



Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



*MAURÍCIO TANJI*  
CIRURGIÃO-DENTISTA

**INFLUÊNCIA DO TEMPO PÓS-PRENSAGEM (IMEDIATO E  
24 HORAS) NA POROSIDADE, RUGOSIDADE, DUREZA DE  
SUPERFÍCIE E RESISTÊNCIA AO IMPACTO DE RESINAS  
ACRÍLICAS.**

TESE APRESENTADA À FACULDADE DE  
ODONTOLOGIA DE PIRACICABA DA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR  
EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA: ÁREA  
PRÓTESE DENTAL.

64.04.02.002

PIRACICABA-SP  
2002

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE



Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



**MAURÍCIO TANJI**  
**CIRURGIÃO-DENTISTA**

**INFLUÊNCIA DO TEMPO PÓS-PRENSAGEM (IMEDIATO E 24 HORAS) NA POROSIDADE, RUGOSIDADE, DUREZA DE SUPERFÍCIE E RESISTÊNCIA AO IMPACTO DE RESINAS ACRÍLICAS.**

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

Este exemplar foi devidamente corrigido,  
de acordo com a Resolução CCPq-016/83  
CPG. 05/03/03  
*[Assinatura]*  
Assinatura do Orientador

TESE APRESENTADA À FACULDADE DE  
ODONTOLOGIA DE PIRACICABA DA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR  
EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA: ÁREA  
PRÓTESE DENTAL.

BANCA EXAMINADORA:  
PROF. DR. SAÍDE SARCKIS DOMITTI  
PROF. DR. MARCELO FERRAZ MESQUITA  
PROF. DR. RAFAEL L. X. CONSANI  
PROF. DR. JOÃO NEUDENIR ARIOLI FILHO  
PROF. DR. MARCO POLO MARCHESI

**PIRACICABA-SP**  
**2002**

UNIDADE	BC
Nº CHAMADA	T/UNICAMP
	T156i
V	EX
TOMBO BC/	52566
PROC.	16-124/03
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	13/03/02
Nº CPD	

CM00180500-0

B113 ID 283938

### Ficha Catalográfica

T156i Tanji, Maurício.  
Influência do tempo pós-prensagem (imediato e 24 horas) na porosidade, rugosidade, dureza de superfície e resistência ao impacto de resinas acrílicas. / Mauricio Tanji.. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2002.  
xvi, 166p. : il.

Orientadores: Prof. Dr. Saide Sarckis Domitti, Prof. Dr. Simonides Consani.  
Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Materiais dentários. 2. Resistência de materiais. I. Domitti, Saide 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**



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de DOUTORADO, em sessão pública realizada em 22 de Novembro de 2002, considerou o candidato MAURÍCIO TANJI aprovado.

1. Prof. Dr. SAIDE SARCKIS DOMITTI

2. Prof. Dr. MARCO POLO MARCHESI

3. Prof. Dr. JOÃO NEUDENIR ARIOLLI FILHO

4. Prof. Dr. RAFAEL LEONARDO XEDIEK CONSANI

5. Prof. Dr. MARCELO FERRAZ MESQUITA

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

Aos meus pais *Tanji* e *Miyoko*, pelo amor, carinho, incentivo, manifestações de apoio nas minhas conquistas, exemplo de grandes ensinamentos durante a minha vida, sem os quais eu não poderia ter alcançado mais essa etapa profissional.

Às minhas irmãs *Márcia* e *Denise* pelo amor, carinho, apoio, exemplo de perseverança na busca de novas conquistas. Ao meu irmão *Márcio* (*in memoriam*).

**DEDICO ESTE TRABALHO**

## ***AGRADECIMENTOS ESPECIAIS***

Ao ***Prof. Dr. Saíde Sarckis Domitti***, Titular da Área Prótese Total da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela competência, paciência e dedicação incondicional de renomado mestre na orientação segura deste trabalho.

Ao ***Prof. Dr. Simonides Consani***, Titular da Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela atenção, disponibilidade e dedicação constante de eminente docente na co-orientação deste trabalho, condições indispensáveis para minha formação de pesquisador.

Ao ***Prof. Dr. Marcelo Ferraz Mesquita***, Associado da Área Prótese Total da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela amizade e ensinamentos indispensáveis à minha formação acadêmica.

**MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS.**

## ***AGRADECIMENTOS***

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela oportunidade da realização do Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica, 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 mais esta qualificação.

Ao ***Prof. Dr. Antônio Carlos Usberti***, Ex – Diretor da Faculdade de Odontologia de Lins - UNIMEP, pela amizade, apoio e incentivo na minha carreira acadêmica.

Ao ***Prof. Dr. Marco Polo Marchese***, da Área Prótese e Oclusão e Clínica Integrada I e II da Faculdade de Odontologia de Lins – UNIMEP, pela conduta sempre amiga em todos os momentos e pelo apoio constante na minha formação como profissional.

Aos docentes do Curso de Pós-Graduação em Clínica Odontológica, pelos grandes ensinamentos que contribuíram à minha formação acadêmica.

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

À Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pelo livre acesso ao laboratório e utilização dos equipamentos.

À Área Prótese Parcial Removível da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP, na pessoa da **Profa. Dra. Altair A. Del Bel Cury**, pelo livre acesso ao laboratório e utilização dos equipamentos.

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

Aos docentes **Prof. Dr. Guilherme Elias Pessanha Henriques**, **Prof. Dr. Mauro Antônio de Arruda Nóbilo** e **Prof. Dr. Lourenço Correr Sobrinho**, pelo convívio e amizade.

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** e aos demais colegas pela amizade.

A todos aqueles que indiretamente possibilitaram a realização deste trabalho.



## SUMÁRIO

Resumo.....	01
Abstract.....	03
1. Introdução.....	05
2. Revisão da Literatura.....	09
3. Proposição.....	57
4. Materiais e Método.....	59
4.1 Materiais.....	59
4.2 Método.....	61
4.2.1 Confeção das matrizes.....	61
4.2.2 Confeção dos corpos-de-prova.....	62
4.2.2.1 Moldagem das matrizes.....	62
4.2.2.2 Inclusão dos moldes de silicona.....	63
4.2.2.3 Prensagem da resina acrílica.....	65
4.2.2.4 Acabamento e Polimento dos corpos-de-prova.....	68
4.3 Porosidade.....	69
4.4 Rugosidade.....	71
4.5 Dureza.....	72
4.6 Resistência ao Impacto.....	73
5. Resultados.....	75
6. Discussão dos Resultados.....	89
7. Conclusões.....	99
Referências Bibliográficas.....	101
Apêndice.....	109

## RESUMO

Este trabalho verificou a influência do tempo pós-prensagem (imediato e 24 horas) sobre porosidade, rugosidade, dureza de superfície e resistência ao impacto de resinas acrílicas termopolimerizáveis: Clássico, QC-20 e Onda-Cryl. Foram obtidos 60 corpos-de-prova a partir de matrizes retangulares de alumínio (65x10 e 64x9 x 3,0 mm), fixados com adesivo instantâneo (Super Bonder, Loctite) em suporte de madeira. As matrizes foram moldadas com silicona por condensação para uso laboratorial (Zetalabor-Labordental Ltda.) e os moldes incluídos em muflas metálicas ou 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 polimerização nos ciclos de água aquecida a 74°C por 9 horas, água em ebulição por 20 minutos e energia de microondas a 1100 W por 10 minutos, os corpos-de-prova foram removidos das muflas após esfriamento em temperatura ambiente e submetidos aos processos de acabamento e polimento convencionais. Em seguida, foram submetidos aos ensaios de porosidade, por meio da imersão dos corpos-de-prova em tinta Nankin (Acrilex) por 12 horas, lavagem em água corrente por 10 segundos, sendo posteriormente quantificado e fotografado em área previamente determinada; de rugosidade num rugosímetro Surfcometer SE 1700; dureza, num microdurômetro Shimadzu (Modelo HMV-2000) calibrado com carga de 25 gramas por 10 segundos e o ensaio de resistência ao impacto, numa máquina Otto Wolpert Werke, pelo sistema Charpy. Os resultados submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey (5%) mostraram que: 1 – Porosidade: a maior porosidade foi promovida pela resina Onda-Cryl no tempo imediato e a QC-20 no período de 24 horas. Quando o tempo pós-prensagem foi comparado, todas as resinas acrílicas mostraram diferença estatística significativa. 2 – Rugosidade: a rugosidade de

superfície não mostrou diferença estatística significativa nos valores entre materiais, quando o fator tempo foi considerado. Quando os tempos foram comparados, somente a resina acrílica Clássico mostrou valores com diferença estatística significativa. 3 – Dureza: no tempo imediato a maior dureza foi mostrada pela resina acrílica Onda-Cryl e a menor pela QC-20, com diferença estatística significativa entre si. No período de 24 horas, a resina acrílica Onda-Cryl apresentou maior valor de dureza, com diferença estatística significativa quando comparado à QC-20. A resina acrílica Clássico apresentou similaridade estatística com ambas. Quando os tempos foram comparados, somente a resina acrílica Onda-Cryl não apresentou diferença estatística significativa. 4 – Resistência ao impacto: não houve diferença estatística significativa nos valores de resistência ao impacto entre os materiais, no tempo imediato. No período de 24 horas, as resinas acrílicas Clássico e Onda-Cryl não mostraram diferença estatística significativa, entretanto ambas foram diferentes estatisticamente da resina acrílica QC-20, esta com menor valor. Quando foram comparados os tempos, somente a resina QC-20 apresentou valor com diferença estatística significativa.

## ABSTRACT

This study investigated the influence of the post-pressing time (immediate and 24 hours) on the porosity, roughness, hardness of surface and impact strenght variables in Clássico, QC-20 and Onda-Cryl thermo-cured acrylic resins. Sixty specimens were made with a retangular aluminium die (65x10 and 64x9 x 3,0 mm) attached to a wooden plate with Super Bonder adhesive (Loctite). The die were moulded with Zetalabor condensation silicone (Labordental Ltda.) used for laboratory purposes and the molds were included into metal flasks or reinforced fiberglass flasks. The powder/liquid proportion and mixture, as well as acrylic resin pressing were made according to manufature's instructions. The acrylic resins were cured in heat water (74°C) for 9 hours, boiling water for 20 minutes or by microwave energy with 1100W for 10 minutes. The specimens were removed after flasks cooling at room temperature and submitted to polishing by conventional procedure. Subsequently, were submitted to: a) porousness test by specimens immersion into Nankin ink (Acrilex) for 12 hours, washed into running water for 10 seconds and thererafter the porous was counted and photographed in pre-determined areas; b) superficial roughness with Surfcoorder SE 1700; c) hardness with Shimadzu microdurometer with load of 25 grams by 10 seconds; d) impact strenght test with Charpy system in a Wolpert machine. The results submitted to ANOVA and Tukey's test showed that: 1 – porosity: the best porosity was promoted by Onda-Cryl in the immediate post-pressing time, and the QC-20 in the 24 hours one. When the post-pressing time was compared, all acrylic resins showed statistical significative difference. 2 – roughness: no statistical significative difference was observed among materials when the post-pressing time was considered. When the post-pressing time was unfocused, only Clássico acrylic resin showed values with statistical significative

difference. 3 – hardness: in the immediate post-pressing the best hardness was showed by the Onda-Cryl and the smallest by QC-20 both with statistical significative difference. In the 24 hours post-pressing, Onda-Cryl showed great hardness values with statistical significative difference when compared to QC-20. Clássico resin showed statistical similarity with both. When the post-pressing time compared, only Onda-Cryl do not presenting statistical significative difference. 4 – impact strength: no statistical significative difference was observed among resins in the immediate post-pressing. In the 24 hours post-pressing, the Clássico and Onda-Cryl resins do not showed statistical significative difference, however both were statistically diferent from the QC-20 resin with the smaller value. When the post-pressing time compared, only the QC-20 resin showed value with statistical significative difference.

# 1 INTRODUÇÃO

A resina acrílica termopolimerizável é o material mais comumente empregado para a confecção de bases de próteses totais e removíveis. Vários métodos de processamento de resinas acrílicas termopolimerizáveis foram 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).

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

Por outro lado, SPENCER & GARIAEFF (1949) relataram que apesar da existência de vantagens, como fácil manipulação e reparo, menor permeabilidade aos fluidos bucais e estabilidade de cor, melhor condutibilidade térmica, eles descartaram a hipótese da resina acrílica ser considerada um material ideal.

Tradicionalmente, as resinas acrílicas têm sido prensadas na fase plástica em muflas metálicas, sendo então imersas em água e mantidas aquecidas por um período de tempo específico, para permitir a polimerização do monômero (HAYDEN, 1986).

Dentre os vários problemas resultantes deste processo estão a porosidade interna e de superfície, decorrentes da volatilização do monômero, da contração de polimerização e da indução de tensões, que podem produzir alterações dimensionais e/ou diminuição da resistência à fratura. (NEISSER *et al.*, 2001).

Assim, na tentativa de minimizar os problemas oriundos da técnica convencional, os pesquisadores buscaram introduzir novos procedimentos técnicos (PEYTON, 1950;

PEYTON & ANTHONY, 1963), utilizados para melhorar as características mecânicas da resina acrílica quando polimerizadas no ciclo convencional (HARMAN, 1949), surgindo os processamentos por energia de microondas (NISHII, 1968), calor seco (GAY & KING, 1979), luz visível (TAKAMATA *et al.*, 1989) e água fervente por 20 minutos (POLYZOIS *et al.*, 1987).

Entretanto, todas as técnicas propostas exigem cuidados laboratoriais necessários para o correto processamento do material, como o tempo pós-prensagem, controle da temperatura e ciclo de polimerização adequado.

De acordo com CRAIG (1996), o processo de rápida polimerização foi possível pela mistura de agentes polimerizantes químico e térmico na formulação do material. Embora a polimerização fosse mais rápida, a base não seria comprometida pela porosidade e distorção, decorrentes da prematura evaporação do monômero e da rápida contração de polimerização (AL DOORI *et al.*, 1988; DIXON *et al.*, 1992).

Com as novas técnicas de processamento, 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), obtendo bases de próteses semelhantes as do método tradicional (SALIM *et al.*, 1992), visto que a temperatura eleva-se rapidamente dentro da resina acrílica, atingindo simultânea e uniformemente a resina e o gesso com aquecimento semelhante da base da resina e molde de gesso (NISHII, 1968).

TANJI *et al.* (2000) mostraram que a resistência ao impacto não sofria influência dos tipos de resina acrílica, enquanto MESQUITA *et al.* (1996) relataram que a dureza apresentava superioridade estatística quando o polimento era convencional. A literatura mostra também que os valores de dureza e de resistência ao impacto não eram afetados

pelos ciclos de polimerização (TRUONG & THOMAZ, 1988); bem como em relação à porosidade, embora a maior rugosidade fosse apresentada pela resina Clássico polimerizada no microondas (TANJI *et al.*, 2001). Por outro lado, a magnitude da dureza é inversamente proporcional à quantidade de monômero residual (JAGGER, 1978). Trabalho recente mostrou que os ciclos de polimerização não influenciaram os valores de resistência ao impacto das resinas acrílicas, com exceção do material Onda-Cryl (TANJI *et al.*, 2002). Entretanto, BORGES *et al.* (2001) verificaram que o menor valor de dureza era obtido pelo método convencional, enquanto a rugosidade e a porosidade sofriam influência do tempo pós-prensagem, em diferentes ciclos de polimerização. Outro dado interessante foi o fato que os ciclos de duração longos não produziam porosidade, em função do volume da massa de resina acrílica (KIMPARA *et al.*, 1999), embora a porosidade fosse dependente da taxa de polimerização e da eficiência da dissipação do calor de polimerização (JEROLIMOV *et al.*, 1989).

Embora KIMPARA & MUENCH (1996) tenham verificado que a polimerização imediata ou 24 horas após a prensagem da resina acrílica não influenciava na magnitude da alteração dimensional da base da prótese, pesquisa mais recente mostrou que a alteração dimensional da base de prótese total sofria efeito do tempo pós-prensagem, onde os tempos imediato-6 horas e 12-24 horas não mostraram diferenças significantes entre si; entretanto, a comparação entre os 2 grupos mostrou diferença estatística significativa (CONSANI *et al.*, 2001).

Com base nessas considerações, seria conveniente verificar a importância do tempo pós-prensagem das resinas acrílicas sobre as variáveis porosidade, rugosidade, dureza de superfície e resistência ao impacto.



## 2 REVISÃO DA LITERATURA

**SPENCER & GARIAEFF**, em 1949, realizaram um estudo comparativo entre características da resina acrílica e da borracha vulcanizada (Vulcanite) para a confecção de base de próteses. Verificaram que a resina acrílica apresentava melhores 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 bucais e, menor gravidade específica. Os autores relataram que os plásticos quando processados de forma adequada apresentavam vantagens sobre a vulcanite.

**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 as muflas terem atingido a temperatura ambiente, a pressão foi liberada e as amostras foram removidas e medidas imediatamente. Em seguida, as amostras foram divididas em 2 grupos, pesadas, e uma parte armazenada em água destilada a 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 a 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 da água, do molde ou da prensagem, mas da temperatura no interior da resina durante a polimerização. Embora muitas das amostras tivessem 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 concluíram que as amostras que permaneceram à 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.

**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 a seco produziram bases tão satisfatórias quanto o método em 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, verificaram 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 decrescente, e o polimento num torno de bancada com roda de feltro e alúmina. 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 foi realizada 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 os 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 eficiente 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 à 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, analisaram 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 a 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 à qual se deve a perda de calor e a diferença de espessura do material.

**PEYTON & ANTHONY**, em 1963, estudaram a evolução do processamento de dentaduras por diferentes técnicas. Foram utilizados quatro tipos de resinas acrílicas quimicamente ativadas; sete resinas termopolimerizáveis; e três resinas por injeção. 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 ao deslocamento 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 às resinas polimerizadas em banho de água, e que reduzindo a energia da alta frequência obtinha-se resina livre de porosidade.

De acordo com **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 próteses 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 fluída; 2) fase fibrilar ou pegajosa; 3) fase plástica ou de trabalho; 4) fase borrachóide ou elástica. A resina acrílica contém, frequentemente, peróxido de benzoila, 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 da prótese, 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 prótese 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.

**VON FRAUNHOFER & SUCHATLAMPONG**, em 1975, verificaram 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 às amostras ativadas quimicamente, notando que essa diferença se manteve após armazenagem em água. 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.

**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 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.

**Mc CABE & BASKER**, em 1976, analisaram por meio da cromatografia gasosa 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: Stellon (termopolimerizável) e De Trey (autopolimerizável). A 1ª resina submeteu-se 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 a dureza estabelece relação inversamente proporcional com a quantidade residual de monômero e que o ciclo de polimerização não tem efeito sobre a dissolução do polímero no monômero, sendo praticamente impossível que a proporção matriz/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 sorção de água.

**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 termoeletricos 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 água aquecida, existe um determinado período de tempo para que o centro da massa de resina consiga atingir a mesma temperatura da água. Não foi encontrada porosidade para esse tipo de resina, polimerizada a 70°C, embora quando processada a

100°C, foi observada porosidade quando a temperatura exotérmica atingiu 136°C, ultrapassando dessa forma, o ponto de ebulição do monômero, acarretando a evaporação do monômero residual existente imediatamente após a prensagem do material. Tanto para as resinas termo e autopolimerizáveis, houve densidade de 1,19 e 1,18 e; contração dimensional de 0,53 e 0,26%.

**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 à polimerização de 9 horas a 75°C; com relação à polimerização da resina acrílica, os moldes de gesso pedra podem ser utilizados apenas uma vez para se obter resultados satisfatórios.

**AUSTIN & BASKER**, em 1980, descreveram um método para a estimação da quantidade de monômero residual e posterior verificação de sua precisão; estudaram o efeito do procedimento 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 à 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 que: a mistura monômero-polímero atinge a fase plástica em 15-20 minutos à temperatura ambiente, sendo que esse tempo de polimerização 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 à 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.

**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 às 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; à 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 sorção de água é a responsável pela deteriorização das propriedades físicas das resinas acrílicas.

