesar das vantagens de fácil manipulação e reparo, melhor condutibilidade térmica, menor permeabilidade aos fluídos bucais e estabilidade de cor, eles descartaram a hipótese da resina acrílica ser um material ideal.

Em 1949, HARMAN relatou que as propriedades mais significantes das bases de prótese total como fidelidade dimensional e resistência à fratura, só seriam obtidos se a resina acrílica fosse polimerizada por ciclo de cura efetivo.

Assim, desde o aparecimento das resinas acrílicas, os pesquisadores buscam introduzir procedimentos técnicos com variações mais seguras (PEYTON, 1950 e PEYTON & ANTHONY, 1963), utilizadas na tentativa de melhorar as características mecânicas da resina acrílica quando polimerizadas por banho convencional (HARMAN, 1949), surgindo os processamentos por energia de microondas (NISHII, 1968), calor seco (GAY & KING, 1979), luz visível (PHILLIPS, 1993) e água fervente por 20 minutos (PHILLIPS, 1993).

Segundo CRAIG (1996) o processo da cura rápida foi possível pela mistura de agentes polimerizantes químico e térmico no material. Embora a polimerização fosse mais

rápida, a base não seria comprometida pela porosidade e distorção (AL DOORI *et al.*, 1988 e DIXON *et al.*, 1992).

Da mesma forma, o uso de resinas acrílicas formuladas especialmente para polimerização por energia de microondas possibilitou a cura desses materiais em apenas 3 minutos, utilizando o fenômeno da vibração das moléculas do monômero para produzir calor (DE CLERCK, 1987), produzindo bases de aparelhos protéticos semelhantes às do método tradicional (SALIM *et al.*, 1992).

Trabalho recente mostrou que a resistência ao impacto não sofre influência dos tipos de resina; embora, a dureza tenha mostrado superioridade estatística quando o polimento foi convencional (MESQUITA, 1995). A literatura mostra também que os valores de dureza não são afetados pelos ciclos de polimerização (TROUNG & TOMAZ, 1988). Entretanto, BORGES (1998) verificou que a dureza e a rugosidade sofreram influência dos ciclos, a porosidade parece ser independente dos métodos de polimerização e o melhor polimento foi observado na técnica recomendado pelo fabricante da resina acrílica. Por outro lado a magnitude da dureza é inversamente proporcional à quantidade de monômero residual (JAGGER, 1978). Outro dado interessante foi o fato que os ciclos de duração longos não produziram porosidade, em função do volume de resina acrílica (KIMPARA *et al.*, 1999), embora a porosidade seja dependente da taxa de polimerização e da eficiência da dissipação do calor (JEROLIMOV *et al.*, 1989).

Com base nessas considerações, seria conveniente estudar a influência dos tipos de resinas acrílicas sobre as variáveis rugosidade, dureza de superfície, porosidade e resistência ao impacto.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

2. REVISÃO DA LITERATURA

2. REVISÃO DA LITERATURA

HARMAN, em 1949, realizou um trabalho avaliando o efeito do tempo e da temperatura de polimerização sobre a alteração dimensional da resina acrílica para base de prótese total. Foram confeccionadas 9 amostras, 3 para cada um dos seguintes grupos: 1) 71°C durante 2 ½ horas, 2) Elevação da temperatura ambiente para temperatura de ebulição durante 1 hora e manutenção da mesma durante 15 minutos, e, 3) 71°C durante 2 ½ horas seguidos por 15 minutos em ebulição. A polimerização das amostras foi realizada com a mufla colocada na prensa hidráulica simulando a pressão utilizada nas prensas de mola. Após os padrões terem atingido a temperatura ambiente, a pressão foi liberada e as amostras foram removidas e medidas imediatamente. Em seguida, as amostras foram divididas ao meio, pesadas, e uma parte armazenada em água destilada à 37°C, e a outra colocada em dissecador à temperatura ambiente. Posteriormente, foram pesadas e medidas, diariamente na primeira semana, a cada semana no primeiro mês e a cada mês no primeiro semestre, as medidas sendo cada vez mais espaçadas até completar 18 meses de observação. As leituras da alteração dimensional foram realizadas à temperatura ambiente, a 37°C para as amostras úmidas e 25°C para as secas. As amostras em sua totalidade tiveram comportamento similar, quando armazenadas em água, tendo expansão durante a primeira semana, permanecendo estáveis após 14 dias. As amostras secas tiveram rápida contração durante a primeira semana, lenta durante 14 dias e a partir dessa fase permaneceram estáveis. No fim de 2

semanas, a contração era 5 vezes maior nas amostras secas do que a expansão do material úmido à temperatura ambiente. Os ensaios de resistência transversa mostraram que 2 ½ horas à 71°C não foi tempo suficiente para a produção de polimerização substancial em secções de 3 mm de espessura, embora sob inspeção visual isso não seja real. O peso de ambas amostras (secas e úmidas), tornou-se estável após 2 a 3 semanas, tendo mínima diferença entre ganho ou perda. O efeito do tempo e temperatura de polimerização tornou-se mais evidente quando se leva em consideração a resistência transversa do material avaliado. A temperatura crítica não foi do banho de água, do molde ou da prensagem, mas da temperatura no interior da resina durante a polimerização. Embora muitas das amostras tenham sido polimerizadas com sucesso a 71°C durante 2 ½ horas, as amostras com 3 mm de espessura polimerizadas por esta técnica falharam, não estando de acordo com as especificações da Associação Dentária Americana. Uma diferença encontrada entre amostras de espessura desigual foi a diferença de comportamento térmico que ela pode sofrer durante a polimerização, onde quanto maior este último, maior a dureza e a carga para fraturar as amostras. Os autores relataram que as amostras que permaneceram a noite a 71°C foi a melhor técnica de polimerização. Verificou-se que as amostras polimerizadas incompletamente são caracterizadas por uma perda contínua de peso em água, representada pelo monômero residual ou moléculas de polímero com cadeias curtas os quais são muito instáveis, e estes componentes instáveis podem ser polimerizados posteriormente com água em ebulição mesmo após vários dias da polimerização inicial.

SPENCER & GARIAEFF, em 1949, realizaram um estudo comparativo entre características da resina acrílica com as da borracha vulcanizada (Vulcanite) para a

confeção de base de próteses. Verificaram que a resina acrílica apresentava maiores vantagens, como: a) fácil manipulação e reparo, b) resistência ao crescimento bacteriano, c) melhor condutibilidade térmica, d) menor permeabilidade aos fluidos bucais, e) translucidez e estabilidade de cor e, f) menor contração durante o processamento. Por outro lado, as vantagens da vulcanite sobre os plásticos seriam a maior tolerância aos tecidos orais e, menor gravidade específica. Os autores relataram que os plásticos quando processados de forma adequada apresentavam vantagens sobre a vulcanite.

PEYTON, em 1950, comparou diferentes métodos de processamento de resinas acrílicas para base de prótese total, como calor seco, desenvolvido por duas placas aquecidas eletricamente e aplicadas na mufla sob compressão; estufa; luz infravermelha; vapor d'água; indução de calor por gerador eletrônico, e o banho de água. Após polimerização e resfriamento das bases de próteses à temperatura ambiente, a dureza e a contração linear foram analisadas. Os resultados demonstraram que os métodos de aquecimento à seco produziram bases tão satisfatória quanto o método de banho de água. De acordo com o autor, a maior dificuldade nesse processo era o controle da temperatura de polimerização, que para a maioria dos produtos era de 71°C a 75°C, sendo a ideal 74°C.

SEXON & PHILLIPS, em 1951, avaliaram os efeitos abrasivos dos agentes de limpeza dental sobre as resinas acrílicas para base de próteses totais, observando a perda de peso e alteração de brilho através da utilização de um microscópio. As amostras foram polimerizadas convencionalmente e o acabamento foi realizado com lixas de granulação

decrecente, e o polimento num torno de bancada com roda de feltro e alumina. Para comprovar a ausência de ranhuras, todas as amostras foram examinadas microscopicamente. Após as amostras terem sido escovadas ou imersas em agentes de limpeza, o ensaio de perda de peso foi realizado segundo a especificação nº 12 da Associação Dentária Americana. A escovação realizou-se em uma máquina com pressão e velocidade constantes, escovando até 6 amostras simultaneamente. Um total de 20.000 ciclos de escovação sobre cada amostra foram realizados, correspondendo a 2 anos de uso de uma prótese pelo paciente. Foi utilizado um reflectômetro para detectar a mudança no brilho das amostras, sendo realizadas leituras antes e após a escovação ou imersão das próteses em cada produto. A medição da quantidade de resina acrílica removida durante a escovação foi outro método para detectar os efeitos dos agentes abrasivos sobre as resinas acrílicas. Os autores relataram que agentes de imersão e de limpeza não tem grande efeito abrasivo, podendo ser utilizado na higiene das próteses.

Mc CRACKEN, em 1952, realizou um estudo comparativo entre as propriedades físicas das resinas acrílicas ativadas quimicamente com as das ativadas termicamente utilizadas como base de próteses. O estudo foi dividido em duas etapas: na primeira, comparou-se as propriedades de dureza, resistência transversa e o escoamento de amostras de teste confeccionadas com ambos tipos de resina acrílica. Na segunda etapa foi registrado os dados sobre temperaturas de polimerização e variações dimensionais ocorridas em próteses totais. Os autores puderam verificar nesse estudo que algumas resinas acrílicas ativadas quimicamente foram menos polimerizadas que as resinas ativadas termicamente com relação às suas propriedades de dureza e escoamento. Colocando-se amostras de resina

acrílica ativada quimicamente em água fervente durante 15 minutos após a polimerização convencional houve melhora nas propriedades físicas, indicando uma polimerização mais completa das amostras. Sem esse tratamento, a polimerização continua durante dias, até que no final de 15 dias as amostras menos polimerizadas aproximam seus valores das amostras polimerizadas totalmente. Com relação a variações dimensionais ocorridas em próteses totais, os autores constataram que a resina acrílica ativada quimicamente demonstrou menor variação que a ativada termicamente. Também houve diferenças na dureza nas quatro resinas acrílicas ativadas quimicamente, porém todas apresentaram aumento da dureza nos primeiros 15 dias. Passados 15 dias, os valores de dureza foram semelhantes aos apresentados pelas resinas acrílicas ativadas termicamente.

SMITH & BAINS, em 1958, estudaram a concentração de monômero residual determinada pelo método químico, em próteses totais e em amostras de resina acrílica rosa e incolor, os quais foram submetidas a ciclos de polimerização diferentes. Próteses totais superiores foram confeccionadas e polimerizadas pelos seguintes ciclos: a) 336 horas à temperatura constante de 70°C e b) 90 minutos à 70°C, seguido de 1 hora até 9 horas à temperatura de 100°C. Após processamento, as próteses totais foram seccionadas, e uma das partes dividida em fragmentos, e para determinar a concentração do monômero residual foram pesados e dissolvidos em ácido acético glacial. Os autores concluíram que as concentrações de monômero residual variaram em função da área a qual o fragmento foi removido: borda vestibular, vestibular, borda lingual, lingual e palato, sendo que essa variação foi devida à provável diferença de temperatura existente entre essas áreas durante o

ciclo de polimerização a qual se deve a perda de calor e a diferença de espessura do material.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

PEYTON & ANTHONY, em 1963, investigaram a evolução do processamento de dentaduras por diferentes técnicas. Foram utilizados quatro tipos de resinas acrílicas quimicamente ativadas; sete resinas termopolimerizadas; três resinas por injeção; e, duas ligas de cobalto-cromo. Os materiais foram preparados seguindo as normas do fabricante e as bases após demuflagem foram armazenadas em água por 24 horas, à temperatura ambiente. A prótese total mais exata foi confeccionada com resina quimicamente ativada, mesmo quando armazenada por um longo período. A termopolimerizada foi considerada boa, e a de injeção foi similar às outras. Em geral, o método de autopolimerização pode ser utilizada em reparos e reembasamentos.

NISHII, em 1968, foi o primeiro autor a relatar a utilização da irradiação por energia microondas para a polimerização de resinas acrílicas, onde essa energia é gerada por um oscilador magnético e, quando irradia um objeto, é absorvida e transformada instantaneamente em calor. O método descrito pelo autor, proporcionava um aquecimento rápido e uniforme tanto na superfície externa, bem como no interior da resina. Para avaliação da porosidade, foram confeccionadas amostras de 65x13x9 mm em resina acrílica termopolimerizável, colocadas em muflas metálicas perfuradas as quais foram irradiadas por 9 minutos e imersas em água para se evitar superaquecimento. Verificaram que as

propriedades físicas: resistência a tração, dureza, sorção de água, resistência transversal, resistência à retenção de dentes artificiais, deflexão transversal e adaptabilidade das bases de próteses em novas amostras utilizando irradiação por 9, 10, 11 e 12 minutos. O autor concluiu que as propriedades físicas das resinas irradiadas por 11 minutos foram tão satisfatórias quanto as resinas polimerizadas em banho de água, e que reduzindo a energia da alta frequência obtinha-se resina livre de porosidade.

Segundo **ARAÚJO** *et al.*, em 1973, as resinas sintéticas, derivadas do ácido acrílico ou do ácido metacrílico são os plásticos mais comumente usados em base de dentaduras sendo fornecida na forma de pó (polímero) e líquido (monômero). O monômero é , geralmente, o metacrilato de metila puro, contendo quantidades ligeiras de hidroquinona, que auxilia na inibição da polimerização, durante a armazenagem do monômero. O polímero consiste num pó, formado por partículas esféricas pequenas e polimerizadas a partir do monômero que foi aquecido em um líquido não polimerizável. A proporção monômero/polímero é geralmente 3:1 em volume, ou 2:1 em peso. Na reação monômero/polímero, pelo menos quatro etapas podem ser observadas: 1) fase arenosa ou fluida; 2) fase fibrilar ou pegajosa; 3) fase plástica ou de trabalho; 4) fase borrachóide ou elástica. A resina acrílica contém, frequentemente, peróxido de benzoíla, onde o mesmo decompõem-se originando radicais livres quando a massa plástica eleva-se acima de 60°C. De acordo com os autores, se a temperatura elevar-se acima de 100°C, ocorrerá o aparecimento de porosidade no interior de porções espessas de resina. O ponto de ebulição do monômero é superior àquele da água 100,8°C., onde se a temperatura elevar-se acima do ponto de ebulição do monômero residual este componente poderá entrar em ebulição,

produzindo dessa maneira bolhas. O ciclo de polimerização capaz de possibilitar polimerização adequada da base de dentadura, sem ocorrência de porosidade interna seria a polimerização por 3 horas: 30 minutos da temperatura ambiente até 65°C, 60 minutos em 65°C, durante os quais porções espessas da dentadura são polimerizadas, sem ocorrência da porosidade devida à ebulição do monômero. A água é então, levada à ebulição, por 30 minutos e aí permanece por 60 minutos, com o intuito de polimerizar as porções mais finas. Em lugar de utilizar o calor como ativador do peróxido de benzoíla, pode-se empregar um ativador químico, de modo que a polimerização possa ser completada à temperatura ambiente, sendo essas resinas conhecidas como autopolimerizáveis ou quimicamente ativadas. Deve-se notar que a diferença entre os dois tipos de resinas (térmica e química) está no método de ativação do peróxido de benzoíla, sendo que o grau de polimerização que pode ser atingido com o ativador químico não é tão grande quanto o que se consegue quando da ativação porvogada por ação do calor.

JAGGER & HUGGETT, em 1975, avaliaram o efeito dos agentes de ligação cruzada sobre dureza, escoamento e recuperação das resinas acrílicas. Para a confecção das amostras, foi utilizado proporção pó-líquido de 3,5:1 em volume, com um ciclo de polimerização a 70°C durante 7 horas, seguida por 100°C durante 1 hora, em banho de água. Após a polimerização, as amostras foram acabadas e polidas, utilizando discos de carboneto de silício de granulação decrescente e armazenadas em ar durante 7 dias à temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de 50 a 60%. Utilizou-se o agente de ligação cruzada etileno glicol dimetacrilato, adicionado ao monômero em concentração variando de 0 a 100% em volume. Um microdurômetro Wallace modelo H6B foi utilizado e as leituras realizadas relacionando

profundidade de penetração em carga de 300g e recuperação em função do tempo. A carga aplicada inicialmente foi de 15 segundos, e a leitura foi realizada, depois mantida durante 60 segundos e uma 2ª leitura foi feita. Após removida a carga, foram realizadas novas leituras a 15 e 60 segundos. Posteriormente, a carga foi aplicada durante 2 minutos e a recuperação medida após 20 minutos. Concluíram os autores que pelo menos em temperaturas da boca, o agente de ligação cruzada não teve efeito sobre a dureza das resinas acrílicas. Não existiu relação entre a quantidade de agente de ligação cruzada adicionado ao monômero e o grau de recuperação ou escoamento da resina, bem como da profundidade de penetração. Desse modo, um aumento na dureza superficial causado pelo agente de ligação cruzada deve ser neutralizado pelo aumento do efeito plasticizante do material intersticial não reagido, em função do aumento da concentração do agente de ligação cruzada.

VON FRAUNHOFER & SUCHATLAMPONG, em 1975, avaliaram o efeito da umidade sobre a dureza superficial dos polímeros para base de próteses totais, de ativação térmica e química. O ciclo de polimerização utilizado para a resina acrílica ativada termicamente foi o de banho em água a 74°C durante 1 hora e 30 minutos e então aquecido até a ebulição do monômero durante 30 minutos, com resfriamento lento. A polimerização da resina acrílica ativada quimicamente foi realizada à temperatura ambiente. Utilizou-se para observação das amostras um aparelho de espectroscopia infravermelha (Perkin-Elmer 157), sendo o poder de penetração de 5 a 10 mm no interior da massa de resina acrílica, caracterizando a natureza superficial dos polímeros para base de próteses totais, antes e após o desgaste superficial. O polimento foi realizado com discos de carboneto de silício de granulação decrescente, com velocidade constante de 300 rpm, e as amostras foram

examinadas após armazenagem em água destilada a 37°C durante 12 dias. Várias séries de leituras de microdureza de ambas resinas foram realizadas após polimerização e 12 dias de armazenagem. A dureza das superfícies abrasionadas foi determinada antes e após armazenagem de 12 dias. As amostras foram abrasionadas com discos de carboneto de silício de granulação decrescente e posteriormente polidas com pasta de diamante com partícula de 7 com tamanho de 1 mm, lavadas com álcool e secas com algodão. Foi utilizado um aparelho Reichert, adaptado a um microscópio metalúrgico Reichert MeF 2, com carga de 20 g para a realização das leituras de microdureza. Os resultados demonstraram que a superfície é mais macia que o corpo da amostra nas 2 resinas, e a abrasão da superfície da amostra remove a camada superficial macia, resultando num aumento da dureza. As amostras ativadas termicamente significativamente foram mais duras em relação as amostras ativadas quimicamente, notando que essa diferença se manteve após armazenagem em água. O uso de espectroscopia infravermelha mostraram que a superfície de ambos tipos de resina diferem de modo significativo das resinas abrasionadas. A armazenagem em água, produzindo uma diminuição da dureza, indica que a água penetra na camada amorfa superficial da resina acrílica, exercendo desse modo, um efeito plastificante ou amolecedor. Sugeriu-se a existência de uma interação química entre a água e a camada superficial da resina.

