



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



*Esta tese foi defendida publicamente
Comissão de Acadêmicos da
Rendição CCPG 036/83
21/12/98
Alkan Adelbelly*

Rodrigo Nunes Rached

Cirurgião Dentista

Resistência de união entre resina acrílica para microondas e resina acrílica termopolimerizável convencional segundo diferentes tratamentos químicos prévios.

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

PIRACICABA - SP

1998

970916





UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



Rodrigo Nunes Rached

Cirurgião Dentista

**Resistência de união entre resina acrílica para microondas e
resina acrílica termopolimerizável convencional segundo
diferentes tratamentos químicos prévios.**

Orientadora: Prof^a. Dr.^a Altair A. Del Bel Cury

FOP/UNICAMP

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

PIRACICABA - SP

1998

Ficha Catalográfica

R114r Rached, Rodrigo Nunes.
Resistência de união entre resina acrílica para microondas e resina acrílica termopolimerizável convencional segundo diferentes tratamentos químicos prévios. / Rodrigo Nunes Rached. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 1998.
98f. : il.

Orientadora : Profª. Drª. Altair A. Del Bel Cury.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Resinas acrílicas dentárias. 2. Microondas. 3. Prótese dentária. 4. Consertos. I. Del Bel Cury, Altair A. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

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



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de MESTRADO, em sessão pública realizada em 10 de Dezembro de 1998, considerou o candidato RODRIGO NUNES RACHED aprovado.

1. Profa. Dra. ALTAIR ANTONINHA DEL BEL CURY *Altair Del Bel Cury*

2. Profa. Dra. ANA LÚCIA MACHADO CUCCI *Ana Lucia Machado Cucci*

3. Prof. Dr. HUMBERTO GENNARI FILHO *Humberto Gennari*

***"Uma coisa aprendi na minha longa vida: que toda a nossa ciência,
contraposta à realidade, é primitiva e infantil.
E, apesar disso, é a coisa mais preciosa que temos."***

Albert Einstein 1879-1955

Dedico este trabalho a:

Meu pais, **João e Dagmar**, por me incentivarem a trilhar o caminho que sempre desejei, e por me ensinarem a ser honesto e determinado.

Meus irmãos, **Maísa e Marcelo**, pelo reconhecimento e apoio nos momentos difíceis.

Minhas tias, **Bárbara e Lúcia**, pelo apoio e estima com que sempre me trataram.

Meu agradecimento especial

À minha orientadora Prof^ª. Dr.^ª Altair A. Del Bel Cury,
pelo estímulo, ensino, dedicação, prontidão,
competência e, acima de tudo, amizade e respeito.

Meus agradecimentos:

À **DEUS**, pelo caminho correto e feliz pelo qual vem me conduzindo.

Ao **Prof. Dr. Jaime Ap. Cury**, pela amizade, contribuição à minha formação e exemplo de pessoa e pesquisador a ser seguido.

Ao **Prof. Dr. José Ranali**, diretor da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP-UNICAMP).

Aos colegas **Dinho, Eduardo Rocha, Eduardo Carrilho, Eudes, Frederico, Glauco, Mello, Paulo Nadim, Paulo Perez, Solimar e Rosemary**, pelo incentivo, companheirismo e respeito que sempre me trataram, e aos demais colegas dos cursos de Pós-graduação da FOP, pela parceria nesta trajetória de vitórias.

À **68ª turma de formandos** da Faculdade de Odontologia de Araraquara-UNESP (FOA-UNESP), pela amizade e incentivo depositado desde meu ingresso à Universidade.

Aos professores da Disciplina de Prótese Parcial Removível da FOA-UNESP, **Ana Lúcia Machado Cucci, Eunice Therezinha Giampaolo e Carlos Eduardo Vergani**, pela amizade, sinceridade e ensinamentos marcantes à minha vida científica e pessoal.

Aos professores da FOA-UNESP, **Luís Carlos Spolidório, Carlos Alberto de Souza Costa, Arlete Scarrasso Martini e Mário Tanomaru Filho**, pela confiança depositada em minha iniciação científica.

Aos professores **Luís André Freire Pimenta**, da FOP-UNICAMP, e **Elliot Kitagima**, da Escola Superior de Agricultura Luís de Queirós (ESALQ), e à funcionária do Núcleo de Estudos em Microscopia da ESALQ, **Silvane Machado**, pelo auxílio no desenvolvimento experimental deste estudo.

Aos colegas de moradia, **Halbert, Michel e Pablo**, pelo companheirismo e amizade.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)**, pelo apoio financeiro depositado nesta pesquisa.

Aos **funcionários das bibliotecas** da FOA-UNESP e da FOP-UNICAMP, pelo auxílio e disponibilidade nas pesquisas e consultas até hoje realizadas.

Aos funcionários **José Alfredo da Silva, Mariza de Jesus Carlos Soares e Waldomiro Vieira Filho**, do Laboratório de Bioquímica Oral, FOP-UNICAMP, e **Lourival de Lucas**, da marcenaria, pelo auxílio e presteza com que sempre me atenderam.

Ao senhor **Umberto Fernando Marson**, instrutor do SENAI "Mário Dedini" de Piracicaba, pela confecção do dispositivo para acabamento dos espécimes.

À **Profa. Dra. Rosana Parente**, pela análise estatística dos dados.

Aos **professores do Curso de Pós-graduação em Clínica Odontológica** da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP, pelos ensinamentos ministrados.

SUMÁRIO

1. LISTAS	2
I-Lista de quadros e tabelas	2
II-Lista de figuras e gráficos.....	2
III-Lista de abreviaturas e siglas	3
2. RESUMO	5
3. INTRODUÇÃO	8
4. REVISÃO DA LITERATURA	11
Resinas Acrílicas: Propriedades.....	11
Resinas Acrílicas Polimerizadas por Microondas	17
Reparo Geral.....	30
Reparo com resina para microondas.....	40
5. PROPOSIÇÃO	44
6. METODOLOGIA	46
A) MATERIAL	46
Resinas.....	46
Outros.....	46
Aparelhos.....	47
B) MÉTODOS	48
Variável Resistência Transversa	48
Variável Dureza	56
Análise da Textura Superficial.....	61
7. RESULTADOS	64
Resistência Transversa.....	64
Análise estatística.....	66
Dureza Superficial.....	67
Análise estatística.....	68
Textura Superficial.....	69
8. DISCUSSÃO	76
9. CONCLUSÃO	85
10. ABSTRACT	87
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90

Listas

Listas

I-Lista de quadros e tabelas

<i>Quadro 1: Resinas utilizadas no estudo.</i>	46
<i>Tabela 1: Valores de resistência transversa dos grupos.</i>	64
<i>Tabela 2: Tipo e frequência das fraturas dos espécimes reparados.</i>	65
<i>Tabela 3: Médias e desvios padrões para os valores de resistência transversa dos grupos.</i>	67
<i>Tabela 4: Médias de dureza dos espécimes dos grupos CT e MW, nos três períodos de armazenagem.</i>	67
<i>Tabela 5: Resultado das comparações múltiplas das médias dos grupos dentro de cada período.</i>	69
<i>Tabela 6: Resultado das comparações múltiplas das médias entre os períodos, para cada grupo.</i>	69

II-Lista de figuras e gráficos

<i>Figura 1: Recipiente de madeira com matrizes coladas.</i>	48
<i>Figura 2: Muflas contendo moldes em silicone das matrizes para teste de resistência transversa.</i>	49
<i>Figura 3: Dispositivo para acabamento dos espécimes para teste de resistência transversa.</i>	53
<i>Figura 4: Esquema do dispositivo para acabamento dos espécimes para teste de resistência transversa.</i>	53
<i>Figura 5: 1ª Fase - Determinação da altura dos cilindros.</i>	54
<i>Figura 6: 2ª Fase - Posicionamento e desgaste do espécime.</i>	55
<i>Figura 7: Teste de resistência transversa.</i>	56
<i>Figura 8: Dimensões das matrizes para o teste de dureza.</i>	56
<i>Figura 9: Mufla metálica contendo moldes em gesso das matrizes para teste de dureza superficial.</i>	57
<i>Figura 10: Teste de dureza superficial realizado em microdurômetro Shimadzu.</i>	59
<i>Figura 11: Localização das penetrações sobre os espécimes do teste de dureza.</i>	59
<i>Figura 12: Muflas contendo moldes em silicone das matrizes para teste de dureza.</i>	60
<i>Figura 13: Espécimes metalizados para microscopia eletrônica.</i>	62
<i>Figura 14: Tipos de fraturas: COAc; COLu; Adesiva; Adesiva+coesiva (de cima para baixo, nesta ordem).</i>	66
<i>Figura 15: Resina Lucitone 550 após acabamento com lixa 600 (2000x).</i>	71
<i>Figura 16: Resina Lucitone 550 após imersão em monômero da resina Acron MC por 30 s. (2000x).</i>	72
<i>Figura 17: Resina Lucitone 550 após imersão em acetona por 30 s. (2000x).</i>	73
<i>Figura 18: Resina Lucitone 550 após imersão em monômero e acetona (2000x).</i>	74
<i>Gráfico 1: Médias dos valores de resistência transversa (MPa) dos grupos.</i>	64
<i>Gráfico 2: Frequência dos tipos de fraturas.</i>	65
<i>Gráfico 3: Médias de dureza Knoop dos grupos CT e MW nos três períodos estudados.</i>	68