**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.

**REITZ** *et al.*, em 1985, investigaram as propriedades físicas da resina termopolimerizável convencional polimerizada pelos ciclos: 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 2,4x1,9 mm contados com aumento de 20 vezes. A presença de porosidade foi observada seccionando ao centro às

amostras mais espessas. Os autores concluíram que não houve diferenças em relação à dureza e 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 formação de poros pode estar relacionada à intensidade da potência usada nos aparelhos de microondas e pode ser reduzida, aumentando o tempo e abaixando a intensidade de potência durante a polimerização através da utilização do microondas.

**ULUSOY *et al.***, em 1986, selecionaram um método de polimento que pudesse fornecer uma superfície mais lisa em relação às 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. Ensaio 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 pedrapomes e escova macia com pó de giz.

**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) em 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 aquecida a 163°F por 9 horas (ciclo longo); 2) em água aquecida 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 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.

**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.

**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. Na utilização da energia de microondas, a temperatura de polimerização deve ser rigorosamente controlada no aquecimento, onde maior potência no aparelho pode acarretar aumento na porosidade. 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 em 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 marcas de resina acrílica, sendo uma formulada especialmente para microondas, e; então polimerizadas por meio de três técnicas: 1) em 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 às demais, devido à diferença de composição destas resinas, apresentando em sua formulação monômeros de metil e etil metacrilato.

**POLYZOIS *et al.***, em 1987, realizaram estudo comparativo da estabilidade dimensional de resinas processadas em ciclos de polimerização rápido e convencional. As próteses totais foram preparadas pela técnica convencional de inclusão e processadas de acordo com as instruções dos fabricantes. A estabilidade dimensional foi medida em quatro

distâncias na base e três nos dentes, antes da inclusão, após o processamento, após a desinclusão e após a armazenagem em água destilada à temperatura ambiente, por uma semana. Os autores concluíram que todas as próteses totais contraíram. As contrações lineares das distâncias na base e entre dentes foram menores que 1% e as alterações obtidas nas distâncias borda a borda e molar molar foram menores que 0,5 mm e 0,2 mm. A prótese total processada no ciclo rápido com água em ebulição apresentou menor distorção na área mediana palatina que a confeccionada pela técnica convencional.

**TRUONG & THOMAZ**, em 1988, investigaram as propriedades físicas das resinas acrílicas polimerizadas por dois ciclos: microondas e convencional em água. Foram confeccionadas com 4 tipos diferentes de resinas, amostras com dimensões específicas para ensaios de resistência transversal, dureza Knoop, sorpção 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 minuto 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 demais 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.

**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 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. As vantagens da polimerização em microondas em relação ao método de polimerização em água aquecida, seriam limpeza posterior ao processamento e fácil manejo do equipamento.



**JEROLIMOV** *et al.*, em 1989, avaliaram os efeitos dos ciclos de polimerização (rápido e longo), em relação às 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.

**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 bem como, a temperatura de polimerização que deve ser rigorosamente controlada.

**TAKAMATA *et al.***, em 1989, compararam a precisão dimensional de próteses totais confeccionadas com resinas acrílicas termopolimerizáveis ativadas por luz visível e por energia de microondas. O desajuste foi determinado pela interposição de silicone para moldagem entre a base de resina e o modelo de gesso. Após polimerizada, a silicone foi removida do modelo e pesada em balança analítica. As medidas dimensionais da fenda foram feitas com microscópio comparador, nas posições envolvendo a fenda da borda posterior na linha média, nas laterais posteriores e nas cristas alveolares. Os autores concluíram que todos os grupos mostraram contração, mais evidente entre os rebordos vestibulares, na região palatina. A resina ativada por luz produziu adaptação com valores intermediários e a melhor adaptação foi verificada nas resinas polimerizada quimicamente e ativada por microondas.

**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) em 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 por meio 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 à 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, enquanto 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 medida 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 termoeletrico durante a polimerização à potência de 50 W. Durante a irradiação por microondas foi demonstrado que a utilização de um par termoeletrico 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, realizaram 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 espessuras, 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, por meio da utilização de um microscópio metalográfico Neophot-21. Os autores concluíram pelos resultados que, amostras polimerizadas em 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 diferença estatística significativa entre os ensaios de dureza e resistência transversal.

**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 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 no microscópio. Os autores concluíram 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, combinação tempo/potência, uso do micro-líquido especial bem como, a intensidade da potência utilizada nos aparelhos de microondas são fatores decisivos para obtenção de resina sem presença de porosidade.

**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 à resistência a 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 diferença estatística significativa.

**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, em água aquecida 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.

**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 àquelas polimerizadas com potência alta apresentaram menos porosidade bem como, àquelas 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.

**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.



**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 mostraram ter significância clínica.

**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 autor concluiu que bases 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 as aplicações 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 à 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 àqueles 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.

**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 em água aquecida, não ocorreram diferenças com relação aos ensaios de dureza, resistência transversal e deflexão, bem como os valores de sorpção 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.

**CURY *et al.***, em 1994, estudaram as propriedades 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.

**RODRIGUES GARCIA & DEL BEL CURY**, em 1996, estudaram 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. Os autores concluíram que a resina de microondas apresentou a menor média do número de poros.

**MESQUITA *et al.***, em 1996, investigaram o efeito do polimento químico sobre Dureza 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. Foi

realizado o ensaio de Dureza, com penetrômetro Durimet. 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 à ativada termicamente, houve diferença estatística entre os polimentos apenas no período de armazenagem de 1 dia, com superioridade para o polimento convencional.

**KIMPARA & MUENCH**, em 1996, realizaram um estudo com a finalidade de determinar a porosidade da resina acrílica em decorrência de variações na técnica de processamento e volume de resina acrílica. Foram confeccionados blocos de gesso para obtenção de peças com base de 2,0 X 2,0 cm e espessura de 0,5; 1,0 e 2,0 cm e também um cubo de 3,0 cm de aresta. 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. A polimerização foi realizada pelo ciclo clássico de 3 horas. Os resultados permitiram concluir que: a) maior tempo de espera após a prensagem para a polimerização diminui a porosidade; devido ao fato da maior espera permitir que o monômero se difunda melhor no interior do polímero; b) a fase borrachóide tende a diminuir a porosidade; c) na polimerização imediata, houve isenção de poros em até 1,0 cm de espessura e após 24 horas, em até 2,0 cm.

**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 taxa de polimerização mais rápida, em 20 minutos, sem porosidade e distorção, e sem comprometimento da adaptação e estabilidade das bases.

**SAMUEL *et al.***, em 1996, realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a porosidade das resinas acrílicas em função do tempo decorrido entre a inclusão e a polimerização. O material utilizado foi a resina acrílica Clássico proporcionado e manipulado de acordo com as recomendações dos fabricantes. Foram utilizados 20 placas de vidro com espessura de 2 a 3 mm como matrizes para obtenção de uniformidade e lisura superficial para a confecção dos corpos-de-prova. Após a prensagem da resina acrílica, os corpos-de-prova de cada grupo foram submetidos a um ciclo de polimerização por 90 minutos entre 65°C e 70°C e por 60 minutos a 100°C, segundo os intervalos de tempo, 15 minutos, 12 horas, 44 horas, 1 semana, 2 semanas. Os corpos-de-prova foram submetidos a avaliação da porosidade através da análise visual de 2 pesquisadores previamente calibrados para a contagem dos poros presentes em 4 cm<sup>2</sup> definidos igualmente em todos os corpos-de-prova e localizados centralmente às superfícies destes, e a segunda, através do teste de absorção de água de acordo com a especificação n.º 12 da A.D.A. Diante dos resultados pode-se concluir que o aumento do tempo decorrido entre a prensagem (fechamento da

mufla) e a polimerização não é um fator determinante da maior porosidade das resinas acrílicas termicamente ativadas. Apesar da constatação de que o monômero permanece volatizando durante o espaço de tempo em que a mufla foi armazenada, esta volatilização não é suficiente para causar porosidades constatáveis visualmente ou através do ensaio de absorção de água durante o período de até 2 semanas. Os autores sugerem que realizada a prensagem, a polimerização pode ser executada após um intervalo de até 2 semanas sem riscos de causar porosidade na peça protética, desde que sejam observadas todas as recomendações e mantidos todos os cuidados requeridos por uma correta técnica de manipulação das resinas acrílicas.

Segundo **ANUSAVICE**, em 1998, uma prótese total pode ser definida como uma prótese dental removível utilizada com a intenção 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 termotivados 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 no poli-metilmetacrilato, com alguns reforços monoméricos para a formação de co-polímeros de ligação cruzada e 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 contribuísse 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.

**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 cm<sup>3</sup>, 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 à 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 amostras 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 3° e 4° 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.

**BORGES** *et al.*, em 2000, 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.

**TANJI *et al.***, em 2000, avaliaram a resistência ao impacto e a dureza de superfície em função das resinas acrílicas termopolimerizáveis Clássico, QC-20 e Onda-Cryl. Os padrões em cera medindo 65x10x3 mm, foram incluídos em muflas metálicas e de fibra de vidro. A proporção pó/líquido, manipulação e prensagem das resinas acrílicas foram realizadas de acordo com as instruções dos fabricantes. Após polimerização nos ciclos água aquecida a 74°C por 9 horas, água em ebulição por 20 minutos e energia por microondas, os corpos-de-prova foram removidos das muflas após esfriamento em temperatura ambiente e submetidos aos processos de acabamento e polimento convencionais. Em seguida, foram submetidos aos ensaios de resistência ao impacto pelo sistema Charpy, numa máquina

Wolpert, com força de impacto de 40 Kpmc e de dureza de superfície num microdurômetro Shimadzu, com carga de 25g por 10 segundos. Os resultados submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey (5%) mostraram que a resistência ao impacto não sofreu influência das resinas, enquanto a dureza determinou valores com diferença estatística significativa.

**BORGES *et al.***, em 2001, analisaram o efeito do tempo pós-prensagem sobre a rugosidade, dureza superficial e porosidade da resina acrílica QC-20, em diferentes ciclos de polimerização. Para a confecção dos 81 corpos-de-prova foram utilizadas matrizes circulares de silicone de condensação (Zetaplus-Zhemack) medindo 30 mm de diâmetro e 5 mm de espessura, obtidas através de um modelo padrão. As matrizes foram incluídas em muflas metálicas (DCL nº 5,5) e muflas com reforço de fibra de vidro (GC), próprias para utilização em forno de microondas. Após a presa do gesso as muflas foram abertas, as matrizes retiradas, e o molde examinado quanto à qualidade de reprodução. A proporção pó/líquido, e a prensagem da resina acrílica foram feitas de acordo com as instruções do fabricante. As muflas foram deixadas na prensa de bancada por 30 minutos, 12 horas e 24 horas antes da polimerização que foi realizada nos ciclos de água aquecida a 74°C por 9 horas; água em ebulição; e, por energia de microondas. Após o resfriamento em temperatura ambiente, os corpos-de-prova foram submetidos aos processos de acabamento e polimento em politriz (Arotec). Posteriormente, os corpos-de-prova foram submetidos aos testes de rugosidade superficial média, através do rugosímetro Surfscorder SE 1700 (Kosaka Industry – Japão); dureza superficial em um microdurômetro Shimadzu (mod. 2000); e, porosidade superficial, através da imersão dos corpos-de-prova em tinta Nankin (trident) por 8 horas, e

posteriormente contados em área determinada. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, e ao teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Concluiu-se que não houve diferença significativa entre as médias obtidas pelos métodos para as variáveis rugosidade e porosidade. Para a variável dureza superficial, houve diferença significativa entre o método convencional e os outros dois métodos, mostrando que o método convencional apresentou menor dureza em relação aos demais.

**CONSANI *et al.***, em 2001, realizaram um estudo com a finalidade de verificar a adaptação das bases de próteses totais superiores, confeccionadas com resina acrílica termicamente ativada Clássico, sob a influência das variáveis prensagem e polimerização. Foram confeccionados 40 modelos em gesso pedra, e os conjuntos modelo-base de cera foram divididos em 4 grupos de 10 elementos e incluídos em muflas pela técnica de rotina, recebendo tratamentos: Grupo 1- prensagem da resina e polimerização imediata em água aquecida a 74°C por 9 horas; Grupo 2- prensagem da resina acrílica e polimerização após 6 horas, em água aquecida a 74°C por 9 horas; Grupo 3- prensagem da resina acrílica, utilização do dispositivo RS de contensão e polimerização imediata em água aquecida a 74°C por 9 horas; Grupo 4- prensagem da resina acrílica, utilização do dispositivo RS de contensão e polimerização após 6 horas, em banho de água aquecida a 74°C por 9 horas. As bases de resina foram fixadas nos modelos com adesivo. Foram efetuados 3 cortes transversais, correspondentes à distal dos caninos (A), mesial dos primeiros molares (B) e região palatina posterior (C). O desajuste foi verificado com microscópio comparador (Leitz), em 5 pontos referenciais para cada corte. Os dados foram submetidos à análise estatística e ao teste de Tukey (5%). O dispositivo RS de contensão produziu níveis médios de adaptação (0,168 mm) com diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) quando comparado

com a prensagem convencional (0,215 mm), independente dos demais fatores. O dispositivo RS de contensão produziu níveis médios de adaptação (imediata = 0,173 e 6 horas = 0,216 mm). No fator corte, o dispositivo RS de contensão produziu valores (A = 0,140 mm, B = 0,183 mm e C = 0,256 mm) com diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) quando comparado com a prensagem convencional (A = 0,151 mm, B = 0,207 mm, C = 0,286 mm). Dentro do fator corte, a polimerização imediata produziu valores (A = 0,140 mm, B = 0,183 mm e C = 0,256 mm) sem diferença estatística significativa ( $p > 0,05$ ) quando comparada com a após 6 horas (A = 0,193 mm, B = 0,187 mm e C = 0,244 mm). Independente dos demais fatores, os cortes (A = 0,140 mm, B = 0,185 mm e C = 0,250 mm) foram diferentes estatisticamente entre si ( $p < 0,05$ ).

**TANJI *et al.***, em 2001, avaliaram a porosidade e a rugosidade de superfície em função das resinas acrílicas termopolimerizáveis Clássico, QC-20 e Onda-Cryl. Os padrões em cera, medindo 65x10x3 mm, foram incluídos em muflas metálicas e de fibra de vidro. A proporção pó/líquido, manipulação e prensagem das resinas acrílicas foram realizadas de acordo com as instruções dos fabricantes. Após polimerização nos ciclos água aquecida a 74°C por 9 horas, água em ebulição por 20 minutos e energia por microondas, os corpos-de-prova foram removidos das muflas após esfriamento em temperatura ambiente e submetidos aos processos de acabamento e polimento convencionais. Em seguida, foram submetidos à análise de porosidade em lupa estereoscópica Carl Zeiss e ao teste de rugosidade de superfície num perfilômetro Surfcometer SE 1700. Os resultados submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey (5%) mostraram que a maior porosidade ocorreu na resina para microondas, com valores estatisticamente significantes quando comparado com a menor

média obtida pela resina convencional, enquanto a resina para ciclo rápido ficou com valores intermediários, sem diferir estatisticamente da convencional e para microondas. A resina para microondas mostrou a menor rugosidade, estatisticamente diferente das demais, as quais não diferiram entre si.

**NEISSER *et al.***, em 2001, avaliaram a resistência ao impacto e dureza de resinas acrílicas termicamente ativadas para base de prótese total, quando polimerizadas em água aquecida e por energia de microondas. Foram confeccionados 5 corpos-de-prova retangulares de cada condição utilizando as resinas Clássico e Lucitone com diferentes ciclos de polimerização, QC-20 e Acron. Os resultados mostraram que a resina Acron apresentou os maiores valores de resistência ao impacto e a resina QC-20, os menores. As resinas Lucitone e Acron apresentaram os maiores valores de dureza Knoop e a QC-20, os menores e a resina Acron apresentou os melhores resultados frente às propriedades físicas estudadas e a resina QC-20, os piores.

**TANJI *et al.***, em 2002, estudaram a influência de ciclos de polimerização sobre a resistência ao impacto das resinas acrílicas Clássico e Onda-Cryl. Os padrões em cera, medindo 65x10x3 mm, foram incluídos em muflas metálicas e de fibra de vidro. A proporção pó/líquido, manipulação e prensagem das resinas acrílicas foram realizadas de acordo com as instruções do fabricante. Após polimerização nos ciclos água aquecida a 74°C por 9 horas, água em ebulição por 20 minutos e energia por microondas, os corpos-de-prova foram removidos das muflas após esfriamento em temperatura ambiente e submetidos

aos processos de acabamento e polimento convencionais. Em seguida foram submetidos à análise de resistência ao impacto numa máquina Otto Wolpert Werke (Charpy) com carga de 40 kg/cm<sup>2</sup>. Os resultados submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey (5%) mostraram que: a) não houve diferenças estatísticas significativas nos valores de resistência ao impacto em relação aos materiais, independente dos demais fatores (Clássico=8,38 e Onda-Cryl=8,58), assim como em relação à interação ciclos e materiais convencional (Clássico=8,73 e Onda-Cryl=8,58); rápido (Clássico=8,14 e Onda-Cryl=7,40); microondas (Clássico=9,77 e Onda-Cryl= 8,28). c) não houve diferenças estatísticas nos valores de resistência ao impacto em relação aos ciclos (convencional=8,73, rápido=8,14 e microondas=8,28), independente dos demais fatores. d) não houve diferenças estatísticas na interação materiais e ciclos: Clássico (água aquecida=8,73, água fervente=8,14 e energia de microondas=8,28) e Onda-Cryl (água aquecida=8,58, água fervente=7,40 e energia de microondas=9,77). Os autores concluíram que os ciclos de polimerização não influenciaram nos valores de resistência ao impacto das resinas acrílicas, com exceção no material Onda-Cryl.

### **3 PROPOSIÇÃO**

Considerando que os diversos sistemas utilizados para polimerização das resinas acrílicas podem interferir nas propriedades mecânicas, o propósito deste trabalho foi verificar a influência do tempo pós-prensagem imediato e 24 horas, sobre as resinas acrílicas comercialmente conhecidas como: Clássico (Convencional), QC-20 (formulada para Ciclo Rápido) e Onda-Cryl (formulada para Microondas), nas variáveis:

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



## 4 MATERIAIS E MÉTODO

### 4.1 MATERIAIS

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

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

Nome Comercial	Composição Básica*	Fabricante
Clássico <sup>®</sup>	Pó: poli-metil metacrilato Líquido: metil metacrilato	Artigos Odontológicos Clássico Ltda.
QC-20 <sup>®</sup>	Pó: co-polímero de metil/n butil metacrilato, peróxido de benzoíla e corantes minerais. Líquido: metil metacrilato, etileno-glicol, dimeta – crilato, hidroquinona, terpinolene, e n,n-di – metil p-toluídina.	Dentsply/De Trey Ind. e Com. Ltda.
Onda-Cryl <sup>®</sup>	Pó: co-polímero de MMA e EA, DPB e peróxido de benzoíla. Líquido: monômero de MMA, topanol, etileno-glicol dimetacrilato.	Artigos Odontológicos Clássico Ltda.

\* Informação do fabricante.

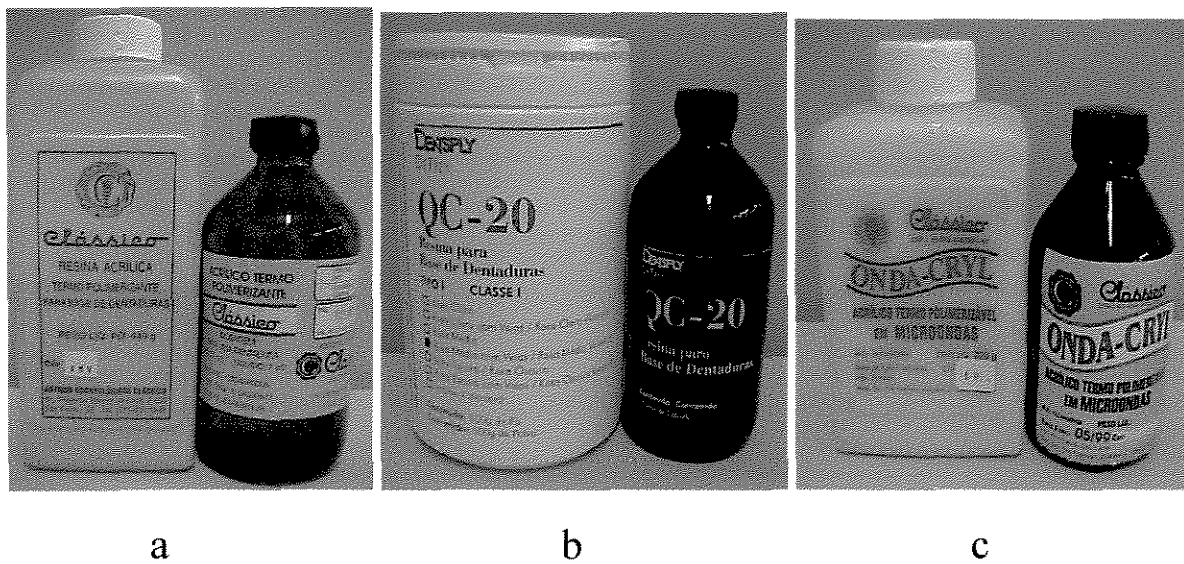


Figura 1 – Resina acrílica: Clássico (a); QC-20 (b) e Onda-Cryl (c)

## 4.2 MÉTODO

### 4.2.1 CONFECÇÃO DAS MATRIZES

Foram confeccionadas três matrizes 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; BORGES *et al.*, 2000; TANJI *et al.*, 2000).