Mc CABE & BASKER, em 1976, investigaram por meio da cromatografia gás-líquida os efeitos da polimerização e o conteúdo de monômero residual de resinas acrílicas. Corpos-de-prova com dimensões de 50 mm x 50 mm x 3mm foram confeccionados para 2 tipos de resina: Stellan(termopolimerizável) e De Trey (autopolimerizável). A 1ª resina se

submeteu a 4 diferentes ciclos de polimerização: a) 7 horas a 70°C seguidas por 3 horas a 100°C em calor úmido; b) o mesmo período em calor seco; c) 20 minutos em água fervente seguidos de 20 minutos em água aquecida e mais 20 minutos em água em ebulição; e) 20 minutos em água fervente. Os autores concluíram que o menor nível de monômero residual ocorreu no ciclo longo em calor úmido. Em relação aos outros ciclos de polimerização, o nível de monômero residual encontrado foi parecido. Na resina autopolimerizável, encontrou-se o nível mais alto de conteúdo de monômero residual, sendo 4 vezes maior que o 1º ciclo para a resina termopolimerizável.

JAGGER, em 1978, estudou as propriedades mecânicas e o efeito do ciclo sobre o grau de polimerização das resinas acrílicas. Foram preparadas amostras de resina convencional termopolimerizável, misturando-se pó-líquido na proporção de 3,5:1 por volume e para a polimerização utilizaram-se 4 diferentes ciclos : 1) 7 horas a 70°C; 2) 14 horas a 70°C; 3) 1 hora a 100°C e; 4) 7 horas a 70°C mais 1 hora a 100°C. Em seguida, as amostras foram imersas em ácido nítrico a 80% durante 5 segundos, lavadas em água , secas com ar comprimido, examinadas e fotografadas com lupa Zeiss Ultraphot. A viscosidade da solução foi realizada pela dissolução de 5 g de polímero em 100 ml de clorofórmio em banho de água, controlando a temperatura $20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, e mensurada com viscosímetro B.S.S. 188, sendo que a quantidade de monômero residual foi determinada usando a cromatografia gasosa. Utilizaram-se um microdurômetro Wallace para realização de ensaios de dureza, uma máquina Instron com velocidade de 5,0 cm/min para os ensaios de resistência transversal. Em seguida, a sorpção de água foi verificada através do peso de amostras secas e amostras imersas em água destilada a 37°C durante 1 a 24 horas, uma vez que o ganho de

água foi expresso como sendo porcentagem de aumento do peso da amostra após remoção do dessecador. Os autores concluíram que o ciclo de polimerização não tem efeito sobre a dissolução do polímero no monômero, sendo praticamente impossível que a proporção matrix/polímero residual interfira nas propriedades mecânicas e que o melhor ciclo de polimerização foi de 7 horas a 70°C seguido de 1 hora a 100°C, produzindo amostras com alto grau de polimerização e, com maiores valores de dureza, resistência transversal, garantido dessa forma, amostras sem porosidades e com alto peso molecular. A concentração de monômero residual é o parâmetro mais importante na determinação das propriedades do material e que existe, uma correlação entre o monômero residual, dureza, resistência transversal e sorpção de água.

GAY & KING, em 1979, compararam a qualidade da resina acrílica polimerizada por água em ebulição e em prensa aquecida, com a processada por 9 horas a 75°C. Foram confeccionadas 4 amostras para cada um dos ensaios, sendo 3 retangulares com 3,5 e 10 mm de espessura, 10 mm de largura e 20 mm de comprimento; a última sendo em forma de cunha, com 10 mm de largura e espessura variando de 0,5 a 2 mm. Utilizou-se a resina acrílica incolor para que as porosidades pudessem ser observadas após a polimerização. Foram misturados polímero e monômero na mesma proporção e deixados polimerizar em bancada durante 15 minutos para cada amostra. Os moldes foram fabricados utilizando muflas de próteses parciais fixas e realizada assim, a inclusão por compressão previamente ao fechamento das muflas. Os ciclos usados para a polimerização foram os seguintes: 10 minutos a 100°C, 15 minutos a 75°C, 20 minutos a 70°C, 30 minutos a 60°C, todos na prensa aquecida; 30 minutos, 45 minutos e 1 hora, em ebulição; e 9 horas a 75°C. Os

resultados demonstraram que a resina acrílica com espessura entre 0,5 a 3 mm pode ser polimerizada em prensa aquecida à temperaturas e tempos, variando de 60°C por 30 minutos até 100°C por 10 minutos sem ocorrências de porosidades; exibiram pequena quantidade de porosidade interna as resinas acrílicas com espessura maior que 3 mm quando foram processadas em prensa aquecida; espessura acima de 10 mm devem ser polimerizadas sem porosidade utilizando a polimerização de 9 horas a 75°C; com relação a polimerização da resina acrílica, os moldes de gesso pedra podem ser utilizados apenas uma vez para se obter resultados satisfatórios.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

FARAJ & ELLIS, em 1979, investigaram o efeito que gradientes de temperatura exerciam sobre as propriedades das resinas acrílicas polimerizadas através do calor ou à temperatura ambiente. Foram confeccionadas amostras de resina química e termopolimerizáveis a partir da inclusão de discos metálicos com diâmetro de 50,0 mm x 8,0 mm de espessura. Pares termoeletrônicos foram adaptados no gesso próximo à parede da mufla, no centro e na periferia da massa, e na resina, através de orifícios confeccionados na mufla metálica. O ciclo utilizado para a resina termopolimerizável foi a 70°C e 100°C, sendo a densidade das amostras determinada pelo peso em ar e em água a $21 \pm 1^\circ\text{C}$ logo após a abertura da mufla e condicionamento do peso constante em dessecador. Verificaram o modo de elasticidade em corpos-de-prova de 6,0 cm de comprimento x 1,0 cm de largura x 1,7 mm de espessura, com carga de 100 g/min. realizado em 3 pontos, e a deflexão medida em microscópio. De acordo com os autores, a resina autopolimerizável completa a polimerização de modo satisfatório, sem necessidade de uma temperatura exotérmica elevada, e depende diretamente da espessura da amostra. Foi relatado, que durante a

polimerização em banho de água aquecida, existe um determinado período de tempo para que o centro da massa de resina consiga atingir a mesma temperatura do banho de água. Não foi encontrada porosidade para esse tipo de resina, polimerizada à 70°C, embora quando processada à 100°C, foi observada porosidade quando a temperatura exotérmica atingiu 136°C, ultrapassando dessa forma, o ponto de ebulição do monômero. Tanto para as resinas termo e autopolimerizáveis, houve densidade de 1,19 e 1,18 e; contração dimensional de 0,53 e 0,26%.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

AUSTIN & BASKER, em 1980, descreveram um método para a estimação da quantidade de monômero residual e posterior verificação de sua precisão; estudaram o efeito dos procedimentos de manipulação sobre o conteúdo de monômero da resina acrílica; e casos clínicos, sendo atribuída à alta concentração de monômero residual a causa de danos à mucosa oral. Foram confeccionados corpos-de-prova de resina termopolimerizável e de poli-metil metacrilato (Perpex), onde com a termopolimerizável submeteu-se a 2 tipos de ciclo de polimerização (longo e curto); a espessura dos corpos-de-prova variaram de 2 a 4 mm, e o armazenamento foi realizado a seco e em água. A análise de cromatografia gás-líquida foi realizada, posteriormente a extração do monômero executada após 1 hora. Os autores verificaram nesse estudo a relação existente entre temperatura atingida e tempo de polimerização, conteúdo de monômero residual, onde em ciclos curtos o nível de monômero aumentou mais de 700%; e em ciclos longos, o nível de monômero residual verificado foi de 0,29%. Quando amostras foram submetidas ao mesmo ciclo de polimerização, observaram-se que as mais finas apresentaram maior concentração de monômero residual em relação as mais espessas, e isso foi atribuído ao fato de a polimerização ser uma reação exotérmica que

atinge altas temperaturas nas áreas mais espessas convertendo desse modo, maior quantidade de monômero em polímero. Verificaram ainda, que não houve diferença significativa com relação ao conteúdo de monômero entre amostras que foram armazenadas em água e aquelas mantidas em lugar seco. No caso clínico dessa pesquisa, a irritação da mucosa foi devido à presença de monômero residual na base da prótese total, onde apresentava de 6 a 11 vezes maior que o conteúdo normal da resina acrílica termicamente ativada, quando submetida ao ciclo longo.

KIMURA *et al.*, em 1983, investigaram a aplicação de energia de microondas para polimerização de resinas acrílicas termopolimerizáveis convencionais; uma colorida e outra transparente, na proporção de 1:1 em peso para a primeira e 2,4:1 para a segunda. Com base nessa proporção, foram preparadas misturas com os respectivos pesos: 7g, 15g e 21g, polimerizadas durante 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 minutos verificando assim, o tempo necessário para a resina atingir a fase plástica e posterior polimerização completa. Os autores estudaram também as seguintes características como: 1) adaptação das bases de próteses polimerizadas através dos ciclos: a) banho de água elevando a temperatura para 100°C em 60 minutos e permanecendo em água fervente por mais 30 minutos; e b) utilização da energia de microondas por 3 minutos. 2) Estabilidade de cor e formação de fendas em próteses construídas com dentes de porcelana ou resina polimerizadas através dos ciclos descritos anteriormente. 3) Deformação do gesso pedra em amostras de 30,0 x 50,0 mm irradiadas por energia de microondas durante 05 a 20 minutos, através da medida da altura e diâmetro das mesmas, posteriormente refrigeração à temperatura ambiente. 4) amostras com porosidade de: a) 5,0 mm de espessura utilizando resina transparente

polimerizada em microondas durante 2, 3, 5, 10 e 15, refrigeradas em temperatura ambiente; b) 10,0 mm de espessura de resina transparente, polimerizada durante 3 minutos em microondas e refrigeradas sob as devidas condições: b.1) no gelo (0°C); b.2) na água corrente (15°C); b.3) no ar (20°C); c) 1,5 e 3,0 mm de espessura irradiada por 3 minutos; d) 3,0 mm de espessura contendo grampos de Cr-Co com diâmetro de 0,9 mm polimerizadas pelos ciclos: d.1) irradiada por microondas durante 3 minutos; e d.2) banho de água elevando a temperatura para 100°C em 60 minutos e permanecendo em ebulição por 30 minutos. Os autores concluíram pelos resultados que: a mistura monômero-polímero atinge a fase plástica em 15-20 minutos à temperatura ambiente, sendo que esse tempo pode ser diminuído com uso de microondas; relação existente entre peso da mistura monômero-polímero e tempo necessário para atingir a fase plástica, onde aumentando um acarreta aumento de outro; a adaptação da base da prótese polimerizada por microondas foi superior a do banho de água; raramente se observou alteração de cor ou fendas entre dentes artificiais e bases, bem como a deformação do gesso pedra; em resinas polimerizadas por 3 minutos raramente foi observada presença de porosidade e em menor quantidade para amostras refrigeradas a ar; na utilização de grampos de Cr-Co, os mesmos não influenciaram na polimerização por energia microondas e não foi observada porosidade ao redor dos grampos.

REITZ *et al.*, em 1985, investigaram as propriedades físicas da resina termopolimerizável convencional polimerizada pelos ciclos: banho em água e por energia microondas. Amostras em número de 20, foram confeccionadas com 25,0 x 12,0 x 2,5 mm de dimensão e outros 20 corpos-de-prova com espessura maior (3,0 x 1,0 x 1,0 cm), sendo

que metade de ambas as dimensões foram polimerizadas em banho de água a 165°F durante 8 horas, e a outra metade em forno microondas a 400 W por 2 ½ minutos de cada lado. Posteriormente, mais 10 amostras espessas foram confeccionadas e polimerizadas em forno microondas a 90 W por 6 ½ minutos de cada lado. As propriedades físicas investigadas pelos autores consistiram: dureza utilizando impressora Barcol; resistência transversal numa máquina Instron; e porosidade, onde as amostras polidas foram imersas em tinta preta e polidas novamente, o número de poros contidos numa área de 2,4 x 1,9 mm contados com aumento de 20 vezes. A presença de porosidade foi observada seccionando ao centro as amostras mais espessas. Os autores concluíram não houve diferenças em relação à porosidade entre os métodos de polimerização para amostras mais finas, mas por outro lado, nas mais espessas foi observada porosidade na região central, quando polimerizadas por energia microondas. Outro dado de extrema importância é que a porosidade pode ser reduzida, aumentando o tempo e abaixando a intensidade de potência durante a polimerização através da utilização do microondas.

JEROLIMOV, *et al.*, em 1985, estudaram se a mudança na proporção polímero/monômero das resinas termopolimerizáveis alteraria os níveis de monômero residual no produto final, e se existiria uma ligação entre propriedades flexurais e quantidade de monômero residual. Foram confeccionados 40 corpos-de-prova divididos em 10 grupos e utilizaram dois ciclos de polimerização: 14 horas a 70°C; e 7 horas a 70°C, mais 3 horas a 100°C, com proporções distintas de pó/líquido: 1,5/1; 2/1; 2,5/1; 3,5/1; 4,5/1. O monômero residual foi extraído pelo refluxo em metanol e avaliado através da cromatografia gasosa. Os autores concluíram que: reduzindo o monômero residual houve

melhoria nas propriedades flexurais; na diminuição dos níveis de monômero residual, a razão polímero/monômero apresenta menor influência em relação ao ciclo de polimerização; menores níveis de monômero residual foi alcançado com o ciclo extra de 3 horas a 100°C; e por fim, o ciclo que não utilizou o tempo final com água fervente observou-se uma melhoria nas propriedades flexurais com uma redução dos níveis de monômero.

STOLF *et al.*, em 1985, estudaram a influência que o polimento químico apresentava sobre a resistência ao impacto das resinas acrílicas ativadas termicamente e quimicamente. Foram obtidos corpos-de-prova com 65 x 10 x 2,5 mm, através de padrões de cera incluídos em muflas para posterior polimerização, obedecendo as especificações números 12 e 13 da Associação Dentária Americana. As amostras foram divididas em 2 grupos, cada qual contendo 10 amostras, confeccionadas em resina acrílica ativada quimicamente e termicamente. O polimento de um dos grupos foi químico, consistindo de um banho em monômero de metil metacrilato a 70°C, durante 1 minuto; o segundo grupo recebeu polimento mecânico ou convencional, através da utilização de tiras de lixa, pasta de pedra-pomes com ponta de feltro, escovas e polidor kaol com escova de pano. Após o polimento, os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada a 37°C. O ensaio de resistência ao impacto foi realizado numa máquina Wolpert após armazenagens de 24 horas, 7, 15 e 30 dias, onde os pesquisadores concluíram que a resistência maior foi encontrada nas amostras polidas quimicamente em todos os períodos de armazenagem, em relação as polidas de modo mecânico, bem como; a medida que aumentou o período de armazenagem de 24 horas para 30 dias, houve uma diminuição nos valores de resistência para as duas técnicas e também para amostras confeccionadas com ambos tipos de resina. Existe diferença significativa na resistência ao impacto em relação ao polimento, bem como; entre

os períodos de armazenagem de 24 horas e 7 dias, não dependendo do tipo de ativação da resina, com superioridade para a ativação térmica. Os autores pressupõem que o aumento da resistência ao impacto, foi devido ao tratamento térmico sofrido pelas resinas durante o polimento químico, e esse aquecimento foi necessário para liberar tensões residuais presentes na massa de resina polimerizada. Por outro lado, a diminuição da resistência ao impacto e um aumento do período de armazenagem comprovou informações de que a sorpção de água é a responsável pela deteriorização das propriedades físicas das resinas acrílicas.

WOLFAARDT *et al.*, em 1986, relataram a natureza e ocorrência de porosidade em 128 amostras de resinas acrílicas termopolimerizáveis variando a espessura de 0,1 a 4,5 mm. Foram polimerizadas pelo ciclo padrão de acordo com a especificação nº 12 da Associação Dentária Americana, e pelo ciclo rápido, onde as amostras foram colocadas em água fervente por 60 minutos. A porosidade foi verificada em cada amostra e observada em 3 regiões distintas: zona central, zona média e zona periférica; e examinada em microscópio em relação à concentração, presença, forma e tamanho dos poros. As variáveis investigadas que podem resultar em formação de poros são: contração de polimerização, inclusão de gases, homogeneidade inadequada da massa; sendo essas variáveis mais presentes em secções espessas de poli-metil metacrilato do que em secções finas.

HAYDEN, em 1986, comparou a resistência à compressão utilizando três resinas acrílicas termopolimerizáveis: 1) resina contendo co-polímeros de metil metacrilato; 2)

resina de poli-metil metacrilato contendo partículas de borracha, resistente ao impacto; 3) resina considerada padrão contendo poli-metil metacrilato, polimerizadas por 2 tipos de ciclos: a) banho d'água e; b) energia de microondas. Bases de próteses totais com 2,0 mm de espessura foram confeccionadas, utilizaram-se quatro métodos de polimerização: 1) banho de água aquecido a 163°F por 9 horas (ciclo longo); 2) banho de água aquecido a 163°F por 1 ½ hora. (ciclo curto); 3) energia de microondas a 700W por 2 minutos de cada lado da amostra; e, 4) energia de microondas a 90 W por 6 ½ minutos de cada lado da amostra. Posteriormente, as amostras foram refrigeradas por 30 minutos em ar e 15 minutos em água fria, onde o teste de resistência à compressão foi realizado em máquina Instron. Através da análise estatística, o autor concluiu que houve diferenças significantes entre o ciclo curto em banho de água e os métodos de polimerização em microondas, sendo que as resinas polimerizadas pelo último método apresentaram menores valores de resistência à compressão. Por outro lado, a resina acrílica contendo partículas de borracha apresentou maior resistência em relação à resina padrão. Segundo o autor, as amostras polimerizadas pelo ciclo longo contém características de absorção de energia em virtude da formação de cadeias longas de polímeros com alto peso molecular; ao contrário das amostras polimerizadas em microondas, onde a menor resistência seja devido à rápida polimerização e formação de cadeias curtas de polímeros com baixo peso molecular.

ULUSOY *et al.*, em 1986, selecionaram um método de polimento que pudesse fornecer uma superfície mais lisa em relação as resinas acrílicas ativadas termicamente e quimicamente, comparando a efetividade das diferentes técnicas de polimento. Foram confeccionadas 10 amostras para cada grupo, com 1 cm de diâmetro na base, 1 cm de altura

e 0,5 cm de diâmetro no topo; sofrendo diferentes tipos de polimento, realizados com baixa rotação, pressão suave e contato intermitente sob spray de água. Utilizaram-se pedras abrasivas durante 15 segundos, disco abrasivo durante 15 segundos sobre cada lado da amostra, cone de feltro com pasta de pedra-pomes e escova macia com pó de giz durante 15 segundos cada. Ensaios de rugosidade e análise por microscopia eletrônica de varredura foram realizados. Com relação à rugosidade, um Perfilômetro (Perthen Gmbh, Alemanha) foi utilizado para determinar registros gráficos, onde a ponta do Perfilômetro realizou a leitura das superfícies das amostras em linha reta, registrando a média aritmética de rugosidade, médias de altura de picos e vales, os valores foram obtidos em micrômetros. Uma leitura sobre cada amostra de cada grupo foi realizada, e os dados foram analisados estatisticamente para as diferenças entre as técnicas de polimento. Os resultados indicaram que os melhores valores foram obtidos com utilização de pedras abrasivas usadas de modo progressivo, discos abrasivos grossos, médios e finos, cone de feltro com pasta de pedra-pomes e escova macia com pó de giz.

DE CLERCK, em 1987, relatou que a energia de microondas pode ser utilizada para gerar calor no interior da resina, eliminando a necessidade da transferência de calor da água quente através das várias estruturas, como por exemplo; a mufla e gesso pedra e modelo até atingir a resina. O autor concluiu em seu estudo que a utilização da energia de microondas economiza tempo e custo, bem como oferece as mesmas propriedades físicas, quando comparada ao método convencional de polimerização.