III-Lista de abreviaturas e siglas

<i>Et al.</i>	_____	<i>e outros (abreviatura de "et alii")</i>
<i>kg/cm²</i>	_____	<i>quilograma(s) por centímetro quadrado</i>
<i>mm/min.</i>	_____	<i>milímetro(s) por minuto</i>
<i>VHN</i>	_____	<i>dureza Vickers</i>
<i>mg/cm²</i>	_____	<i>miligrama(s) por centímetro quadrado</i>
<i>MPa</i>	_____	<i>megapascal(is)</i>
<i>Kv</i>	_____	<i>quilovolt(s)</i>
<i>kcal/mg</i>	_____	<i>quilocaloria(s) por miligrama</i>
<i>cm</i>	_____	<i>centímetro(s)</i>
<i>mm</i>	_____	<i>milímetro(s)</i>
<i>µm</i>	_____	<i>micrômetro(s)</i>
<i>g</i>	_____	<i>grama(s)</i>
<i>mg</i>	_____	<i>miligrama(s)</i>
<i>ml</i>	_____	<i>mililitro(s)</i>
<i>h</i>	_____	<i>hora(s)</i>
<i>Ø</i>	_____	<i>diâmetro</i>
<i>°C</i>	_____	<i>grau(s) Celsius</i>
<i>=</i>	_____	<i>igual</i>
<i>±</i>	_____	<i>mais ou menos</i>
<i>%</i>	_____	<i>por cento</i>
<i>DV</i>	_____	<i>desvio-padrão</i>
<i>MEV</i>	_____	<i>microscópio eletrônico de varredura</i>
<i>MMA</i>	_____	<i>metilmetacrilato</i>
<i>PMMA</i>	_____	<i>poli-metilmetacrilato</i>
<i>W</i>	_____	<i>watt(s)</i>
<i>s.</i>	_____	<i>segundo(s)</i>
<i>Lu</i>	_____	<i>Lucitone 550</i>
<i>Ac</i>	_____	<i>Acron MC</i>
<i>CO</i>	_____	<i>falha coesiva</i>
<i>AD</i>	_____	<i>falha adesiva</i>
<i>CT</i>	_____	<i>grupo controle</i>
<i>G</i>	_____	<i>grupo</i>
<i>ADA</i>	_____	<i>American Dental Association</i>
<i>ISO</i>	_____	<i>International Organization for Standardization</i>
<i>FRP</i>	_____	<i>Fiber Reinforced Plastic</i>

Resumo

Resumo

Há poucos estudos na literatura sobre o reparo de resinas para base de próteses com resinas acrílicas polimerizadas por energia de microondas, e nenhum trabalho que tenha avaliado a influência do tratamento químico prévio das superfícies na resistência de união entre estas resinas. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de diferentes tratamentos umedecedores de superfície na resistência transversa de uma resina acrílica termopolimerizável convencional (Lucitone 550-“Lu”) reparada com uma resina acrílica polimerizada em microondas (Acron MC-“Ac”), após armazenagem em água a 37°C durante 48±2 horas. Foi propósito também avaliar o efeito do ciclo de polimerização em microondas, utilizado no reparo dos espécimes, sobre a dureza superficial de Lu. Foram confeccionados setenta espécimes com a resina Lu segundo a especificação nº12 da ADA. Destes, quatorze permaneceram intactos formando o grupo controle positivo (GI); os cinquenta e seis restantes foram divididos casualmente em 4 grupos e tiveram a região central removida em 10 mm, sendo reparados com a resina Ac, processada em microondas durante 3 minutos a 540 W. Previamente ao procedimento de reparo, as superfícies a serem unidas receberam diferentes tratamentos químicos (GIII = 30 s. de imersão em monômero da Ac; GIV = 30 s. de imersão em acetona; GV = 15 s. de imersão em acetona + jato de ar + 15 s. de imersão em monômero da Ac; GVI=sem tratamento umedecedor). Quatorze espécimes intactos confeccionados com a resina Ac formaram o grupo controle negativo (GII). Para a análise da dureza superficial, dez discos (altura=4,0 mm; Ø=30,0 mm) foram confeccionados com Lu utilizando-se a técnica convencional de inclusão em muflas metálicas. Estes espécimes receberam acabamento e polimento seqüenciais em lixas de carbetto de silício. Após 48±2 horas de armazenagem em água a 37°C, cinco espécimes foram submetidos a um ciclo de polimerização em microondas (540 W durante 03 minutos), formando o grupo teste MW. Os espécimes restantes formaram o grupo controle (CT). A dureza superficial dos espécimes dos grupos MW e CT foi avaliada em um microdurômetro Shimadzu com carga de penetração de 25 gramas, durante 5 segundos, após os períodos de armazenagem de 24 horas, 48 horas e 30 dias em água a 37°C. O efeito dos tratamentos químicos sobre a superfície da resina Lu foi observado em MEV. As médias (MPa) e desvio-padrões de resistência transversa obtidos foram: GI=92,3±3,08 / GII=108,2±2,72 / GIII=92,2±3,5 / GIV=97,6±4,61 / GV=87,2±4,61 /

GVI=85,8±3,62. Os valores de resistência transversa foram submetidos ao teste t e mostraram diferenças ($p<0,05$) apenas entre os pares GIV-GV e GIV-GVI. As médias de resistência dos espécimes reparados foram estatisticamente inferiores (79-90%) à de GII. As médias de resistência de GI não diferiram estatisticamente das médias dos grupos de espécimes reparados, as quais variaram de 93%(GVI) a 106%(GIV) da média de GI. Os resultados de dureza foram: 48 h) CT=16,70±0,089a; MW=17,04±0,133a // 72 h) CT=17,88±0,073b; MW=17,10±0,109a // 30 dias) CT=17,06±0,174a; MW=16,72±0,174a. Médias acompanhadas de letras distintas diferem entre si ($p<0,05$), seja nas comparações entre grupos (MW e CT) ou entre períodos (24 h, 48 h, 30 dias). Nas análises em MEV, observou-se que a imersão em acetona promoveu uma superfície repleta de microporos; a imersão em monômero de Ac promoveu uma superfície regularmente lisa e com poucos microporos; já a associação dos dois químicos promoveu uma superfície com maior lisura e ausente de microporosidades. Concluiu-se que o tratamento químico prévio das superfícies da resina Lu previamente ao reparo com a resina Ac influenciou na resistência de união entre estes materiais, e promoveu alterações variadas na superfície de Lu. Os espécimes reparados apresentaram resistência transversa inferior à resistência da resina Ac testada intacta, porém igual à da resina Lu testada da mesma forma. A dureza superficial de Lu foi levemente alterada pela efeito da energia de microondas.

Palavras-chave: Resinas acrílicas dentárias; Microondas; Prótese dentária; Consertos

Introdução

Introdução

As fraturas de próteses totais e parciais removíveis tem sido um achado comum na clínica diária.

Várias técnicas tem sido propostas para o reparo de próteses fraturadas, objetivando sempre restaurar a resistência original das mesmas.

De uma forma geral, o sucesso de um reparo está intimamente ligado ao fenômeno da adesão⁴⁶. A superfície das resinas acrílicas pode ser dissolvida através de substâncias químicas apropriadas, processo que altera significativamente a sua morfologia e propriedades químicas, melhorando a adesão entre a resina da base e a resina reparadora³⁷.

Vários estudos tem objetivado avaliar os efeitos do tratamento químico prévio das partes a serem reparadas ou reembasadas, seja com "primers" especiais^{7,36} ou o próprio monômero^{7,8,36} da resina reparadora ou reembasadora, na resistência de união entre esta última e a resina da base. O clorofórmio e a acetona também podem ser utilizados como solventes químicos das resina acrílicas, uma vez que este polímero apresenta estrutura linear⁵.

Segundo ELLIS & FARAJ(1980)²¹, resinas acrílicas que apresentam ligações cruzadas nas cadeias poliméricas, são eficazmente dissolvidas apenas quando se utiliza solventes mais fortes, como o clorofórmio ou acetona.

As resinas quimicamente ativadas fornecem valores de resistência de reparo de 60%⁴⁹ a 65%³⁴ da resistência do espécime intacto, enquanto as resinas termopolimerizáveis possibilitam uma resistência de reparo em torno de 75%³⁴ a 80%⁴⁹ da resistência do espécime original. Apesar das resinas acrílicas termopolimerizáveis convencionais produzirem reparo com propriedades físicas e mecânicas aceitáveis, a técnica envolvida apresenta algumas desvantagens, sendo as principais o risco de distorções adicionais da base da prótese, o tempo e as dificuldades de se conduzir a técnica²⁰.

A utilização da energia de microondas na polimerização das resinas acrílicas foi primeiramente relatada na literatura por NISHII³⁹ em 1968. Vários estudos se sucederam ao deste pesquisador, objetivando avaliar as vantagens dessa nova tecnologia^{18,30,31,32,41,42,45,48}. Entretanto há poucos estudos relacionados à utilização do método de polimerização com microondas em procedimentos de reparo de

próteses^{47,40,52}, e nenhum trabalho que tenha estudado a influência de diferentes tratamentos químicos da superfície na resistência final de reparos conduzidos com este sistema.

Assim, será objeto desta pesquisa a avaliação da resistência de união entre as resinas acrílicas para microondas e termopolimerizável, segundo diferentes tratamentos superficiais.

Revisão da Literatura

Revisão da Literatura

Resinas Acrílicas: Propriedades

JAGGER & HUGGETT (1975)²⁹ avaliaram o efeito da adição do agente de ligação cruzada etileno glicol dimetacrilato ao monômero da resina acrílica, em concentrações de 20, 40, 60, 80 e 100% por volume. As propriedades de resistência à indentação, creep e recuperação foram avaliadas. Utilizou-se o aparelho Wallace Micro Hardness Tester modelo H6B, com sistema de medição de profundidade de indentação em unidades de 1×10^{-5} polegadas. Não houve alterações significativas nos valores das propriedades analisadas, em função da adição do agente de ligação. Segundo os autores, o efeito do agente de ligação cruzada poderia interferir nas propriedades das resinas acrílicas quando as mesmas estivessem na fase de transição vítrea, na qual há uma grande diminuição da rigidez intermolecular, a qual poderia ser minimizada pelo agente de união cruzada.