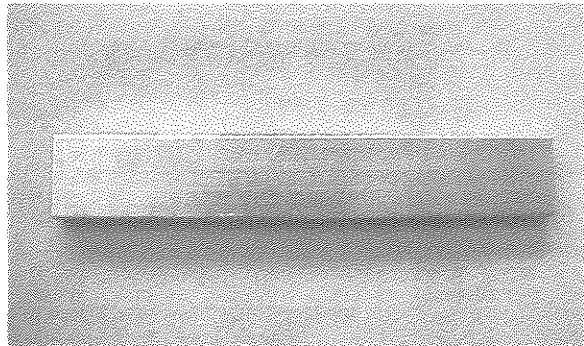


Figura 2- Matriz retangular de alumínio

## 4.2.2 CONFEÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA

### 4.2.2.1 MOLDAGEM DAS MATRIZES

As matrizes foram fixadas num dispositivo de madeira (Figura 3), semelhante ao usado por BORGES *et al.* (2000), com adesivo instantâneo (Super Bonder, Loctite) antes de serem moldadas com silicone por condensação para uso laboratorial Zetalabor (Labordental Ltda.), proporcionada e manipulada de acordo com as recomendações do fabricante.

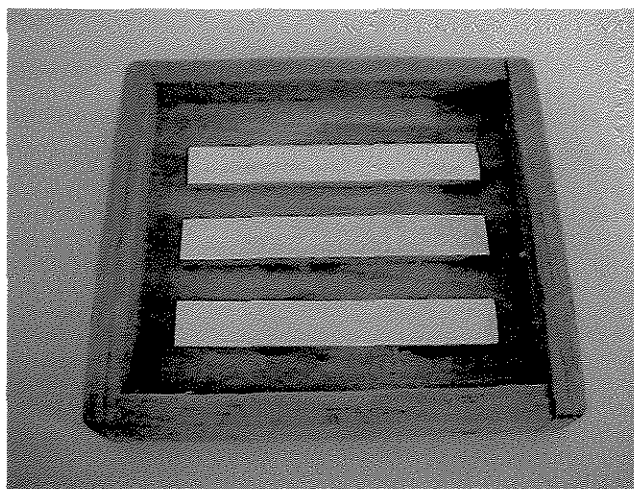


Figura 3 – Dispositivo de madeira com as matrizes metálicas

#### **4.2.2.2 INCLUSÃO DOS MOLDES DE SILICONA**

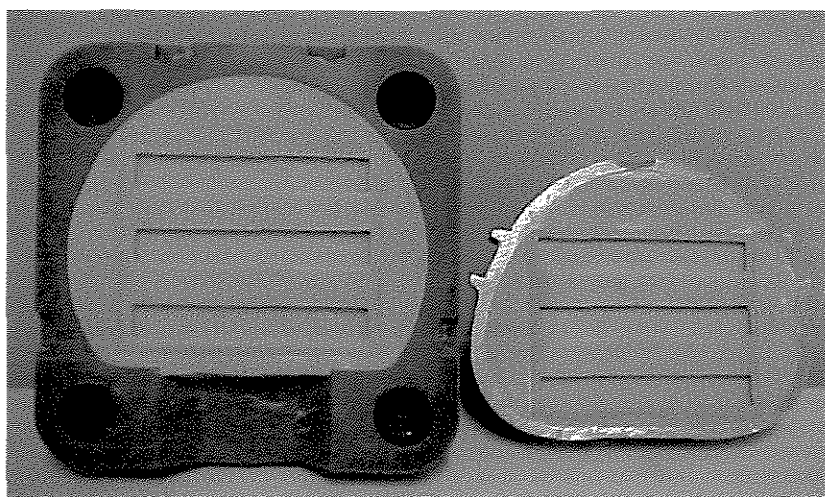
A parte inferior das muflas metálicas DCL nº 5,5 (Dentária Campinas Ltda; Campinas, SP) e de fibra de vidro GC (Artigos Odontológicos Clássico Ltda; São Paulo, SP) foram isoladas com vaselina em pasta (Sidepal) e devidamente preenchidas com gesso tipo III (Herodent), proporcionado na relação 300 g de pó/90 mL de água e espatulado a vácuo por 30 segundos de acordo com as recomendações do fabricante, sob vibração obedecendo a Especificação nº 25 da A.D.A.

Com o gesso ainda fluido, os moldes de silicone contendo as 3 matrizes de alumínio foram inseridos em cada mufla (metálica e de fibra de vidro). Após a presa do gesso, o conjunto molde-matrizes e o gesso de inclusão foram isolados com Cel-Lac (S.S.WHITE Artigos Dentários Ltda; Rio de Janeiro, RJ).

Em seguida, foi feita a adaptação da contra-mufla, dentro da qual o gesso pedra (Herodent), proporcionado na relação 300 g de pó/90 mL de água e espatulado a vácuo por 30 segundos no espatulador mecânico (Metal Vander Metalúrgica Ltda; Piracicaba, SP) de acordo com as recomendações do fabricante foi vertido sob vibração.

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

Em seguida, as muflas foram abertas, as matrizes de alumínio retiradas e as condições do molde de silicone examinadas quanto às qualidades de reprodução das matrizes metálicas (Figura 4).



a

b

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

#### 4.2.2.3 PRENSAGEM DA RESINA ACRÍLICA

Após a remoção das matrizes metálicas 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 (Especificação nº 12 da A.D.A.). 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 60 corpos-de-prova, sendo 20 para cada tipo de resina acrílica, assim distribuídos:

GRUPO I – Polimerização imediata da resina Clássico: após a prensagem final as muflas foram colocadas nos grampos de pressão e levadas à termopolimerizadora automática Termotron (Modelo P100; Termotron Equipamentos; Piracicaba, SP) com água à temperatura ambiente, para o ciclo de polimerização de 74°C por 9 horas. Em seguida, foram esfriadas em água de polimerização até atingir a temperatura ambiente.

GRUPO II – Polimerização da resina Clássico após 24 horas da prensagem: idem ao GRUPO I e polimerização após descanso em bancada após 24 horas (Figura 5).

GRUPO III – Polimerização imediata da resina acrílica QC-20: após prensagem final as muflas foram fixadas nos grampos de pressão e colocadas em uma panela termostática

(Clock) contendo água em ebulição, por 20 minutos. Após esse período, as muflas foram removidas da água e esfriadas à temperatura ambiente.

GRUPO IV – Polimerização da resina acrílica QC-20 24 horas após a prensagem: idem ao GRUPO III e polimerização após descanso em bancada por 24 horas (Figura 5).

GRUPO V – Polimerização imediata por energia de microondas da resina acrílica Onda-Cryl: após prensagem 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 1100 watts, durante 10 minutos; na sequência 3 minutos a potência 40% (1ª fase), 4 minutos a potência 0% (2ª fase) e 3 minutos a potência 80% (3ª fase).

GRUPO VI – Polimerização após 24 horas da prensagem por energia de microondas da resina acrílica Onda-Cryl: idem ao GRUPO V e polimerização após descanso em bancada por 24 horas (Figura 6).

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



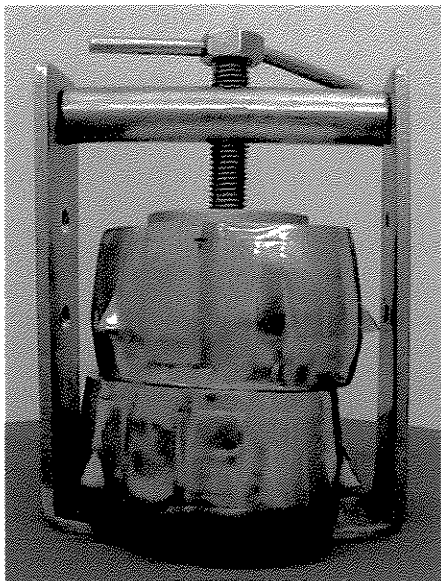


Figura 5 – Muflas metálicas no grampo

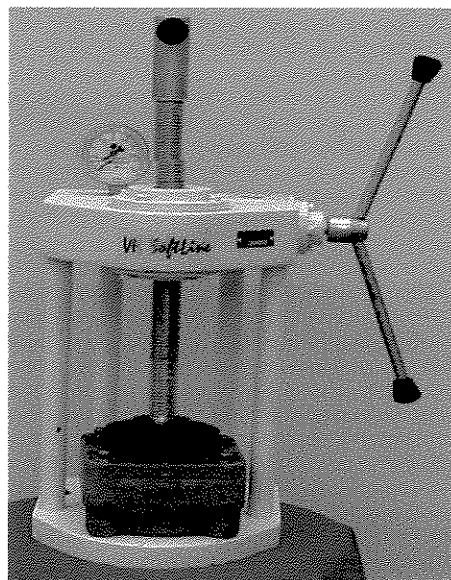


Figura 6 – Mufla de fibra de vidro na prensa hidráulica

#### 4.2.2.4 ACABAMENTO E POLIMENTO DOS CORPOS-DE-PROVA

Em seguida, 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 *et al.*, 1996; TANJI *et al.*, 2000).

O polimento foi realizado num torno de bancada (Nevoni) com escova branca nº 30, escova preta nº 29 e ponta de feltro, todas com pastas de pedra pomes (Herjos) e água. O polimento final do corpo-de-prova (Figura 7) foi realizado com roda de flanela e pasta de branco de espanha (K.Dent) e água (ULUSOY *et al.*, 1986).

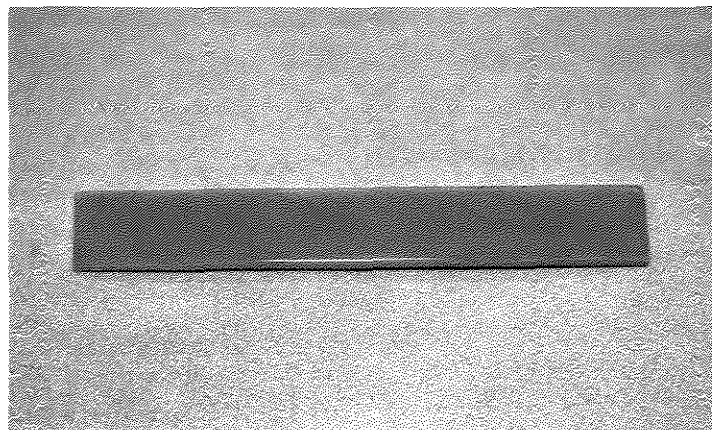


Figura 7 – Corpo-de-prova após o polimento

### 4.3 POROSIDADE

Os corpos-de-prova foram imersos em tinta Nankin (Acrilex) por 12 horas (TANJI *et al.*, 2001), lavados em água corrente por 10 segundos e secos com jatos de ar e papel absorvente.

As áreas para a contagem dos poros foram determinadas com um dispositivo metálico com as mesmas dimensões do corpo-de-prova, idealizado por BORGES *et al.* (2000), contendo 3 orifícios circulares de 0,5 cm de diâmetro, sendo um em cada uma das extremidades e um na parte central (Figura 9).



Figura 9 – Dispositivo metálico utilizado para limitar as áreas de contagem dos poros

A quantidade de poros contida nas áreas delimitadas pelo dispositivo metálico foi determinada com o auxílio de lupa estereoscópica Carl Zeiss (Figura 10), com aumento de 63 vezes. A imagem de um poro fotografado com filme Kodak Gold, ASA 100 está ilustrado na Figura 11.

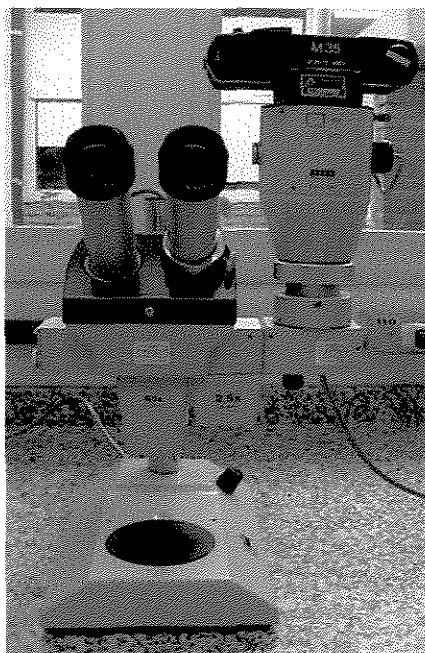


Figura 10 – Lupa estereoscópica (Carl Zeiss) utilizada no experimento para contagem de poros

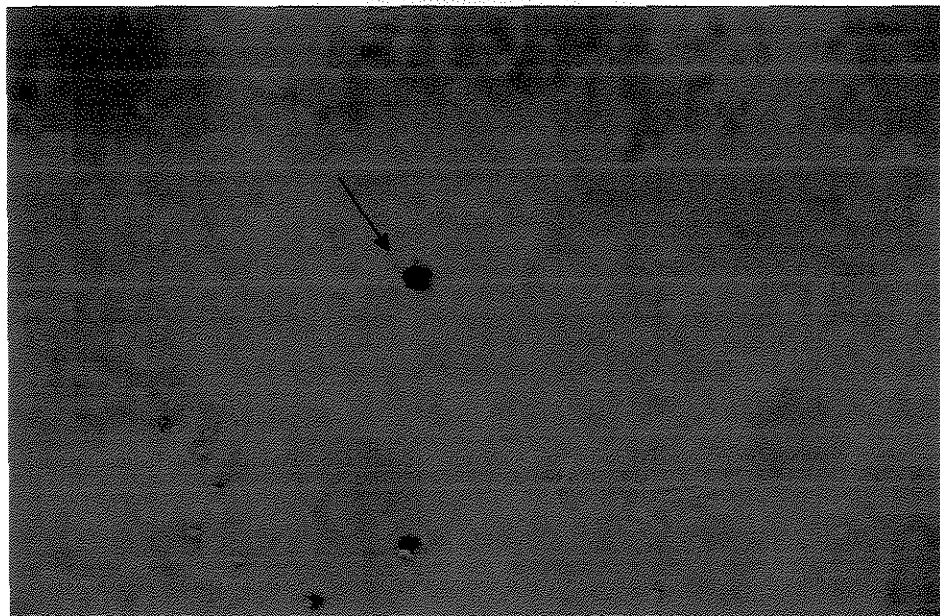


Figura 11 – Poro presente no corpo-de-prova (aumento de 63x)

#### 4.4 RUGOSIDADE

Os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de rugosidade superficial ( $R_a$ ), num rugosímetro Surfcomer, Modelo SE 1700 (Kosaka Industry Japan) (Figura 11). Para cada corpo-de-prova foram realizadas 3 leituras; transversais uma no centro e as demais nas extremidades, portanto, no sentido perpendicular ao do polimento (Figura 12).

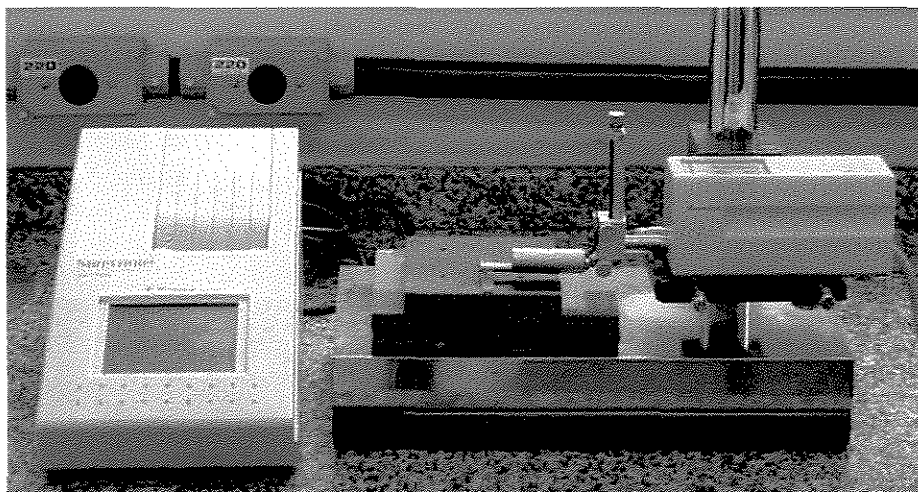


Figura 11 – Rugosímetro Surfcomer (Modelo SE 1700)

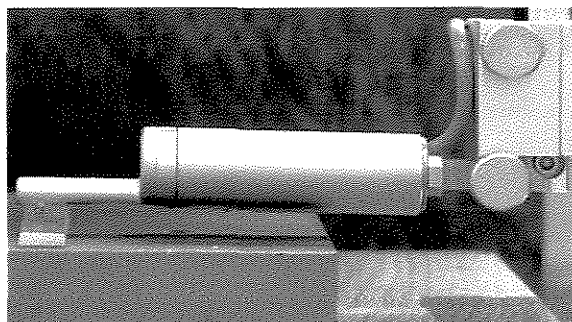


Figura 12 – Corpo-de-prova posicionado para leitura da rugosidade

#### 4.5 DUREZA DE SUPERFÍCIE

Os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de dureza Knoop num microdurômetro Shimadzu, Modelo HMV – 2000 (Figura 13), calibrado com carga de 25g por 10 segundos.

Cada corpo-de-prova foi submetido a 3 penetrações (Figura 14) em cada uma das 3 áreas de superfície (central e duas extremidades).

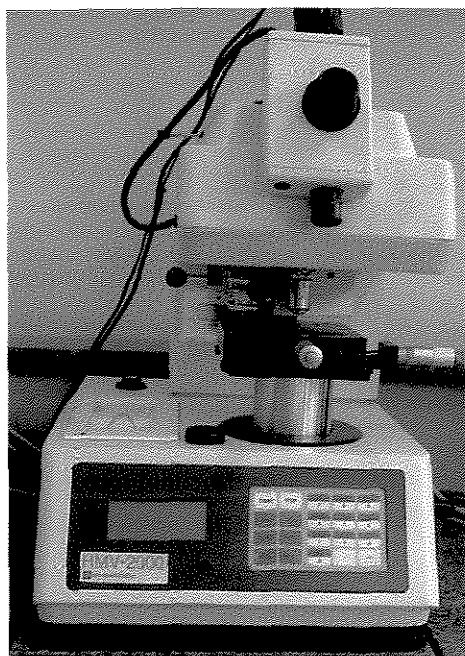


Figura 13 – Microdurômetro Shimadzu

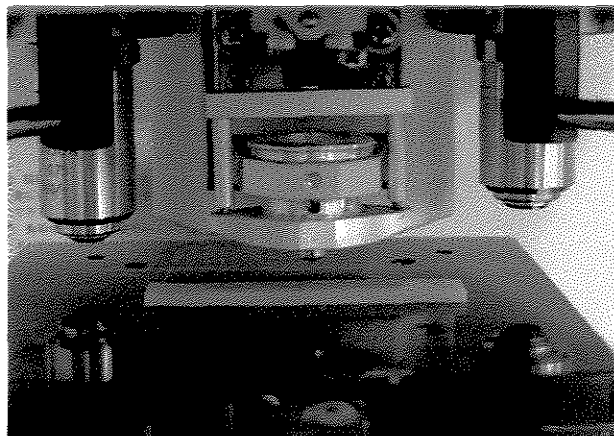


Figura 14 – Corpo-de-prova posicionado para leitura

## 4.6 RESISTÊNCIA AO IMPACTO

Os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de resistência ao impacto numa máquina Otto Wolpert Werke (Figura 15), usando o sistema Charpy (apoio nas extremidades e impacto na porção central).