SANDERS *et al.*, em 1987, compararam dois métodos de polimerização em microondas com o método convencional do banho de água bem como; estudaram a diferença na quantidade de porosidade posteriormente a polimerização por microondas resfriadas subitamente ou através do resfriamento lento sobre bancada até atingir a temperatura ambiente. Foram confeccionados corpos-de-prova (4,3 x 1,0 x 1,0 cm) utilizando cinco diferentes marcas de resina acrílica, sendo uma formulada especialmente para microondas, e; então polimerizadas por meio de três técnicas: 1) banho de água a 170°F por 9 horas e resfriadas subitamente por 20 minutos em água corrente; 2) irradiação de microondas a 90 W em forno contendo prato giratório por 6 ½ minutos de cada lado da amostra e após 15 minutos foi resfriada em água corrente por 4,5 minutos; 3) polimerização em microondas mesmo que o anterior e resfriada à temperatura ambiente por 2 ½ horas. O ensaio de porosidade foi realizado após polimento e aplicação de tinta nankin sobre a superfície das amostras, sendo as mesmas repolidas e examinadas por três pesquisadores previamente calibrados. Os autores concluíram pelos resultados que houve uniformidade na formação dos poros para todas as resinas e técnicas de polimerização, sendo que a formulada especialmente para microondas mostrou menor quantidade de poros em relação as demais, devido a diferença de composição destas resinas, apresentando em sua formulação monômeros de metil e etil metacrilato.

AL DOORI *et al.*, em 1988, compararam as propriedades físicas das resinas acrílicas utilizadas para confecção de bases de prótese total polimerizada por 2 ciclos: microondas e convencional; utilizando 4 tipos de resina acrílica: 1 polimerizada durante 20 minutos a 100°C (ciclo curto), e 3 polimerizadas durante 7 horas a 70°C seguidas de 3 horas

SEÇÃO CIRCULANTE

a 100°C (ciclo longo). As amostras foram incluídas em muflas plásticas reforçadas com fibra de vidro, e polimerizadas em forno microondas doméstico equipado com prato giratório, para absorção uniforme das microondas durante a operação, por 24 minutos a 70W. Segundo os autores, as moléculas de metil metacrilato mudam de direção rapidamente dentro de um campo magnético, em consequência disso, inúmeras colisões intermoleculares causam rápido aquecimento por fricção molecular. Os pesquisadores relatam ainda que, microonda é uma onda eletromagnética produzida por um gerador (Magnetron), com comprimento entre 1 mm e 30 cm, comprimento maior que raios infravermelhos (porém menor energia), mas menor que as ondas de rádio e televisão. A vantagem da polimerização em microondas em relação ao método de polimerização em água aquecida, seriam; limpeza posteriormente ao processamento e fácil manejo do equipamento.

TROUNG & THOMAZ, em 1988, investigaram as propriedades físicas das resinas acrílicas polimerizadas por dois ciclos diferentes: microondas e convencional de banho de água. Foram confeccionadas com 4 tipos diferentes de resinas, amostras com dimensões específicas para ensaios de resistência transversal, dureza Knoop, sorção de água, perda de massa por lixiviação, extração do solvente, porosidade. As amostras na polimerização realizada por banho de água, foram imersas em água fervente, onde a fonte de calor foi imediatamente desligada, reaplicada após 20 minutos e então permanecendo por 10 minutos. A resina preparada para polimerização em microondas, foi pré-polimerizada durante 1 min a 90 W, e posteriormente as amostras utilizadas para verificação da porosidade foram polimerizadas por um dos seguintes ciclos: 1) 13 min. a 90 W, 2) 24 min. a 90 W, 3) 30 min. a 90 W, 4) 6 min. a 60 W e 6 min. a 90 W, todos seguidos de 2 minutos a 500 W. Para os

demaís ensaios o 1º método de polimerização foi utilizado, onde posteriormente as amostras foram resfriadas em água corrente por 20 minutos. Os autores concluíram pelos resultados que, não houve diferença em relação aos valores de resistência transversal e dureza para os dois métodos de polimerização, mas; a presença de porosidade foi verificada em todas as amostras e atribuiu-se ao excesso de calor da reação, que pode ser diminuída pelo controle da potência no início da reação. De acordo com os autores, a resina acrílica deve ser polimerizada inicialmente durante os primeiros 6 minutos a 60 W, devendo aumentar a potência para 90 W utilizando o mesmo tempo, com posterior polimerização a 500 W por 2 minutos, evitando dessa forma a porosidade.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

LEVIN *et al.*, em 1989, realizaram um estudo bibliográfico sobre a utilização da energia de microondas para polimerizar resinas acrílicas; sendo que as propriedades físicas dessas resinas especialmente formulada para polimerização por esse método podem ser exageradas, existindo a necessidade de desenvolvimento de materiais e métodos de processamento adequados. As vantagens em se utilizar esse método são: curto tempo do ciclo de polimerização, facilidade de manipulação e limpeza. As desvantagens estão relacionadas à mufla reforçada com fibra de vidro para este método, que são de custo elevado e podem se quebrar posteriormente ao processamento de várias próteses.

JEROLIMOV *et al.*, em 1989, avaliaram os efeitos dos ciclos de polimerização (rápido e longo), em relação as propriedades físicas e mecânicas das resinas acrílicas. Foram confeccionadas amostras retangulares de 65 x 50 mm e com espessura de 3, 6, e 9mm, sendo

utilizada a proporção pó-líquido de 3:2:1 v/v. As muflas foram mantidas por 15 minutos sob pressão numa prensa, polimerizadas em banho de água, deixadas resfriar em bancada e posteriormente abertas pelo processo laboratorial de rotina. Foram realizados ensaios de porosidade, dureza, monômero residual, e propriedades mecânicas. Os autores concluíram pelos estudos que se a taxa de polimerização é elevada, o calor gerado pela reação exotérmica também o é, e se esse calor não for dissipado poderá causar a vaporização do monômero e como consequência a porosidade. Essa taxa de polimerização é dependente da concentração de peróxido de benzoíla presente no polímero e dimetil p-toluidina presente no monômero para reagir com o peróxido de benzoíla e dessa forma, produzir radicais livres para iniciar a reação de polimerização. A presença do componente dimetil p-toluidina significa que a polimerização inicia em baixa proporção após a mistura evitando uma súbita polimerização e uma reação exotérmica exagerada. Por outro lado, quantidade exagerada de dimetil p-toluidina podem produzir o inverso levando a um aumento da polimerização, bem como do calor de reação exotérmica ocasionando com isso a porosidade.

SHOLSBERG *et al.*, em 1989, realizaram um estudo comparativo entre propriedades físicas; como precisão dimensional, porosidade utilizando 2 ciclos de polimerização: convencional e microondas. A resina convencional foi utilizada para confecção das próteses totais e com os ciclos de: a) banho de água a 74°C durante 8 horas, seguido de aquecimento a 100°C por 1 hora; b) irradiação por energia de microondas por 90 segundos a 90 W com mufla em posição na vertical e; 90 segundos a 500 W em posição horizontal. As muflas foram resfriadas durante 20 minutos em bancada, colocadas sob água corrente, sendo que as próteses foram acabadas e armazenadas em água destilada por 21 dias

a 37°C. O estudo da precisão dimensional foi realizada através do peso e interposição de silicona de adição entre modelo mestre e base de resina sob aplicação de carga. O estudo da porosidade foi realizada através de um corte nas próteses, região dos molares, e posteriormente avaliada com utilização de microscópio com aumento de 10 vezes. As amostras de resinas polimerizadas pelos 2 ciclos (convencional e microondas), foram polidas e armazenadas 21 dias em água para realização dos ensaios: 1) densidade, sendo calculada pela divisão do peso pelo volume da amostra; 2) resistência transversal, verificada através de um aparelho Instron-1123 com velocidade de 1 mm/min; 3) dureza Knoop, observada sob carga de 20 g; 4) monômero residual, por espectroscopia infravermelha. Por outro lado, as próteses parciais removíveis foram confeccionadas e polimerizadas por energia de microondas e banho de água e avaliadas em relação a dureza Knoop, porosidade, bem como a adaptação da resina tanto ao metal quanto aos dentes artificiais. Os autores concluíram que não houve diferença na adaptação das próteses com relação aos 2 métodos de polimerização, em contra partida a dureza Knoop das resinas foi menor, quando da utilização da energia de microondas para polimerização.

HOGAN & MORI, em 1990, desenvolveram um método de registro da temperatura em função do ciclo de polimerização através de energia de microondas. Durante o aquecimento de 50 ml de água foi medido a temperatura utilizando potência de 50 e 500 W durante 1,5 a 15 minutos, através de dois ciclos: 1) através de um par termoeletrico adaptado ao forno e, 2) por meio de um termômetro de mercúrio. Através da inspeção visual, foi verificado o tempo em que a água entrou em ebulição bem como; foi medida a temperatura da resina termopolimerizável convencional e do gesso de inclusão por meio de um par

termoelétrico durante a polimerização à potência de 50 W. Durante a irradiação por microondas foi demonstrado que a utilização de um par termoelétrico é um método eficaz para se mensurar a temperatura. Utilizando o ciclo de 500 W, a água atingiu a temperatura de ebulição em 1 minuto, sendo que este tempo coincidiu com a inspeção visual de ebulição. Em relação à potência de 50 W, a água ferveu em 6 minutos, e pela inspeção visual este tempo foi de 10 minutos. Os autores concluíram pelos resultados que, a temperatura da resina durante a polimerização apresentou picos e depressões, não evidentes no gesso, uma vez que o mesmo é um excelente isolante térmico, bem como a importância da água livre no gesso durante a irradiação.

ALKHATIB *et al.*, em 1990, realizou um estudo comparativo utilizando 2 resinas formuladas para polimerização por microondas com uma resina convencional nas variáveis; resistência transversal, dureza e porosidade. Amostras com 3,0 a 17,0 mm de espessura, foram incluídas em muflas metálicas e polimerizadas em banho de água a 163°F por 8 horas; as processadas por microondas foram incluídas em mufla reforçada em fibra de vidro e polimerizadas pelos ciclos: 1) 75,9 W por 7 min 43 s, seguido de 513 W por 59 seg. de cada lado da amostra-(ciclo longo); 2) 513 W por 2 min. 56 seg. de cada lado-(ciclo curto); 3) 513 W por 2 min. e 55 seg. em um lado da mufla. Para o ensaio de resistência transversal foram confeccionadas amostras (3,0 x 10,0 x 68,0 mm), mantidas em água destilada a 37°C \pm 1°C por 50 \pm 2 horas. Para o ensaio de dureza, as amostras foram cortadas longitudinalmente, metade foi fotografada e outra foi embebida em resina ortodôntica, e medida em microdurômetro M-400 com carga de 200,0 g por 20 seg. A porosidade foi verificada após as amostras serem repolidas, através da utilização de um microscópio

metalográfico Neophot-21. Os autores concluíram pelos resultados que, amostras polimerizadas em banho de água e uma por microondas não apresentaram porosidade independente da espessura, sendo que a resina convencional polimerizada em microondas apresentaram porosidade em amostras que excederam 3 mm de espessura. Quando da utilização da resina formulada para microondas (ciclo curto), isto é, alta potência (513 W) por 4:52 minutos, foi verificado porosidade nas amostras com espessura maior que 3 mm, sendo que não foi encontrada porosidade quando da utilização do ciclo longo em amostras com até 9 mm de espessura. Não houve diferenças estatísticas significantes entre os ensaios de dureza e resistência transversal.

NOWLIN *et al.*, em 1991, realizaram um estudo comparativo entre duas resinas especialmente formuladas para polimerização em microondas (ACRON G-C e JUSTI) com uma resina termopolimerizável convencional (PARAGON), com relação a resistência à tração e porosidade. Os ciclos utilizados para processamento das amostras (5,0 x 10,0 x 30,0 mm) foram: 1) pré-polimerização sobre bancada por 4 horas e processamento durante 7 minutos a 70 W; 2) processamento durante 1,5 min. a 490 W para a resina ACRON G-C.; 3) pré-polimerização sobre bancada durante 30 minutos e processamento a 70 W por 13 minutos a 490 W por mais 1,5 min. para a resina JUSTI e PARAGON. O ensaio de resistência à tração foi realizada numa máquina Instron, e o de porosidade determinado através da contagem dos vazios corados em áreas seccionadas e polidas. Os autores concluíram que as resinas polimerizadas pelo ciclo microondas apresentaram número reduzido de poros e o ensaio de resistência à tração não houve diferenças significantes.

BAFILE *et al.*, em 1991, compararam a porosidade de base de próteses polimerizadas por energia de microondas com relação ao método convencional de banho de água, bem como; tentaram desenvolver um método capaz de polimerizar base de próteses por energia de microondas sem a presença visível de porosidade. Os materiais e os ciclos de polimerização utilizados foram: 1) resina convencional polimerizada em banho de água a 165°F por 9 horas (controle); 2) mistura de polímero/monômero micro-líquido polimerizada em forno microondas usando prato giratório a 90 W por 13 minutos, seguidos de 450 W por 2 min.; 3) H.D.JUSTI Co, polimerizada em forno microondas a 90W durante 6 ½ min. de cada lado da mufla, seguido de 1 min. de cada lado a 450 W; 4) H.D.JUST Co, polimerizada em forno microondas usando prato giratório durante 10 min. a 225 W. ; 5) H.D.JUST Co, polimerizada em forno microondas por 2 ½ min. de cada lado a 450 W.; 6) resina convencional polimerizada em microondas por 6 ½ min. de cada lado a 90 W, seguido de 1 min. por lado a 450 W.; 7) resina convencional polimerizada em microondas usando prato giratório durante 13 min. a 90 W, seguido de 2 min. a 450 W. Para o cálculo da quantidade de porosidade, as amostras foram pesadas em ar e em água ou imersas em tinta preta e observadas sob microscópio. Os autores concluíram pelos resultados que não houve diferença na porosidade total entre o grupo controle em relação aos experimentais que continham o micro-líquido (2,3,4,5), por outro lado, quando da não utilização do micro-líquido, ocorreu porosidade significativa (6 e 7). Outro dado importante, foi que a utilização da irradiação por microondas bem como, combinação tempo/potência e uso do micro-líquido especial são fatores decisivos para obtenção de resina sem presença de porosidade.

SMITH *et al.*, em 1992, avaliaram 7 tipos de resinas: Accelar 20 (A), Acron (AMC), Compak 20 (C), L-Lucitone 199 (L), Perma-cryl 20 (P20), Perform (PF) e Triad (T), polimerizados pelos diferentes ciclos: irradiação por energia de microondas, banho de água quente e luz visível. Foram avaliados os ensaios de dureza Knoop, resistência transversa, resistência ao impacto e módulo de elasticidade. Os resultados indicaram: 1) resinas A, AMC, C, P20, PF, T obtiveram valores menores de resistência transversa e maiores de dureza, embora os valores de resistência ao impacto foram menores que a resina termopolimerizável Lucitone 199; 2) utilizando o ciclo microondas observou-se uma melhora no módulo de elasticidade de duas resinas (A e C), diminuiu a resistência ao impacto de uma (L), e não interferiu de maneira significativa nas propriedades de outras duas (C e P 20); 3) a resina Triad maior dureza Knoop em relação ao microondas, autopolimerizável e banho de água, por 20 min./100°C e 74°C/9 horas; 4) a resina Lucitone modificada com borracha apresentou maiores valores de resistência ao impacto.

DIXON *et al.*, em 1992, verificaram a alteração dimensional linear de bases de prótese total armazenadas em água por 30, 60 e 90 dias. Os autores concluíram que a resina Accelar 20 mostrou menor contração de polimerização e Lucitone 199 a maior contração. Contudo, nenhuma diferença significativa ocorreu entre os grupos. Após 90 dias de armazenagem em água, somente a resina Accelar 20 exibiu contração. Todas as mudanças de contração e expansão foram tão pequenas que não foram estatisticamente significante e não mostraram ter significância clínica.

SALIM *et al.*, em 1992, avaliaram duas resinas convencionais termopolimerizáveis e uma resina especialmente formulada para polimerização em microondas (Acron-MC), submetidas aos seguintes ciclos: a) polimerização convencional, durante 90 minutos a 70°C, e depois 30 minutos a 100°C; b) polimerização convencional, durante 35 minutos sob pressão de 06 atm a 100°C e depois, resfriamento em água sob pressão de 06 atm, por 10 minutos; e, c) polimerização através de energia por microondas por 3 minutos a 500 W. A alteração dimensional foi verificada em quatro regiões diferentes. Amostras confeccionadas com a resina SR-IVOCAP, sofreram menor alteração, e os outros métodos apresentaram alteração dimensional semelhante.

TAUBERT & NOWLIN, em 1992, relacionaram as técnicas de pré-polimento à temperatura ambiente, tempo de processamento e a potência quando da polimerização em microondas sobre a porosidade de resinas acrílicas termopolimerizáveis. Foram confeccionadas amostras (1,0 x 1,0 x 3,0 cm), pré-polimerizadas sobre bancada variando o tempo de 4 a 12 horas e polimerizadas em microondas durante 2,5; 4,5; e 7,0 min. de cada lado da mufla respectivamente, utilizando potência de 490 W, 280 W e 70 W. Posteriormente as amostras foram seccionadas, polidas, imersas em tinta preta, sendo que a porosidade foi observada em microscópio com aumento de 45 vezes. Os autores concluíram pelos resultados que, aumentando o tempo e diminuindo a potência, a porosidade foi reduzida. Amostras não polimerizadas à temperatura ambiente apresentaram valores altos de porosidade e aquelas polimerizadas com potência alta apresentaram menos porosidade bem como, aquelas polimerizadas com tempo inferior que 7 min. Foi constatado que aumentando o tempo de polimerização em temperatura ambiente, a porosidade tende a reduzir, visto que,

os melhores resultados obtidos foi utilizando um maior tempo de polimerização em temperatura ambiente, um longo tempo de processamento e baixa potência.

PHILLIPS, em 1993, relatou em seus estudos que a força máxima de mordida de um paciente que usa prótese é de 1/6 daquela exercida por um paciente que possui dentição natural. No que tange ao processamento de base de próteses totais, existem vários ciclos de polimerização, sendo o mais aceito é o que utiliza tempo de 9 horas a 74°C, sem ebulição ao final, sendo que a contração de polimerização quando da utilização desse ciclo, é distribuída por toda superfície da base de próteses totais. Existem vários métodos alternativos de polimerização, como: ativação por luz visível, ativada quimicamente e por energia de microondas, sendo esse método o mais limpo e rápido em comparação a polimerização em água corrente. O presente autor concluiu que, base de próteses totais processadas por microondas apresentam propriedades físicas semelhantes e adaptação igual ou superior às processadas pelos métodos convencionais.