BEECH (1975)¹⁰ estudou o efeito de três diferentes ciclos de polimerização (14 horas a 70°C; 2 horas a 70°C+2 horas a 100°C; polimerização química por uma semana à temperatura ambiente), bem como diferentes espessuras de amostras (10; 2,5 e 0,5 mm) na distribuição do peso molecular de resinas acrílicas para base de prótese, utilizando cromatografia em gel. Testes de resistência transversa foram conduzidos para se correlacionar propriedades físicas com distribuição de peso molecular, valores médios de peso molecular e monômero residual. Quanto aos ciclos de polimerização, a resina acrílica quimicamente ativada apresentou valores de distribuição de peso molecular bem próximos àqueles mostrados pelas resinas termopolimerizadas. Após ter sofrido uma complementação de polimerização a 100°C por duas horas, a resina quimicamente ativada evidenciou redução na quantidade de monômero residual, aumento no número de moléculas com peso inferior a 10^5 e aumento nos valores de resistência transversa, o qual, segundo os autores, evidencia que as propriedades físicas da resina acrílica estão mais relacionados com os níveis de monômero residual do que com a distribuição ou o peso molecular do polímero. Importante observar que o aumento de 5% na percentagem de polímeros com baixo peso molecular ($<10^5$) está relacionada com os valores já conhecidos de percentagem de monômero residual (5%) das resinas quimicamente

ativadas. Não houve correlação entre espessura das amostras e distribuição de peso molecular, o que, segundo o autor, mostra que as diferenças nos valores de resistência entre amostras polimerizadas em volumes e espessuras variadas se deve às variações de monômero residual, e não ao grau de polimerização, responsável pelo peso molecular. Os autores concluem que as técnicas mais utilizadas no processamento das resinas acrílicas fornecem valores de distribuição de peso molecular satisfatórios. Propriedades físicas algumas vezes inadequadas destes materiais podem ser atribuídas a: monômero residual, porosidade, estresse residual ou frinchas.

Segundo JAGGER(1978)²⁸, as propriedades de um material para base podem ser modificadas alterando-se tanto a temperatura quanto o tempo do aquecimento durante o ciclo térmico de polimerização. Neste trabalho, a autor avaliou as propriedades de um PMMA para base de prótese formado a partir da mistura de um polímero e um monômero sem agente de união cruzada, os quais foram processados sob quatro diferentes ciclos de polimerização: 7h/70°C; 14h/70°C; 1h/100°C; 7h/70°C + 1h/100°C. A estrutura dos materiais foi analisada com uma técnica de ataque ácido; além disso, os mesmos foram caracterizados quanto ao grau de polimerização, resistência e sorção de água. As conclusões foram:

1. não houve correlação entre ciclo de cura utilizado e estrutura do polímero;
2. o ciclo de cura de 7 h a 70°C seguido da complementação por uma hora a 100°C forneceu os melhores resultados de dureza e resistência à tração;
3. pôde-se observar uma correlação entre monômero residual, resistência à indentação, resistência à tração e sorção de água. Esta observação, segundo o autor, sugere que a concentração de monômero residual foi um parâmetro importante na determinação das demais propriedades do material.

Em 1979, FARAH & ELLIS²² realizaram mensurações do módulo de elasticidade, sorção de água e contração, de uma resina autopolimerizável e uma resina termopolimerizável. Foram confeccionadas amostras circulares com 50,0 mm de diâmetro x 8,0 mm de espessura. Para verificar a temperatura durante a polimerização, pares termelétricos foram posicionados no interior do gesso e da resina. A temperatura de polimerização da resina termopolimerizável foi de 70°C e 100°C. A densidade das

amostras foi determinada pelo peso em ar e em água a $21\pm 1^\circ\text{C}$ logo após a demuflagem e após condicionamento de peso em dessecador. As alterações dimensionais foram medidas através das dimensões dos círculos marcados no gesso. A medida do módulo de elasticidade foi obtida em espécimes com $60 \times 10 \times 1,7$ mm. Os autores concluíram que a resina autopolimerizável polimeriza à temperatura de 25°C . O tempo de polimerização da resina termopolimerizável foi maior no centro das amostras, comparado à região externa. Quanto à porosidade, as amostras submetidas à temperatura de 70°C não apresentaram porosidade, o mesmo não ocorrendo com aquelas polimerizadas a 100°C , as quais mostraram evidenciaram porosidade quando a temperatura exotérmica ficou próxima a 135°C . A contração dimensional foi de 0,53% para as resinas termopolimerizáveis, e 0,26% para as autopolimerizáveis. Os autores relataram que o módulo de elasticidade deve ser mensurado em corpos-de-prova armazenados em água a 37°C , tendo em vista que tanto a temperatura como a sorção de água reduzem os valores dessa propriedade. Também deve ser observado tempo suficiente para que os materiais atinjam o equilíbrio de sorção de água (33 dias para corpos-de-prova com 2,5 mm a 37°C) antes da realização do teste de deflexão.

ELLIS & FARAJ (1980)²¹ estudaram a estrutura microscópica de resinas acrílicas através de MEV e determinação da proporção sol:gel, a qual fornece a magnitude de ligação química entre as pérolas do polímero e a matriz polimérica. Análises com microscopia óptica foram conduzidas para avaliar as modificações estruturais das pérolas pelo líquido do monômero nas fases iniciais da mistura pó-líquido. Os resultados desta avaliação mostraram um inchaço das pérolas e uma dissolução destas de menor tamanho; aquelas de maior tamanho permaneceram na massa polimérica após o término da reação química. Os resultados em MEV permitiram visualizar as pérolas do polímero na superfície da resina acrílica polimerizada quando esta recebeu polimento e condicionamento químico com acetona. Segundo os autores, isto é possível devido à dissolução da matriz polimérica e exposição das pérolas do polímero. A determinação da proporção sol:gel permite dizer se houve ligações químicas cruzadas entre as pérolas do polímero. Esta proporção deverá ser, pelo menos, a mesma entre o peso das pérolas do polímero e do líquido do monômero utilizados na mistura da resina. Se sol:gel for menor, conclui-se que houve uma ligação química entre as pérolas do polímero e a matriz

formada pela polimerização do monômero. A resina Simplon, que não possui agentes de ligação cruzada na sua composição, dissolveu-se por completo tanto em clorofórmio quanto em acetona. Já a resina Stellan apresentou uma proporção de "sol" bem menor comparada àquela do peso das pérolas de polímero utilizadas no preparo da resina. A resina Trevalon Hl, de alto impacto e que contem na sua composição copolímero de butadieno-estireno, sofreu dissolução em clorofórmio porém não em acetona, provavelmente pelo menor efeito dissolvente da acetona sobre o butadieno-estireno.

LAMB *et al.* (1983)³³ estudaram o efeito da proporção sólido/líquido, temperaturas de polimerização inicial baixas, armazenagem em temperaturas elevadas e exclusão de oxigênio, sobre os níveis de monômero residual de uma resina acrílica autopolimerizável. Segundo os autores, as resinas acrílicas são, na maioria das vezes, formadas pela mistura de um polímero, contendo peróxido de benzoila, com um monômero, contendo um catalisador, como por exemplo uma amina terciária. O peróxido se decompõe rapidamente e é suficiente para que, mesmo em temperatura ambiente, gere uma quantidade significativa de radicais livres, que promoverão a polimerização do monômero e, em consequência, de toda a mistura polimérica. Os resultados mostraram que resinas preparadas com uma proporção sólido/líquido alta de 5:3 apresentaram dosagens significativamente menores de monômero residual comparadas àquelas preparadas com uma proporção baixa de 4:3. Quanto à temperatura de polimerização, as amostras polimerizadas à 22°C apresentaram níveis de monômero residual maiores comparados aos daquelas polimerizadas a 55°C, quando da dosagem imediata do monômero. Após três dias de armazenagem, os níveis de monômero residual reduziram-se. A velocidade de perda de monômero das amostras polimerizadas a 22°C foi significativamente maior, o que levou a uma inversão dos níveis de monômero em relação à primeira análise. Dessa forma, após três dias de armazenagem, as amostras polimerizadas a 55°C mostraram os maiores valores de monômero residual. Os resultados deste estudo mostraram que estes tornaram-se praticamente indetectáveis após 25 dias quando armazenados a 37°C, e após 6 dias, quando armazenados a 50°C. Utilizando-se uma temperatura de armazenagem de 36°C, inferior àquela de transição vítrea do material estudado (76°), a resina estudada mostrou um grau de conversão virtual de 100%. Pôde-se observar que os espécimes que foram mantidos em contato com o ar atmosférico apresentaram níveis

inferiores de monômero residual, comparados àqueles mantidos em ausência de ar.

ARAB *et al.* (1989)⁶ estudaram a influência de níveis elevados de monômero residual na descoloração de uma resina acrílica, bem como sobre algumas de suas propriedades físicas. Dois ciclos de polimerização foram utilizados: 16 h a 70°C+3 h a 100°C; 8 h a 70°C. As amostras foram submetidas a 4 diferentes técnicas de limpeza de próteses. Todos os espécimes exibiram alterações similares, não havendo influência de níveis elevados de monômero sobre a descoloração da resina acrílica, sendo este fator atribuível ao método de limpeza. O principal fator responsável pelo branqueamento foi a temperatura elevada da água, independente do agente de limpeza utilizado. Entretanto, algumas propriedades físicas foram prejudicadas pelo conteúdo de monômero residual: resistência transversa e dureza. Os procedimentos de limpeza com água fervente e limpadores provocaram aumento na opacidade, perda de integridade, redução na resistência transversa e aumento na dureza superficial da resina acrílica.

HARRISON & HUGGET (1992)²⁴ estudaram o efeito de diferentes ciclos térmicos de polimerização sobre os níveis de monômero residual de resinas acrílicas para base de prótese. Utilizou-se neste estudo um copolímero (trietileno glycol dimetacrilato) e um homopolímero. Foram avaliados ciclos longos, curtos, com calor úmido e seco, os quais forneceram percentuais de monômero residual entre 0,56 a 18,46%. Os resultados mostraram que o ciclo longo e calor úmido de 7 horas a 70°C mais 1 hora a 100°C forneceu os menores índices de monômero residual para 23 polímeros comerciais avaliados. Quando se comparou os materiais, as diferenças entre os valores para monômero residual ficaram entre 0,54 e 1,08%.