A força de impacto para o teste foi de 40 kpcm, com o corpo-de-prova posicionado numa abertura de 40 mm entre os apoios. O valor do trabalho de impacto obtido no momento da fratura ( $T_i$ ) do corpo-de-prova foi transformado em resistência ao impacto ( $\text{kgf/cm}^2$ ), através da seguinte fórmula:

$$R_i = \frac{T_i}{l \cdot e}$$

$R_i$  = resistência ao impacto ( $\text{kgf/cm}^2$ ).

$T_i$  = trabalho de impacto realizado (kg).

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

$e$  = espessura do corpo-de-prova no seu centro.

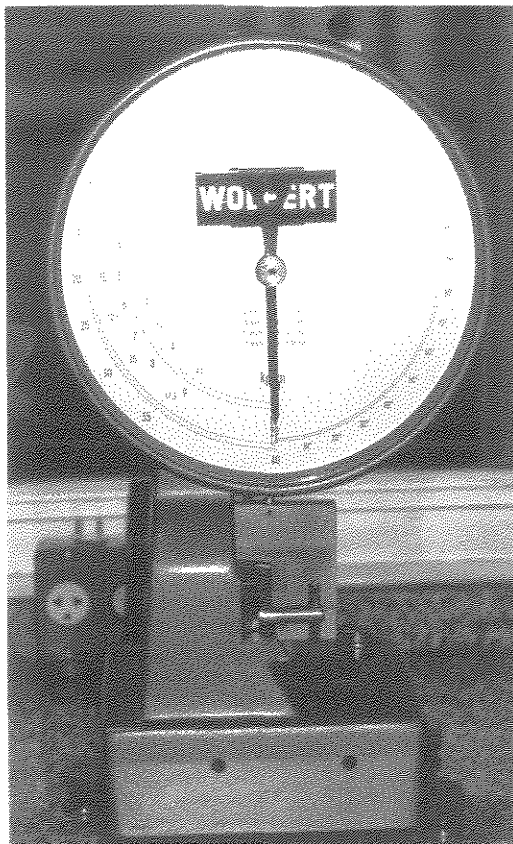


Figura 15 – Máquina de resistência ao impacto Wolpert

## 5 RESULTADOS

Os dados dos ensaios foram submetidos à análise de variância, sendo que as comparações de médias entre os 6 grupos foram feitas pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

Os resultados demonstraram que houve diferença estatisticamente significativa entre as resinas acrílicas nas variáveis porosidade, rugosidade, dureza e resistência ao impacto.

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

Quando foi considerado o número de poros em função do material, enfatizando o fator de tempo imediato, 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 apresentou média intermediária, não diferindo significativamente da Clássico e Onda-Cryl. (Tabela 2 e Figura 16).



Tabela 2 - Médias do número de poros em função do material, considerando o fator tempo imediato.

RESINAS ACRÍLICAS	MÉDIAS DE POROS	5%
CLÁSSICO	$1,13 \pm 0,35$	b
QC-20	$1,36 \pm 0,50$	ab
ONDA-CRYL	$2,22 \pm 1,14$	a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância.

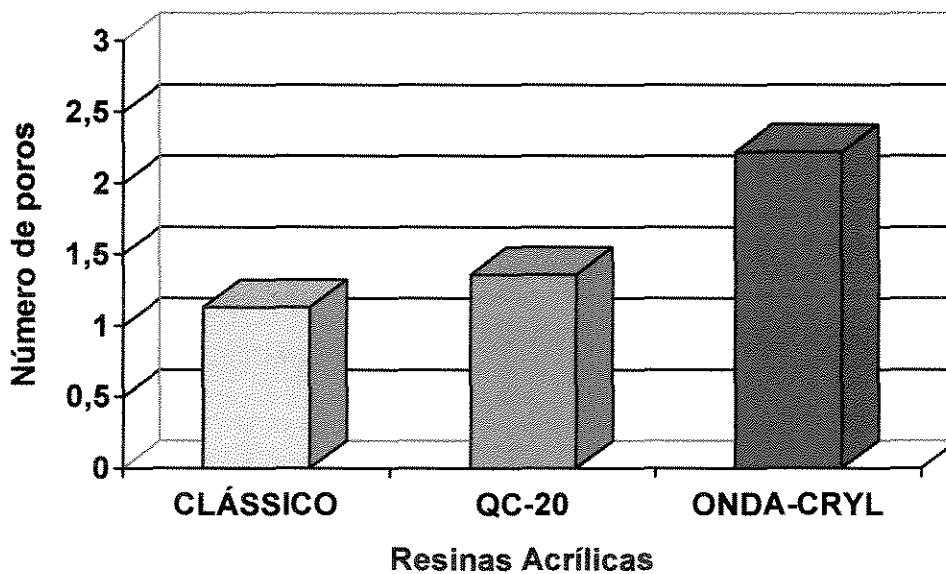


Figura 16 – Ilustração gráfica das médias do número de poros em função do material, considerando o fator tempo imediato.

Quando foi considerado o número de poros em função do material, enfatizando 24 horas do fator tempo (Tabela 3 e Figura 17), verificamos que a maior média foi obtida pela resina QC-20, com diferença estatística significativa quando comparada a menor média, obtida pelas resinas Clássico e Onda-Cryl.

Tabela 3 - Médias do número de poros em função do material, considerando 24 horas do fator tempo.

RESINAS ACRÍLICAS	MÉDIAS DE POROS	5%
CLÁSSICO	$0,46 \pm 0,28$	b
QC-20	$3,13 \pm 1,44$	a
ONDA-CRYL	$0,56 \pm 0,38$	b

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância.

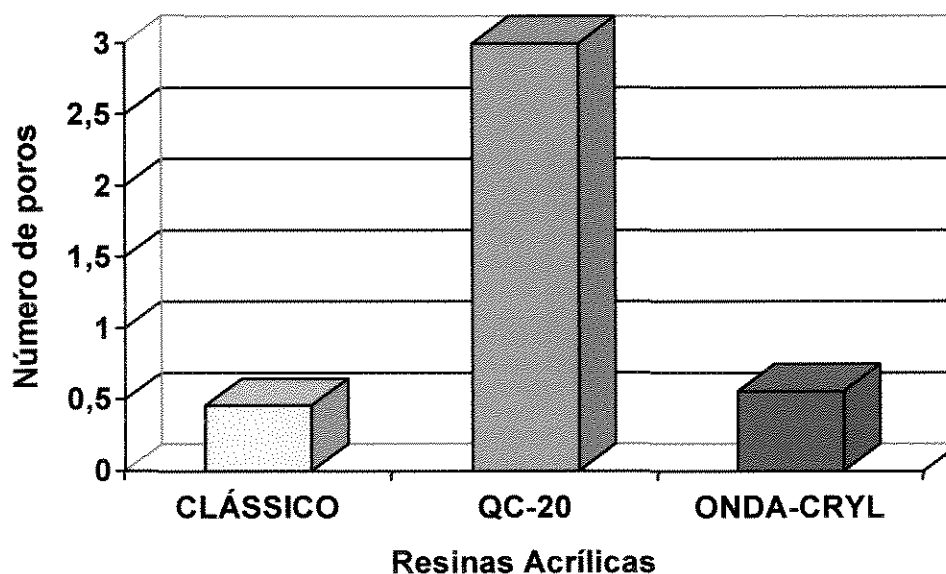


Figura 17 – Ilustração gráfica das médias do número de poros em função do material, considerando 24 horas do fator tempo.

Quando foi considerado o número de poros em função dos materiais em relação aos tempos imediato e 24 horas (Tabela 4 e Figura 18), houve diferença estatística significativa.

Tabela 4 - Médias do número de poros em função do tempo.

RESINAS ACRÍLICAS	TEMPOS	
	IMEDIATO	24 HORAS
CLÁSSICO	$1,13 \pm 0,35$ a	$0,46 \pm 0,28$ b
QC - 20	$1,36 \pm 0,50$ b	$3,13 \pm 1,44$ a
ONDA-CRYL	$2,22 \pm 1,14$ a	$0,56 \pm 0,38$ b

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância.

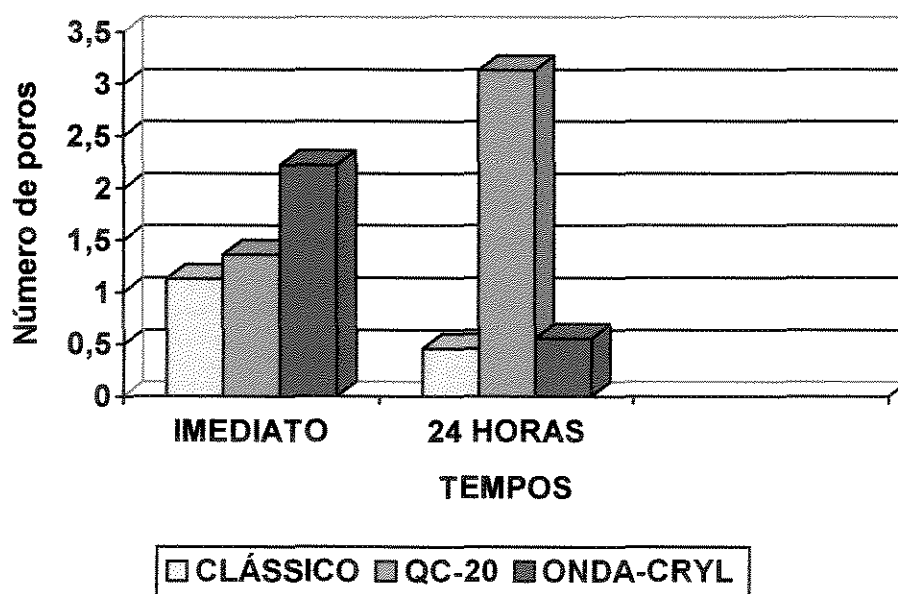


Figura 18 – Ilustração gráfica das médias do número de poros em função do tempo.

Para a variável rugosidade em função do material, considerando o fator tempo imediato (Tabela 5 e Figura 19), observa-se que não houve diferença estatística significativa em função do material, considerando o fator tempo imediato.

Tabela 5 – Médias dos valores de rugosidade ( $\mu\text{m}$ ) em função do material, considerando o fator tempo imediato.

RESINAS ACRÍLICAS	MÉDIAS DE RUGOSIDADE	5%
CLÁSSICO	$0,10 \pm 0,02$	a
QC-20	$0,12 \pm 0,02$	a
ONDA-CRYL	$0,08 \pm 0,01$	a

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância.

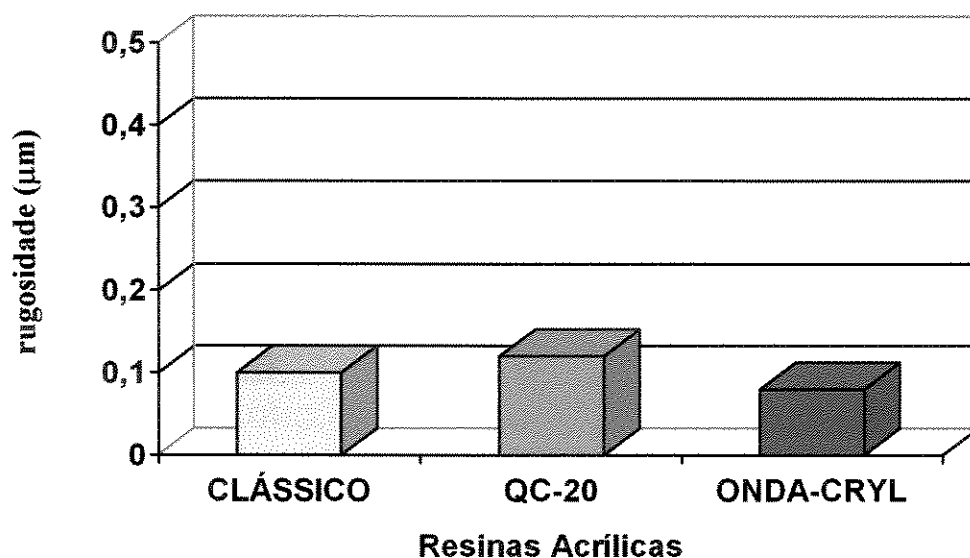


Figura 19 – Ilustração gráfica das médias dos valores de rugosidade ( $\mu\text{m}$ ) em função do material, considerando o fator tempo imediato.

Quando foi considerado os valores de rugosidade em função do material, considerando 24 horas do fator tempo (Tabela 6 e Figura 20), observa-se que não houve diferença estatística significativa.

Tabela 6 – Médias dos valores de rugosidade ( $\mu\text{m}$ ) em função do material, considerando 24 horas do fator tempo.

RESINAS ACRÍLICAS	MÉDIAS DE RUGOSIDADE	5%
CLÁSSICO	$0,06 \pm 0,02$	a
QC-20	$0,11 \pm 0,10$	a
ONDA-CRYL	$0,09 \pm 0,09$	a

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância.

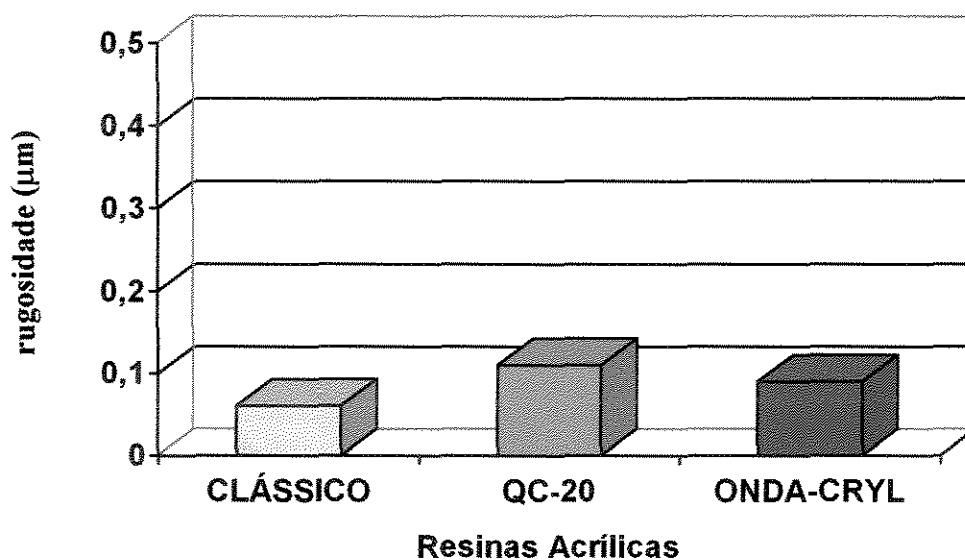


Figura 20 – Ilustração gráfica das médias dos valores de rugosidade ( $\mu\text{m}$ ) em função do material, considerando 24 horas do fator tempo.

Quando foi considerado os valores de rugosidade, houve diferença estatística significativa entre o material Clássico em relação aos tempos imediato e 24 horas; o mesmo não ocorreu para os demais materiais (Tabela 7 e Figura 21).

Tabela 7 - Médias dos valores de rugosidade ( $\mu\text{m}$ ) em função do tempo.

RESINAS ACRÍLICAS	TEMPOS	
	IMEDIATO	24 HORAS
CLÁSSICO	$0,10 \pm 0,02$ a	$0,06 \pm 0,02$ b
QC - 20	$0,12 \pm 0,02$ a	$0,11 \pm 0,10$ a
ONDA-CRYL	$0,08 \pm 0,01$ a	$0,09 \pm 0,07$ a

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância.

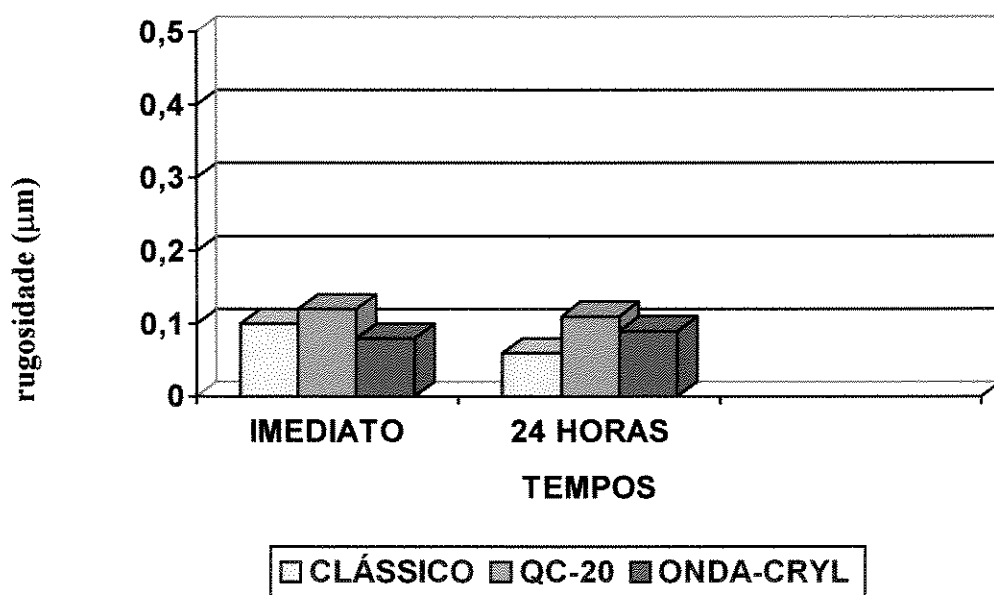


Figura 21 – Ilustração gráfica das médias dos valores de rugosidade ( $\mu\text{m}$ ) em função do tempo.

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 8 e Figura 22).

Tabela 8 – Médias dos valores de dureza knoop em função do material, considerando o fator tempo imediato.

RESINAS ACRÍLICAS	MÉDIAS DE DUREZA	5%
CLÁSSICO	14,64 ± 1,05	b
QC-20	11,11 ± 0,96	c
ONDA-CRYL	18,43 ± 1,12	a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância.

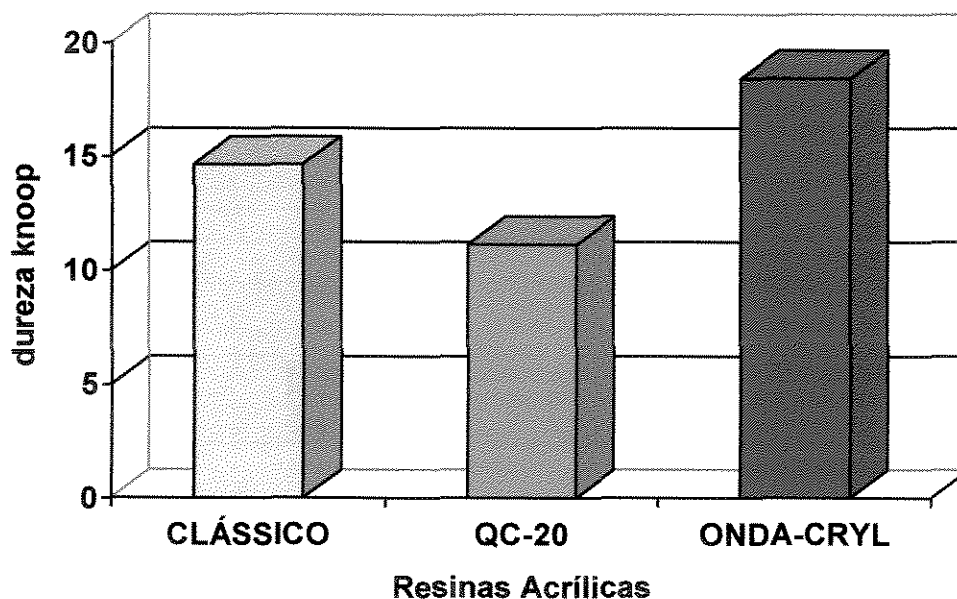


Figura 22 – Ilustração gráfica das médias dos valores de dureza knoop em função do material, considerando o fator tempo imediato.