CRAIG, em 1993, teceu comentários sobre a aplicação protéticas dos polímeros. Relatou em seu estudo que embora a adição de agentes plasticizantes possa aumentar a resistência ao impacto das resinas acrílicas, esse aumento vem acompanhado da diminuição da dureza, do módulo de elasticidade, do limite proporcional, bem como, da resistência à compressão. Os valores baixos de dureza encontrado nos materiais mostram que os mesmos podem ser riscados facilmente. A adição de partículas inorgânicas pode aumentar a resistência à abrasão, mas a matriz da resina permanece com a mesma dureza. Em relação a

estabilidade dimensional, o excesso de calor ocasionado pelo acabamento da prótese pode distorcer a base da prótese. Nas resinas ativadas quimicamente, foi observada uma grande quantidade de monômero residual, enquanto em relação à temperatura, os picos para as resinas ativadas quimicamente não são tão altos quanto aqueles das ativadas termicamente. A utilização de água com sabão produziu menos abrasão na superfície das resinas quando comparado com os agentes de limpeza e dentifrícios.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

CURY *et al.*, em 1994, estudaram as propriedades físicas de solubilidade, sorpção, flexão máxima, resistência transversal anterior a fratura e resistência ao impacto de 4 tipos de resinas acrílicas: 1) formuladas especialmente para microondas, polimerizada a 500 W por 3 min; 2) duas resinas termo-ativadas, polimerizadas em banho de água aquecida a 73°C durante 12 horas; e 3) uma resina ativada quimicamente, polimerizada durante 1 hora à temperatura ambiente. Foram confeccionados 10 discos (50,0 x 0,5 mm) para o ensaio de sorpção de água, e colocados em dessecador a $37 \pm 2^{\circ}\text{C}$; sendo que as amostras foram pesadas e o valor da sorpção foi calculado. No ensaio de solubilidade, os discos foram recondicionados a um peso constante, sendo que a variação não ultrapassasse 0,5 mg em um período de 24 horas, e a solubilidade foi então calculada. Os ensaios de flexão máxima e resistência transversal em amostras (65,0 x 10,0 x 2,5 mm) foram realizadas numa máquina Instron com carga de 10 kgf e velocidade de deformação de 50 mm/min., sendo que essas mesmas amostras foram aproveitadas para o ensaio de resistência ao impacto numa máquina Wolpert com valor de impacto de 40 kpcm. Os autores puderam observar em seus estudos

que as resinas diferenciaram entre si com relação às propriedades físicas e que essas diferenças são devidas ao método de polimerização e à composição das mesmas.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

ILBAY *et al.*, em 1994, estudaram as propriedades físicas das resinas convencionais, e se as mesmas podem ser utilizadas para polimerização através da energia de microondas. Foram confeccionados corpos-de-prova (20,0 mm de diâmetro x 1,0 mm de espessura) e polimerizados com resina termo-ativada convencional Meliodent através de 21 ciclos diferentes e variando a potência: 110, 165, 220, 275, 330 e 550 W; e com o tempo de 1, 2, 3, 6, 8 e 10 min. O ensaio de dureza Vickers foi utilizado de acordo com a especificação Alemã de 1981, e a especificação nº 09 da Associação Dentária Americana foi utilizada para verificação dos ensaios de resistência transversal e de deflexão em amostras que apresentaram maior dureza no ensaio anterior. Ensaio de sorção de água e solubilidade foram feitos em amostras de $50,0 \pm 1,0$ mm de diâmetro e $0,5 \pm 0,05$ mm de espessura. Os autores observaram que a polimerização ocorreu em 15 dos 21 ciclos utilizados, sendo que o tempo máximo foi de 10 min. utilizando potência mínima (110 W) e o tempo mínimo foi de 2 min. na potência máxima (550 W). Amostras polimerizadas com alta potência apresentaram mais porosidade, embora não houve porosidade significativa nas amostras. Utilizando tanto o ciclo microondas quanto o convencional do banho de água aquecida, não ocorreu diferenças com relação aos ensaios de dureza, resistência transversal e deflexão, bem como os valores de sorção de água e solubilidade fornecidos estão de acordo com as

especificações da A.D.A. Os autores concluíram que as resinas convencionais podem ser utilizadas para polimerização por energia de microondas.

GARCIA, em 1995, estudou a porosidade e adaptação de bases de próteses submetidas a dois ciclos de polimerização. Neste estudo foram utilizados um total de três grupos, sendo nos grupos 1 e 2, confeccionados modelos em gesso pedra, e sobre os mesmos, bases de resina acrílica convencional polimerizadas em banho de água aquecida durante 9 horas a 74°C; o grupo 3 foi composto por bases de resina especialmente formuladas para irradiação em microondas, construídas sobre modelos de gesso e polimerizadas durante 3 min. a 500 W. Em seguida, as bases foram reembasadas pelo método de adição, sendo que as do grupo 1 e 3 foram reembasadas com o mesmo material e método de polimerização; e as do grupo 2 foram preenchidas com a resina convencional, embora polimerizadas em forno microondas durante 3 minutos a potência de 500 W. O ensaio de porosidade foi observado através da imersão dos corpos-de-prova após polimento em tinta preta, sendo que os poros foram contados utilizando lupa estereoscópica com aumento de 63 vezes. A autora concluiu que no primeiro ciclo de polimerização, assim como no reembase a resina convencional apresentou maior média de número de poros.

MESQUITA, em 1995, investigou o efeito do polimento químico sobre Dureza, Rugosidade Superficial e Resistência ao Impacto das resinas ativadas química e termicamente, em diferentes períodos de armazenagem. Foram confeccionadas 80 amostras, utilizando uma matriz retangular de alumínio incluída em mufla, cujo molde impresso no gesso foi preenchido com resina acrílica; e divididas em 4 grupos de variáveis, com 5 repetições cada variável, nos períodos de 1 hora, 1 dia, 1 semana e 1 mês. Posteriormente ao processamento, as amostras foram divididas em 2 grupos e polidas pelos métodos de polimento químico e convencional, bem como, armazenados em água destilada a 37°C durante os períodos propostos acima. Os ensaios realizados foram: Rugosidade Superficial, num rugosímetro Prazis (Rug-3); Resistência ao Impacto, numa máquina Otto Wolpert Werke (Sistema Charpy); e Dureza, com penetrômetro Durimet. Os resultados revelaram que na rugosidade houve diferença entre as resinas quando polidas de maneira convencional apenas no período de armazenagem de 1 mês. Em relação ao polimento químico, em todos os períodos de armazenagem, com superioridade estatística para os valores apresentados pela resina acrílica ativada quimicamente com polimento químico em todos os períodos de armazenagem e com o polimento convencional no período de armazenagem de 1 mês. Para ambas as resinas, os melhores valores obtidos foram com o polimento convencional em todos os períodos de armazenagem. Em relação a resistência ao impacto, houve semelhança entre as resinas quando polidas de maneira convencional, apenas no período de armazenagem de 1 mês, e no polimento químico, em todos os períodos de armazenagem, com superioridade estatística para os valores apresentados pela resina acrílica ativada quimicamente, com polimento convencional nos períodos de 1 hora, 1 dia e 1 mês de armazenagem, e para a resina acrílica ativada quimicamente, nos períodos de 1 hora e 1 mês de armazenagem. O ensaio de dureza revelou diferença entre as resinas quando polidas de

modo convencional, com superioridade para a resina acrílica ativada termicamente com 1 dia de armazenagem, e para a resina acrílica ativada quimicamente com 1 mês de armazenagem. Com relação ao polimento químico, a resina acrílica ativada termicamente apresentou superioridade estatística apenas nos períodos de 1 dia e 1 semana de armazenagem. Para a resina acrílica ativada quimicamente, o polimento convencional apresentou valores superiores estatisticamente em todos os períodos de armazenagem; e em relação a ativada termicamente, houve diferença estatística entre os polimentos apenas no período de armazenagem de 1 dia, com superioridade para o polimento convencional.

CRAIG, em 1996, relatou modificações efetuadas nos materiais de poli-metil metacrilato utilizados para confecção de base de prótese total, incluindo poli-acrílico hidrofílico, resina de alto impacto, resina termopolimerizável de rápida ativados por luz. Segundo o autor, os materiais termopolimerizáveis de rápida polimerização foram introduzidos para buscar melhores e mais rápida polimerização. Estas resinas apresentam o iniciador formulado pela mistura dos agentes químico e termo-ativador, o que permitia uma taxa de polimerização mais rápida, em 20 minutos, sem porosidade e distorção, e sem comprometimento da adaptação e estabilidade das bases.

KIMPARA & MUENCH, em 1996, investigaram a porosidade em decorrência do processamento e volume da resina acrílica. As variáveis envolvidas foram as seguintes: 1) iniciar a polimerização imediatamente após a prensagem ou 24 horas depois; 2) condensar a resina nas fases borrachóide, plástica e pegajosa; 3) polimerizar blocos com base de 2,0 x 2,0 cm e espessuras de 0,5; 1,0 e 2,0 cm e um cubo com aresta de 3,0 cm. A polimerização foi realizada pelo ciclo clássico de 3 horas. Os resultados permitiram concluir que: a) uma maior espera de tempo, após a prensagem, para a polimerização, diminui a porosidade; b) a fase borrachóide tende a diminuir a porosidade; c) na polimerização imediata, conseguiu-se a isenção de poros em até 1,0 cm de espessura e naquela, após 24 horas, em até 2,0 cm.

Segundo **ANUSAVICE**, em 1998, uma prótese total pode ser definida como uma prótese dental removível utilizada com o intento de repor as superfícies mastigatórias e as estruturas associadas de uma arcada. Tal prótese era composta de dentes artificiais unidos a uma placa-base que em geral é fabricada empregando polímeros comuns. Materiais termobatizados eram utilizados na fabricação de quase todas as placa-base para dentaduras e essa energia térmica poderia ser fornecida por um banho de água ou fornos de microondas. A maioria dos sistemas de resinas consistia nos componentes pó-líquido, que deviam ser misturados em uma proporção apropriada (3:1 em volume), para permitir que o monômero embebesse as partículas do polímero, mas não contribuisse para um aumento da polimerização, limitando a contração volumétrica a aproximadamente 6%. Um ciclo de polimerização de 8 horas ou mais a 74°C sem ebulição ou então um ciclo de 2 horas a 74°C

e mais 1 hora a 100°C tem mostrado resultado satisfatório. O resfriamento rápido podia resultar em distorção da resina devido às diferenças de contrações térmicas da resina e do gesso. A ativação química também podia ser utilizada para induzir a polimerização da resina. Normalmente, o grau de polimerização alcançado pelas quimicamente ativadas não se completava como nas termoativadas, indicando que havia uma grande quantidade de monômero não reagido na resina de ativação química.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

BORGES, em 1998, analisaram as variáveis; polimento, rugosidade, porosidade e dureza superficial da resina acrílica QC-20, sob influência de diferentes ciclos de polimerização. Foram confeccionados corpos-de-prova utilizando matrizes retangulares de alumínio (65 x 10 e 64 x 9 x 3,5 mm), fixadas com adesivo à base de cianoacrilato (Super Bonder-Loctite) em um suporte de madeira. Em seguida, as matrizes foram moldadas com silicone por condensação Zetalabor (Labordental Ltda.) e os moldes incluídos em muflas metálicas (DCL nº 5,5) e muflas com reforço de fibra de vidro (GC), próprias para utilização em forno microondas. A proporção pó/líquido e mistura, bem como a prensagem da resina acrílica QC-20 foram realizadas de acordo com as instruções do fabricante. Posteriormente a polimerização nos ciclos de água aquecida a 74°C por 9 horas; água em ebulição; e, por energia de microondas, e resfriamento em temperatura ambiente, os corpos-de-prova foram removidos das muflas e submetidos aos processos de acabamento e polimento convencional. Em seguida, os corpos-de-prova foram submetidos aos ensaios de rugosidade, num Rugosímetro Prazis Rug-3; dureza num Microdurômetro Future Tech, polimento superficial,

utilizando uma lupa estereoscópica (Carl Zeiss), com aumento de 25 vezes e fotografias de áreas pre-determinadas; e, porosidade aparente, através da imersão dos corpos-de-prova em tinta Nankin por 2 horas. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e ao teste de Tukey em nível de significância de 5%. Os resultados do ensaio de polimento superficial foram verificados através da comparação fotográfica da superfície dos corpos-de-prova. Os autores concluíram que o método recomendado pelo fabricante não diferiu estatisticamente dos outros métodos em dureza, diferiu estatisticamente de ambos em rugosidade e não apresentou diferença estatística em porosidade. Para a variável polimento convencional, observou-se que as superfícies mais lisas e polidas foram devidas ao processamento recomendado pelo fabricante, seguidos do ciclo convencional e por energia de microondas.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

KIMPARA *et al.*, em 1999, estudaram um processamento alternativo para eliminar porosidade em resina acrílica para bases de próteses totais. Foram obtidas peças em silicone para moldagem em forma de massa com volume de 18, 36 e 54 cm³, resultado da moldagem de recipientes com os volumes relacionados acima. As peças foram incluídas em 3 muflas, utilizando a resina acrílica ativada termicamente (Clássico) na proporção polímero/monômero de 3:1 em volume, e os ciclos de polimerização foram os seguintes: 1) polimerização a 65°C por 90 min., elevando em seguida para 100°C e mantendo nessa temperatura por 1 hora; 2) polimerização a 65°C por 30 min., em seguida abaixou-se a temperatura para 50°C mantendo-a por 1 hora e, em seguida levando à fervura e mantendo-a

nesta condição por 30 min.; 3) polimerização a 50°C, mantendo-a nesta temperatura por 24 horas, em seguida aplicando o ciclo de polimerização descrito para o 1º ciclo; 4) polimerização a 65°C por 30 min., em seguida abaixou-se a temperatura para 50°C, mantendo por 23 ½ horas, em seguida levando a fervura e mantendo nessa temperatura por 1 hora. Posteriormente ao polimento, os corpos-de-prova foram inspecionados visualmente, onde verificou-se que no 1º e no 2º grupo, todas as peças exibiram porosidade devido ao fato das peças apresentarem uma forma onde o calor da exotermia não poderia ser dissipado facilmente da porção central, levando provavelmente à ebulição do monômero e por promover a polimerização num intervalo de tempo bastante curto. No 3º e 4º grupos, não apresentaram porosidade em nenhum volume, devido provavelmente ao grande tempo despendido para que houvesse uma melhor difusão do monômero. Os autores concluíram pelo exame visual dos corpos-de-prova que; a) a aplicação de temperatura acima daquela em que se desencadeia a polimerização num espaço de tempo curto, em grande volume do material, levou à ocorrência de porosidade, b) os processos de longa duração que foram empregados neste experimento, não levaram à formação de porosidade em quaisquer volume (18, 36 e 54 cc), c) a interrupção da temperatura que pode desencadear a polimerização (65°C) após 30 min. e a manutenção da temperatura em 50°C 23 ½ horas e elevação da temperatura à fervura e manutenção desta por 1 hora causaram porosidade.

3. PROPOSIÇÃO

3. PROPOSIÇÃO

O propósito deste trabalho foi estabelecer um estudo comparativo avaliando as resinas acrílicas conhecidas comercialmente como: Clássico (formulada para ciclo longo), QC-20 (formulada para ciclo rápido) e Onda-Cryl (formulada para microondas), nas variáveis:

- rugosidade de superfície.
- dureza de superfície.
- porosidade.
- resistência ao impacto.

4. MATERIAIS E MÉTODO

4. MATERIAIS E MÉTODO

4.1 MATERIAIS.

Os materiais utilizados na confecção dos corpos-de-prova estão dispostos na Tabela 1 e Figura 1.

Tabela 1 – Nome comercial, composição básica e fabricantes das resinas acrílicas.

Nome Comercial	Composição Básica*	Fabricante
CLÁSSICO®	PÓ: poli-metil metacrilato LÍQUIDO: metil metacrilato	CLÁSSICO
QC-20®	PÓ: co-polímero de metil/n butil metacrilato, peróxido de benzoíla e corantes minerais. LÍQUIDO: metil metacrilato, etileno-glicol, dimeta – crilato, hidroquinona, tertinolene, e n,n-di – metil p-toluína.	DENTSPLY/ DE TREY
ONDA-CRYL®	PÓ: co-polímero de MMA e EA, DPB e peróxido de benzoíla. LÍQUIDO: monômero de MMA, topanol, etileno-glicol dimetacrilato.	CLÁSSICO

* Informação dos fabricantes.



Figura 1 – Resinas Acrilicas.

4.2 MÉTODO

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

4.2.1 CONFECCÃO DOS MODELOS.

Foram confeccionados três modelos retangulares de alumínio; (Figura 2) medindo 65 x 10 mm na superfície superior, 64 x 9 mm na superfície inferior e espessura de 3 mm. (STOLF *et al.*, 1985).

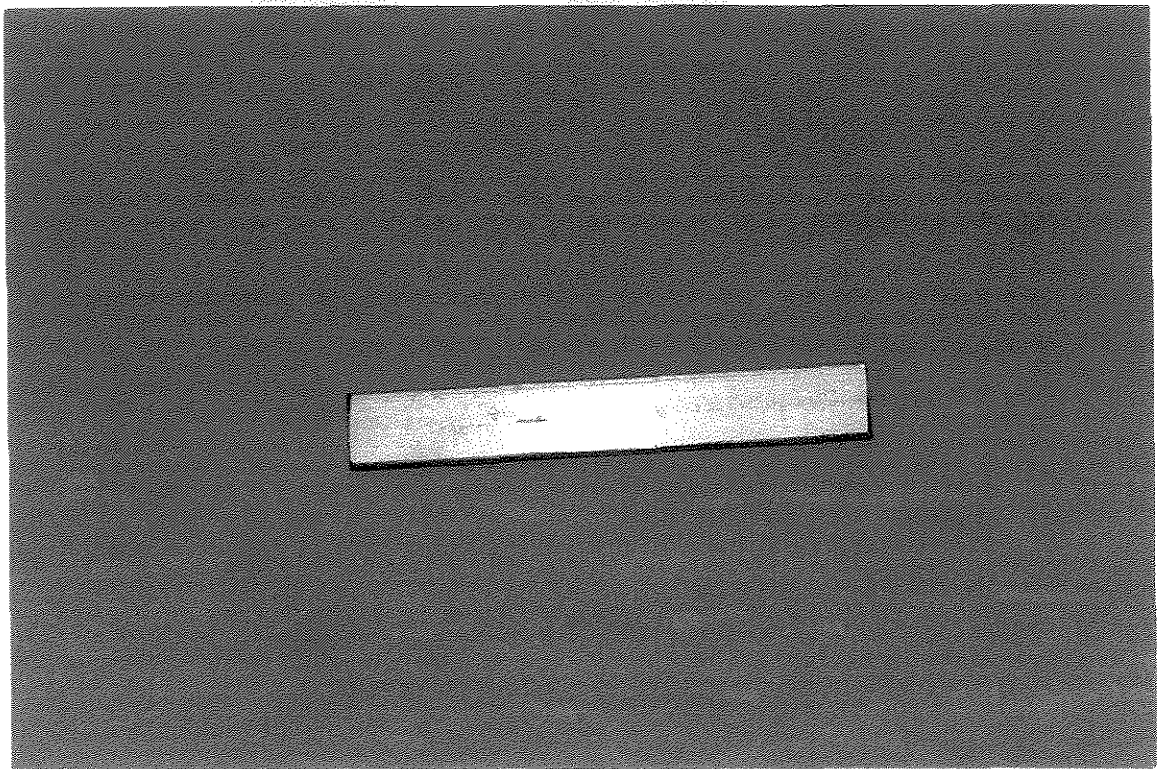


Figura 2- Modelo retangular de alumínio.

4.2.2 CONFECCÃO DOS CORPOS-DE-PROVA.

4.2.2.1 MOLDAGEM DOS MODELOS.

Os modelos foram fixados num dispositivo de madeira (Figura 3), semelhante ao usado por BORGES (1998), com adesivo instantâneo (Super Bonder, Loctite) antes de serem moldadas com silicona por condensação para uso laboratorial Zetalabor (Labordental Ltda.), proporcionada e manipulada de acordo com as recomendações do fabricante.