SADAMORI *et al.* (1994)⁴⁴ avaliaram a influência da localização na mufla e da espessura de diferentes amostras na concentração de monômero residual. Tais amostras foram obtidas de espécimes confeccionados em resina acrílica utilizando-se três processos de polimerização: termopolimerizável convencional, técnica da resina fluída e método de cura por energia de microondas. Para as dosagens de monômero, utilizou-se cromatografia gás-líquida. Os resultados indicaram que a concentração de monômero residual foi influenciada pelo método de polimerização da resina e pela espessura dos

espécimes. A localização das amostras não influenciou nesta variável. A resina para microondas apresentou níveis de monômero residual iguais àqueles da resina convencional, bem como valores estatisticamente iguais quando se variava a espessura dos corpos, o que não ocorreu com a resina termopolimerizável convencional. Os autores sugerem ainda que a estabilidade e a adaptação dimensional de próteses confeccionadas com resina acrílica podem ser influenciadas pelo processo de cura, espessura das bases, formato e tamanho das próteses.

Resinas Acrílicas Polimerizadas por Microondas

NISHII (1968)³⁹ foi o primeiro pesquisador a estudar a energia de microondas na polimerização de resinas acrílicas, avaliando porosidade e propriedades físicas: sorção de água, dureza, resistência à tração, resistência transversa, deflexão transversa, resistência de união de dentes artificiais, adaptação. Segundo o autor, o método de aplicação da energia de microondas pode ser classificado como método dielétrico, em que ocorre aquecimento imediato da massa polimérica, e tanto as regiões superficiais quanto as profundas são aquecidas rápida e uniformemente. A energia de microondas gerada em um oscilador magnético foi transferida para uma câmara contendo uma mufla com resina acrílica, a qual foi irradiada com ciclos de 9, 10, 11 e 12 minutos. O autor obteve resultados satisfatórios quanto à porosidade, quando da utilização de muflas perfuradas e redução na energia de alta frequência. As propriedades físicas das resinas polimerizadas durante 11 minutos de irradiação foram tão satisfatórias quanto às das resinas polimerizadas pela técnica convencional em banho de água quente.

KIMURA *et al.* (1983)³² estudaram a utilização da energia de microondas para polimerizar a resina acrílica. Foram utilizadas resinas acrílicas termopolimerizáveis transparente e rosa, aplicando-se as seguintes proporções de polímero e monômero: 2,4:1 e 2:1, em peso, respectivamente. Também foram utilizados dentes artificiais de resina acrílica e de porcelana. Misturas de pó e líquido com diferentes pesos: 7, 15 e 21 g foram irradiadas em microondas durante 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40 seg. para verificar o tempo necessário para atingir a fase plástica e a completa polimerização. A energia utilizada para a polimerização foi de 200 W e 500 W. Também foi avaliado:

- Deformação do molde de gesso após a irradiação com microondas durante 0,5 a 20 minutos.

- Porosidade dos corpos-de-prova com as seguintes dimensões:

a) 20 x 20 x 5 mm processados durante 2 a 15 minutos e resfriados à temperatura ambiente;

b) 20 x 20 x 10 mm polimerizadas durante 3 minutos e resfriadas em água gelada, água corrente e na bancada;

c) 20 x 20 x 1,5 ou 3 mm polimerizadas durante 3 min;

- d) 20 x 20 x 3 mm contendo um grampo metálico com 0,9 mm de diâmetro;
- Adaptação das bases de próteses polimerizadas através dos seguintes métodos :
 - a) banho de água elevando a temperatura para 100°C em 60 minutos e mantendo em água fervente durante 30 minutos e;
 - b) energia de microondas durante 3 minutos.
- Estabilidade de cor e formação de trincas em próteses totais confeccionadas com dentes de resina e porcelana.

Os autores concluíram que:

- Embora a mistura polímero/ monômero geralmente atinja a fase plástica em 15 a 20 minutos à temperatura ambiente, este tempo pode ser diminuído com o auxílio do microondas;
- Embora a temperatura do molde atingisse 100°C após 1 minuto de irradiação de microondas, a deformação do molde raramente foi observada;
- Raramente observou-se porosidade quando a resina foi polimerizada durante 3 minutos e resfriada em bancada;
- A adaptação da base da prótese polimerizada com microondas foi melhor que a adaptação da base de prótese processada pelo banho de água;
- Alteração de cor e frinchas nos dentes artificiais quase não foram observadas para próteses processadas em microondas.

No ano seguinte³⁰, a adaptação de bases de próteses foi estudada por estes mesmos autores. Bases de prova confeccionadas com resina acrílica termopolimerizável convencional polimerizada em microondas (500 W e 200 W) e banho de água (40 minutos a 65°C + 30 minutos a 100°C) foram testadas. Com relação aos espaços existentes entre a resina e o modelo de gesso, estes foram bem menores quando da utilização da polimerização em microondas. A adaptação das porções da resina acrílica em contato com o rebordo foram superiores às daquelas do palato. De um modo geral, as bases de resinas polimerizadas com energia de microondas apresentaram melhor adaptação quando comparadas às polimerizadas em banho de água. A temperatura do revestimento no centro da mufla de plástico reforçada elevou rapidamente, ultrapassando a das margens da mufla. A temperatura da resina começou a se elevar rapidamente após 1 ½ minuto de irradiação com microondas, e a polimerização iniciou-se com o calor. No caso

do banho de água quente, a temperatura no centro da mufla atingiu 65°C em 20 minutos, e a da resina começou a elevar rapidamente após a permanência da mufla em água a 65°C durante 30 minutos. No caso das muflas imersas em banho de água quente, pôde-se observar diferença significativa entre a temperatura do centro e das margens do revestimento, o que não ocorreu com a polimerização em microondas.

REITZ *et al.* (1985)⁴¹ avaliaram a resistência transversa, dureza e a porosidade de 20 espécimes confeccionados com resina à base de metilmetacrilato, sendo metade polimerizada em banho de água quente, a 60°C por 8 h, e os demais polimerizados com energia de microondas a 400 W por 2 ½ minuto. De acordo com os resultados para os processos de polimerização utilizados não houve diferenças significantes para as quatro variáveis analisadas. Nas amostras polimerizadas em microondas, houve presença de porosidade nas regiões centrais das mesmas. Quando se aplicou valores baixos de potência e ciclos longos, o grau de porosidade da resina acrílica se reduziu. Segundo os autores, este mesmo critério deve ser aplicado quando se pretende polimerizar próteses que apresentam volume de seção transversal maior que dos espécimes utilizados neste estudo.

HAYDEN (1986)²⁶ avaliou a resistência transversa de bases de próteses confeccionadas com resinas acrílicas processadas com diferentes ciclos de polimerização: ciclo curto e longo em água quente (73°C) e ciclo em microondas (700 W a 4 minutos e 90 W a 13 minutos). As bases foram submetidas a uma carga compressiva na região mediana, registrando-se a energia absorvida no ponto de fratura. Houve diferenças estatísticas entre os produtos curados com diferentes ciclos, bem como entre as marcas comerciais utilizadas. O processo de cura das bases com energia de microondas demonstrou polimerizar a resina acrílica normalmente. Entretanto, testes sob condições de força revelaram que os materiais polimerizados por este método não absorveram tanta energia antes da fratura como àqueles polimerizados convencionalmente. O material modificado com borracha absorveu maior quantidade de energia antes da fratura. Os métodos recomendados por alguns dos fabricantes produziram bases levemente mais fortes que os métodos alternativos; o método longo de processamento em água quente mostrou-se mais satisfatório para uma das resinas.

Importante salientar que estas diferenças não foram estatisticamente significativas. Os autores observaram também que bases de prótese polimerizadas por 13 minutos a 90 W mostraram-se amolecidas e flexíveis, emitindo odor indicativo de alto conteúdo de monômero, contra-indicando este ciclo em microondas.

SANDERS *et al.* (1987)⁴⁶, tendo observado em trabalhos anteriores que a porosidade na seção mais espessa da resina aumentava significativamente quando estes corpos-de-prova eram polimerizados com energia de microondas, realizaram uma pesquisa onde investigaram as diferenças de porosidade apresentadas pelas amostras após a cura por microondas quando resfriadas subitamente ou permitidas resfriar lentamente em temperatura ambiente. Com esta finalidade, amostras foram preparados e polimerizados de duas formas: a) curadas por 9 horas a 170^o F e resfriadas imediatamente após a remoção do banho de água por 20 minutos em água corrente; b) curadas a 90 W em forno de microondas com prato giratório por 6 ½ minutos de cada lado e decorrido 15 minutos, resfriadas em água corrente por 45 minutos; c) amostras curadas como em b e resfriadas à temperatura ambiente por 2 ½ horas. Após a polimerização, as amostras foram polidas e recobertas por tinta nanquim para observação da porosidade. A quantidade de porosidade foi avaliada por 3 examinadores calibrados. A análise dos resultados mostrou que houve porosidade em todas amostras de resina acrílica para todos os métodos de polimerização e para todos os procedimentos. Somente a resina fabricada para cura em microondas apresentou baixa porosidade, concluindo assim a importância de selecionar a resina apropriada para cada método de polimerização.

Em 1987, LEVIN *et al.*³⁵ estudaram as propriedades dureza, resistência transversa e porosidade de resinas acrílicas polimerizadas com energia de microondas. Foram confeccionados dez espécimes de cinco diferentes resinas, polimerizadas utilizando-se banho de água quente e forno de microondas doméstico. Os resultados mostraram que não houve diferenças entre os valores obtidos com os dois diferentes métodos de polimerização. Em outro estudo, próteses maxilares foram enceradas em modelos obtidos em gesso a partir de um modelo de alumínio, utilizando-se as mesmas cinco resinas. Metade foi polimerizada com energia de microondas e metade com banho de água quente. A adaptação das próteses sobre o modelo metálico foi verificada utilizando-se

fitas calibradoras. Os resultados mostraram que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os dois métodos, mostrando que as propriedades físicas das resinas curadas em microondas são semelhantes às das resinas curadas convencionalmente. A polimerização em microondas apresenta como vantagens, segundo os autores: tempo de processamento, facilidade e limpeza de manuseio.