Quando foi considerada os valores de dureza em função do material, considerando 24 horas do fator tempo (Tabela 9 e Figura 23), observa-se que a maior média de dureza foi obtida pela resina Onda-Cryl, significativamente maior que a menor média, obtida pela resina QC-20; a resina Clássico ficou com a média intermediária, não diferindo significativamente da Onda-Cryl e QC-20.

Tabela 9 – Médias dos valores de dureza knoop em função do material, considerando 24 horas do fator tempo.

RESINAS ACRÍLICAS	MÉDIAS DE DUREZA	5%
CLÁSSICO	$17,56 \pm 3,11$	ab
QC-20	$16,07 \pm 1,21$	b
ONDA-CRYL	$19,34 \pm 2,01$	a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância.

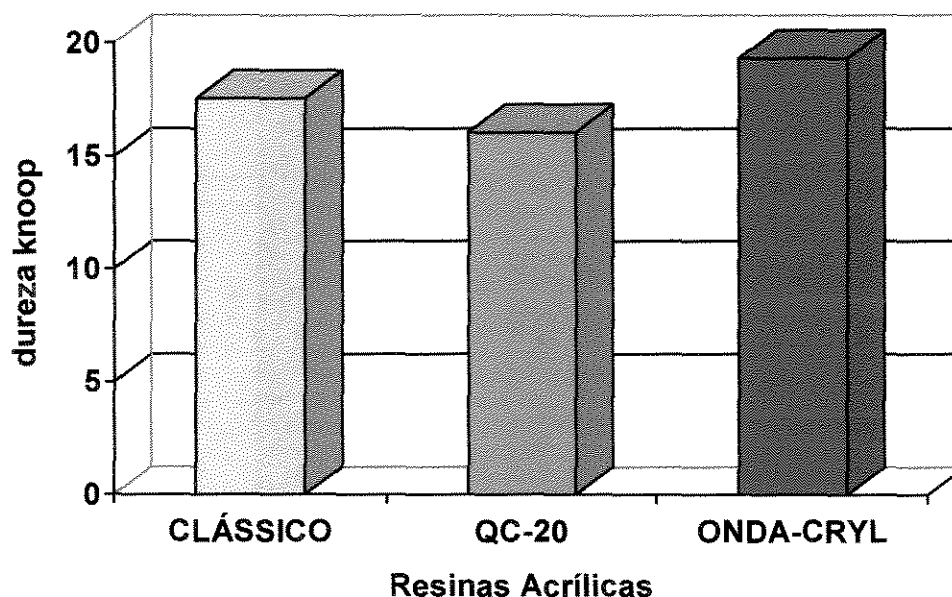


Figura 23 – Ilustração gráfica das médias dos valores de dureza knoop em função do material, considerando 24 horas do fator tempo.



Quando foi considerado os valores de dureza entre materiais dentro do fator tempo, houve diferença estatística significativa entre os materiais Clássico e QC-20. O material Onda-Cryl não apresentou diferença estatística significativa entre tempos. (Tabela 10 e Figura 24).

Tabela 10 - Médias dos valores de dureza knoop em função do tempo.

RESINAS ACRÍLICAS	TEMPOS	
	IMEDIATO	24 HORAS
CLÁSSICO	14,64 ± 1,05    b	17,56 ± 3,11    a
QC - 20	11,11 ± 0,96    b	16,07 ± 1,21    a
ONDA-CRYL	18,43 ± 1,12    a	19,34 ± 2,01    a

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância.

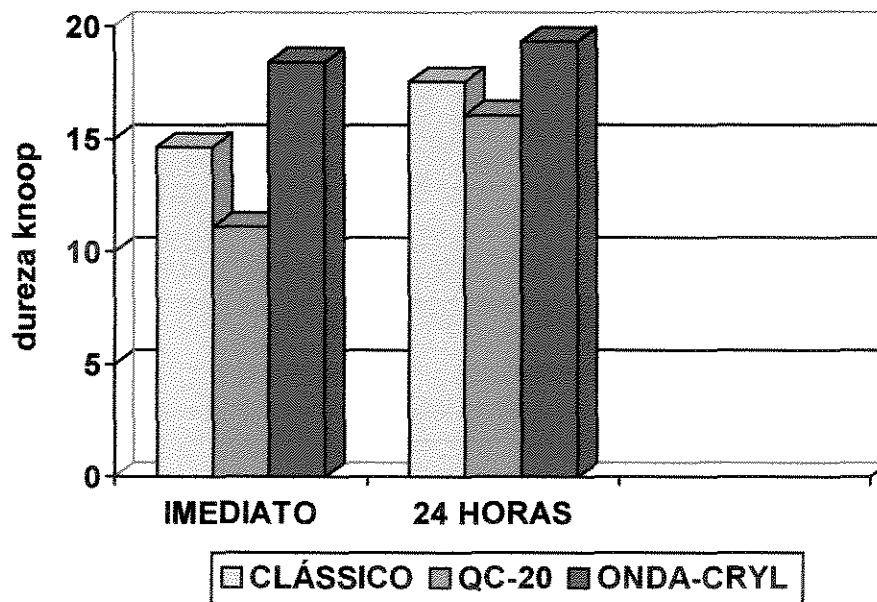


Figura 24 – Ilustração gráfica das médias dos valores de dureza knoop em função do tempo.

Para a variável resistência ao impacto em função do material, considerando o fator tempo imediato (Tabela 11 e Figura 25), observa-se que não houve diferença estatística significativa.

Tabela 11 – Médias dos valores de resistência ao impacto ( $\text{kgf/cm}^2$ ) em função do material, considerando o fator tempo imediato.

RESINAS ACRÍLICAS	MÉDIAS DE RESISTÊNCIA AO IMPACTO	5%
CLÁSSICO	$7,45 \pm 1,09$	a
QC-20	$8,12 \pm 0,66$	a
ONDA-CRYL	$8,06 \pm 1,19$	a

Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância.

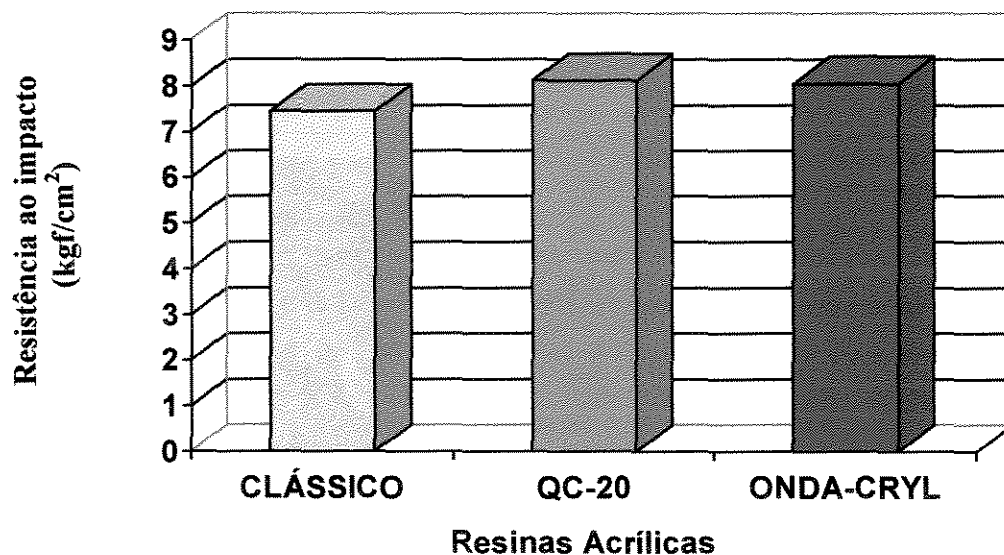


Figura 25 – Ilustração gráfica das médias dos valores de resistência ao impacto ( $\text{kgf/cm}^2$ ) em função do material, considerando o fator tempo imediato.

Quando foi considerada a variável resistência ao impacto em função do material, considerando 24 horas do fator tempo (Tabela 12 e Figura 26), a menor média foi obtida pela resina QC-20, com diferença estatística significativa quando comparada com as maiores médias, obtidas pelas resinas Clássico e Onda-Cryl, ambas sem diferença estatística entre si.

Tabela 12 – Médias dos valores de resistência ao impacto ( $\text{kgf/cm}^2$ ) em função do material, considerando 24 horas do fator tempo.

RESINAS ACRÍLICAS	MÉDIAS DE RESISTÊNCIA AO IMPACTO	5%
CLÁSSICO	$7,33 \pm 0,70$	a
QC-20	$5,51 \pm 1,10$	b
ONDA-CRYL	$7,46 \pm 1,03$	a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância.

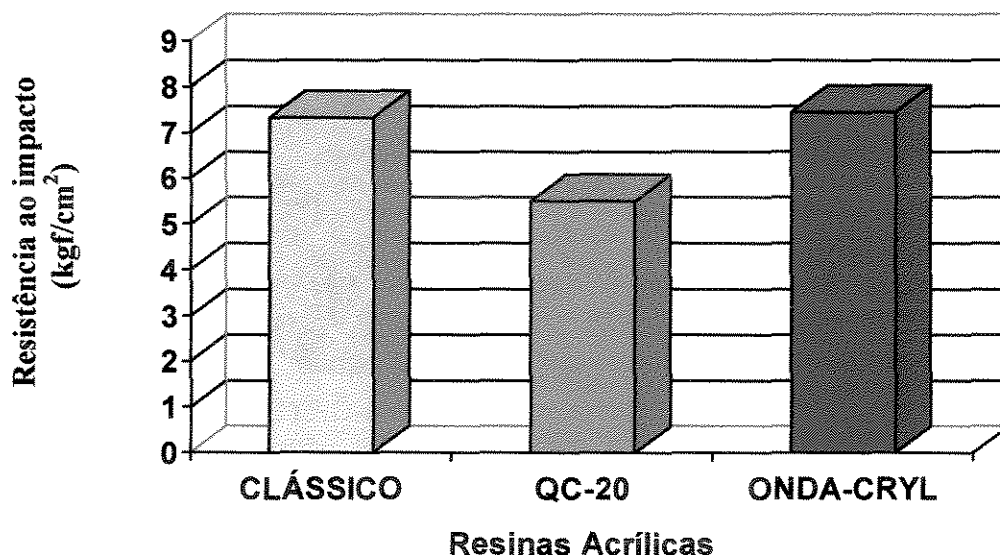


Figura 26 – Ilustração gráfica das médias de resistência ao impacto ( $\text{kgf/cm}^2$ ) em função do material, considerando 24 horas do fator tempo.

Houve diferença estatística significativa em relação ao material QC-20 entre os tempos imediato e 24 horas (Tabela 13 e Figura 27).

Tabela 13 - Médias dos valores de resistência ao impacto ( $\text{kgf/cm}^2$ ) em função do tempo.

RESINAS ACRÍLICAS	TEMPOS	
	IMEDIATO	24 HORAS
CLÁSSICO	$7,45 \pm 1,09$ a	$7,33 \pm 0,70$ a
QC - 20	$8,12 \pm 0,66$ a	$5,51 \pm 1,10$ b
ONDA-CRYL	$8,06 \pm 1,19$ a	$7,46 \pm 1,03$ a

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância.

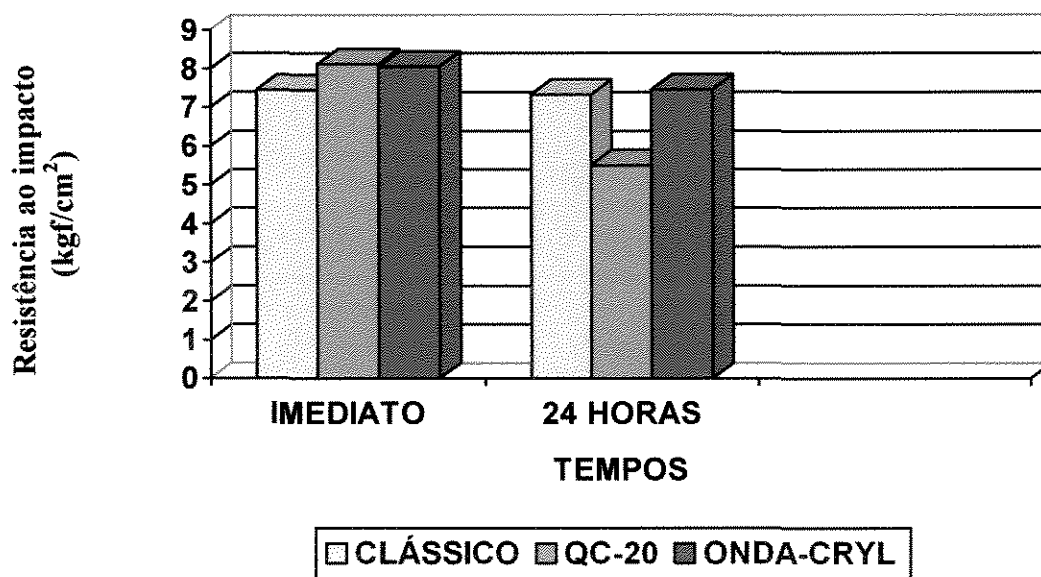


Figura 27 – Ilustração gráfica das médias dos valores de resistência ao impacto ( $\text{kgf/cm}^2$ ) em função do tempo.

## 6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A resina acrílica tem sido o material mais comumente empregado para confecção de bases de próteses totais e removíveis até os dias de hoje. Embora as propriedades das resinas acrílicas não sejam ideais (SPENCER & GARIAEFF, 1949), estas apresentam uma combinação de vantagens, o que explica a sua popularidade e uso universal.

Desde 1937, vários métodos de processamento vêm sendo estudados com o intuito de melhorar as propriedades da resina acrílica (PEYTON, 1950; PEYTON & ANTHONY, 1963), tais como polimerização em água aquecida (HARMAN, 1949), polimerização química à temperatura ambiente (PHILLIPS, 1993), polimerização através da energia de microondas (NISHII, 1968), luz visível (TAKAMATA *et al.*, 1989), calor seco (GAY & KING, 1979) e água fervente por 20 minutos (POLYZOIS *et al.*, 1987), bem como reduzir o tempo empregado no processamento por meio de ciclos rápidos e curtos, facilitando o trabalho laboratorial e reduzindo o tempo laboratorial para confecção das próteses.

Entretanto, pouco se tem estudado sobre as técnicas de processamento no que diz respeito ao tempo de descanso entre a prensagem e polimerização, bem como suas contribuições para a melhoria das propriedades mecânicas da resina acrílica e conseqüentemente da prótese total.

## Porosidade

A ocorrência de poros resultantes do processamento da resina acrílica pode comprometer a lisura e estética das bases de prótese total.

Embora NOWLIN *et al.* (1991) e RODRIGUES GARCIA & DEL BEL CURY (1996) tenham relatado que as resinas polimerizadas por microondas apresentem número reduzido de poros, os dados deste estudo, apresentados na Tabela 2 e na Figura 16, mostram que a maior média de porosidade foi obtida pela resina Onda-Cryl, quando foi considerado o número de poros em função do material, enfatizando o fator tempo imediato. Isto provavelmente se deve ao aumento da temperatura exotérmica durante o processamento, acarretando a evaporação do monômero residual existente imediatamente após a prensagem, com a formação de maior quantidade de poros (FARAJ & ELIS, 1979).

A semelhança química 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 supor que a formação de poros pode também estar relacionada à outros fatores, como a intensidade da potência usada nos aparelhos de microondas (REITZ *et al.*, 1985; BAFILE *et al.*, 1991; TAUBERT & NOWLIN, 1992) e tempo de polimerização (KIMURA *et al.*, 1983; LEVIN *et al.*, 1989). Segundo DE CLERCK (1987), a temperatura de polimerização deve ser rigorosamente controlada no aquecimento por energia de microondas, onde maior potência no aparelho pode acarretar aumento da porosidade, o que reforça a referida suposição.

Por outro lado, SANDERS *et al.* (1987) e BAFILE *et al.*, (1991) alegam que a menor porosidade apresentada pela resina para microondas deve-se à combinação dos monômeros

de metil e etil-metacrilato não encontrada nas resinas convencionais, cujo componente é o monômero de metil-metacrilato; o que não foi comprovado em nosso estudo.

Quando foi considerado o número de poros em função do material, enfatizando 24 horas do fator tempo (Tabela 3 e Figura 17), verificamos que a maior média foi obtida pela resina QC-20, provavelmente dependente da taxa de polimerização e da velocidade da dissipação do calor. Portanto, se a taxa de polimerização for elevada, o calor gerado pela reação exotérmica também será elevado, e quando não suficientemente dissipado causará a evaporação do monômero, com formação de poros (JEROLIMOV *et al.*, 1989). Na composição da resina QC-20, existe o dimetil p-toluidina numa concentração de aproximadamente  $\frac{1}{4}$  ou 0,025%, conferindo-lhe condições para ativação química dos radicais livres, além da térmica. A presença do dimetil p-toluidina significa que a ativação química começa logo após a mistura monômero-polímero, evitando rápida polimerização e grande reação exotérmica durante a polimerização térmica (menor quantidade por volume de massa). Entretanto, maiores quantidades de dimetil p-toluidina podem aumentar a taxa de polimerização e o calor de reação exotérmica, causando a porosidade. (JEROLIMOV *et al.*, 1989).

Dentre os fatores mais importante na produção da porosidade encontra-se a 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).

Por outro lado, os resultados da Tabela 4 e da Figura 18 mostram que houve diferença estatística significativa quando foi considerado o número de poros em função da comparação entre os materiais dentro do fator tempo. De acordo com os resultados observa-se diminuição do número de poros quando o tempo de espera foi de 24 horas para polimerização dos materiais Clássico e Onda-Cryl. Segundo KIMPARA & MUENCH (1996) isto se deve ao fato da maior espera permitir que o monômero se difunda melhor no interior do polímero, o que evitaria concentração de monômero, que ao se contrair durante a polimerização provocaria porosidades nessas regiões (TAUBERT & NOWLIN, 1992), comprovando que os processos de longa duração promovem menos porosidade (KIMPARA *et al.*, 1999).

KIMPARA & MUENCH (1996) verificaram que iniciar a polimerização imediatamente após a prensagem conduzia mais facilmente à formação de porosidade do que após 24 horas de espera. Estes resultados não são consistentes aos apresentados por SAMUEL *et al.* (1996), onde verificaram que a porosidade das resinas acrílicas termopolimerizáveis mantinha-se estável ou com tendência a aumentar, em função do maior tempo decorrido entre a inclusão, prensagem e polimerização. Este fato não ocorreu com o material QC-20, com maior número de poros no tempo de espera de 24 horas. Geralmente o grau de polimerização alcançado pelas resinas quimicamente ativadas não se completa como nas termoativadas. Isto se verifica devido a grande quantidade de monômero não reagido (3 a 5%) na resina ativada quimicamente, quando comparada às termoativadas (0,2 a 0,5%), o que acarretaria no aumento do número de poros (ANUSAVICE, 1998).



## Rugosidade

Quando a rugosidade de superfície foi analisada em função do material, considerando o fator tempo imediato ou 24 horas (Tabela 5 e 6 e na Figura 19 e 20), verificamos que os valores obtidos não apresentaram diferença estatística significativa.

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; TANJI *et al.*, 2000; BORGES *et al.*, 2000), o que parece confirmar os menores valores de rugosidade obtidos em nosso trabalho pela resina para microondas. O maior valor de dureza de superfície facilitaria a técnica de polimento do corpo-de-prova e a ação do abrasivo, resultando numa superfície mais lisa, polida e menos rugosa. Conseqüentemente, resinas com valores de dureza Knoop menor, dificultaria o polimento, resultando em superfícies mais rugosas (TANJI *et al.*, 2000; BORGES *et al.*, 2001). Por outro lado, não houve diferença estatística significativa entre materiais em relação aos tempos imediato e 24 horas, com exceção do material Clássico.

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 a exceção mostrada pelo material Clássico esteja baseada na diferença existente entre os níveis residuais de monômero resultante do ciclo de polimerização, visto que a dureza estabelece relação inversamente proporcional com a quantidade residual de monômero (JAGGER, 1978), e os ciclos mais longos promovem menores taxas de monômero residual (Mc CABE & 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). Observamos também que o maior tempo entre prensagem e polimerização resultou no decréscimo numérico do valor de rugosidade do material Clássico, e nenhuma alteração nos valores de rugosidade em relação aos outros materiais. Isto pode indicar a existência de um ponto ideal de tempo pós-prensagem a ser utilizado, onde menores resultados de rugosidade foram alcançados com a resina QC-20 em 12 horas de pós-prensagem (BORGES *et al.*, 2001); bem como o tempo pós-prensagem de 12-24 horas promoveram menores alterações da base de prótese total quando comparado aos tempos imediato-6 horas (CONSANI *et al.*, 2001).