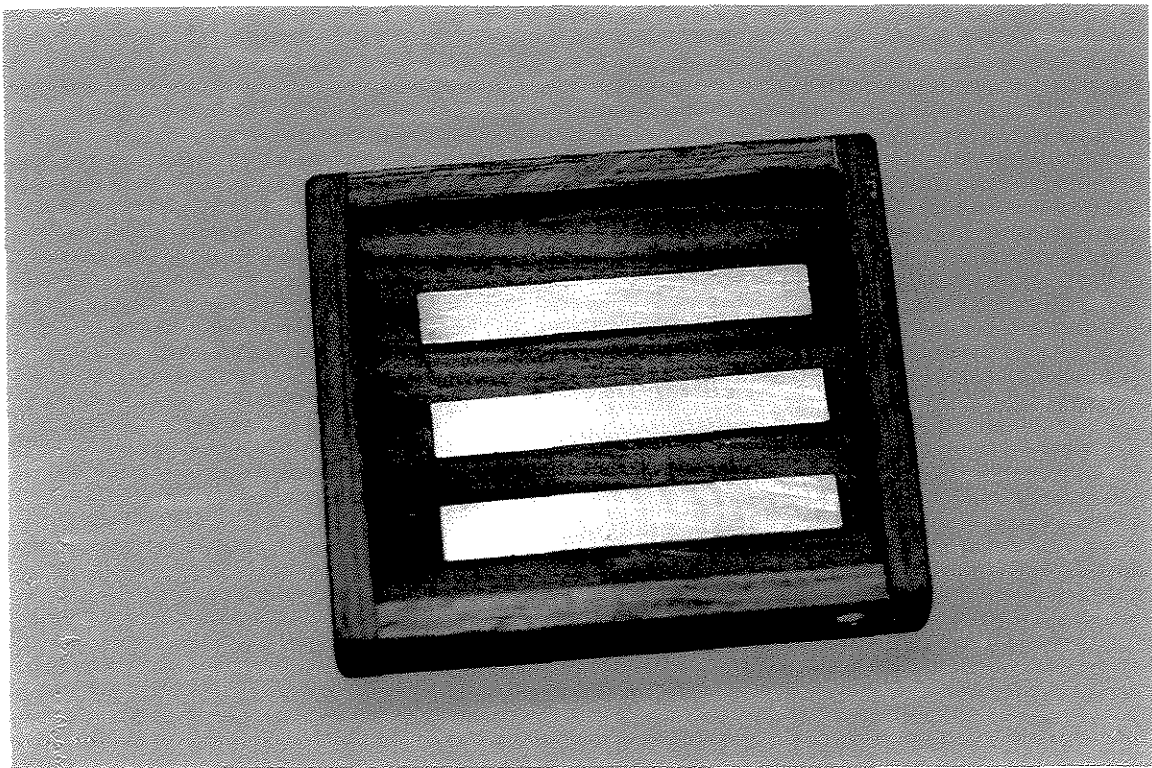


Figura 3 – Dispositivo de madeira com os modelos metálicos fixados com adesivo instantâneo (Super Bonder, Loctite).

4.2.2.2 INCLUSÃO DOS MOLDES DE SILICONA.

A parte inferior das muflas metálicas (DCL n°5,5) e de fibra de vidro (GC) foram isoladas com vaselina em pasta (Sidepal) e devidamente preenchidas com gesso tipo III (Herodent), proporcionado e espatulado de acordo com as recomendações do fabricante, sob vibração.

Com o gesso ainda fluido, os moldes de silicona contendo os 3 modelos de alumínio foram inseridos em cada mufla (metálica e de fibra de vidro). Após a presa, o conjunto molde-modelos e o gesso de inclusão foram isolados com Cel-Lac (S.S.WHITE).

Em seguida, foi feita a adaptação da contra-mufla, dentro da qual o gesso pedra “Herodent”, proporcionado na relação 300 g de pó/ 100 ml de água e espatulado a vácuo por 30 segundos no espatulador mecânico (Metal Vander Metalúrgica Ltda) de acordo com as recomendações do fabricante, foi vertido sob vibração.

Após o posicionamento da tampa, a mufla metálica permaneceu na prensa de bancada por 1 hora, enquanto a de fibra de vidro permaneceu parafusada por igual tempo.

Em seguida, as muflas foram abertas, os modelos de alumínio retirados e as condições do molde de silicona examinados quanto às qualidades de reprodução dos modelos metálicos (Figura 4).

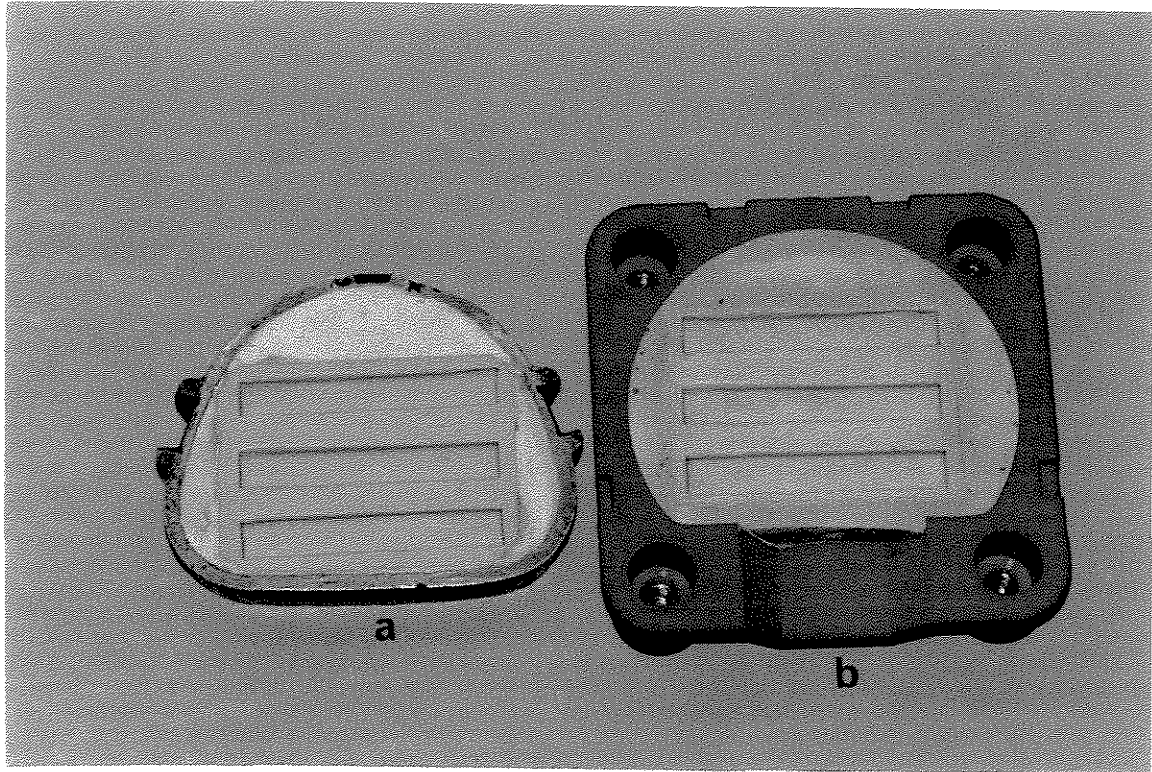


Figura 4 – Molde de silicona incluído em mufla metálica **(a)** e de fibra de vidro **(b)**.

4.2.2.3 PRENSAGEM DA RESINA ACRÍLICA.

Após a remoção dos modelos metálicos dos moldes de silicone incluídos nas muflas metálicas e de fibra de vidro, os corpos-de-prova em resina acrílica foram confeccionados com os materiais preparados em temperatura ambiente. A proporção adotada foi de 3:1 em volume, para as resinas Clássico e Onda – Cryl; e de 23 gramas de pó para 10 ml de líquido para a QC – 20, segundo as recomendações dos fabricantes. Os polímeros da resina QC-20 foram pesados em balança de precisão Quimis (Modelo B6 - 440) e o monômero medido em pipeta graduada. Em seguida, foram polimerizados 30 corpos-de-prova, sendo 10 para cada tipo de resina acrílica, assim distribuídos:

GRUPO I - Polimerização em banho de água aquecida à 74°C por 09 horas; após prensagem da resina acrílica ativada termicamente Clássico, as muflas foram levadas à termopolimerizadora automática (Termotron), com água a temperatura ambiente, à qual foi aquecida até atingir a temperatura de 74°C onde permaneceram por 09 horas. Em seguida, foram esfriadas em água até atingir a temperatura ambiente (PHILLIPS, 1993).

GRUPO II – Após a prensagem da resina acrílica QC-20, formulada para cura química e termicamente ativada, as muflas foram colocadas em uma panela termostática contendo água em ebulição, durante o período de 20 minutos (JEROLIMOV *et al.*, 1989).

Após esse período, foram removidas da água e esfriadas à temperatura ambiente.

GRUPO III – Polimerização por energia de microondas. Após prensagem da resina acrílica Onda-Cryl, as muflas de fibra de vidro foram submetidas ao aquecimento em forno de microondas para uso doméstico da marca Sanyo – Modelo EM-804 TGR, com frequência de 2450Mhz e potência de 1400 watts, durante 3 minutos (KIMURA *et al.*, 1983; LEVIN *et al.*, 1989). Após esse passo, foram removidas e mantidas à temperatura ambiente para esfriamento.

Após esses períodos, os corpos-de-prova foram retirados das muflas pelo processo laboratorial de rotina.

4.2.2.4 ACABAMENTO E POLIMENTO DOS CORPOS-DE-PROVA.

Após remoção da mufla, os corpos-de-prova, foram submetidos ao acabamento com pontas abrasivas e lixas d'água com abrasividade decrescente de 200, 400 e 600 (SEXON & PHILLIPS, 1951; JAGGER, 1978; ULUSOY *et al.*, 1986; MESQUITA,1995).

O polimento foi realizado num torno de bancada (Nevoni) com escovas branca nº 30, escova preta nº 29 e ponta de feltro, todas com pastas de pedra pomes (Herjos) e água. O passo final do polimento do corpo-de-prova (Figura 5) foi realizado com roda de flanela e pasta de branco de espanha (K.Dent) e água (ULUSOY *et al.*, 1986).

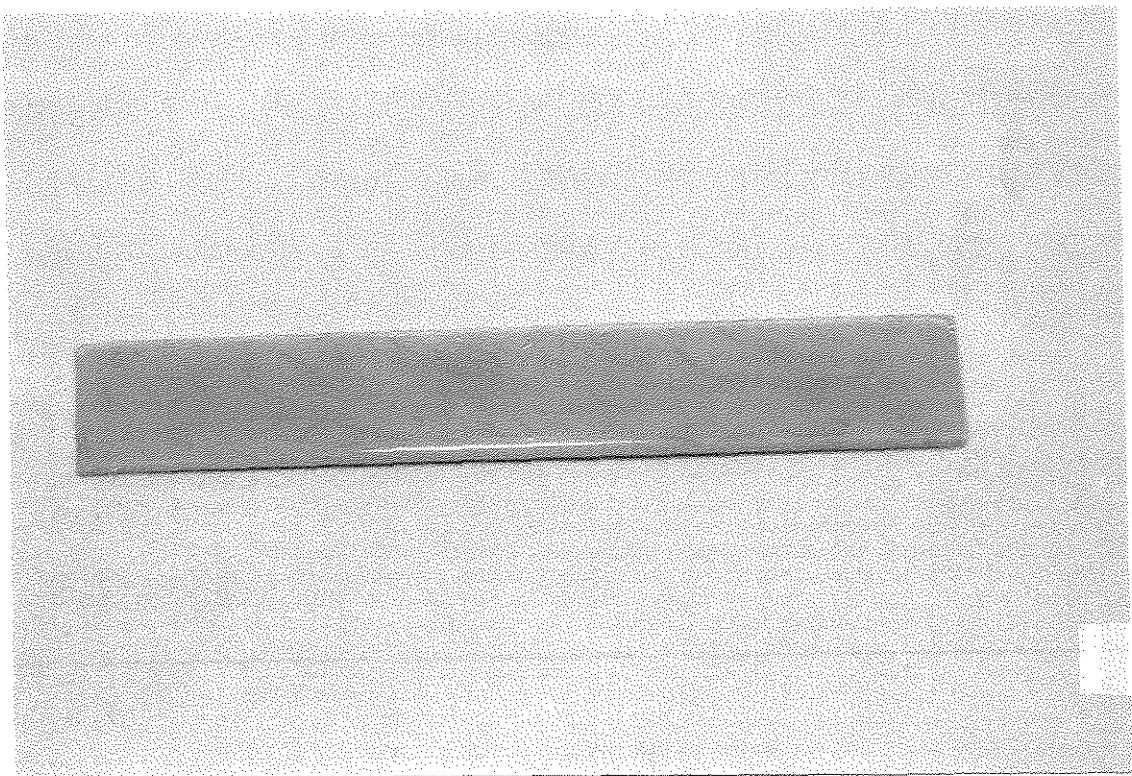


Figura 5 – Corpo-de-prova após o polimento.

4.3 RUGOSIDADE.

Os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de rugosidade superficial (R_a), num rugosímetro Surfcomer, Modelo SE 1700 (Kosaka Industry Japan) (Figura 6). Para cada corpo-de-prova foram realizadas 3 leituras, transversais ao corpo-de-prova, uma no centro e as demais nas extremidades, portanto no sentido perpendicular ao do polimento.

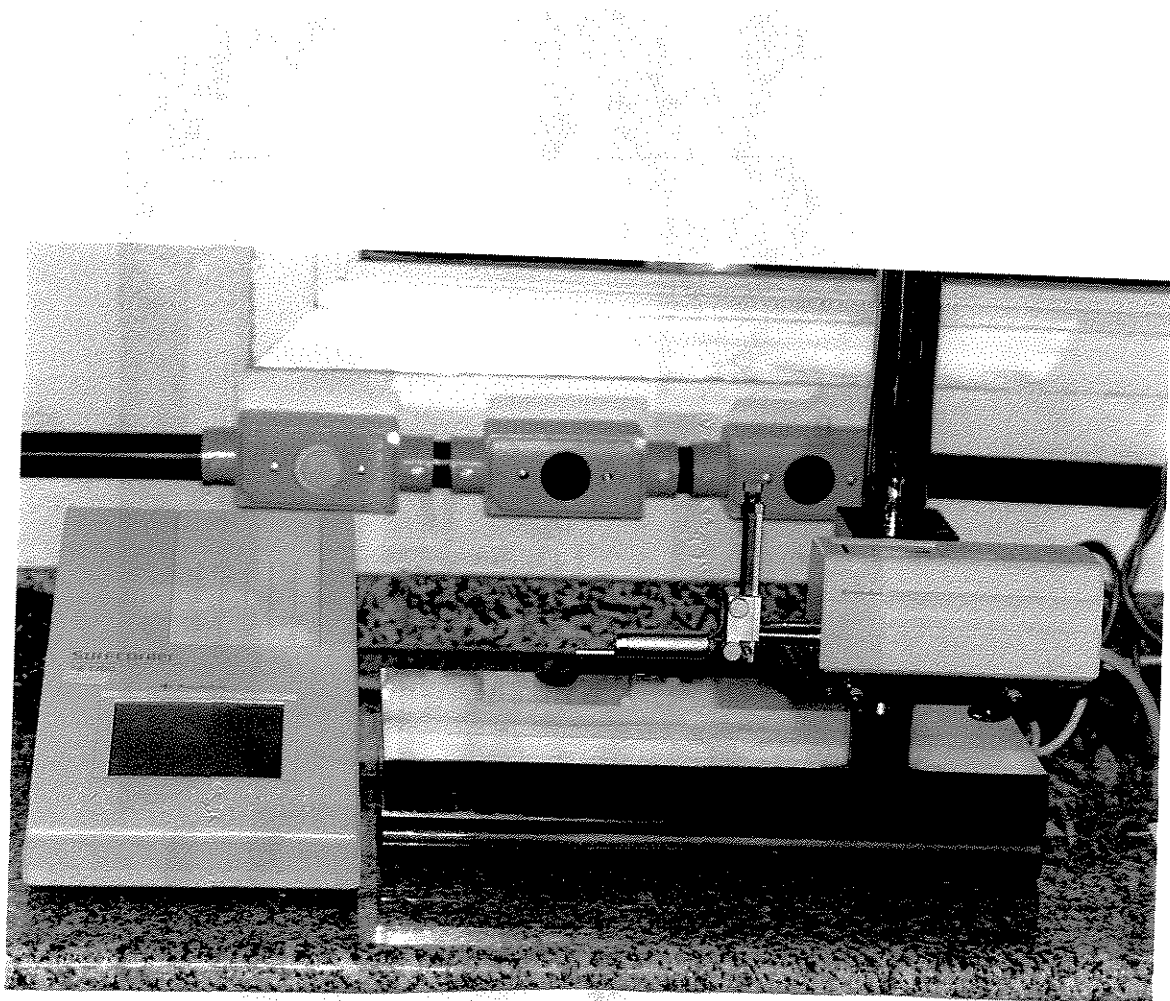


Figura 6 – Rugosímetro Surfcomer (Modelo SE 1700).

4.4 DUREZA DE SUPERFÍCIE.

Os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de dureza Knoop num microdurômetro Shimadzu, Modelo HMV – 2000 (Figura 7), calibrado com carga de 25g por 10 segundos.

Cada corpo-de-prova foi submetido a 5 penetrações em cada uma das 3 áreas de superfície (central e duas extremidades).

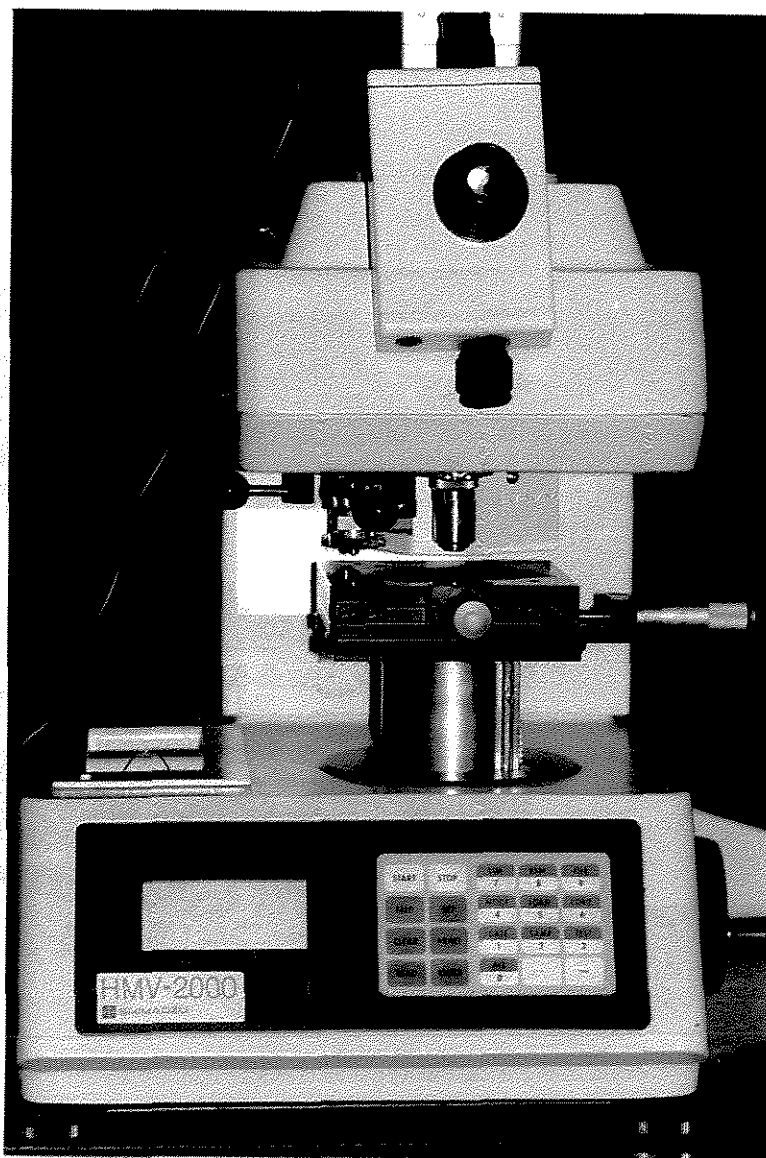


Figura 7 – Microdurômetro Shimadzu (Modelo HMV-2000).