DE CLERCK (1987)¹⁸ fez algumas considerações a respeito de resinas acrílicas e polimerização em microondas. Segundo o autor, a polimerização do PMMA, resina mais comumente utilizada na confecção de próteses dentárias, é do tipo reação em cadeia, e requer a ativação de um iniciador (peróxido de benzoíla), o qual cria os primeiros radicais livres que iniciam a polimerização em cadeia, abrindo as dupla-ligações do metil metacrilato. Uma reação térmica acima de 60°C gera radicais livres, e a reação exotérmica de polimerização (12,9 kcal/mg) tem uma tendência de se acelerar à medida que essa temperatura aumenta. Resinas polimerizadas em temperaturas próximas à da ebulição do monômero (100,8°C) apresentam altos níveis de porosidade, e tal temperatura é facilmente atingida quando o calor interno gerado pela reação exotérmica da resina não é dissipado eficazmente.

No caso dos métodos de polimerização mais freqüentemente usados, banho de água e ar quente, essa dissipação é prejudicada principalmente pela diferença de temperatura entre meio externo e interior da mufla, sendo o primeiro sempre mais quente que o segundo, além do coeficiente de condutividade térmica desfavorável do material de revestimento. Para evitar porosidade, portanto, utiliza-se ciclos com baixas temperaturas e períodos longos. Porém, se o calor necessário à quebra do peróxido de benzoíla em radicais livres pudesse ser gerado dentro da própria resina, a temperatura no exterior da mufla poderia se manter baixa. Dessa forma, o calor da reação de polimerização poderia ser dissipado com maior eficiência, minimizando-se os riscos de porosidade na resina acrílica. Além disso, eliminar-se-ia o tempo necessário para transferir calor do meio externo para a resina, através das diversas estruturas envolvidas, tais como mufla, material de revestimento e modelo em gesso.

As microondas, ondas eletromagnéticas produzidas por um gerador chamado magnetron, podem ser utilizadas para gerar calor no interior das resinas.

Realizando testes simples, o autor pôde observar que 30 cc de monômero ebuliram

em 3 minutos e 30 seg. no forno de microondas. Notou também que o polímero isolado não se aquecia quando em contato com as microondas, e que porções de 3 mg polímero e monômero misturados, prensados na fase plástica e submetidos a um ciclo de 2 minutos em microondas, iniciaram a polimerização em 4 minutos, estando completamente polimerizados em 8 minutos. Quanto ao reparo, o autor pôde observar que um dente de plástico aderiu firmemente à resina acrílica, quando ambos os materiais foram submetidos a uma exposição de 8 minutos às microondas.

AL DOORI *et al.* (1988)¹ compararam as técnicas de polimerização com energia de microondas e banho de água quente, analisando peso molecular, conversão de monômero e porosidade de quatro resinas acrílicas. Os valores de peso molecular dos materiais polimerizados utilizando-se ambos os métodos foram praticamente os mesmos. Apesar da conversão de monômero com a energia de microondas ter sido substancial, a quantidade mínima de monômero obtida com a polimerização convencional não pôde ser atingida com a polimerização em microondas. Os problemas de porosidade relacionados com o rápido aquecimento da massa de resina puderam ser controladas com ciclos de 25 minutos a 70 W, porém em seções superiores a 3 mm de espessura a porosidade não pôde ser evitada. Segundo os autores, no presente momento, a técnica de polimerização em microondas, comparada àquelas de aquecimento rápido em água, não oferece vantagens com relação à economia de tempo.

TRUONG & THOMAZ (1988)⁵¹ avaliaram a porosidade de quatro resinas acrílicas, processadas sob dois métodos diferentes de polimerização: energia de microondas e banho de água quente. As propriedades dureza, resistência transversa, sorção de água e perda de massa por lixívia por uma das resinas foram avaliadas de acordo com a Australian Standard 1043-1971 e 1626-1974. Os níveis de monômero residual, dosados por extração em acetona, e os níveis de agente de união cruzada, dosados por extração em clorofórmio, também foram calculados e estudados para esta resina. Os resultados mostraram propriedades físicas similares, bem como uma microestrutura idêntica para a resina Trevalon curada sob os dois diferentes métodos. Utilizando-se um programa de polimerização em microondas previamente recomendado, a porosidade foi evidente em espécimes espessos de seção transversa de 14 X 10 mm. Entretanto, segundo os autores, o programa de polimerização em microondas pode ser otimizado no intuito de

prevenir porosidade, sem no entanto prejudicar as demais propriedades físicas da resina ou o tempo de processamento da mesma. Isto pode ser obtido utilizando-se uma baixa potência no início do ciclo.

BURNS *et al.* (1990)¹⁴ estudaram a influência da energia de microondas na estabilidade dimensional de três resinas acrílicas para base de prótese: termopolimerizável, polimerizável com luz e autopolimerizável. Além disso, os espécimes foram testados secos ou saturados em água durante 30 dias à temperatura ambiente, sendo tais condições as variáveis independentes do estudo. O peso e o comprimento das amostras foram mensurados antes e após a desinfecção das mesmas em microondas por 15 minutos à 650 W. Um recipiente parcialmente preenchido com água foi introduzido no forno, para proteção do magnetron. Todos os materiais apresentaram excelente estabilidade, tendo valores médios de contração na ordem de 0,02 a 0,03%, os quais são clinicamente insignificantes se comparados aos da contração de polimerização, na ordem de 0,2%. Os autores concluem que a esterilização em microondas não influenciou significativamente na estabilidade dimensional dos três materiais testados, e que os mesmos podem estar secos ou saturados em água previamente à esterilização. Uma vez que o formato cilíndrico das amostras utilizadas não condiz com a topografia complexa de uma prótese, extrapolações desses resultados para próteses totais não seriam válidas. Entretanto, comparações entre os materiais utilizados poderiam ser consideradas.

As propriedades resistência transversa, porosidade e dureza de duas resinas especialmente formuladas para polimerização com microondas e uma resina termopolimerizável convencional foram estudadas por ALKHATIB *et al.* (1990)³. Espessuras de 3, 6, 11,6 e 17,7 mm foram utilizadas para avaliação da porosidade. O ciclo utilizado para a resina Acron MC foi de 513 W durante 2 minutos e 55 segundos em um único lado da mufla. Os espécimes para o teste de resistência transversa foram obtidos à partir de matrizes com as dimensões 70 x 12 x 3 mm, sendo posteriormente desgastados com lixas de granulação 400 e 600 até as dimensões de 68 x 10 x 3 mm. Para o teste de dureza, o polimento foi realizado com lixas de carbetto de sílcio nas granulações 400, 600, 800 e 1000, e as penetrações foram realizadas com carga de 200 gramas durante 20 segundos. A porosidade foi avaliada após polimento das amostras do

teste de dureza utilizando pastas para polimento com partículas de 1,0 μm e 0,3 μm , com panos e rodas para polimento metalográfico. O grau de porosidade foi calculado segundo o tamanho dos poros. Os resultados mostraram que tanto a resina termopolimerizável convencional quanto a resina Acron MC não mostraram porosidade em nenhuma das espessuras testadas. Não houve diferenças estatísticas entre as resinas estudadas quanto à propriedade de resistência transversa.

BAFILE *et al.* (1991)⁹ compararam a porosidade entre resinas acrílicas curadas com energia de microondas e resinas acrílicas termopolimerizáveis convencionais. Foram confeccionados 70 espécimes, divididos em 10 grupos. As amostras do grupo controle foram polimerizadas em banho de água quente a 69°C durante 9 horas. Os espécimes de quatro grupos experimentais foram confeccionados utilizando-se um líquido contendo trietileno ou tetraetileno-glicol, que são dimetacrilatos que contém um grupo reativo em cada extremidade da cadeia orgânica; estes dimetacrilatos apresentam pressão de vapor baixa mesmo sob temperaturas entre 100 e 150°C. Isso favorece o processamento da resina acrílica em altas temperaturas sem o risco do surgimento de porosidade na estrutura do mesmo, o que não ocorreria utilizando-se monômeros com pressão de vapor elevada. Os espécimes destes quatro grupos foram submetidos a diferentes ciclos de polimerização em microondas, variando-se tempo e potência. Os outros dois grupos experimentais foram formados com espécimes confeccionados com monômero de metilmetacrilato e polimerizados em forno de microondas. Os resultados não mostraram diferenças significativas entre as médias de porosidade dos grupos controle e experimentais com o líquido especial. Os dois grupos restantes, de espécimes processados com monômero de MMA, mostraram médias de porosidade significativamente maiores que as dos demais grupos. Assim demonstrou-se a efetividade do líquido modificado à base de trietileno e tetraetileno na prevenção de poros. Além disso, os autores encontraram os menores valores de porosidade quando da utilização do ciclo de 10 minutos a 225 watts em microondas.

AL-HANBALI *et al.* (1991)² estudaram a adaptação de bases de próteses confeccionadas em resina acrílica e submetidas a dois ciclos de cura em banho de água quente ou em forno de microondas. Para confeccionar as bases, foram obtidas réplicas

em gesso a partir de um modelo mestre confeccionado em cobalto-cromo. Dez bases, confeccionadas com resina acrílica convencional, foram processadas em banho de água quente durante 7 horas a 70°C e 3 horas a 100°C, sendo outras dez processadas em forno de microondas a 65 watts durante 3 minutos. Outras dez bases, confeccionadas com um PMMA modificado, contendo 0,025% de dimetil-*p*-toluidina (ativador químico), foram processadas em banho de água fervente (100°C) por 20 minutos. Após isso as bases foram readaptadas ao modelo mestre metálico, interpondo-se entre os mesmos material de moldagem à base de silicone; sobre a camada de silicone obtida vazou-se gesso pedra, reproduzindo em positivo a camada interna da mesma, e, após removida a base de resina, gesso pedra foi vazado sobre a silicone, reproduzindo e contendo a camada externa desta. O conjunto gesso-silicone-gesso foi então recortado na região posterior do palato, e a espessura da silicone foi então mensurada em um perfilômetro. As bases removidas foram então submetidas a um segundo ciclo de cura semelhante ao primeiro, com exceção do grupo polimerizado em ciclo longo, em que se utilizou segundo ciclo de cura de 12 horas a 65°C, para que a temperatura de transição vítrea da resina acrílica não fosse atingida. A análise estatística mostrou diferenças entre o primeiro e segundo ciclo de cura para todos os métodos estudados ($P < 0,001$). Entretanto, o ciclo de polimerização em microondas provocou uma distorção significativamente menor da base da prótese, comparado com o ciclo curto de polimerização em banho de água quente, principalmente na região central do palato ($P < 0,001$).