## Dureza

O ensaio de dureza Knoop avalia a capacidade do corpo-de-prova em resistir à penetração de uma ponta de diamante. A repercursão clínica deste ensaio mostra a possibilidade da resina ser facilmente abrasionada, devido aos baixos valores de dureza apresentados (CRAIG, 1996). De acordo com NEISSER *et al.* (2001), a dureza de superfície está diretamente ligada à longevidade do polimento das próteses totais; onde quanto maior a dureza de superfície, tanto maior a resistência à abrasão por escovação.

Quando a dureza de superfície foi analisada em função do material, considerando o fator tempo imediato, verificamos na Tabela 8 e na Figura 22 que os valores obtidos foram com diferença estatística significativa. Embora alguns trabalhos mostrem que a dureza não sofre influência dos tipos de resina (REITZ *et al.*, 1985; 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. Como anteriormente relatado, embora todas resinas acrílicas sejam 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 *et al.*, 2000; TANJI *et al.*, 2000; BORGES *et al.*, 2001), portanto, resultados semelhantes aos encontrados em nosso trabalho e contraditórios aos mostrados por SHOLSBERG *et al.* (1989).

Acreditamos que a diferença nos valores da dureza de superfície entre esses materiais resultou da diferença existente entre os níveis residuais do monômero, devido aos diferentes ciclos de polimerização. A dureza estabelece relação inversamente proporcional com a quantidade residual de monômero (JAGGER, 1978).

Os ciclos de polimerização mais longos promovem menores níveis de monômero residual (Mc CABE & BASKER, 1976; AUSTIN & BASKER, 1980), comumente relacionado com valores de dureza. Os maiores valores de dureza Knoop, em função do material e do fator tempo de 24 horas (Tabela 9 e Figura 23) foram obtidos com as resinas acrílicas Onda-Cryl e Clássico. A literatura tem mostrado valores sem diferença estatística significativa quando a resina acrílica quimicamente ativada foi comparada à resina polimerizada por energia de microondas (Mc CRAKEN, 1952 e TRUONG & THOMAZ, 1988) e também sem diferença estatística entre produtos comerciais (ALKHATIB *et al.*, 1990), portanto, resultados diferentes aos encontrados em nosso trabalho.

As resinas acrílicas ativadas quimicamente são significativamente menos duras que àquelas ativadas termicamente (VON FRAUNHOFER & SUCHATAMPONG, 1975).

Em nosso trabalho, pode-se entender que apesar dos componentes para reação de ativação química adicional à ativação térmica, contidos na resina QC-20, os resultados foram sem diferença estatística significativa apenas quanto à resina Onda-Cryl.

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 em cada produto.

Entretanto, quando foi comparado os valores de dureza entre materiais dentro do fator tempo, verificamos na Tabela 10 e na Figura 24 que não houve diferença estatística significativa entre os tempos somente com o material Onda-Cryl. Trabalho recente mostrou que houve diferença estatística significativa na dureza superficial da resina acrílica QC-20 quando a polimerização foi após 24 horas (BORGES *et al.*, 2001), resultados similares ao nosso. Embora sem diferença estatística significativa houve tendência de aumento numérico da dureza no tempo de 24 horas para o material Onda-Cryl.

## **Resistência ao Impacto**

Os ensaios de resistência ao impacto podem fornecer dados relevantes para o estudo da resistência à fratura das bases de prótese total. De acordo com NEISSER *et al.* (2001), a maior resistência ao impacto reduz a possibilidade de fratura da prótese total por queda acidental, fato relativamente comum. Assim, podemos verificar na Tabela 11 e na Figura 25 que não houve diferença estatística significativa nos valores de resistência ao impacto entre os materiais resultados similares aos encontrados por REITZ *et al.* (1985); AL DOORI *et al.* (1988); LEVIN *et al.* (1989); TANJI *et al.* (2000); bem como naquele onde os ciclos de polimerização convencional, rápido e por microondas não influenciaram os valores de resistência ao impacto da resina acrílica Clássico, embora o tenha feito na resina Onda-Cryl (TANJI *et al.*, 2002).

Segundo ANUSAVICE (1998), a composição básica dos três produtos é o polimetilmetacrilato, com reforços monoméricos para permitir a formação de co-polímeros de ligação cruzada. Assim sendo, a energia absorvida no impacto por esses produtos foi semelhante, isto é, todas com valores similares 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, como relatou CURY *et al.* (1994).

Quando foi analisada a resistência ao impacto em função do material, considerando 24 horas do fator tempo (Tabela 12 e Figura 26), verificamos que a menor média foi obtida pela resina QC-20, com diferença estatística significativa quando comparada com as maiores médias, obtidas pelas resinas Clássico e Onda-Cryl. Estes resultados estão de acordo com NEISSER *et al.*(2001) em que a resina Acron apresentou maiores valores de resistência ao impacto e o da resina QC-20, os menores; embora SMITH *et al.* (1992) já tenham relatado que resina especialmente fabricada para processamento em microondas (Acron MC) apresentasse desempenho ligeiramente melhor do que o das resinas convencionais.

Por outro lado, houve diferença estatística significativa em relação ao material QC-20 entre os tempos imediato e 24 horas (Tabela 13 e Figura 27); bem como ligeira redução numérica na resistência ao impacto em relação aos outros materiais; porém não estatisticamente significante. Mesmo que KIMPARA & MUENCH (1996) não tenham observado influência do tempo de espera para polimerização na magnitude da resistência ao impacto da base de prótese total, os nossos resultados mostram a evidência que o efeito do tempo pós-prensagem quando se verifica que o tempo imediato produziu maior resistência ao impacto quando comparado ao tempo de 24 horas. A influência da pós-prensagem sobre os valores de resistência ao impacto se estabelece provavelmente devido ao acomodamento da resina no interior da mufla, possibilitando a diminuição dos níveis de monômero residual e o relaxamento das tensões impostas à massa, durante a prensagem do material, como relatado por CONSANI *et al.* (2001); fato que por analogia pode não ter influenciado em nosso trabalho na resistência ao impacto dos materiais quando o tempo foi de 24 horas.

## **7 CONCLUSÕES**

### **1. POROSIDADE**

A maior porosidade foi promovida pela resina Onda-Cryl no tempo imediato e a QC-20 no período de 24 horas. Quando os tempos pós-prensagem foram comparados, todas as resinas acrílicas mostraram diferença estatística significativa.

### **2. RUGOSIDADE**

A rugosidade de superfície não mostrou diferença estatística significativa entre os valores mostrados pelos materiais quando o fator tempo foi considerado. Quando os tempos foram comparados, somente a resina acrílica Clássico mostrou valores com diferença estatística significativa.

### 3. DUREZA

No tempo imediato a maior dureza foi mostrada pela resina acrílica Onda-Cryl e a menor pela QC-20, todas com diferença estatística significativa entre si. No período de 24 horas, a resina acrílica Onda-Cryl apresentou também o maior valor de dureza, com diferença estatística significativa quando comparado à QC-20. A resina acrílica Clássico apresentou similaridade estatística com ambas. Entretanto, quando os tempos foram comparados, somente a resina acrílica Onda-Cryl não apresentou diferença estatística significativa.

### 4. RESISTÊNCIA AO IMPACTO

Não houve diferença estatística significativa nos valores de resistência ao impacto apresentados pelos materiais no tempo imediato. No período de 24 horas, as resinas acrílicas Clássico e Onda-Cryl não mostraram diferença estatística significativa; entretanto ambas foram diferentes estatisticamente da resina acrílica QC-20, esta apresentando menor valor. Quando foram comparados os tempos, somente a resina QC-20 apresentou valores com diferença estatística significativa.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS\*

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**, Oxford, v.4, n.1, p.25-32, Feb. 1988.

ALKHATIB, M.B. *et al.* Comparison of microwave polymerized denture base resins. **Int J Prosthodont**, Lombard, v.3, n.3, p.249-255, May/June 1990.

ANUSAVICE, K.J. **Phillips materiais dentários**. 10.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. p.125-139.

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.

ARAÚJO, P.A. *et al.* **Materiais dentários I** : materiais não metálicos. Bauru: Faculdade de Odontologia, 1973. 191p.

BAFILE, M. *et al.* Porosity of denture resin cured by microwave energy. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.66, n.2, p.269-274, Aug. 1991.

BORGES, L.H.; DOMITTI, S.S.; CONSANI, S. Influência de ciclos de polimerização sobre o polimento, rugosidade, porosidade e dureza superficial da resina acrílica QC-20. **Rev CROMG**, Belo Horizonte, v.6, n.2, p.68-78, maio/ago. 2000.

---

\* Baseada na NBR-6023 de ago. de 2000, da Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT).

Abreviatura dos Títulos dos periódicos em conformidade com o MEDLINE.

BORGES, L.H. *et al.* Efeito do tempo pós-prensagem sobre a rugosidade, dureza e porosidade superficial da resina acrílica QC-20, em diferentes ciclos de polimerização. *Rev Bras Protese Clin Lab*, Curitiba, v.3, n.16, p.493-503, nov./dez. 2001.

CONSANI, R.L.X. *et al.* Efeito do tempo pós-prensagem da resina acrílica na alteração dimensional da base de prótese total. *Pesqui Odontol Bras*, São Paulo, v.15, n.2, p.112-118, abr./jun. 2001.

CRAIG, R.G. Prosthetic applications of polymers. *In*: CRAIG, R.G. *Restorative dental materials*. 8<sup>th</sup> ed. Saint Louis: C.V. Mosby, 1993. p.509-559.

CRAIG, R.G. *Prosthetic applications of polymers in restorative dental material*. 10<sup>th</sup> ed. London: C.V. Mosby, 1996. Chap.19.

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. *Rev Odontol Univ São Paulo*, São Paulo, v.8, n.4, p.243-249, out./dez. 1994.

DE CLERCK, J.P. Microwave polymerization of acrylic resins used in dental prostheses. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.57, n.5, p.650-658, May 1987.

DIXON, D.L.; BREEDING, L.C.; EKSTRAND, K.G. Linear dimensional variability of three denture base after processing and in water storage. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.68, n.1, p.196-200, July 1992.

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.

GAY, W.D.; KING, G.E. An evaluation of the cure of acrylic resin by three methods. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.42, n.4, p.437-440, Oct. 1979.

HARMAN, I.M. Effects of time and temperature on polymerization of a methacrylate resin denture base. *J Am Dent Assoc*, Chicago, v.38, n.2, p.188-203, Feb. 1949.

HAYDEN, W.J. Flexural strength of microwave-cured denture baseplate. *Gen Dent*, Chicago, v.34, n.5, p.367-371, Sept./Oct. 1986.

HOGAN, P.F.; MORI, T. Development of a method of continuous temperatures measurement for microwave denture processing. *Dent Mater*, Oxford, v.9, n.1, p.1-11, June 1990.

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.

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.

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*, Oxford, v.3, n.1, p.15-18, Jan. 1975.

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. *Quintessence Int*, Berlin, v.9, n.7, p.431-434, July/Aug. 1985.

JEROLIMOV, V. *et al.* Rapid curing of acrylic denture-base materials. *Dent Mater*, Oxford, v.5, n.1, p.18-22, Jan. 1989.

KIMPARA, E.T.; MUENCH, A. Porosidade em decorrência do processamento e volume de resina acrílica. *Rev Odontol Univ São Paulo*, São Paulo, v.10, n.3, p.237-239, 1996.

KIMPARA, E.T. *et al.* Processamento alternativo para eliminar porosidade em resina acrílica para bases de próteses totais. *Rev Bras Protese Clin Lab*, Curitiba, v.1, n.4, p.325-329, 1999.

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.

LEVIN, B.; SANDERS, J.L.; REITZ, P.V. The use of microwave energy for processing acrylic resins. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.61, n.3, p.381-383, Mar. 1989.

Mc CABE, J.F.; BASKER, R.M. Tissue sensitivity to acrylic resin. A method of measuring the residual monomer content and its clinical application. *Br Dent J*, London, v.40, n.10, p.347-350, May 1976.

Mc CRAKEN, W.L. An evaluation of activated methyl methacrylate denture base materials. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.2, n.1, p.68-83, Jan. 1952.

MESQUITA, M.F. *et al.* Efeito do polimento químico sobre a dureza superficial das resinas acrílicas. *Rev Paul Odontol*, São Paulo, ano 18, n.3, p.22-27, maio/jun. 1996.

NEISSER, M.P.; OLIVIERI, K.A.N. Avaliação da resistência ao impacto e dureza de resinas acrílicas termicamente ativadas para bases de próteses totais. *PGR Pós-Grad Rev Fac Odontol São José dos Campos*, São José dos Campos, v.4, n.2, p.35-41, maio/ago. 2001.

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, n.1, p.23-40, Feb. 1968.

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.

PEYTON, F.A. Packing and processing denture base resins. *J Am Dent Assoc*, Chicago, v.40, n.5, p.520-528, May 1950.

PEYTON, F.A.; ANTHONY, D.H. Evaluation of denture processed by different techniques. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.13, n.2, p.269-282, 1963.

PHILLIPS, R.W. *Skinner materiais dentários*. 9.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. p.92-123.

POLYZOIS, G.L. *et al.* Dimensional stability of dentures processed in boilable acrylic resins: A comparative study. *J. Prosth. Dent.*, St. Louis, v.57, n.5, p.639-647, May 1987.

REITZ, P.V.; SANDERS, J.L.; LEVIN, B. The curing of denture acrylic resins by microwave energy. Physical properties. *Quintessence Int*, Berlin, v.6, n.8, p.547-551, Aug. 1985.

RODRIGUES GARCIA, R.C.M.; DEL BEL CURY, A.A. Reembasamento de bases de próteses: métodos convencional e por microondas. *Rev Odontol Univ São Paulo*, São Paulo, v.10, n.4, p.295-302, out./dez. 1996.

SALIM, S.; SADAMORI, S.; HAMADA, T. The dimensional accuracy of rectangular acrylic resin specimens cured by three denture base processing methods. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.67, n.6, p.879-881, June 1992.

SAMUEL, S.M.W.; GONZATO, D.; SUZUKI, R.M. Avaliação da porosidade de resinas acrílicas de termo-polimerização. *Rev Fac Odontol P Alegre*, Porto Alegre, v.37, n.1, p.18-20, jul. 1996.

SANDERS, J.L.; LEVIN, B.; REITZ, P.V. Porosity in denture acrylic resins cured by microwave energy. *Quintessence Int*, Berlin, v.18, n.7, p.453-456, 1987.

SEXON, J.C.; PHILLIPS, R.W. Studies on the effects of abrasives on acrylic resins. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.1, n.4, p.454-471, July 1951.

SHOLSBERG, S.R. *et al.* Microwave energy polymerization of poly(methyl- methacrylate) denture base resins. *Int J Prosthodont*, Lombard, v.2, n.5, p.453-458, 1989.

SMITH, L.T.; POWERS, J.M.; LADD, D. Mechanical properties of new denture resins polymerizes by visible light, heat and microwave energy. *Int J Prosthodont*, Lombard, v.5, n.4, p.315-320, July/Aug. 1992.

SMITH, D.C.; BAINS, M.D. The detection and estimation of residual monomer in polymethyl methacrylate. *J Dent Res*, Washington, v.35, n.1, p.16-24, Feb. 1958.

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.

STOLF, W.L.; CONSANI, S.; RUHNKE, L.A. Influência do polimento químico sobre a resistência ao impacto das resinas acrílicas. *Rev Paul Odontol*, São Paulo, v.7, p.26-30, nov./dez. 1985.

TAKAMATA, T. *et al.* Adaptation of acrylic resin dentures as influenced by the activation mode of polymerization. *J Am Dent Assoc*, Chicago, v. 119, n. 8, p. 271-276, Aug. 1989.

TANJI, M. *et al.* Resistência ao impacto e dureza de superfície em função de diferentes tipos de resina acrílica. *Salusvita*, Bauru, v.19, n.2, p.139-147, 2000.

TANJI, M. *et al.* Porosidade e rugosidade de superfície em função de diferentes tipos de resina acrílica. *Rev Paul Odontol*, São Paulo, ano 22, n.5, p.25-28, set./out. 2001.

TANJI, M. *et al.* Influência de ciclos de polimerização sobre a resistência ao impacto de resinas acrílicas. *Rev Bras Protese Clin Lab*, Curitiba, v.4, n.17, p.44-48, jan./fev. 2002.

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.

TRUONG, V.T.; THOMAZ, F.G.V. Comparision of denture acrylic resins cured by boiling water and microwave energy. *Aust Dent J*, St Leonards, v.33, n.3, p.201-204, June 1988.

ULUSOY, M.; ULUSOY, N.; AYDIN, A.K. An evaluation of polishing techniques on surface roughness of acrylic resins. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.56, n.1, p.107-112, July 1986.

VON FRAUNHOFER, J.A.; SUCHATLAMPONG, C. The surface characteristics of denture base polymers. *J Dent*, Oxford, v.3, n.3, p.105-109, May 1975.

WOLFAARDT, J.F.; CLEATON-JONES, P.; FATTI, P. The occurrence of porosity in a heat-cured poly (methyl methacrylate) denture base resins. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.55, n.3, p.393-400, Mar. 1986.