4.5 POROSIDADE

Os corpos-de-prova foram imersos em tinta Nankin (Acrilex), por 12 horas, lavados em seguida em água corrente por 10 segundos e secos com jatos de ar e papel absorvente.

A quantidade de poros contida nas áreas delimitadas foi determinada com o auxílio de lupa estereoscópica Carl Zeiss (Figura 8), com aumento de 63 vezes. A imagem de um poro fotografado com filme Kodak Gold, ASA 100 está ilustrado na Figura 9.

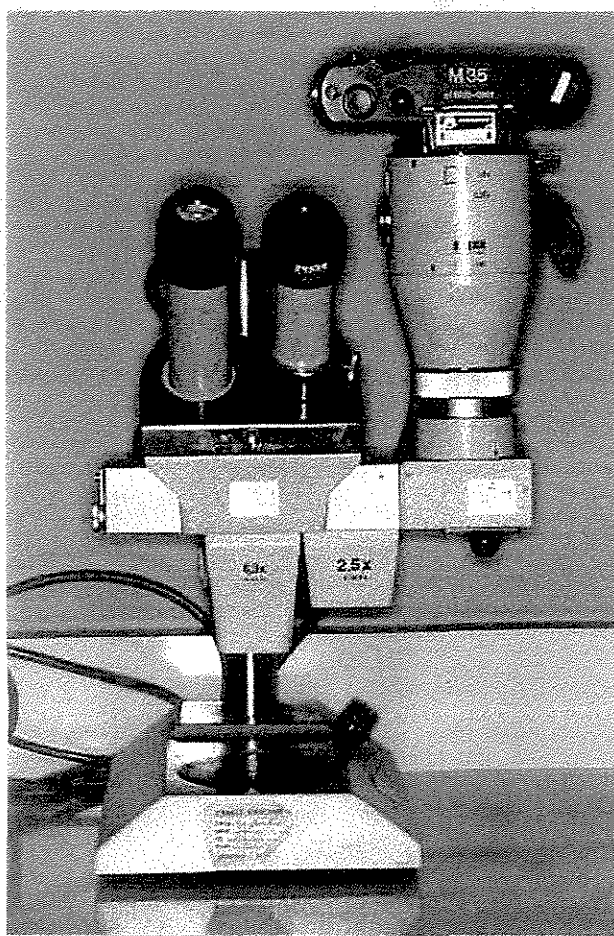


Figura 8 – Lupa estereoscópica utilizada no experimento.



Figura 9 – poro presente no corpo-de-prova (aumento de 63x).

Para a contagem dos poros, as áreas foram determinadas, previamente, segundo um dispositivo metálico com as mesmas dimensões do corpo-de-prova, idealizado por BORGES (1998), contendo 3 orifícios circulares de 0,5 cm de diâmetro, sendo um em cada uma das extremidades e um na parte central (Figura 10).

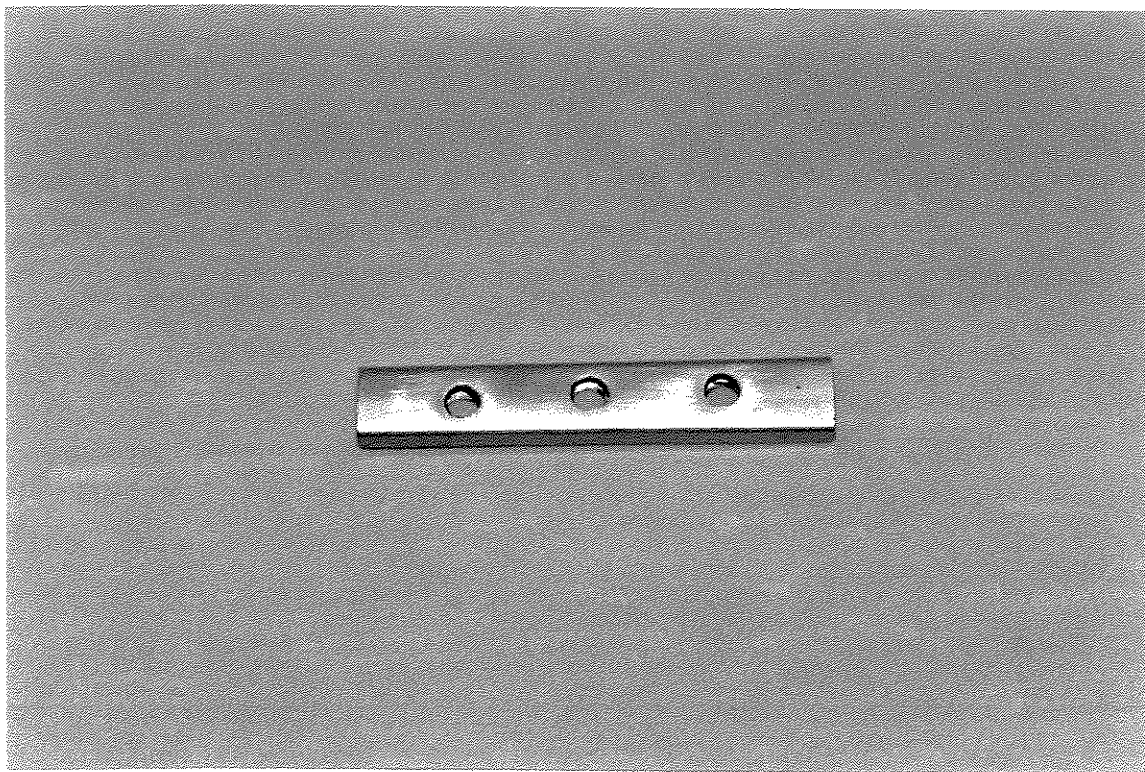


Figura 10 – Dispositivo metálico utilizado para limitar as áreas de contagem dos poros.

4.6 RESISTÊNCIA AO IMPACTO.

Os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de resistência ao impacto numa máquina Otto Wolpert Werke (Figura 11), usado no sistema Charpy (apoio nas extremidades e o impacto na porção central).

A ponta utilizada para o teste foi de 40 kg de impacto por cm, com abertura de 40 mm entre os apoios. O valor do impacto obtido no momento da fratura do corpo-de-prova foi transformado em resistência ao impacto (kgf/cm^2), através da seguinte fórmula:

$$R_i = \frac{T_i}{h.e}$$

em que: R_i = resistência ao impacto(kgf/cm^2).

T_i = trabalho de impacto realizado (kg).

e = largura do corpo-de-prova no seu centro (cm).

h = altura do corpo-de-prova no seu centro (cm).

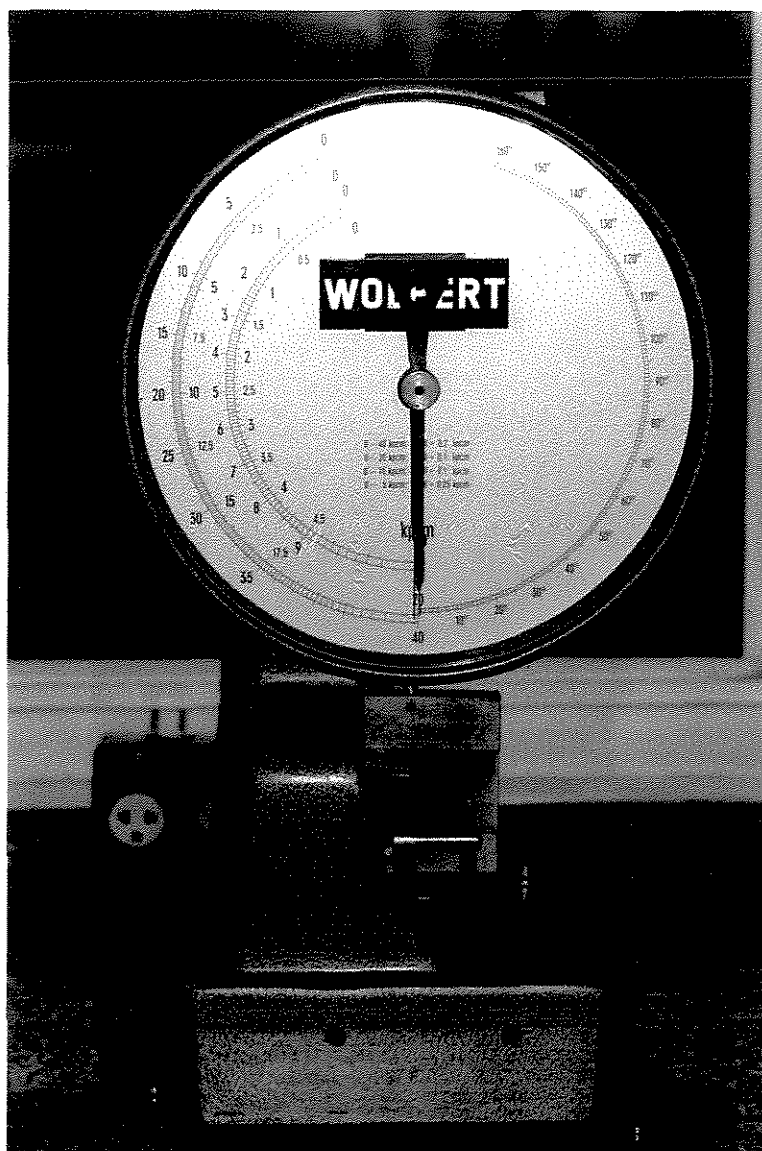


Figura 11 – Máquina de resistência ao impacto Wolpert.

5. RESULTADOS

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

5. RESULTADOS.

Os dados dos ensaios foram submetidos à análise de variância, sendo que as comparações de médias entre os três grupos foram feitas pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

Os resultados mostram que houve diferença estatisticamente significativa entre as resinas acrílicas nas variáveis porosidade, dureza, rugosidade, o mesmo não ocorrendo para a resistência ao impacto.

Para o ensaio de porosidade, como não houve homocedasticidade, os dados foram transformados segundo a expressão $\text{Log}(x + 0)$.

A maior média de porosidade foi obtida pela resina Onda-Cryl, significativamente maior que a menor média, obtida pela resina Clássico; a resina QC-20 ficou com a média intermediária, não diferindo significativamente da Clássico e Onda-Cryl (Tabela 2 e Figura 12).

Tabela 2 - Médias do número de poros dentro do fator tipo de resina acrílica.

RESINA ACRÍLICA	MÉDIAS DE POROS	5%
ONDA-CRYL	2,2 (1,1)	a
QC-20	1,3 (0,5)	a b
CLÁSSICO	1,1 (0,3)	b

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si.

Desvio padrão entre parênteses.

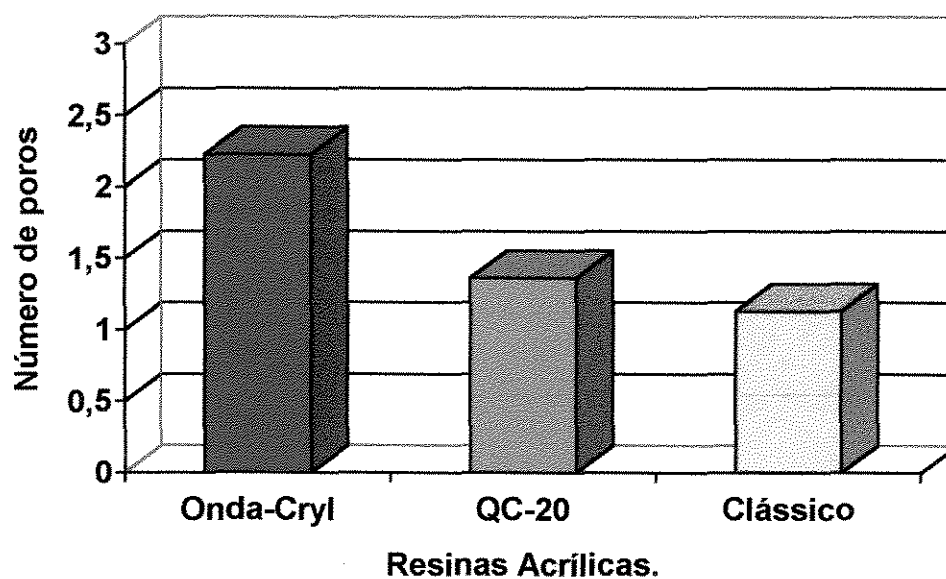


Figura 12 – Ilustração gráfica do número de poros dentro do fator tipo de resina acrílica.

Para a variável rugosidade, a menor média foi obtida pela resina Onda-Cryl, com diferença estatística significativa quando comparada a maior média, obtida pelas resinas QC-20 e Clássico (Tabela 3 e Figura 13).

Tabela 3 – Médias dos valores de rugosidade (μm), dentro do fator tipo de resina acrílica.

RESINA ACRÍLICA	MÉDIAS DE RUGOSIDADE		5%
QC-20	0,12	(0,02)	a
CLÁSSICO	0,1120	(0,02)	a
ONDA-CRYL	0,0880	(0,01)	b

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si.
Desvio padrão entre parênteses.

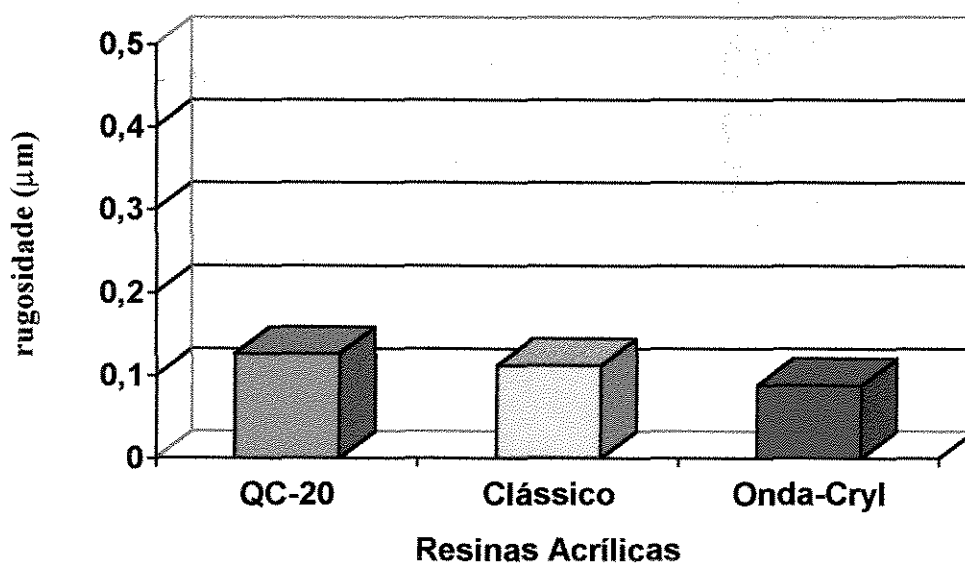


Figura 13 – Ilustração gráfica das médias dos valores de rugosidade (μm), dentro do fator tipo de resina acrílica.

Para a variável dureza, a maior média também foi obtida pela resina Onda-Cryl, estatisticamente diferente das demais. A menor média foi obtida pela resina QC-20 e a intermediária pela Clássico. Observa-se nesta variável que os três produtos foram estatisticamente diferentes entre si (Tabela 4 e Figura 14).

Tabela 4 – Médias dos valores de dureza Knoop dentro do fator tipo de resina acrílica

RESINA ACRÍLICA	MÉDIAS DE DUREZA	5%
ONDA-CRYL	18,4 (1,1)	a
CLÁSSICO	14,6 (1,0)	b
QC-20	11,1 (0,9)	c

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si.
Desvio padrão entre parênteses.

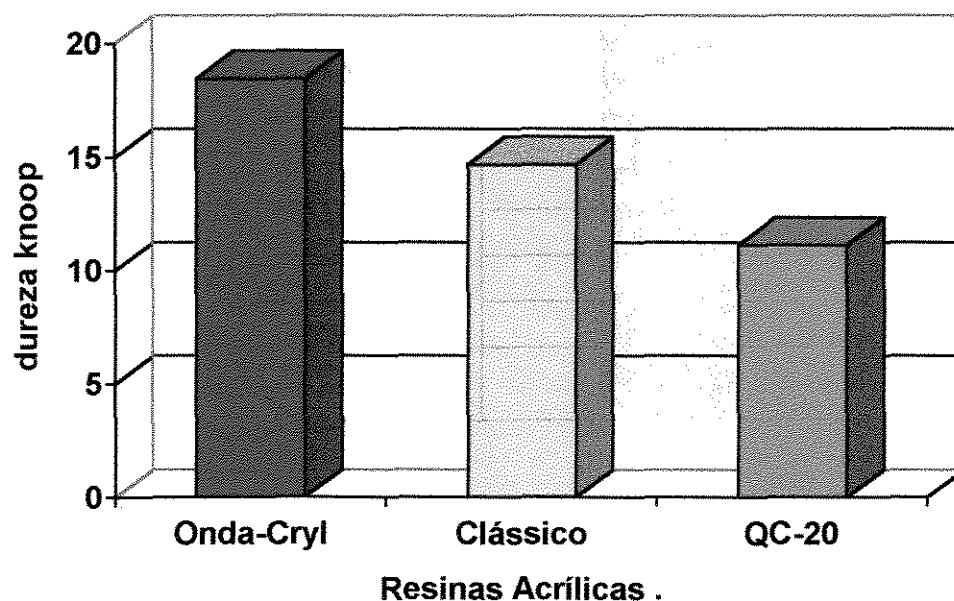


Figura 14 – Ilustração gráfica das médias dos valores de dureza Knoop dentro do fator tipo de resina acrílica.

Para a variável resistência ao impacto, observa-se que não houve diferença estatística significativa entre os tipos de resinas acrílicas (Tabela 5 e Figura 15).

Tabela 5 – Médias dos valores de resistência ao impacto (kgf/cm^2) dentro do fator tipo de resina acrílica.

RESINA ACRÍLICA	MÉDIAS DE RESISTÊNCIA AO IMPACTO		5%
QC-20	8,12	(0,66)	a
ONDA-CRYL	8,06	(1,19)	a
CLÁSSICO	7,15	(1,41)	a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si.
Desvio padrão entre parênteses.

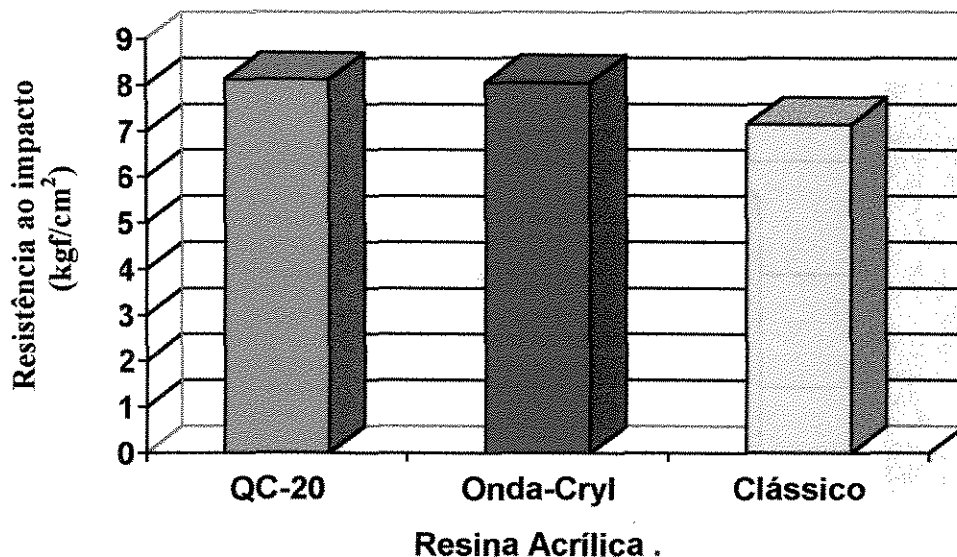


Figura 15 – Ilustração gráfica das médias dos valores de resistência ao impacto (kgf/cm^2) dentro do fator tipo de resina acrílica.