Neste mesmo ano, DEL BEL CURY¹⁹ estudou as propriedades físico-químicas de 4 resinas sob três condições de polimerização. As resinas Lucitone 550 (L) e Prothoplast (P) foram polimerizadas através de banho de água durante 12 horas a 73°C; a resina Acron MC foi curada através da energia de microondas a 500 W durante 3 minutos e a Orto-class. (O), quimicamente ativada, polimerizada durante 1 hora à temperatura ambiente. Cinquenta amostras foram confeccionadas de acordo com a especificação nº 12 da ADA e analisadas para: 1) Sorção e solubilidade em água, 2) resistência transversa e deflexão máxima, 3) Resistência ao impacto, 4) Liberação de monômero residual. A partir dos resultados concluiu-se que as resinas diferem entre si em relação às suas propriedades físico-químicas, as quais não estão relacionadas com o tipo de polimerização a que foram submetidas.

ILBAY *et al.* (1994)²⁷ estudaram a dureza de uma resina acrílica polimerizada em microondas aplicando-se 21 diferentes ciclos de polimerização, variando-se potência e tempo. A dureza maior foi obtida com o ciclo de 550 W por 3 minutos (22.46 VHN). As propriedades resistência transversa, deflexão, solubilidade e sorção de água foram avaliadas em amostras polimerizadas com este ciclo. O valor médio de resistência à fratura em flexão foi de 7,6 kg, e os valores de deflexão foram de 1,5 mm a 3500g, e 2,9 mm a 5000g. A sorção de água foi de 0,72 mg/cm² e o grau de solubilidade em água 0,038 mg/cm². Os resultados estão de acordo com a especificação da ADA, mostrando que a resina acrílica polimerizada com energia de microondas é mais resistente à falha mecânica comparada às termopolimerizáveis convencionais, indicando a aplicação segura desta técnica na confecção de próteses removíveis.

DYER & HOWLETT (1994)²⁰ compararam a estabilidade dimensional de duas resinas acrílicas, sendo uma termopolimerizável convencional e outra curada em microondas. As bases de resina foram confeccionadas sobre réplicas de modelos em gesso obtidas a partir de um modelo metálico mestre de cobalto-cromo. Foram confeccionadas 20 bases utilizando-se uma resina termopolimerizável convencional modificada, curada em ciclo rápido de 22 minutos a 100°C, e outras 20 com uma resina especialmente formulada para polimerização em microondas, aplicando-se um ciclo de 3 minutos a 500 watts. Metade das bases de cada grupo (10 bases) foram seccionadas ao meio em direção parasagital e reparadas com uma resina polimerizada em microondas. Após cada ciclo de polimerização, a adaptação da borda posterior de cada base era avaliada com uma camada de silicone interposta entre a base e o modelo mestre. Esta camada era vazada em gesso, e este conjunto era então seccionado na região palatal posterior para que se pudesse medir a espessura da silicone nesta região, utilizando-se uma ocular micrométrica. Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste t. Concluiu-se que não houve diferenças entre os valores de adaptação das bases processadas com a resina termopolimerizável convencional modificada e com a resina polimerizável em microondas. Todas as bases sofreram alteração adicional significativa quando reparadas com a resina acrílica de microondas. Entretanto não se pode concluir deste trabalho que a resina de microondas foi o fator responsável pela desadaptação

obtida, uma vez que os autores não realizaram reparos com a resina termopolimerizável convencional modificada para se avaliar e comparar o efeito do procedimento de reparo em si na alteração das bases.

WILLIANSO *et al.* (1994)⁵⁶ estudaram o efeito da adição de fibras de polietileno na resistência transversa, deflexão e módulo de elasticidade de duas resinas para base de dentadura polimerizadas com energia de microondas: Lucitone 199 - 13 minutos a 80 - 100W + 1 ½ minuto a 500 W e Acron MC - 3 minutos a 500 W. Os espécimes foram confeccionados utilizando-se concentrações diferentes de fibras: 0,0%, 0,5%, 1,5% e 3,0%. Foram testados após 10 dias de armazenagem em água destilada à 37° C durante 10 dias em uma máquina de ensaios Universal marca Instron, utilizando o suporte para o teste de deflexão em três pontos. Os resultados mostraram que as fibras reduziram significativamente os valores de resistência transversa da resina Acron MC e aumentaram levemente, na concentração de 0,5%, os valores de resistência transversa da resina Lucitone 199. Entretanto estes dados devem ser analisados com cautela, pois o autor não controlou a variável "método de polimerização" com relação à resina Lucitone 199, cuja resistência aumentada poderia ser resultado da modificação do método de polimerização desta resina, aplicando o método de microondas. A deflexão e o módulo de elasticidade não foram afetados pela adição de fibras.

THOMAZ & WEBB (1995)⁵⁰ avaliaram o efeito da energia de microondas na estabilidade dimensional de próteses totais, utilizando forno de microondas convencional e dois diferentes ciclos: longo (10 minutos a 604 W) e curto (6 minutos a 331 W). As medições foram realizadas em dois sentidos. Foi avaliado também o peso das próteses antes e após a desinfecção, bem como as mudanças de temperatura das mesmas. Antes da realização do experimento, houve calibração da energia de saída do microondas. As mudanças no peso das próteses após o ciclo de desinfecção não foram significativas. Apesar de não ter havido medições de temperatura, após o ciclo longo de 10 minutos, as próteses estavam quentes em demasia para serem tocadas, porém não foi observado alterações ou amolecimento do polímero; após 6 minutos a temperatura estava morna. As medições horizontais mostraram contração de 0,8% da prótese, e as verticais, expansão de 0,74%, sendo menos severas no ciclo de 6 minutos: -0,11% e +0,04%. Entretanto,

segundo os autores, apesar destas percentagens serem consideradas significativas, não há pesquisas que quantifiquem a tolerância dos tecidos moles às deformidades das próteses durante o processamento.

SADAMORI *et al.* (1995)⁴⁴ avaliaram laboratorialmente as alterações dimensionais de bases de prótese reembasadas com resinas termopolimerizável convencional, autopolimerizável, curada com energia de microondas e curada por luz visível. Os espaços entre o modelo em metal e as bases reembasadas foram medidos subseqüentemente no primeiro dia, primeira, quarta e oitava semana. As bases foram armazenadas em água destilada a 37°C durante o período das medições. Os resultados mostraram que as alterações dimensionais nas bases de prótese sofreram influência do material reembasador e dos procedimentos, sendo que a resina termopolimerizável convencional apresentou a maior estabilidade dimensional e as menores alterações dimensionais, em comparação aos demais materiais.

BRAUN *et al.* (1997)¹² estudaram a influência da estrutura metálica de uma prótese parcial removível sobre a efetividade de polimerização da resina acrílica em contato com este metal. Para tal, realizou-se testes de porosidade, dureza e monômero residual. Foram confeccionados 30 corpos-de-prova cilíndricos com 30,0 mm de diâmetro x 4,0 mm de espessura, contendo no seu interior uma grade metálica de 28 x 8,0 x 0,5 mm. Estes foram divididos aleatoriamente em 3 grupos : G1) resina Clássico polimerizada em ciclo curto; G2) resina Acron MC polimerizada 3 minutos a 500 W em forno de microondas; G3) resina Clássico curada 3 minutos a 500 W em forno de microondas. Após a polimerização cada amostra foi seccionada ao meio, utilizando-se uma das partes no teste de monômero residual e a outra nos testes de dureza e porosidade. A dosagem de monômero liberada na água durante doze dias consecutivos foi avaliada através de espectrofotometria. A dureza Knoop foi verificada a distâncias de 50, 100, 200, 400 e 800 µm da grade metálica e a porosidade interna e externa foi avaliada a olho nu e com auxílio de um microscópio com aumento de 100x. As médias e os desvios padrões obtidos para a dosagem de monômero residual foram : 1º) G1) 178,8±17,9 A, G2) 59,5±11,1 B, G3) 116,5±12,0 C, 12 dias-G1)44,3±2,2 A, G2)6,8±1,3 B, G3)40,1±2,7. Os valores de dureza Knoop foram, a 50 µm, G1)16,45±0,22 B, G2)17,46±0,2 A,

G3) $17,14 \pm 0,26$ AB; a $800 \mu\text{m}$: G1) $16,75 \pm 0,14$ B G2) $18,14 \pm 0,32$ A, G3) $17,55 \pm 0,22$ A. A análise de variância mostrou diferença entre os grupos, e médias seguidas de mesma letra não mostraram diferença significativa para o teste de Tukey ao nível de 5%. Na porosidade avaliada a olho nu foi observado poros na totalidade das amostras do grupo 3 e em 50% das amostras dos grupos 1 e 2. Na avaliação com o auxílio do microscópio foi observada porosidade em todas as amostras, sendo que o grupo 3 apresentou porosidade mais acentuada quando comparada com os demais grupos. Concluiu-se que a energia de microondas pode ser utilizada para a polimerização efetiva da resina acrílica contendo metal no seu interior e que as resinas convencionais quando polimerizadas através da energia de microondas apresentaram maior quantidade de poros.