## APÊNDICE

Quadro 1 - Valores do número de poros para a resina acrílica Clássico  
Tempo : Imediato

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

Quadro 2 - Valores do número de poros para a resina acrílica QC-20  
Tempo : Imediato

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

Quadro 3 - Valores do número de poros para a resina acrílica Onda-Cryl  
Tempo : Imediato

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



Quadro 4 - Valores do número de poros para a resina acrílica Clássico  
Tempo : 24 horas

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

Quadro 5 - Valores do número de poros para a resina acrílica QC-20  
Tempo : 24 horas

Corpo-de-prova	Início	Meio	Fim	Total	Média
1	2	4	6	12	4
2	2	5	3	10	3,33
3	3	1	4	8	2,66
4	5	6	7	18	6
5	5	4	4	13	4,33
6	0	2	2	4	1,33
7	0	5	2	7	2,33
8	6	2	3	11	3,66
9	4	0	0	4	1,33
10	4	1	2	7	2,33

Quadro 6 - Valores do número de poros para a resina acrílica Onda-Cryl  
Tempo : 24 horas

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

Quadro 7 – Valores individuais e médias de Dureza (Knoop) para a resina acrílica Clássico  
Tempo : Imediato

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

Quadro 8 – Valores individuais e médias de Dureza (Knoop) para a resina acrílica QC-20  
Tempo : Imediato

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

Quadro 9 – Valores individuais e médias de Dureza (Knoop) para a resina acrílica Onda – Ceryl  
Tempo : Imediato

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

Quadro 10 – Valores individuais e médias de Dureza (Knoop) para a resina acrílica Clássico  
Tempo : 24 horas

Corpo-de-prova	Início	Meio	Fim	Média
1	16,00	12,40	18,40	15,60
2	13,80	14,30	20,30	16,13
3	20,50	18,20	16,80	18,50
4	24,50	23,70	24,10	24,10
5	13,90	15,40	21,60	16,96
6	19,70	20,60	18,10	19,46
7	24,50	19,40	17,40	20,43
8	14,60	12,50	13,10	13,40
9	16,00	13,40	17,40	15,60
10	15,60	15,20	15,80	15,53

Quadro 11 – Valores individuais e médias de Dureza (Knoop) para a resina acrílica QC-20  
Tempo : 24 horas

Corpo-de-prova	Início	Meio	Fim	Média
1	15,00	16,90	16,40	16,10
2	18,10	17,40	16,00	17,16
3	16,40	17,60	17,10	17,03
4	13,90	15,40	18,40	15,90
5	17,30	12,70	14,50	14,83
6	13,80	15,20	15,60	14,86
7	16,20	19,40	17,60	17,73
8	14,60	14,30	13,40	14,10
9	17,40	16,90	14,40	17,23
10	17,60	15,40	14,30	15,76

Quadro 12 – Valores individuais e médias de Dureza (Knoop) para a resina acrílica Onda – Ceryl  
Tempo : 24 horas

Corpo-de-prova	Início	Meio	Fim	Média
1	20,60	19,20	21,60	20,46
2	16,70	18,90	19,20	18,26
3	20,09	20,06	24,10	21,86
4	14,80	18,90	21,90	18,53
5	21,20	20,90	19,70	20,60
6	18,90	20,30	20,30	19,83
7	20,30	24,90	19,70	21,63
8	17,40	12,70	16,00	15,36
9	12,20	20,60	19,12	17,33
10	18,60	19,70	20,40	19,56

Quadro 13 – Valores e médias da leitura de Rugosidade (Ra) para a resina acrílica Clássico  
Tempo : Imediato

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

Quadro 14 – Valores e médias da leitura de Rugosidade (Ra) para a resina acrílica QC – 20  
Tempo : Imediato

Corpo-de-prova	Início	Meio	Fim	Média
1	0,1236	0,1286	0,1463	0,13
2	0,1753	0,1086	0,1463	0,14
3	0,2131	0,1944	0,1426	0,18
4	0,1442	0,1032	0,1338	0,13
5	0,1063	0,1187	0,983	0,11
6	0,1328	0,1180	0,988	0,12
7	0,1020	0,0940	0,1017	0,10
8	0,1124	0,1213	0,1318	0,12
9	0,1069	0,1085	0,1478	0,12
10	0,1002	0,1191	0,1039	0,11

Quadro 15 – Valores e médias da leitura de Rugosidade (Ra) para a resina acrílica Onda-Cryl  
Tempo : Imediato

Corpo-de-prova	Início	Meio	Fim	Média
1	0,0736	0,0804	0,0768	0,08
2	0,0783	0,0944	0,0893	0,09
3	0,0904	0,1030	0,0935	0,09
4	0,0763	0,1077	0,0609	0,08
5	0,0726	0,0799	0,1400	0,10
6	0,0728	0,0818	0,0814	0,08
7	0,1502	0,1163	0,0867	0,11
8	0,0752	0,0895	0,0705	0,08
9	0,0881	0,0867	0,0848	0,08
10	0,1021	0,0767	0,0881	0,09

Quadro 16 – Valores e médias da leitura de Rugosidade (Ra) para a resina acrílica Clássico  
Tempo : 24 horas

Corpo-de-prova	Início	Meio	Fim	Média
1	0,0771	0,0766	0,0717	0,07
2	0,0515	0,0612	0,0560	0,05
3	0,3080	0,0593	0,0487	0,13
4	0,0471	0,0586	0,0664	0,05
5	0,0708	0,1010	0,0699	0,08
6	0,1362	0,0618	0,0684	0,08
7	0,0487	0,0528	0,0465	0,04
8	0,0500	0,0527	0,0622	0,05
9	0,0591	0,0836	0,0546	0,06
10	0,0514	0,0605	0,0561	0,05

Quadro 17 – Valores e médias da leitura de Rugosidade (Ra) para a resina acrílica QC – 20  
Tempo : 24 horas

Corpo-de-prova	Início	Meio	Fim	Média
1	0,0707	0,0866	0,5460	0,23
2	0,0604	0,0572	0,0540	0,05
3	0,0626	0,0650	0,0703	0,06
4	0,0543	0,0650	0,0656	0,06
5	0,0823	0,1254	0,0631	0,09
6	0,0930	0,0615	0,1309	0,36
7	0,0638	0,0701	0,0649	0,06
8	0,0559	0,0678	0,0551	0,05
9	0,0695	0,0769	0,0962	0,08
10	0,0809	0,0540	0,0496	0,07

Quadro 18 – Valores e médias da leitura de Rugosidade (Ra) para a resina acrílica Onda-Cryl  
Tempo : 24 horas

Corpo-de-prova	Início	Meio	Fim	Média
1	0,0687	0,0624	0,0570	0,06
2	0,0533	0,0515	0,2116	0,10
3	0,0621	0,0796	0,0749	0,07
4	0,0609	0,0513	0,0674	0,05
5	0,0640	0,0552	0,0840	0,06
6	0,0561	0,1002	0,0759	0,07
7	0,0506	0,0997	0,0568	0,06
8	0,0747	0,0821	0,0779	0,07
9	0,0755	0,0680	0,0650	0,06
10	0,2807	0,4203	0,2249	0,30

Quadro 19 – Valores individuais do trabalho de impacto para a resina acrílica Clássico  
Tempo : Imediato

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

Quadro 20 – Valores individuais do trabalho de impacto para a resina acrílica QC – 20  
Tempo : Imediato

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

Quadro 21 – Valores individuais do trabalho de impacto para a resina acrílica Onda-Cryl  
Tempo : Imediato

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

Quadro 22 – Valores individuais do trabalho de impacto para a resina acrílica Clássico  
Tempo : 24 horas

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

Quadro 23 – Valores individuais do trabalho de impacto para a resina acrílica QC – 20  
Tempo : 24 horas

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

Quadro 24 – Valores individuais do trabalho de impacto para a resina acrílica Onda-Cryl  
Tempo : 24 horas

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

Quadro 25 – Valores transformados de Resistência ao Impacto ( $\text{kgf/cm}^2$ ) para a resina acrílica Clássico  
Tempo : Imediato

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

Quadro 26 – Valores transformados de Resistência ao Impacto ( $\text{kgf/cm}^2$ ) para a resina acrílica QC – 20  
Tempo : Imediato

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

Quadro 27 – Valores transformados de Resistência ao Impacto ( $\text{kgf/cm}^2$ ) para a resina acrílica Onda-Cryl  
Tempo : Imediato

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



Quadro 28 – Valores transformados de Resistência ao Impacto ( $\text{kgf/cm}^2$ ) para a resina acrílica Clássico  
Tempo : 24 horas

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

Quadro 29 – Valores transformados de Resistência ao Impacto ( $\text{kgf/cm}^2$ ) para a resina acrílica QC – 20  
Tempo : 24 horas

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

Quadro 30 – Valores transformados de Resistência ao Impacto ( $\text{kgf/cm}^2$ ) para a resina acrílica Onda-Cryl  
Tempo : 24 horas

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

**SANEST – SISTEMA DE ANÁLISE ESTATÍSTICA**  
**Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG**

Delineamento Experimental: **Porosidade**

Observações não transformadas

Nome dos Fatores

Fator Nome

A Material

B Tempo

Quadro 31 – Quadro da Análise de Variância.

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Material	2	21.2503342	10.6251671	15.9287	0.00003
Tempo	1	0.5358080	0.5358080	0.8033	0.62242
Mat*Tem	2	31.1601949	15.5800974	23.3569	0.00001
Resíduo	54	36.0203589	0.6670437		
Total	59	88.9666960			

Média geral = 1.479833

Coefficiente de variação = 55.190%

Quadro 32 – Teste de Tukey para Médias de Material dentro de Imediato do Fator Tempo.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	3	Onda-Cryl	10	2.229000	2.229000	a	A
2	2	QC-20	10	1.364000	1.364000	ab	A
3	1	Clássico	10	1.130000	1.130000	b	A

Delineamento Experimental: **Porosidade**

Observações Não Transformadas

Quadro 33- Análise fixando o nível imediato do fator tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	30
Valor Min.	0.660000
Valor Máx.	4.660000
Amplitude	4.000000
Total	47.230000
Média	1.574333
Variância	0.756487
Desv. Padrão	0.869763
D. P. Média	0.158796
Coef. Var. %	55.246426
Coef. Assim.	1.831946
Coef. Curt.	6.645770
Mediana	1.330000
Quartil Inf.	1.000000
Quartil Sup.	1.660000
IC 5% L.S.	1.898278
IC 5% L.I.	1.250389
IC 1% L.S.	2.012611
IC 1% L.I.	1.136056

Quadro 34 – Teste de Tukey para Médias de Material dentro de 24 horas do Fator Tempo.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	QC-20	10	3.130000	3.130000	a	A
2	3	Onda-Cryl	10	0.563000	0.563000	b	B
3	1	Clássico	10	0.463000	0.463000	b	B

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

D.M.S. 5% = 0.32585 - D.M.S. 1% = 0.41132

### Delineamento Experimental: **Porosidade**

#### Observações Não Transformadas

Quadro 35 - Análise fixando o nível 24 horas do fator tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	30
Valor Min.	0.000000
Valor Máx.	6.000000
Amplitude	6.000000
Total	41.560001
Média	1.385333
Variância	2.292853
Desv. Padrão	1.514217
D. P. Média	0.276457
Coef. Var. %	109.303452
Coef. Assim.	1.477482
Coef. Curt.	4.349064
Mediana	0.660000
Quartil Inf.	0.330000
Quartil Sup.	2.330000
IC 5% L.S.	1.949306
IC 5% L.I.	0.821361
IC 1% L.S.	2.148355
IC 1% L.I.	0.622312

Quadro 36 – Teste de Tukey para Médias de Tempo dentro de Clássico do Fator Material.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Imediato	10	1.130000	1.130000	A	A
2	2	24 horas	10	0.463000	0.463000	b	A

**Delineamento Experimental: Porosidade**

**Observações Não Transformadas**

Quadro 37 - Análise fixando o nível Clássico do Fator Material.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	20
Valor Min.	0.000000
Valor Máx.	1.660000
Amplitude	1.660000
Total	15.930000
Média	0.796500
Variância	0.214908
Desv. Padrão	0.463582
D. P. Média	0.103660
Coef. Var. %	58.202370
Coef. Assim.	0.329489
Coef. Curt.	2.307376
Mediana	0.660000
Quartil Inf.	0.330000
Quartil Sup.	1.000000
IC 5% L.S.	1.013150
IC 5% L.I.	0.579850
IC 1% L.S.	1.092968
IC 1% L.I.	0.500032

Quadro 38 – Teste de Tukey para Médias de Tempo dentro de QC-20 do Fator Material.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Imediato	10	1.364000	1.364000	b	B
2	2	24 horas	10	3.130000	3.130000	a	A

**Delineamento Experimental: Porosidade**

**Observações Não Transformadas**

Quadro 39 - Análise fixando o nível QC-20 do Fator Material.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	20
Valor Mín.	0.000000
Valor Máx.	6.000000
Amplitude	5.340000
Total	44.939999
Média	2.247000
Variância	1.929012
Desv. Padrão	1.388889
D. P. Média	0.310565
Coef. Var. %	61.810799
Coef. Assim.	1.160169
Coef. Curt.	3.711771
Mediana	1.830000
Quartil Inf.	1.330000
Quartil Sup.	2.995000
IC 5% L.S.	2.896081
IC 5% L.I.	1.597919
IC 1% L.S.	3.135216
IC 1% L.I.	1.358784

Quadro 40 – Teste de Tukey para Médias de Tempo dentro de Onda-Cryl do Fator Material.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Imediato	10	2.229000	2.229000	a	A
2	2	24 horas	10	0.563000	0.563000	b	B

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

D.M.S. 5% = 0.73323 - D.M.S. 1% = 0.97575

### Delineamento Experimental: **Porosidade**

#### Observações Não Transformadas

Quadro 41 - Análise fixando o nível Onda-Cryl do Fator Material.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	20
Valor Min.	0.000000
Valor Máx.	4.660000
Amplitude	4.660000
Total	27.920000
Média	1.396000
Variância	1.420099
Desv. Padrão	1.191679
D. P. Média	0.266468
Coef. Var. %	85.363823
Coef. Assim.	1.212278
Coef. Curt.	3.935467
Mediana	1.165000
Quartil Inf.	0.495000
Quartil Sup.	1.995000
IC 5% L.S.	1.952917
IC 5% L.I.	0.839083
IC 1% L.S.	2.158097
IC 1% L.I.	0.633903

### Delineamento Experimental: **Porosidade**

#### Observações Não Transformadas

Quadro 42 - Análise fixando o nível Clássico do Fator Material e Nível Imediato do Fator Tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Mín.	0.660000
Valor Máx.	1.660000
Amplitude	1.000000
Total	11.30000
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 43 - Análise fixando o nível Clássico do Fator Material e Nível 24 horas do Fator Tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Mín.	0.000000
Valor Máx.	1.000000
Amplitude	1.000000
Total	4.630000
Média	0.463000
Variância	0.078623
Desv. Padrão	0.280399
D. P. Média	0.088670
Coef. Var. %	60.561241
Coef. Assim.	0.354747
Coef. Curt.	2.700029
Mediana	0.330000
Quartil Inf.	0.330000
Quartil Sup.	0.660000
IC 5% L.S.	0.663394
IC 5% L.I.	0.262606
IC 1% L.S.	0.751177
IC 1% L.I.	0.174823

# Delineamento Experimental: **Porosidade**

## Observações Não Transformadas

Quadro 44 - Análise fixando o nível QC-20 do Fator Material e Nível Imediato do Fator Tempo.

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 45 - Análise fixando o nível QC-20 do Fator Material e Nível 24 horas do Fator Tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	1.330000
Valor Máx.	6.000000
Amplitude	4.670000
Total	31.299999
Média	3.130000
Variância	2.081734
Desv. Padrão	1.442821
D. P. Média	0.456260
Coef. Var. %	46.096523
Coef. Assim.	0.522187
Coef. Curt.	2.633354
Mediana	2.995000
Quartil Inf.	2.330000
Quartil Sup.	4.000000
IC 5% L.S.	4.161148
IC 5% L.I.	2.098852
IC 1% L.S.	4.612845
IC 1% L.I.	1.647155

# Delineamento Experimental: **Porosidade**

## Observações Não Transformadas

Quadro 46 - Análise fixando o nível Onda-Cryl do Fator Material e Nível Imediato do Fator Tempo.

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: Porosidade**

Observações Não Transformadas

Quadro 47 - Análise fixando o nível Onda-Cryl do Fator Material e Nível 24 horas do Fator Tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Mín.	0.000000
Valor Máx.	1.330000
Amplitude	1.330000
Total	5.63000
Média	0.563000
Variância	0.149068
Desv. Padrão	0.386093
D. P. Média	0.122093
Coef. Var. %	68.577789
Coef. Assim.	0.627503
Coef. Curt.	2.750555
Mediana	0.495000
Quartil Inf.	0.330000
Quartil Sup.	0.660000
IC 5% L.S.	0.838931
IC 5% L.I.	0.287069
IC 1% L.S.	0.959803
IC 1% L.I.	0.166197

**Delineamento Experimental: Rugosidade**

Observações não transformadas

Nome dos Fatores

Fator Nome

A Material

B Tempo

Quadro 48 – Quadro da Análise de Variância.

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Material	2	0.0120101	0.0060050	1.9895	0.14473
Tempo	1	0.0050417	0.0050417	1.6704	0.19896
Mat*Tem	2	0.0049233	0.0024616	0.8156	0.54861
Residuo	54	0.1629899	0.0030183		
Total	59	0.1849650			

Média geral = 0.098500

Coeficiente de variação = 55.776%

Quadro 49 – Teste de Tukey para Médias de Material dentro de Imediato do Fator Tempo.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	3	QC-20	10	0.126000	0.126000	a	A
2	2	Clássico	10	0.109000	0.109000	a	A
3	1	Onda-Cryl	10	0.088000	0.088000	a	A

Delineamento Experimental: **Rugosidade**

Observações Não Transformadas

Quadro 50- Análise fixando o nível imediato do fator tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	30
Valor Min.	0.070000
Valor Máx.	0.180000
Amplitude	0.110000
Total	3.230000
Média	0.107667
Variância	0.000646
Desv. Padrão	0.025418
D. P. Média	0.004641
Coef. Var. %	23.608370
Coef. Assim.	1.098853
Coef. Curt.	4.241926
Mediana	0.100000
Quartil Inf.	0.090000
Quartil Sup.	0.120000
IC 5% L.S.	0.117134
IC 5% L.I.	0.098200
IC 1% L.S.	0.120475
IC 1% L.I.	0.094858

Quadro 51 – Teste de Tukey para Médias de Material dentro de 24 horas do Fator Tempo.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	QC-20	10	0.111000	0.111000	a	A
2	3	Onda-Cryl	10	0.090000	0.090000	a	A
3	1	Clássico	10	0.067000	0.067000	a	A

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

D.M.S. 5% = 0.07613 - D.M.S. 1% = 0.09610

### Delineamento Experimental: **Rugosidade**

#### Observações Não Transformadas

Quadro 52 - Análise fixando o nível 24 horas do fator tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	30
Valor Min.	0.040000
Valor Máx.	0.360000
Amplitude	0.320000
Total	2.680000
Média	0.089333
Variância	0.005558
Desv. Padrão	0.074553
D. P. Média	0.013611
Coef. Var. %	83.454941
Coef. Assim.	2.644980
Coef. Curt.	8.960561
Mediana	0.060000
Quartil Inf.	0.050000
Quartil Sup.	0.080000
IC 5% L.S.	0.117101
IC 5% L.I.	0.061566
IC 1% L.S.	0.126901
IC 1% L.I.	0.051766



Quadro 53 – Teste de Tukey para Médias de Tempo dentro de Clássico do Fator Material.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Imediato	10	0.109000	0.109000	a	A
2	2	24 horas	10	0.067000	0.067000	b	A

Delineamento Experimental: **Rugosidade**

Observações Não Transformadas

Quadro 54 - Análise fixando o nível Clássico do Fator Material.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	20
Valor Min.	0.040000
Valor Máx.	0.170000
Amplitude	0.130000
Total	1.760000
Média	0.088000
Variância	0.001122
Desv. Padrão	0.033498
D. P. Média	0.007490
Coef. Var. %	38.065731
Coef. Assim.	0.531655
Coef. Curt.	2.921119
Mediana	0.090000
Quartil Inf.	0.055000
Quartil Sup.	0.105000
IC 5% L.S.	0.103655
IC 5% L.I.	0.072345
IC 1% L.S.	0.109422
IC 1% L.I.	0.066578

Quadro 55 – Teste de Tukey para Médias de Tempo dentro de QC-20 do Fator Material.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Imediato	10	0.126000	0.126000	a	A
2	2	24 horas	10	0.111000	0.111000	a	A

**Delineamento Experimental: Rugosidade**

**Observações Não Transformadas**

Quadro 56 - Análise fixando o nível QC-20 do Fator Material.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	20
Valor Min.	0.050000
Valor Máx.	0.360000
Amplitude	0.310000
Total	2.370000
Média	0.118500
Variância	0.05266
Desv. Padrão	0.072568
D. P. Média	0.016227
Coef. Var. %	61.238457
Coef. Assim.	2.016605
Coef. Curt.	7.308534
Mediana	0.110000
Quartil Inf.	0.065000
Quartil Sup.	0.130000
IC 5% L.S.	0.152414
IC 5% L.I.	0.084586
IC 1% L.S.	0.164908
IC 1% L.I.	0.072092

Quadro 57 – Teste de Tukey para Médias de Tempo dentro de Onda-Cryl do Fator Material.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Imediato	10	0.088000	0.088000	a	A
2	2	24 horas	10	0.090000	0.090000	a	A

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

D.M.S. 5% = 0.06335 - D.M.S. 1% = 0.08430

### Delineamento Experimental: **Rugosidade**

#### Observações Não Transformadas

Quadro 58 - Análise fixando o nível Onda-Cryl do Fator Material.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	20
Valor Min.	0.050000
Valor Máx.	0.300000
Amplitude	0.250000
Total	1.780000
Média	0.089000
Variância	0.002715
Desv. Padrão	0.052103
D. P. Média	0.011651
Coef. Var. %	58.542847
Coef. Assim.	3.521665
Coef. Curt.	14.943901
Mediana	0.080000
Quartil Inf.	0.065000
Quartil Sup.	0.090000
IC 5% L.S.	0.113350
IC 5% L.I.	0.064650
IC 1% L.S.	0.122321
IC 1% L.I.	0.055679

**Delineamento Experimental: Rugosidade**

Observações Não Transformadas

Quadro 59 - Análise fixando o nível Clássico do Fator Material e Nível Imediato do Fator Tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	0.070000
Valor Máx.	0.170000
Amplitude	0.100000
Total	1.090000
Média	0.109000
Variância	0.00677
Desv. Padrão	0.026013
D. P. Média	0.008226
Coef. Var. %	23.864975
Coef. Assim.	1.152981
Coef. Curt.	4.418279
Mediana	0.100000
Quartil Inf.	0.100000
Quartil Sup.	0.110000
IC 5% L.S.	0.127591
IC 5% L.I.	0.090409
IC 1% L.S.	0.135734
IC 1% L.I.	0.082266

**Delineamento Experimental: Rugosidade**

Observações Não Transformadas

Quadro 60 - Análise fixando o nível Clássico do Fator Material e Nível 24 horas do Fator Tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	0.070000
Valor Máx.	0.170000
Amplitude	0.100000
Total	1.090000
Média	0.109000
Variância	0.000677
Desv. Padrão	0.026013
D. P. Média	0.008226
Coef. Var. %	23.864975
Coef. Assim.	1.152981
Coef. Curt.	4.418279
Mediana	0.100000
Quartil Inf.	0.100000
Quartil Sup.	0.110000
IC 5% L.S.	0.127591
IC 5% L.I.	0.090409
IC 1% L.S.	0.135734
IC 1% L.I.	0.082266

**Delineamento Experimental: Rugosidade**

**Observações Não Transformadas**

Quadro 61 - Análise fixando o nível QC-20 do Fator Material e Nível Imediato do Fator Tempo.