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.

A ocorrência de poros resultantes do processamento da resina acrílica e a rugosidade de superfície deixada pelos sistemas de acabamento e polimento podem comprometer a lisura e estética das bases de prótese total.

Embora NOWLIN *et al.*(1991) e GARCIA (1995) tenham relatado que as resinas polimerizadas por microondas apresentam número reduzido de poros, os dados deste estudo, apresentados nas Tabela 2 e Figura 12, mostram que a maior média de porosidade foi obtida com a resina acrílica Onda-Cryl com valores estatisticamente significantes em relação à menor média, obtida pela resina Clássico, ficando a resina QC-20 com valor intermediário, não diferindo das demais.

Estes resultados são contraditórios aos de SANDERS *et al.* (1987), onde se alega que a menor porosidade apresentada pela resina para microondas deve – se à combinação dos monômeros de metil e etil metacrilato.

A semelhança dos elementos constituintes da composição química dos produtos, baseados no poli-metilmetacrilato, com alguns reforços monoméricos para a formação de co-polímeros de ligação cruzada (ANUSAVICE, 1998), permite reforçar a hipótese na qual a formação de poros pode também estar relacionada à outros fatores e, portanto, independentes da composição, como a intensidade da potência usada nos aparelhos de microondas (REITZ *et al.*, 1985; BAFILÉ *et al.*, 1991; TAUBERT & NOWLIN, 1992) e tempo de polimerização (KIMURA *et al.*, 1983).

Dentre os fatores, o mais importante na produção da porosidade é o efeito da velocidade da temperatura do ciclo em ultrapassar o ponto de ebulição do monômero, durante a polimerização da resina acrílica, principalmente nas regiões mais espessas (FARAJ & ELLIS, 1979; WOLFAARDT *et al.*, 1986), por causa da dificuldade dos materiais envolvidos em dissipar o calor formado na reação química (ARAÚJO *et al.*, 1973; HOGAN & MORI, 1990) e das diferentes concentrações de monômero nas diversas áreas da base da prótese (SMITH & BAINS, 1958). Outro fato não menos importante na formação dos poros é o tempo decorrido entre a prensagem e o início da polimerização, onde a cura após 24 horas promovia menor nível de porosidade do que a efetuada imediatamente após a prensagem (KIMPARA & MUENCH, 1996). Este fato, segundo os autores permite maior difusão do monômero no interior do polímero evitando aglomerados de monômero, responsáveis pela porosidade, bem como os processos de longa duração não promoveram porosidades (KIMPARA *et al.*, 1999).

Entretanto, quando a rugosidade de superfície foi analisada, verificamos nas Tabela 3 e Figura 13 que os valores obtidos também sofreram influência dos tipos de resina acrílica. A resina Onda-Cryl mostrou menor rugosidade de superfície, com valores estatísticos significativos quando comparados com as resinas para QC-20 e Clássico, ambas não diferindo estatisticamente entre si.

Embora, todas as resinas acrílicas possam ser facilmente riscadas devido ao baixo valor de dureza (CRAIG, 1993), a resina polimerizada por microondas tem mostrado maior valor de dureza, quando comparada às formuladas para ciclo rápido e convencional (SMITH *et al.*, 1992; BORGES, 1998), o que parece confirmar os menores valores de rugosidade obtidos pela resina polimerizada por energia de microondas em nosso trabalho.

Ainda que o aumento da dureza, devido ao agente de ligação cruzada, possa ser neutralizado em parte pelo efeito plasticizante do material intersticial não reagido (JAGGER & HUGGETT, 1975), acreditamos que talvez a variação dos valores da rugosidade de superfície mostrada pelos materiais esteja baseada na diferença existente entre os níveis residuais de monômero resultantes dos ciclos de polimerização, visto que a dureza estabelece relação inversamente proporcional com a quantidade residual de monômero (JAGGER, 1978), e os mais longos promovem menores taxas de monômero residual (McCABE & BASKER, 1976; AUSTIN & BASKER, 1980).

Embora, exista na literatura resultados relatando exatamente o contrário, isto é, ciclo longo de polimerização produzindo maior taxa de monômero residual (JEROLIMOV *et al.*, 1985), outros autores informam que apesar da maior taxa de monômero residual, os valores de dureza Knoop não mostraram diferença estatística significantes quando comparados aos obtidos pela energia de microondas (TROUNG & THOMAZ, 1988; BORGES, 1998), dados que em nosso trabalho não foram confirmados em relação à rugosidade de superfície.

Por outro lado, os componentes para reação de ativação química adicional à ativação térmica, contidos na resina para ciclo rápido, não justificam o fato desse produto apresentar resultados médios de rugosidade sem diferença estatística significantes quando comparados aos mostrados pela resina convencional, o que impossibilitou a comprovação de que as resinas acrílicas ativadas termicamente são significativamente mais duras que àquelas ativadas quimicamente (VON FRAUNHOFER & SUCHATLAMPONG, 1975).

Quando a dureza de superfície foi analisada, verificamos na Tabela 4 e Figura 14 que os valores obtidos sofreram influência dos tipos de resina acrílica, com diferença estatística significativa entre os materiais. Embora, a dureza não tenha sofrido influência dos tipos de resina (ILBAY *et al.*, 1994), em nosso trabalho a resina Onda-Cryl mostrou o maior valor de

dureza de superfície e a resina QC-20, o menor valor, ficando a resina Clássico, com valores intermediários. Embora, como anteriormente relatado, todas as resinas acrílicas seja facilmente riscadas devido ao baixo valor de dureza (CRAIG, 1993), a resina polimerizada por energia de microondas tem mostrado maior valor de dureza, quando comparada àquelas formuladas para ciclos rápido e convencional (SMITH *et al.*, 1992; BORGES, 1998), portanto, resultados parecidos aos encontrados em nosso trabalho, e contraditórios aos mostrados por SHOLSBERG *et al.* (1989).

Ainda que o aumento da dureza, devido ao agente de ligação cruzada, possa ser neutralizado em parte pelo efeito plasticizante do material intersticial não reagido (JAGGER & HUGGETT, 1975), acreditamos que talvez a variação dos valores da dureza de superfície mostrada pelos materiais pode esteja baseada na diferença existente entre os níveis residuais de monômero resultantes dos ciclos de polimerização, visto que a dureza estabelece relação inversamente proporcional com a quantidade residual de monômero (JAGGER, 1978).

Ainda que os ciclos de polimerização mais longos promovam menores níveis de monômero residual (Mc CABE & BASKER, 1976; AUSTIN & BASKER, 1980), os valores de dureza Knoop obtidos com a resina acrílica convencional são mostrados na literatura sem diferença estatística significativa em relação a resina acrílica quimicamente ativada (Mc CRAKEN, 1952), quando comparadas à resina polimerizada por energia de microondas (TROUNG & THOMAZ, 1988) e também sem diferença estatística entre produtos comerciais (ALKHATIB *et al.*, 1990).

Por outro lado, em recente trabalho, a resina acrílica QC-20, formulada especialmente para ciclo rápido de polimerização, apresentou menor valor de dureza, quando polimerizada por ciclo convencional de 9 horas (BORGES, 1998). Em nosso trabalho, pode-se entender que os componentes para reação de ativação química adicional à

ativação térmica, contidos na resina para ciclo rápido, seriam os responsáveis pelos menores resultados médios de dureza obtido pela resina QC-20, visto que as resinas acrílicas ativadas quimicamente são significativamente menos duras que àquelas ativadas termicamente (VON FRAUNHOFER & SUCHATAMPONG, 1975).

Esse resultado parece indicar que embora os elementos da composição química dos produtos comerciais avaliados neste estudo sejam similares, as taxas de conversão para transformar monômero em polímero foram, provavelmente diferentes para cada produto.

Os ensaios de resistência ao impacto podem fornecer dados relevantes para o estudo da resistência à fratura das bases de prótese total. Assim, com base nos dados deste trabalho, podemos verificar nas Tabela 5 e Figura 15 que não houve diferença estatística significativa entre os valores de resistência ao impacto apresentados pelos três tipos de resina acrílica.

Neste caso, a composição básica dos três produtos é o poli-metilmetacrilato, com reforços monoméricos para permitir a formação de co-polímeros de ligação cruzada (ANUSAVICE, 1998), que nas resinas Clássico, QC-20 e Onda-Cryl não foram suficientes para estabelecer diferentes níveis de absorção de energia, no momento do impacto. Assim sendo, a energia absorvida no impacto por esses produtos foi semelhante isto é, todas apresentando os mesmos valores de resiliência o que proporcionou valores de fratura sem diferença estatística significativa.

Portanto, nas condições deste ensaio, não foi possível confirmar a assertiva que as resinas polimerizadas por ciclo longo apresentam maiores características para absorção de energia, em virtude da formação de cadeias longas de polímeros com alto peso molecular, quando comparada às polimerizadas por energia de microondas, de cadeias curtas com baixo peso molecular (HAYDEN, 1986) e a afirmação que existem diferenças entre os valores de

resistência ao impacto obtidos pelas resinas formuladas para microondas, termo-ativadas em ciclo longo de água aquecida e quimicamente ativada (CURY *et al.*, 1994).

7. CONCLUSÃO

7. CONCLUSÃO

Em vista dos resultados analisados e discutidos podemos afirmar que:

POROSIDADE

1 – A maior porosidade foi promovida pela resina Onda-Cryl, com diferença estatística significativa quando comparada à menor porosidade observada na resina Clássico, ficando a resina QC-20 com valores intermediários de porosidade, não diferindo das demais.

RUGOSIDADE

1 – A maior rugosidade de superfície foi apresentada pelas resinas QC-20 e Clássico, com valores sem diferença estatística significativa. A menor rugosidade foi obtida na resina Onda-Cryl, com diferença estatística significativa quando comparadas aos demais produtos.

DUREZA

1- A dureza de superfície foi influenciada pelos materiais, onde o maior valor foi obtido pela resina acrílica Onda-Cryl e o menor pela resina QC-20, ficando a resina Clássico com valores intermediários, todas mostrando diferença estatística significativa entre si.

RESISTÊNCIA AO IMPACTO

1 – A resistência ao impacto mostrou valores sem diferença estatística significativa entre os diferentes tipos de resina acrílica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

1. AL DOORI, D. *et al.* A comparison of denture base acrylic resins polymerized by microwave irradiation and by conventional water bath curing systems. **Dent. Mater.**, Washington, v.4, n.1, p. 25-32, Feb. 1988.
2. ALKHATIB, B. *et al.* Comparison of microwave polymerized denture base resins **Int. J. Prosth.**, Sant Louis, v.3, n.3, p. 249-255, May/June, 1990.
3. ANUSAVICE, K.J. **Phillips Materiais Dentários**. 10 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998, p. 125-139.
4. AUSTIN, A.T., BASKER, R.M. The level of residual monomer in acrylic denture base materials with particular reference to a modified method of analysis. **Br. Dent. J.**, London, v.149, n.18, p. 281-286, Nov. 1980.
5. ARAÚJO, P.A. *et al.* **Materiais Dentários I – Materiais não metálicos**. Bauru Faculdade de Odontologia, 191 p., 1973.
6. BAFILE, M. *et al.* Porosity of denture resin cured by microwave energy. **J. Prosth. Dent.**, Sant. Louis, v. 66, n.2, p. 269-274, Aug. 1991.
7. BORGES, L.H. **Influência de ciclos de polimerização sobre o polimento, rugosidade, porosidade e dureza superficial da resina acrílica QC-20**. Piracicaba, 1998, 119 p., Dissertação de Mestrado, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, UNICAMP.

*De acordo com a NBR 6023 da Associação Brasileira de Normas e Técnicas – ABNT de 1989. Abreviatura dos Periódicos conforme o WORD LIST OF SCIENTIFIC PEORIODICALS.

8. CRAIG, R.G. Prosthetic applications of polymers. In: _____ **Restorative dental materials**. 8. Ed. Sant. Louis: C.V. Mosby, 1993. p.509-559.
9. CRAIG, R.G. **Prosthetic applications of polymers in restorative dental material**. 10 ed. London: C.V. Mosby, 1996. Cap. 19.
10. CURY, A.A.D.B., RODRIGUES JUNIOR, A.L., PANZERI, H. Resinas acrílicas dentais polimerizadas por energia de microondas, método convencional de banho de água e quimicamente ativada : propriedades físicas. **Revista Odont. Univ. S. Paulo**, São Paulo, v. 8, n. 4, p. 243-249, Out/ Dez. 1994.
11. DE CLERCK, J.P. Microwave polymerization of acrylic resins used in dental prostheses. **J. prosth. Dent.**, Sant Louis, v. 57, n. 5, p. 650-658, May 1987.
12. DIXON, D.L., BREEDING, L.C., EKSTRAND, K.G. Linear dimensional variability of three denture base after processing and in water storage. **J. prosthetic Dent.**, Saint Louis, v. 68, n. 1, p. 196-200, July 1992.
13. FARAJ, S.A.A., ELLIS, B. The effect of processing temperatures on the exotherm, porosity and properties of acrylic denture base. **Br. Dent. J.**, London, v. 47, n. 8, p. 209-212, Oct. 1979.
14. GARCIA, R.C.M.R. **Estudo da adaptação e porosidade de bases de prótese confeccionadas com resina acrílica dental submetida a dois ciclos de polimerização**. Piracicaba, 1995. 106 p. Tese (Doutorado em Clínica Odontológica) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.
15. GAY, W.D., KING, G.E. An evaluation of the cure of acrylic resin by three methods. **J. prosth. Dent.**, St Louis, v. 42, n. 4, p. 437-440, Oct. 1979.

16. HARMAN, I.M. Effects of time and temperature on polymerization of a methacrylate resin denture base. **J. Am. Dent. Ass.**, Chicago, v.38, n.2, p. 188-203, Feb. 1949.
17. HAYDEN, W.J. Flexural strength of microwave-cured denture baseplate. **Gen. Dent.**, Chicago, v. 34, n.5, p. 367-371, Sept./Oct. 1986.
18. HOGAN, P.F., MORI, T. Development of a method of continuous temperatures measurement for microwave denture processing. **Dent. Mater.**, Washington, v. 9, n.1, p.1-11, June 1990.
19. ILBAY, S.G., GUVENER, S., ALKUMRU, H.N. Processing dentures using microwave technique. **J. Oral. Rehabil.**, Oxford, v. 21, n.1, p. 103-109, Jan. 1994.
20. JAGGER, R.G. Effect of the curing cycles on some properties of a polymethylmethacrylate denture base material. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v. 5, n. 2, p. 151-157, 1978.
21. JAGGER, R.G., HUGGETT, R. The effect of cross-linking on indentation resistance, creep and recovery of an acrylic resin denture base material. **J. Dent.**, Bristol, v.3, n. 1, p. 15-18, Jan. 1975.
22. JEROLIMOV, V. *et al.*, The effect of variations in the polymer/monomer mixing ratios on residual monomer levels and flexural properties of denture base materials. **Quintess. Int.**, Berlin, v.9, n.7, p. 431-434, July/Aug. 1985.
23. _____ *et al.* Rapid curing of acrylic denture-base materials. **Dent. Mater.**, Washington, v.5, p. 18-22, Jan. 1989.
24. KIMPARA, E.T., MUENCH, A. Porosidade em decorrência do processamento e volume de resina acrílica. **Rev. Odontol. Univer. S. Paulo**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 237-239, 1996.

25. KIMPARA, E.T. *et al.* Processamento alternativo para eliminar porosidade em resina acrílica para bases de próteses totais. **Rev. Bras. Prótese Clínica Lab.**, v. 1, n. 4, p. 325-329, 1999.
26. KIMURA, H., TERAOKA, F., SUGITA, M. Applications of microwave for dental technique (part 1) – dough-forming and curing of acrylic resins. **J. Osaka Univ. Dent. Sch.**, Osaka, v.23, p. 43-49, Dec. 1983.
27. LEVIN, B., SANDERS, J.L., REITZ, P.V. The use of microwave energy for processing acrylic resins. **J. Prosth. Dent.**, Sant Louis, v. 61, n.3, p.381-383, Mar. 1989.
28. Mc CABE, J.F., BASKER, R.M. Tissue sensivity to acrylic resin. A method of measuring the residual monomer content and it's clinical application. **Br. Dent. J.**, London, v. 40, n. 10, p. 347-350, May 1976.
29. Mc CRAKEN, W.L. An evaluation of activated methyl methacrylate denture base materials. **J. Prosth. Dent.**, St. Louis, v.2, n.1, p. 68-83, Jan. 1952.
30. MESQUITA, M.F. **Efeito do polimento químico sobre a Dureza, Rugosidade Superficial e Resistência ao Impacto das resinas acrílicas ativadas química e termicamente em vários períodos de armazenagem.** Piracicaba, 1995. 121p. Tese (Doutorado em Clínica Odontológica)-Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.
31. NISHII, M. Studies on the curing of denture base resins with microwave irradiation: With particular reference to heat – curing resins. **J. Osaka Dent. Univ.**, Osaka, v.2, p. 23-40, Feb. 1968.
32. NOWLIN, T.P., TAUBERT, T., BOESEL, B.J. Tensile strength and porosity in two new microwave process acrylics. **J. Dent. Res.**, Washington, v. 70, p. 476, Apr. 1991. (Abstract).

33. PEYTON, F.A. Packing and processing denture base resins. **J. Am. Dent. Ass.**, Chicago, v. 40, n. 5, p. 520-528, May 1950.
34. _____, ANTHONY, D.H. Evaluation of denture processed by different techniques. **J. prosth. Dent.**, Saint Louis, v. 13, n. 2, p. 269-282, 1963.
35. PHILLIPS, R.W. **Skinner materiais dentários**. 9 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. P.92-123.
36. REITZ, P.V., SANDERS, J.L., LEVIN, B. The curing of denture acrylic resins by microwave energy. Physical properties. **Quintess. Int.**, Berlin, v. 6, n. 8, p. 547-551, Aug. 1985.
37. SALIM, S., SADAMORI, S., HAMADA, T. The dimensional accuracy of rectangular acrylic resin specimens cured by three denture base processing methods. **J. prosth. Dent.**, Saint Louis, v. 67, n. 6, p. 879-881, June 1992.
38. SANDERS, J.L., LEVIN, B., REITZ, P.V. Porosity in denture acrylic resins cured by microwave energy. **Quintess. Int.**, Berlin, v. 18, n. 7, p. 453-456, 1987.
39. SEXON, J.C., PHILLIPS, R.W. Studies on the effects of abrasives on acrylic resins. **J. Prosth. Dent.**, Saint Louis, v. 1, n. 4, p. 454-471, July 1951.
40. SHOLSBERG, S.R. *et al.* Microwave energy polymerization of poly(methyl-methacrylate) denture base resins. **Int. J. Prosth.**, Saint Louis, v. 2, n.5, p. 453-458, 1989.
41. SMITH, L.T., POWERS, J.M., LADD, D. Mechanical properties of new denture resins polymerized by visible light, heat and microwave energy. **Int. J. Prosthodont.**, Saint Louis, 5: 315. 1992.