Reparo Geral

STANFORD *et al.* (1955)⁴⁹ avaliaram cinco resinas autopolimerizáveis e três termopolimerizáveis. Todos os espécimes foram confeccionados utilizando-se moldes sob compressão, sendo que o ciclo utilizado para as resinas termopolimerizáveis foi de 1 ½ h a 70°C acompanhado de ½ h a 100°C. As muflas foram resfriadas em bancada por 30 minutos e posteriormente imersas em água a 23±10°C por 15 minutos. As propriedades avaliadas foram plasticidade, sorção de água e solubilidade, porosidade, estabilidade de cor, resistência transversa, deflexão, resistência e alterações dimensionais de reparo. Os espécimes foram confeccionados e avaliados segundo a especificação nº 12 da ADA. A porosidade foi evidente em apenas uma resina autopolimerizável. Todas as marcas testadas apresentaram as propriedades de plasticidade, sorção de água e solubilidade de acordo com a especificação. Nenhuma das resinas autopolimerizáveis apresentou valores de resistência transversa de acordo com aqueles estabelecidos pela especificação para esses materiais. O mesmo teste de resistência transversa foi aplicado a corpos-de-prova confeccionados com as resinas termopolimerizáveis e reparados com estas mesmas resinas ou com as resinas autopolimerizáveis. A resistência transversa do reparo com as resinas termopolimerizáveis foi de aproximadamente 80% do valor original dessas mesmas resinas testadas intactas, enquanto que a utilização de resinas autopolimerizáveis proporcionou valores de resistência em torno de 60% do valor original. Todos os espécimes reparados com as resinas autopolimerizáveis fraturaram na interface adesiva, enquanto que aqueles reparados com as resinas termopolimerizáveis fraturaram coesivamente no material reparador. As avaliações quanto às alterações dimensionais mostraram que, com relação ao método de medição de pontos entre molares antes e após o reparo, não houve diferenças entre as técnicas com resina autopolimerizável ou termopolimerizável. Entretanto, o reposicionamento das próteses reparadas em seus respectivos modelos mostraram que esta segunda técnica proporcionou um grau de desadaptação visual mais elevado.

Em 1970, HARRISON & STANSBURY²⁵ avaliaram o efeito do formato das superfícies de união na resistência à flexão de espécimes reparados com resina acrílica. Após a fratura dos espécimes por meio de uma força transversa, as partes expostas

foram preparadas em três formatos distintos (em ângulo reto, arredondado e em degrau), sendo posteriormente reparadas com uma resina acrílica autopolimerizável. Foram confeccionados 45 espécimes, sendo 16 preparados com formato em degrau, 15 em ângulo reto e 14 com superfícies arredondadas.

Em três espécimes, uma carga extra secundária e de maior intensidade foi necessária para provocar a fratura. Em dois destes a fratura ocorreu no material reparador, e em um a falha foi do tipo adesiva, ou seja, na interface de união entre os dois materiais. Nestes casos, os espécimes reparados foram, em última análise, mais resistentes que os originais. Apenas 6% dos espécimes com união em degrau, 20% com união em topo e 57% com união arredondada mostraram uma resistência ideal, uma vez que a linha de fratura não ocorreu ao longo da interface de união entre os materiais. Os resultados mostraram que a resistência dos espécimes com superfície de união arredondada foi maior que àquela mostrada pelos espécimes com conformação em topo ou em degrau.

LEONG & GRANT (1971)³⁴ estudaram o reparo em resina acrílica utilizando resinas térmica e quimicamente ativadas, métodos de polimerização ao ar livre, sob pressão em mufla e termicamente ativada, e técnicas variadas de obtenção dos espécimes: A=confeção de placas, polimento das mesmas e desgaste para obtenção das dimensões previamente ao procedimento de reparo; B=confeção de espécimes com 65 mm de comprimento e dimensões aumentadas em espessura e largura, os quais foram desgastados ao tamanho preconizado, também previamente ao procedimento de reparo; C=espécimes semelhantes aos anteriores, porém com a metade do comprimento, desgastados previamente ao reparo; D=ídem ao grupo C, porém reparados antes do desgaste; E=ídem ao grupo B, porém espécimes seccionados e reparados previamente ao desgaste. Obteve-se valores menores de resistência transversa com os métodos de polimerização ao ar livre e com pressão. A termopolimerização forneceu os melhores valores de reparo. A associação deste método com as técnicas D e E para obtenção dos espécimes (reparo prévio ao desgaste) forneceu os maiores valores de resistência. Os grupos D e E mostraram as menores faixas de desvio-padrão entre os valores de resistência dos espécimes testados. No grupo de espécimes reparados sob pressão em mufla e que apresentavam distância de 1,5 mm do espaço de reparo, a deflexão foi

reduzida em aproximadamente 20% comparada àquela obtida com espaço de 3 mm. Entretanto, este fato parece não afetar a resistência transversa. A resistência média de espécimes que foram previamente testados e subsequentemente reparados e novamente testados foi 5% menor que àquela dos espécimes seccionados e testados uma única vez. Os valores de deflexão obtidos durante o teste de resistência não indicaram uma correlação direta entre deflexão e resistência de reparo, embora seja freqüente encontrar valores de deflexão baixos acompanhados de valores elevados de resistência transversa. Pôde-se notar que a aplicação de material reparador em excesso, sendo posteriormente removido por desgaste, fornece valores maiores de resistência comparado à utilização de quantidades pequenas, possivelmente devido ao alto grau de polimerização alcançado pela massa, graças a geração de calor elevada. Segundo os autores, três pontos devem ser observados quando se realiza um reparo: preparo das partes a serem reparadas de tal forma que haja uma redução máxima do estresse residual; distância entre estas partes não maior que 1,5 mm; utilização de uma grande quantidade de massa de material reparador, removendo-se os excessos após a polimerização.

BERGE (1983)¹¹ avaliou a influência da armazenagem em ambiente seco na resistência transversa de espécimes confeccionados com resina termopolimerizável e previamente saturados em água. Após armazenagem em água destilada à 37° C por 30 dias, alguns espécimes foram secos em ar à 21°C±1°C durante 24 h antes do teste. O autor também correlacionou a quantidade de água dos espécimes quebrados com a resistência transversa de reparo dos mesmos. Além disso, foi comparado a resistência de reparo obtida utilizando-se duas resinas acrílicas autopolimerizáveis com graus de viscosidade diferentes. Espécimes com as dimensões 70 x 15 x 5 mm de espessura foram confeccionados com as resinas autopolimerizáveis "Vertex-self-curing" e "Ivoclar-SR3/60 Quick 20", e com as resinas autopolimerizáveis "Vertex-rapid simplified" e "Ivoclar-SR3/60". Os espécimes confeccionados com as resinas termopolimerizáveis, após serem fraturados, foram reparados tanto com elas mesmas quanto com as resinas autopolimerizáveis. O efeito do umedecimento prévio com monômero das partes a serem reparadas também foi avaliado. Os resultados mostraram que as duas resinas termopolimerizáveis apresentaram valores inferiores de resistência quando submetidos à secagem por 24 horas. A secagem dos espécimes quebrados previamente à realização

do reparo, bem como o umedecimento com monômero, não influenciaram a resistência de reparo. A resina "Vertex-self curing, que apresenta uma baixa viscosidade inicial, forneceu valores de reparo superiores àqueles obtidos com a resina SR3/60 Quick, de viscosidade maior. Os espécimes reparados tiveram uma resistência transversa entre 42,9 % e 61,2% comparado com os espécimes intactos de resina termopolimerizável, testados imediatamente após armazenagem em água.

Segundo MORADIANS *et al.* (1982)³⁸, as resinas acrílicas autopolimerizáveis tem sido largamente utilizadas na confecção de moldeiras individuais, bases para registro oclusal e como material reparador de próteses fraturadas. Uma das grandes desvantagens destas resinas, quando comparadas com as termopolimerizáveis convencionais, são suas propriedades mecânicas indesejáveis e os altos índices de monômero residual. Neste estudo, os autores avaliaram as propriedades dureza, resistência à tração, resistência transversa e resistência de reparo de duas resinas autopolimerizáveis (SOS e Palapress), e a influência de diferentes períodos de imersão em água (24 h, 1 semana, 1 mês e 2 meses) sobre estas propriedades. Os autores concluíram que quanto maior o período de armazenagem, maior os valores de flexibilidade e menores os valores da resistência transversa e tração. A configuração das partes a serem reparadas influenciou na resistência de reparo, sendo que o polimento com pedra pomes das superfícies a serem reparadas promoveu os maiores valores de resistência transversa. Apesar dos dois materiais apresentarem propriedades de acordo com a especificação N° 1566 da ISO, ambos apresentaram propriedades pobres em comparação às resinas termopolimerizáveis convencionais. As resinas QC20 e Paladon 65 também apresentaram baixos valores de propriedades físicas e mecânicas.

A influência de diferentes tratamentos químicos prévios ao procedimento de reparo na resistência final do mesmo foi estudada por SHEN *et al.* (1984)⁴⁶. Foram confeccionados espécimes com as resina Lucitone e Permatone nas dimensões 60 x 10 x 2,5 mm. Estes foram submetidos ao teste de flexão em 3 pontos, com distância de 50 mm entre os pilares e velocidade de 20 mm/min.. Após a fratura, os espécimes tiveram 2 mm da sua porção central removida, sendo um grupo reparado com a mesma resina termopolimerizável original e o outro com resina autopolimerizável. Previamente ao

reparo, realizou-se dois tipos de tratamento da superfície: (1) limpeza com água destilada em banho de ultra-som, e (2) imersão em clorofórmio por 05 segundos, seguida de lavagem com água destilada. O efeito do clorofórmio sobre a superfície das resinas foi avaliado em MEV, após 05, 30, 60 e 120 segundos de imersão. O reparo da resina Permatone com ela mesma e associado ao clorofórmio forneceu os maiores valores de recuperação de resistência transversa. Os menores valores foram obtidos com o reparo da resina Lucitone com a resina autopolimerizável e sem tratamento com clorofórmio. Os padrões de fratura observados foram: (1) fratura na interface de união entre os dois materiais, observada em todos os espécimes reparados com a resina autopolimerizável e termopolimerizável sem tratamento com clorofórmio; (2) fratura iniciando na interface e estendendo para o material original ou reparador, ocorrida em alguns espécimes reparados com resina termopolimerizável associado ao clorofórmio; (3) fratura coesiva no material reparador ou original, observada nos espécimes de Permatone reparados com esta mesma resina e tratados com clorofórmio. Análise estatística mostrou que o tratamento químico passou a ser significativo apenas quando resina termopolimerizável foi utilizada no reparo, e que o grau de melhora depende do tipo de resina para base de prótese utilizada.