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 62 - Análise fixando o nível QC-20 do Fator Material e Nível 24 horas do Fator Tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	0.050000
Valor Máx.	0.360000
Amplitude	0.310000
Total	1.110000
Média	0.111000
Variância	0.010499
Desv. Padrão	0.102464
D. P. Média	0.032402
Coef. Var. %	92.309975
Coef. Assim.	1.759775
Coef. Curt.	4.588289
Mediana	0.065000
Quartil Inf.	0.060000
Quartil Sup.	0.090000
IC 5% L.S.	0.184228
IC 5% L.I.	0.037772
IC 1% L.S.	0.216306
IC 1% L.I.	0.005694

Delineamento Experimental: **Rugosidade**

Observações Não Transformadas

Quadro 63 - Análise fixando o nível Onda-Cryl do Fator Material e Nível Imediato do Fator Tempo.

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: **Rugosidade**

## Observações Não Transformadas

Quadro 64 - Análise fixando o nível Onda-Cryl do Fator Material e Nível 24 horas do Fator Tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	0.050000
Valor Máx.	0.300000
Amplitude	0.250000
Total	0.900000
Média	0.090000
Variância	0.005622
Desv. Padrão	0.074981
D. P. Média	0.023711
Coef. Var. %	83.312759
Coef. Assim.	2.518778
Coef. Curt.	7.620413
Mediana	0.065000
Quartil Inf.	0.060000
Quartil Sup.	0.070000
IC 5% L.S.	0.143587
IC 5% L.I.	0.036413
IC 1% L.S.	0.167061
IC 1% L.I.	0.012939

**Delineamento Experimental: Dureza**

Observações não transformadas

Nome dos Fatores

Fator Nome

A Material

B Tempo

**Quadro 65 – Quadro da Análise de Variância.**

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Material	2	280.6565162	140.3282581	45.5120	0.00001
Tempo	1	128.4806790	128.4806790	41.6695	0.00001
Mat*Tem	2	40.9458732	20.4729366	6.6399	0.00300
Resíduo	54	166.4996637	3.0833271		
Total	59	616.5827319			

Média geral = 16.196667

Coefficiente de variação = 10.841%

**Quadro 66 – Teste de Tukey para Médias de Material dentro de Imediato do Fator Tempo.**

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	3	Onda-Cryl	10	18.435001	18.435001	a	A
2	1	Clássico	10	14.649001	14.649001	b	B
3	2	QC-20	10	11.116000	11.116000	c	C

Delineamento Experimental: **Dureza**

Observações Não Transformadas

Quadro 67- Análise fixando o nível imediato do fator tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	30
Valor Mín.	9.400000
Valor Máx.	20.500000
Amplitude	11.100000
Total	442.000000
Média	14.733334
Variância	10.264107
Desv. Padrão	3.203764
D. P. Média	0.584925
Coef. Var. %	21.745007
Coef. Assim.	0.045629
Coef. Curt.	1.754110
Mediana	15.005000
Quartil Inf.	11.730000
Quartil Sup.	18.240000
IC 5% L.S.	15.926580
IC 5% L.I.	13.540087
IC 1% L.S.	16.347725
IC 1% L.I.	13.118941

Quadro 68 – Teste de Tukey para Médias de Material dentro de 24 horas do Fator Tempo.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	3	Onda-Cryl	10	19.342000	19.342000	a	A
2	1	Clássico	10	17.567999	17.567999	ab	AB
3	2	QC-20	10	16.070000	16.070000	b	B

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

D.M.S. 5% = 1.89461 - D.M.S. 1% = 2.39158

### Delineamento Experimental: **Dureza**

#### Observações Não Transformadas

Quadro 69 - Análise fixando o nível 24 horas do fator tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	30
Valor Min.	13.400000
Valor Máx.	24.100000
Amplitude	10.700001
Total	529.799990
Média	17.660000
Variância	6.567000
Desv. Padrão	2.562616
D. P. Média	0.467867
Coef. Var. %	14.510849
Coef. Assim.	0.561552
Coef. Curt.	2.694449
Mediana	17.195000
Quartil Inf.	15.600000
Quartil Sup.	19.560000
IC 5% L.S.	18.614449
IC 5% L.I.	16.705551
IC 1% L.S.	18.951315
IC 1% L.I.	16.368685

Quadro 70 – Teste de Tukey para Médias de Tempo dentro de Clássico do Fator Material.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	24 horas	10	17.567999	17.567999	a	A
2	1	Imediato	10	14.649001	14.649001	b	B

**Delineamento Experimental: Dureza**

**Observações Não Transformadas**

Quadro 71 - Análise fixando o nível Clássico do Fator Material.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	20
Valor Mín.	12.040000
Valor Máx.	24.100000
Amplitude	12.060000
Total	322.170010
Média	16.108500
Variância	7.351760
Desv. Padrão	2.711413
D. P. Média	0.606290
Coef. Var. %	16.832188
Coef. Assim.	1.439883
Coef. Curt.	5.082084
Mediana	15.400000
Quartil Inf.	14.945000
Quartil Sup.	16.544998
IC 5% L.S.	17.375647
IC 5% L.I.	14.841353
IC 1% L.S.	17.842489
IC 1% L.I.	14.374509

Quadro 72 – Teste de Tukey para Médias de Tempo dentro de QC-20 do Fator Material.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	24 horas	10	16.070000	16.07000	a	A
2	1	Imediato	10	11.116000	11.116000	b	B

Delineamento Experimental: **Dureza**

Observações Não Transformadas

Quadro 73 - Análise fixando o nível QC-20 do Fator Material.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	20
Valor Min.	9.400000
Valor Máx.	17.730000
Amplitude	8.330000
Total	271.859990
Média	13.593000
Variância	7.599529
Desv. Padrão	2.756724
D. P. Média	0.616422
Coef. Var. %	20.280470
Coef. Assim.	0.088025
Coef. Curt.	1.492519
Mediana	13.550000
Quartil Inf.	10.900000
Quartil Sup.	16.000000
IC 5% L.S.	14.881323
IC 5% L.I.	12.304678
IC 1% L.S.	15.355969
IC 1% L.I.	11.830032

Quadro 74 – Teste de Tukey para Médias de Tempo dentro de Onda-Cryl do Fator Material.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	24 horas	10	19.342000	19.342000	a	A
2	1	Imediato	10	18.435001	18.435001	a	A

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

D.M.S. 5% = 1.57643 - D.M.S. 1% = 2.09784

### Delineamento Experimental: **Dureza**

#### Observações Não Transformadas

Quadro 75 - Análise fixando o nível Onda-Cryl do Fator Material.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	20
Valor Min.	15.360000
Valor Máx.	21.860001
Amplitude	6.5000001
Total	377.769990
Média	18.888500
Variância	2.729046
Desv. Padrão	1.651982
D. P. Média	0.369394
Coef. Var. %	8.745969
Coef. Assim.	-0.181480
Coef. Curt.	2.978864
Mediana	18.525002
Quartil Inf.	18.244999
Quartil Sup.	20.145001
IC 5% L.S.	19.660534
IC 5% L.I.	18.116467
IC 1% L.S.	19.944969
IC 1% L.I.	17.832031

Delineamento Experimental: **Dureza**

Observações Não Transformadas

Quadro 76 - Análise fixando o nível Clássico do Fator Material e Nível Imediato do Fator Tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	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: **Rugosidade**

#### Observações Não Transformadas

Quadro 77 - Análise fixando o nível Clássico do Fator Material e Nível 24 horas do Fator Tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Mín.	13.400000
Valor Máx.	24.100000
Amplitude	10.700001
Total	175.679993
Média	17.568001
Variância	9.682084
Desv. Padrão	3.111605
D. P. Média	0.983976
Coef. Var. %	17.711775
Coef. Assim.	0.816522
Coef. Curt.	2.970611
Mediana	16.544998
Quartil Inf.	15.600000
Quartil Sup.	19.459999
IC 5% L.S.	19.791786
IC 5% L.I.	15.344215
IC 1% L.S.	20.765923
IC 1% L.I.	14.370079

Delineamento Experimental: **Dureza**

Observações Não Transformadas

Quadro 78 - Análise fixando o nível QC-20 do Fator Material e Nível Imediato do Fator Tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Mín.	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 79 - Análise fixando o nível QC-20 do Fator Material e Nível 24 horas do Fator Tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	14.100000
Valor Máx.	17.730000
Amplitude	3.629999
Total	160.699997
Média	16.070000
Variância	1.468826
Desv. Padrão	1.211951
D. P. Média	0.383253
Coef. Var. %	7.541700
Coef. Assim.	-0.200226
Coef. Curt.	1.787899
Mediana	16.000000
Quartil Inf.	14.860000
Quartil Sup.	17.160000
IC 5% L.S.	16.936152
IC 5% L.I.	15.203849
IC 1% L.S.	17.315571
IC 1% L.I.	14.824429

Delineamento Experimental: **Dureza**

Observações Não Transformadas

Quadro 80 - Análise fixando o nível Onda-Cryl do Fator Material e Nível Imediato do Fator Tempo.

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

Delineamento Experimental: **Dureza**

Observações Não Transformadas

Quadro 81 - Análise fixando o nível Onda-Cryl do Fator Material e Nível 24 horas do Fator Tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	15.360000
Valor Máx.	21.860001
Amplitude	6.500001
Total	193.419998
Média	19.341999
Variância	4.047550
Desv. Padrão	2.011852
D. P. Média	0.636204
Coef. Var. %	10.401470
Coef. Assim.	-0.598754
Coef. Curt.	2.572321
Mediana	19.695000
Quartil Inf.	18.260000
Quartil Sup.	20.600000
IC 5% L.S.	20.779820
IC 5% L.I.	17.904179
IC 1% L.S.	21.409660
IC 1% L.I.	17.274338

# Delineamento Experimental: **Resistência ao Impacto**

Observações não transformadas

Nome dos Fatores

Fator Nome

A Material

B Tempo

Quadro 82 – Quadro da Análise de Variância.

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob. > F
Material	2	9.0051878	4.5025939	4.6220	0.01385
Tempo	1	18.5928330	18.5928330	19.0858	0.00018
Mat*Tem	2	17.5369376	8.7684688	9.0009	0.00068
Resíduo	54	52.6053427	0.9741730		
Total	59	97.7403010			

Média geral = 7.325000

Coefficiente de variação = 13.474%

Quadro 83 – Teste de Tukey para Médias de Material dentro de Imediato do Fator Tempo.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	2	QC-20	10	8.128999	8.128999	a	A
2	3	Onda-Cryl	10	8.060001	8.060001	a	A
3	1	Clássico	10	7.456000	7.456000	a	A

Delineamento Experimental: **Resistência ao Impacto**

Observações Não Transformadas

Quadro 84- Análise fixando o nível imediato do fator tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	30
Valor Min.	6.000000
Valor Máx.	10.000000
Amplitude	4.000000
Total	236.449997
Média	7.881667
Variância	1.043201
Desv. Padrão	1.021372
D. P. Média	0.186476
Coef. Var. %	12.958831
Coef. Assim.	0.091232
Coef. Curt.	2.052218
Mediana	8.000000
Quartil Inf.	7.000000
Quartil Sup.	8.660000
IC 5% L.S.	8.262078
IC 5% L.I.	7.501256
IC 1% L.S.	8.396341
IC 1% L.I.	7.366993

Quadro 85 – Teste de Tukey para Médias de Material dentro de 24 horas do Fator Tempo.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	3	Onda-Cryl	10	7.463000	7.463000	a	A
2	1	Clássico	10	7.331001	7.331001	a	A
3	2	QC-20	10	5.511000	5.511000	b	B

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

D.M.S. 5% = 1.06494 - D.M.S. 1% = 1.34429

### Delineamento Experimental: **Resistência ao Impacto**

#### Observações Não Transformadas

Quadro 86 - Análise fixando o nível 24 horas do fator tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	30
Valor Min.	4.000000
Valor Máx.	9.330000
Amplitude	5.330000
Total	203.050003
Média	6.768333
Variância	1.686028
Desv. Padrão	1.298471
D. P. Média	0.237067
Coef. Var. %	19.184507
Coef. Assim.	-0.372755
Coef. Curt.	2.571547
Mediana	6.660000
Quartil Inf.	6.000000
Quartil Sup.	8.000000
IC 5% L.S.	7.251951
IC 5% L.I.	6.284716
IC 1% L.S.	7.422639
IC 1% L.I.	6.114028



Quadro 87 – Teste de Tukey para Médias de Tempo dentro de Clássico do Fator Material.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Imediato	10	7.456000	7.456000	a	A
2	2	24 horas	10	7.331001	7.331001	a	A

Delineamento Experimental: **Resistência ao Impacto**

Observações Não Transformadas

Quadro 88 - Análise fixando o nível Clássico do Fator Material.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	20
Valor Min.	6.000000
Valor Máx.	10.000000
Amplitude	4.000000
Total	147.869995
Média	7.393500
Variância	0.802992
Desv. Padrão	0.896098
D. P. Média	0.200374
Coef. Var. %	12.120082
Coef. Assim.	1.163549
Coef. Curt.	4.708812
Mediana	7.330000
Quartil Inf.	6.660000
Quartil Sup.	8.000000
IC 5% L.S.	7.812281
IC 5% L.I.	6.974719
IC 1% L.S.	7.966569
IC 1% L.I.	6.820431

Quadro 89 – Teste de Tukey para Médias de Tempo dentro de QC-20 do Fator Material.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Imediato	10	8.128999	8.128999	a	A
2	2	24 horas	10	5.511000	5.511000	b	B

**Delineamento Experimental: Resistência ao Impacto**

Observações Não Transformadas

Quadro 90 - Análise fixando o nível QC-20 do Fator Material.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	20
Valor Min.	4.000000
Valor Máx.	8.660000
Amplitude	4.660000
Total	136.399994
Média	6.820000
Variância	2.596558
Desv. Padrão	1.611384
D. P. Média	0.360316
Coef. Var. %	23.627333
Coef. Assim.	-0.349403
Coef. Curt.	1.698338
Mediana	6.995000
Quartil Inf.	5.330000
Quartil Sup.	8.330000
IC 5% L.S.	7.573061
IC 5% L.I.	6.066938
IC 1% L.S.	7.850504
IC 1% L.I.	5.789495

Quadro 91 – Teste de Tukey para Médias de Tempo dentro de Onda-Cryl do Fator Material.

Num. Ordem	Num. Trat.	Nome	Num. Repet.	Médias	Médias Originais	5%	1%
1	1	Imediato	10	8.060001	8.060001	a	A
2	2	24 horas	10	7.463000	7.463000	a	A

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

D.M.S. 5% = 0.88610 - D.M.S. 1% = 1.17918

### Delineamento Experimental: **Resistência ao Impacto**

#### Observações Não Transformadas

Quadro 92 - Análise fixando o nível Onda-Cryl do Fator Material.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	20
Valor Min.	6.000000
Valor Máx.	9.330000
Amplitude	3.330000
Total	155.229996
Média	7.761500
Variância	1.270729
Desv. Padrão	1.127266
D. P. Média	0.252064
Coef. Var. %	14.523818
Coef. Assim.	0.031522
Coef. Curt.	1.750070
Mediana	7.665000
Quartil Inf.	6.660000
Quartil Sup.	8.660000
IC 5% L.S.	8.288315
IC 5% L.I.	7.234685
IC 1% L.S.	8.482404
IC 1% L.I.	7.040596

Delineamento Experimental: **Resistência ao Impacto**

Observações Não Transformadas

Quadro 93 - Análise fixando o nível Clássico do Fator Material e Nível Imediato do Fator Tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Mín.	6.660000
Valor Máx.	10.000000
Amplitude	3.340000
Total	74.559998
Média	7.456000
Variância	1.190715
Desv. Padrão	1.091199
D. P. Média	0.345067
Coef. Var. %	14.635180
Coef. Assim.	1.450977
Coef. Curt.	3.973927
Mediana	7.165000
Quartil Inf.	6.660000
Quartil Sup.	7.600000
IC 5% L.S.	8.235852
IC 5% L.I.	6.676148
IC 1% L.S.	8.577469
IC 1% L.I.	6.334531

Delineamento Experimental: **Resistência ao Impacto**

Observações Não Transformadas

Quadro 94 - Análise fixando o nível Clássico do Fator Material e Nível 24 horas do Fator Tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	6.000000
Valor Máx.	8.000000
Amplitude	2.000000
Total	73.309998
Média	7.331000
Variância	0.495810
Desv. Padrão	0.704137
D. P. Média	0.222668
Coef. Var. %	9.604931
Coef. Assim.	-0.591949
Coef. Curt.	2.182154
Mediana	7.330000
Quartil Inf.	6.660000
Quartil Sup.	8.000000
IC 5% L.S.	7.834229
IC 5% L.I.	6.827771
IC 1% L.S.	8.054670
IC 1% L.I.	6.607329

**Delineamento Experimental: Resistência ao Impacto**

Observações Não Transformadas

Quadro 95 - Análise fixando o nível QC-20 do Fator Material e Nível Imediato do Fator Tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	6.660000
Valor Máx.	8.660000
Amplitude	2.000000
Total	81.290001
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

**Delineamento Experimental: Resistência ao Impacto**

**Observações Não Transformadas**

Quadro 96 - Análise fixando o nível QC-20 do Fator Material e Nível 24 horas do Fator Tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	4.000000
Valor Máx.	7.330000
Amplitude	3.330000
Total	55.110001
Média	5.511000
Variância	1.225188
Desv. Padrão	1.106882
D. P. Média	0.350027
Coef. Var. %	20.084957
Coef. Assim.	0.297054
Coef. Curt.	1.790641
Mediana	5.330000
Quartil Inf.	4.600000
Quartil Sup.	6.660000
IC 5% L.S.	6.302060
IC 5% L.I.	4.719939
IC 1% L.S.	6.648587
IC 1% L.I.	4.373412

**Delineamento Experimental: Resistência ao Impacto**

Observações Não Transformadas

Quadro 97 - Análise fixando o nível Onda-Cryl do Fator Material e Nível Imediato do Fator Tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Mín.	6.000000
Valor Máx.	9.330000
Amplitude	3.330000
Total	80.599998
Média	8.060000
Variância	1.417377
Desv. Padrão	1.190537
D. P. Média	0.376481
Coef. Var. %	14.770927
Coef. Assim.	-0.404554
Coef. Curt.	1.858589
Mediana	8.330000
Quartil Inf.	7.330000
Quartil Sup.	9.300000
IC 5% L.S.	8.910846
IC 5% L.I.	7.209153
IC 1% L.S.	9.283562
IC 1% L.I.	6.836437



Delineamento Experimental: **Resistência ao Impacto**

Observações Não Transformadas

Quadro 98 - Análise fixando o nível Onda-Cryl do Fator Material e Nível 24 horas do Fator Tempo.

Estatísticas	Teste
Num. Obs.	10
Valor Min.	6.000000
Valor Máx.	9.330000
Amplitude	3.330000
Total	74.629997
Média	7.463000
Variância	1.067267
Desv. Padrão	1.033086
D. P. Média	0.326691
Coef. Var. %	13.842775
Coef. Assim.	0.408239
Coef. Curt.	2.189203
Mediana	7.330000
Quartil Inf.	6.660000
Quartil Sup.	8.000000
IC 5% L.S.	8.201321
IC 5% L.I.	6.724679
IC 1% L.S.	8.524744
IC 1% L.I.	6.401256