42. SMITH, D.C., BAINS, M.D. The detection and estimation of residual monomer in polymethyl methacrylate. **Dent. Res.**, Washington, v.35, n.1, p. 16-24, Feb. 1958.
43. SPENCER, H.R., GARIAEFF, P. The present status of vulcanite versus plastics a baseplate material. **Contact Pr.**, San Francisco, v.27, p. 263-267, June 1949.
44. STOLF, W.L., CONSANI, S., RUHNKE, L.A. Influência do polimento químico sobre a resistência ao impacto das resinas acrílicas. **Revta Paul. Odont.**, São Paulo, v. 7, p. 26-30, Nov/ Dez. 1985.
45. TAUBERT, T.R., NOWLIN, T.P. Controlling porosity in microwave processed acrylic. **Trends Tecnol. Contemp. Dent. Lab.**, Alexandria v. 9, n. 3, p. 45-48, Apr. 1992.
46. TROUNG, V.T., THOMAZ, F.G.V. Comparision of denture acrylic resins cured by boiling water and microwave energy. **Aust. Dent. J.**, Sant Leonards, v. 33, n. 33, p. 201-204, June 1988.
47. ULUSOY, M., ULUSOY, N., AYDIN, A.K. An evaluation of polishing techniques on surface roughness of acrylic resins. **J. Prosth. Dent.**, Sant Louis, v. 56, n. 1, p. 107-112, July 1986.
48. VON FRAUNHOFER, J.A., SUCHATLAMPONG, C. The surface characteristics of denture base polymers. **J. Dent.**, Bristol, v. 3, n. 3, p. 105-109, May, 1975.
49. WOLFAARDT, J.F., CLEATON-JONES, P., FATTI, P. The occurrence of porosity in a heat-cured poly (methyl methacrylate) denture base resins. **Journal Prosth. Dent.**, Sant Louis, v. 55, n. 3, p. 393-400, Mar. 1986.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

APÊNDICE

RESULTADOS ORIGINAIS.

Quadro 1 - Valores de Porosidade para a resina acrílica QC-20.

Corpo-de-prova	Início	Meio	Fim	Total	Média
1	1	3	2	6	2,00
2	2	1	0	3	1,00
3	2	2	0	4	1,33
4	1	1	1	3	1,00
5	1	1	2	4	1,33
6	1	0	1	2	0,66
7	1	2	1	4	1,33
8	2	3	2	7	2,33
9	1	1	1	3	1,00
10	2	1	2	5	1,66

Quadro 2 - Valores de Porosidade para a resina acrílica Clássico.

Corpo-de-prova	Início	Meio	Fim	Total	Média
1	1	0	1	2	0,66
2	1	1	1	3	1,00
3	0	1	2	3	1,00
4	1	1	0	2	0,66
5	1	1	3	5	1,66
6	1	2	1	4	1,33
7	0	1	2	3	1,00
8	1	2	2	5	1,66
9	1	2	1	4	1,33
10	2	0	1	3	1,00

Quadro 3 - Valores de Porosidade para a resina acrílica Onda-Cryl.

Corpo-de-prova	Início	Meio	Fim	Total	Média
1	1	1	1	3	1,00
2	2	1	1	4	1,33
3	1	1	2	4	1,33
4	3	2	2	7	2,33
5	1	1	2	4	1,33
6	2	3	5	10	3,33
7	3	7	4	14	4,66
8	2	3	3	8	2,66
9	1	2	2	5	1,66
10	2	3	3	8	2,66

Quadro 4 – Valores individuais e médias de Dureza para a resina acrílica QC – 20.

Corpo-de-prova	Início	Meio	Fim	Média
1	10,07	12,92	12,44	11,81
2	10,88	10,36	10,32	10,52
3	12,00	10,75	11,98	11,57
4	12,44	15,18	11,40	13,00
5	10,82	11,00	10,54	10,78
6	11,02	10,93	11,13	11,02
7	10,96	9,98	10,78	10,57
8	9,74	8,81	9,67	9,40
9	12,40	10,87	11,94	11,73
10	10,68	11,31	10,29	10,76

Quadro 5 – Valores individuais e médias de Dureza para a resina acrílica Clássico.

Corpo-de-prova	Início	Meio	Fim	Média
1	17,62	13,12	15,08	15,27
2	13,34	10,23	12,55	12,04
3	14,88	15,26	14,86	15,00
4	15,56	15,80	15,66	15,67
5	14,74	15,32	14,98	15,01
6	14,88	14,38	15,42	14,89
7	14,66	16,08	14,66	15,13
8	13,10	14,80	15,10	14,33
9	14,38	16,20	15,32	15,30
10	14,26	13,14	14,16	13,85

Quadro 6 – Valores individuais e médias de Dureza para a resina acrílica Onda – Ceryl.

Corpo-de-prova	Início	Meio	Fim	Média
1	18,14	17,90	19,90	18,70
2	19,30	19,08	17,14	18,50
3	19,36	20,02	15,34	18,24
4	15,76	20,08	18,92	18,25
5	19,54	19,30	18,18	19,00
6	17,22	18,94	19,42	18,52
7	17,12	20,62	17,84	18,52
8	15,84	15,92	15,90	15,88
9	19,32	21,16	21,28	20,50
10	17,44	19,34	17,94	18,24

Quadro 7 – Valores e médias da leitura de Rugosidade para a resina acrílica QC – 20.

Corpo-de-prova	Início	Meio	Fim	Média
1	0,1753	0,1086	0,1463	0,14
2	0,1236	0,1286	0,1463	0,13
3	0,1124	0,1213	0,1318	0,12
4	0,1063	0,1187	0,0983	0,11
5	0,1328	0,1180	0,0988	0,12
6	0,1442	0,1032	0,1338	0,13
7	0,1020	0,0940	0,1017	0,10
8	0,1002	0,1191	0,1039	0,11
9	0,1069	0,1085	0,1478	0,12
10	0,2131	0,1944	0,1426	0,18

Quadro 8 – Valores e médias da leitura de Rugosidade para a resina acrílica Clássico.

Corpo-de-prova	Início	Meio	Fim	Média
1	0,1022	0,1102	0,1028	0,10
2	0,1755	0,1219	0,1143	0,13
3	0,1096	0,1068	0,3079	0,17
4	0,1167	0,1133	0,0938	0,11
5	0,1180	0,0983	0,0975	0,11
6	0,1122	0,0998	0,0969	0,10
7	0,0871	0,0894	0,1035	0,10
8	0,0926	0,0994	0,1124	0,10
9	0,0868	0,0785	0,1070	0,10
10	0,1035	0,1064	0,0923	0,10

Quadro 9 – Valores e médias da leitura de Rugosidade para a resina acrílica Onda-Cryl.

Corpo-de-prova	Início	Meio	Fim	Média
1	0,0783	0,0944	0,0893	0,09
2	0,0736	0,0804	0,0768	0,08
3	0,0752	0,0895	0,0705	0,08
4	0,0726	0,0799	0,1400	0,10
5	0,0728	0,0818	0,0814	0,08
6	0,0763	0,1077	0,0669	0,08
7	0,1502	0,1163	0,0867	0,11
8	0,1021	0,0767	0,0881	0,09
9	0,0881	0,0867	0,0848	0,08
10	0,0904	0,1030	0,0935	0,09

Quadro 10 – Valores individuais do trabalho de impacto para a resina acrílica (QC-20).

Corpo de prova	Valor do Impacto
1	2,6
2	2,4
3	2,5
4	2,2
5	2,6
6	2,0
7	2,4
8	2,6
9	2,6
10	2,5

Quadro 11 – Valores individuais do trabalho de impacto para a resina acrílica (Clássico).

Corpo de prova	Valor do Impacto
1	2,2
2	2,1
3	3,0
4	1,4
5	2,2
6	2,0
7	2,0
8	2,6
9	2,0
10	2,0

Quadro 12 – Valores individuais do trabalho de impacto para a resina acrílica (Onda-Cryl).

Corpo de prova	Valor do Impacto
1	2,6
2	2,8
3	2,8
4	2,2
5	1,8
6	2,8
7	2,6
8	2,0
9	2,2
10	2,4

SEÇÃO CIRCULANTE

Quadro 13 – Valores transformados de Resistência ao Impacto para a resina acrílica QC-20.

Corpo-de-prova	Valor do Impacto
1	8,66
2	8,0
3	8,33
4	7,33
5	8,66
6	6,66
7	8,0
8	8,66
9	8,66
10	8,33

Quadro 14 – Valores transformados de Resistência ao Impacto para a resina acrílica Clássico.

Corpo-de-prova	Valor do Impacto
1	7,33
2	7,0
3	10,0
4	4,6
5	7,33
6	6,66
7	6,66
8	8,66
9	6,66
10	6,66

Quadro 15 – Valores transformados de Resistência ao Impacto para a resina acrílica Onda-Cryl.

Corpo-de-prova	Valor do Impacto
1	8,66
2	9,33
3	9,33
4	7,33
5	6,0
6	9,33
7	8,66
8	6,66
9	7,33
10	8,0

SANEST – SISTEMA DE ANÁLISE ESTATÍSTICA
Instituto Agrônomo de Campinas – I A C

Delineamento Experimental: **Porosidade**

Transformação das observações segundo $\text{Log}(x + 0)$

Nome dos Fatores

Fator Nome

A Tratamento

UNICAMP
 BIBLIOTECA CENTRAL
 SEÇÃO CIRCULANTE

Quadro 16 - Análise de Variância.

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Tratamento	2	2.0139578	1.0069789	6.1900	0.00632
Resíduo	27	4.3923070	0.1626780		
Total	29	6.4062648			

Média geral = 0.338189

Coefficiente de variação = 119.263%

Quadro 17 – Teste de Tukey para Médias de Tratamento.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	3	Microondas	10	0.690686	1.995084	a	A
2	1	Ciclo Rápido	10	0.248585	1.282210	a b	A B
3	2	Convencional	10	0.075296	1.078203	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

D.M.S. 5% = 0.44768

-

D.M.S. 1% = 0.57459

Delineamento Experimental: **Porosidade**

Observações Não Transformadas

Quadro 18- Análise fixando o nível Ciclo-Rápido do fator tratamento.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	0.660000
Valor Máx.	2.330000
Amplitude	1.670000
Total	13.640000
Média	1.364000
Variância	0.257982
Desv. Padrão	0.507919
D. P. Média	0.160618
Coef. Var. %	37.237503
Coef. Assim.	0.617547
Coef. Curt.	2.486353
Mediana	1.330000
Quartil Inf.	1.000000
Quartil Sup.	1.660000
IC 5% L.S.	1.726997
IC 5% L.I.	1.001003
IC 1% L.S.	1.886009
IC 1% L.I.	0.841991

Delineamento Experimental: **Porosidade**

Observações Não Transformadas

Quadro 19 - Análise fixando o nível Convencional do fator tratamento.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Mín.	0.660000
Valor Máx.	1.660000
Amplitude	1.000000
Total	11.300000
Média	1.130000
Variância	0.127911
Desv. Padrão	0.357647
D. P. Média	0.113098
Coef. Var. %	31.650147
Coef. Assim.	0.249159
Coef. Curt.	1.959957
Mediana	1.000000
Quartil Inf.	1.000000
Quartil Sup.	1.330000
IC 5% L.S.	1.385601
IC 5% L.I.	0.874399
IC 1% L.S.	1.497568
IC 1% L.I.	0.762432

Delineamento Experimental: **Porosidade**

Observações Não Transformadas

Quadro 20 – Análise fixando o nível Microondas do fator tratamento.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	1.000000
Valor Máx.	4.660000
Amplitude	3.660000
Total	22.290001
Média	2.229000
Variância	1.306943
Desv. Padrão	1.143216
D. P. Média	0.361517
Coef. Var. %	51.288300
Coef. Assim.	0.912607
Coef. Curt.	2.949607
Mediana	1.995000
Quartil Inf.	1.330000
Quartil Sup.	2.660000
IC 5% L.S.	3.046028
IC 5% L.I.	1.411972
IC 1% L.S.	3.403930
IC 1% L.I.	1.054071

Delineamento Experimental: **Dureza**

Observações Não Transformadas

Nome dos Fatores

Fator Nome

A Tratamento

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Quadro 21 - Análise de Variância.

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Tratamento	2	267.9462627	133.9731314	121.7412	0.00001
Resíduo	27	29.7128166	1.1004747		
Total	29	297.6590793			

Média geral = 14.733334

Coeficiente de variação = 7.120%

Quadro 22 – Teste de Tukey para Médias de Tratamento.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	3	Microondas	10	18.435002	18.435002	a	A
2	2	Convencional	10	14.649001	14.649001	b	B
3	1	Ciclo-Rápido	10	11.116000	11.116000	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

D.M.S. 5% = 1.16439

-

D.M.S. 1% = 1.49446

Delineamento Experimental: **Dureza**

Observações Não Transformadas

Quadro 23 – Análise fixando o nível Ciclo – Rápido do fator tratamento

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	9.400000
Valor Máx.	13.000000
Amplitude	3.600000
Total	111.160004
Média	11.116000
Variância	0.940116
Desv. Padrão	0.969596
D. P. Média	0.306613
Coef. Var. %	8.722525
Coef. Assim.	0.235780
Coef. Curt.	3.063332
Mediana	10.900000
Quartil Inf.	10.570000
Quartil Sup.	11.730000
IC 5% L.S.	11.808946
IC 5% L.I.	10.423055
IC 1% L.S.	12.112493
IC 1% L.I.	10.119508

Delineamento Experimental: **Dureza**

Observações Não Transformadas

Quadro 24 – Análise fixando o nível Convencional do fator tratamento

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Mín.	12.040000
Valor Máx.	15.670000
Amplitude	3.630000
Total	146.490005
Média	14.649000
Variância	1.104654
Desv. Padrão	1.051025
D. P. Média	0.332363
Coef. Var. %	7.174724
Coef. Assim.	-1.665136
Coef. Curt.	4.882140
Mediana	15.005000
Quartil Inf.	14.330000
Quartil Sup.	15.270001
IC 5% L.S.	15.400142
IC 5% L.I.	13.897859
IC 1% L.S.	15.729181
IC 1% L.I.	13.568819

Delineamento Experimental: **Dureza**

Observações Não Transformadas

Quadro 25 – Análise fixando o nível Microondas do fator tratamento.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	15.880000
Valor Máx.	20.500000
Amplitude	4.620000
Total	184.350006
Média	18.435000
Variância	1.256742
Desv. Padrão	1.121045
D. P. Média	0.354506
Coef. Var. %	6.081070
Coef. Assim.	-0.639628
Coef. Curt.	4.761121
Mediana	18.510000
Quartil Inf.	18.240000
Quartil Sup.	18.700001
IC 5% L.S.	19.236181
IC 5% L.I.	17.633818
IC 1% L.S.	19.587143
IC 1% L.I.	17.282856

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Delineamento Experimental: **Rugosidade**

Observações Não Transformadas

Nome dos Fatores

Fator Nome

A Tratamento

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Quadro 26 - Análise de Variância.

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Tratamento	2	0.0073867	0.0036933	10.0121	0.00081
Resíduo	27	0.0099600	0.0003689		
Total	29	0.0173467			

Média geral = 0.108667

Coefficiente de variação = 17.675%

Quadro 27 – Teste de Tukey para Médias de Tratamento.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Ciclo-Rápido	10	0.126000	0.126000	a	A
2	2	Convencional	10	0.112000	0.112000	a	A B
3	3	Microondas	10	0.088000	0.088000	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

D.M.S. 5% = 0.02132

-

D.M.S. 1% = 0.02736

Delineamento Experimental: **Rugosidade**

Observações Não Transformadas

Quadro 28 – Análise fixando o nível Ciclo – Rápido do fator tratamento.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	0.100000
Valor Máx.	0.180000
Amplitude	0.080000
Total	1.260000
Média	0.126000
Variância	0.000493
Desv. Padrão	0.022211
D. P. Média	0.007024
Coef. Var. %	17.627865
Coef. Assim.	1.431432
Coef. Curt.	4.633307
Mediana	0.120000
Quartil Inf.	0.110000
Quartil Sup.	0.130000
IC 5% L.S.	0.141874
IC 5% L.I.	0.110126
IC 1% L.S.	0.148827
IC 1% L.I.	0.103173

Delineamento Experimental: **Rugosidade**

Observações Não Transformadas

Quadro 29 – Análise fixando o nível Convencional do fator tratamento.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	0.100000
Valor Máx.	0.170000
Amplitude	0.070000
Total	1.200000
Média	0.112000
Variância	0.000507
Desv. Padrão	0.0222509
D. P. Média	0.007118
Coef. Var. %	20.097559
Coef. Assim.	1.956969
Coef. Curt.	5.552623
Mediana	0.100000
Quartil Inf.	0.100000
Quartil Sup.	0.110000
IC 5% L.S.	0.128087
IC 5% L.I.	0.095913
IC 1% L.S.	0.135134
IC 1% L.I.	0.088866

Delineamento Experimental: **Rugosidade**

Observações Não Transformadas

Quadro 30 – Análise fixando o nível Microondas do fator tratamento.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	0.080000
Valor Máx.	0.110000
Amplitude	0.030000
Total	0.880000
Média	0.088000
Variância	0.000107
Desv. Padrão	0.010328
D. P. Média	0.003266
Coef. Var. %	11.736313
Coef. Assim.	1.046136
Coef. Curt.	2.989584
Mediana	0.085000
Quartil Inf.	0.080000
Quartil Sup.	0.090000
IC 5% L.S.	0.095381
IC 5% L.I.	0.080619
IC 1% L.S.	0.098614
IC 1% L.I.	0.077386

Delineamento Experimental: **Resistência ao Impacto**

Observações Não Transformadas

Nome dos Fatores

Fator Nome

A Tratamento

Quadro 31 - Análise de Variância.

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Tratamento	2	5.9126736	2.9563368	2.2923	0.11870
Resíduo	27	34.8221133	1.2897079		
Total	29	40.7347869			

Média geral = 7.782667

Coeficiente de variação = 14.592%

Quadro 32 – Teste de Tukey para Médias de Tratamento.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Ciclo-Rápido	10	8.129001	8.129001	a	A
2	3	Microondas	10	8.063000	8.063000	a	A
3	2	Convencional	10	7.156000	7.156000	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

D.M.S. 5% = 1.26053

-

D.M.S. 1% = 1.61786

Delineamento Experimental: **Resistência ao Impacto**

Observações Não Transformadas

Quadro 33 – Análise fixando o nível Ciclo - Rápido do fator tratamento.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	6.660000
Valor Máx.	8.660000
Amplitude	2.000000
Total	81.29001
Média	8.129000
Variância	0.448699
Desv. Padrão	0.669850
D. P. Média	0.211825
Coef. Var. %	8.240255
Coef. Assim.	-1.196028
Coef. Curt.	3.302818
Mediana	8.330000
Quartil Inf.	8.000000
Quartil Sup.	8.660000
IC 5% L.S.	8.607725
IC 5% L.I.	7.650275
IC 1% L.S.	8.817431
IC 1% L.I.	7.440568

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Delineamento Experimental: **Resistência ao Impacto**

Observações Não Transformadas

Quadro 34 – Análise fixando o nível Convencional do fator tratamento.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	4.600000
Valor Máx.	10.000000
Amplitude	5.400000
Total	71.559998
Média	7.156000
Variância	1.994716
Desv. Padrão	1.412344
D. P. Média	0.446622
Coef. Var. %	19.736500
Coef. Assim.	0.383524
Coef. Curt.	3.520564
Mediana	6.830000
Quartil Inf.	6.660000
Quartil Sup.	7.330000
IC 5% L.S.	8.165367
IC 5% L.I.	6.146634
IC 1% L.S.	8.607523
IC 1% L.I.	5.704477

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Delineamento Experimental: **Resistência ao Impacto**

Observações Não Transformadas

Quadro 35 – Análise fixando o nível Microondas do fator tratamento.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	6.000000
Valor Máx.	9.330000
Amplitude	3.330000
Total	80.629997
Média	8.063000
Variância	1.425734
Desv. Padrão	1.194041
D. P. Média	0.377589
Coef. Var. %	14.808890
Coef. Assim.	-0.399196
Coef. Curt.	1.855462
Mediana	8.330000
Quartil Inf.	7.330000
Quartil Sup.	9.330000
IC 5% L.S.	8.916350
IC 5% L.I.	6.146634
IC 1% L.S.	8.607523
IC 1% L.I.	5.704477