Em 1984, GRAJOWER *et al.*²³ desenvolveram um novo método para medição da resistência transversa de espécimes em resina acrílica, no qual apenas uma única superfície em topo do espécime era tensionada. Neste estudo, foram utilizadas duas resinas termopolimerizáveis para confecção dos espécimes, e no reparo dos mesmos, duas resinas específicas para reparo de próteses. Foi mensurada a temperatura de polimerização das resinas reparadoras, bem como a quantidade de agente de união cruzada das resinas envolvidas, através da dissolução de espécimes em solventes especiais. A aparência de uma microestrutura com formações bolhosas após vários tratamentos de superfície foi indicativo de que houve um "relaxamento" na superfície da amostra. Os espécimes reparados que mostravam essa situação após imersão em monômero apresentaram valores de resistência inferiores comparados com os espécimes que não mostravam essa característica, apesar de ambas as resinas apresentarem agente de união em quantidades similares. Durante a polimerização da resina reparadora, a aplicação de pressão aumentou a resistência dos espécimes reparados com resina de

cura rápida e com agente de união. No caso das resinas reparadoras de cura lenta e sem agente de união, a aplicação de pressão só influenciou nos valores de resistência quando não se prensava de imediato a resina entre as partes seccionadas dos espécimes. Variações na proporção pó-líquido dos materiais reparadores sem agente de união não afetaram a resistência final dos espécimes reparados. O umedecimento das partes do espécime com monômero antes da aplicação da resina reparadora e as variações na temperatura de polimerização não afetaram a resistência final dos espécimes.

Em 1992, SMITH *et al.*⁴⁸ estudaram sete resinas, Accelar 20(A), Acron MC(AMC), Compak 20(C), L-Lucitone 199(L), Perma-cryl 20(P20), PERform(PF) e Triad(T), as quais apresentam métodos de polimerização variados: energia de microondas, banho de água quente e luz visível. As propriedades mecânicas avaliadas foram: dureza Knoop, indentação superficial Rockwell, resistência transversa, módulo de elasticidade, resistência ao impacto. Os resultados mostraram que: 1) As resinas A, AMC, C, P20, PF, T apresentaram, em geral, valores maiores de dureza e menores de resistência transversa, porém valores de resistência ao impacto menores que a resina termopolimerizável Lucitone 199. 2) A polimerização em microondas melhorou o módulo de elasticidade de duas resinas (A e C), reduziu a resistência ao impacto de uma (L), e pouco influenciou nas propriedades de duas outras (C e P20). 3) A resina fotopolimerizável Triad apresentou a maior dureza Knoop, menor indentação Rockwell e maior módulo de elasticidade. 4) A resina Lucitone modificada com borracha apresentou a maior resistência ao impacto. As implicações clínicas destes achados não foram determinadas.

WARD *et al.*, em 1992⁵⁴, estudaram a resistência transversa de espécimes confeccionados com resina acrílica para base de prótese e reparados com monômero autopolimerizável/polímero autopolimerizável e monômero autopolimerizável/polímero termopolimerizável, utilizando teste de flexão em três pontos. Foram estudados três tipos de formato das superfícies a serem reparadas: junção a topo, arredondadas e biseladas em 45°. Três processos de cura foram utilizados: polimerização na bancada, mufla e água quente (135° a 140°) durante 10 minutos e mufla e água quente durante 30 minutos. A resistência dos reparos feitos com superfícies arredondadas e biseladas em 45°C foram

similares entre si e significativamente superiores àquela obtida com junção a topo. A resistência dos reparos realizados em mufla e água quente durante 10 e 30 minutos foram similares e superiores àquela obtida com a polimerização em bancada. Não houve diferenças na resistência entre os reparos realizados com monômero autopolimerizável/polímero autopolimerizável e monômero autopolimerizável/polímero termopolimerizável.

Vários materiais reembasadores imediatos definitivos têm sido introduzidos para melhorar a adaptação e a função de próteses, como relatado por ARENA *et al.*, em 1993⁷. Entretanto, ainda não é conhecido se a resistência de união entre esses vários materiais e aqueles utilizados na confecção das bases de prótese é significativamente influenciada por diferenças nas suas composições químicas. Neste estudo, os autores confeccionaram corpos-de-prova com duas resinas para base de prótese (termopolimerizável e fotopolimerizável), os quais foram armazenados em água destilada por 50 horas. A seguir, foram seccionados e, posteriormente, unidos com cinco diferentes materiais reembasadores definitivos (autopolimerizáveis, fotopolimerizáveis e polimerizados pelos dois métodos simultaneamente-dual). A resistência de união obtida foi avaliada por meio de testes de resistência transversa e os resultados indicaram que a resina para reembasamento fotopolimerizável, utilizada com o agente de união, proporcionou os valores mais altos de união com a resina de base termopolimerizável.

VALLITTU *et al.*, em 1994⁵³, estudaram a resistência transversa de corpos-de-prova de resina acrílica termicamente ativada após sua fratura e posterior união com resina autopolimerizável. As superfícies a serem unidas foram umedecidas com MMA por diferentes períodos antes da aplicação da resina autopolimerizável. A resistência transversa foi determinada utilizando-se um teste de carga de três pontos. Inspeção visual foi também realizada para avaliar se as falhas da adesão foram coesivas ou adesivas. Os resultados mostraram que quanto maior o tempo de exposição ao MMA, melhor a adesão obtida. Além disso, o número de falhas adesivas foi menor quando as superfícies eram umedecidas adequadamente com o MMA.

Em 1995, LEWINSTEIN *et al.*³⁶ avaliaram a resistência transversa de corpos-de-prova confeccionados com resina acrílica termopolimerizável convencional (Vertex) e reparados com uma resina acrílica curada por luz visível (Triad VLC reline resin), com e sem a aplicação prévia de substâncias dissolventes, bem como com uma resina autopolimerizável; a temperatura de polimerização da resina Triad foi avaliada sob diferentes ciclos de cura durante o reparo. Os resultados indicaram que tanto a utilização de monômero no tratamento da superfície quanto a utilização do agente de união Triad proporcionaram um aumento significativo nos valores de resistência de união. Entretanto, o monômero aplicado previamente ao reparo forneceu valores superiores àqueles obtidos quando da utilização do agente de união Triad, valores estes similares aos encontrados com a utilização da resina autopolimerizável. A polimerização da resina Triad utilizando-se 2 ciclos de cura de 5 minutos, com 1 minuto de espera entre cada um deles, provocou formação de bolhas e distorções severas na resina termopolimerizável convencional utilizada na confecção dos corpos-de-prova; este mesmo ciclo, o qual provocou uma redução de aproximadamente 11°C na temperatura média do calor gerado, forneceu valores de dureza satisfatórios e condizentes com aqueles obtidos com o ciclo de 10 minutos consecutivos, sem o intervalo de 1 minuto, recomendado pelo fabricante. Além disso, os autores sugerem uma reavaliação dos ciclos recomendados, pois tanto o ciclo ininterrupto (10 minutos, segundo o fabricante) quanto o ciclo fracionado (2 ciclos de 5 minutos, com intervalo de 1 minuto - aplicado neste estudo) poderiam, apesar de fornecer valores de dureza adequados para a resina reembasadora Triad VLC, dado os picos suficientes de temperatura alcançados, provocar problemas severos de distorção na base da prótese.

ARIMA *et al.*, em 1996⁸, estudaram, por meio de microscopia eletrônica de varredura, o efeito de diversos "primers" (Tokuso Rebase Aid(RA), Metabase Primer A(MP), Bosworth bonding liquid(BL), Líquido do Rebaron, Líquido do Kooliner e Pical(PI)) de resinas para reembasamento, sobre a textura superficial de resina para base de prótese, correlacionando o efeito da forma de aplicação (pincel, imersão por 5, 10 e 30 seg.) e da composição dos mesmos com o aspecto superficial observado. A análise da composição química destes "primers" também foi realizada, o que permitiu classificá-los em três grupos: "primers" compostos basicamente por solventes como acetona e

diclorometano (RA e MP); "primers" compostos basicamente de monômero (BL, Rebaron e Kooliner) e "primers" compostos de monômero e partículas de polímero (PI).

As imagens processadas pelo MEV revelaram texturas de superfícies variadas como: esponjosa, porosa, altamente dissolvida, levemente dissolvida e não-dissolvida, sugerindo cuidado especial quando da utilização particular de cada um destes "primers", uma vez que os mesmos promovem efeitos diferentes na superfície da resina acrílica, os quais podem influenciar na resistência de união entre material da base e material reembasador.

Os autores também sugerem hipóteses sobre a ação destes "primers" sobre a resina acrílica. Os "primers" compostos basicamente por solventes promoveriam uma dissolução da resina da base, facilitando a penetração do material reembasador na mesma; dessa forma, uma camada intermediária de união se estabeleceria, composta pelas resinas da base e reembasadora. Os "primers" compostos por monômeros teriam uma baixa capacidade de dissolução da superfície; no entanto, poderiam penetrar na resina da base e polimerizar-se a distância com a resina reembasadora. Já os "primers" que contém tanto monômero e polímero na sua composição formariam uma camada de polímeros na superfície do material da base, estabelecendo a união entre os materiais ao longo desta camada.

Em 1998, CUCCI *et al.*¹⁷ estudaram o efeito da armazenagem em água na união de duas resinas autopolimerizáveis para reembasamento direto (MI-Koliner e MII-Duraliner II) a uma resina termopolimerizável convencional (M3-Lucitone 550). Espécimes foram confeccionados com a resina termopolimerizável convencional nas dimensões recomendadas pela D638M da ASTM (American Society for Testing and Materials) para testes de tração. Após armazenagem em água a 37°C durante 48 horas, um terço destes espécimes permaneceram intactos, formando o grupo controle (CT), sendo os demais seccionados ao meio e unidos com uma das duas resinas autopolimerizáveis, seguindo-se as instruções dos fabricantes, formando os grupos experimentais GI (reparo com MI) e GII (reparo com MII). Metade de cada grupo formado foi armazenado em água a 37°C durante 48 horas, e a outra metade durante 30 dias, após o quê foram submetidos ao ensaio de tração até a fratura. Avaliou-se também o tipo de fratura. Os resultados de resistência à tração (kgf/cm^2) obtidos após 48 horas/30 dias de armazenagem para os

grupos testados foram, respectivamente: CT=837,66/553,83 // GI=200,00/196,00 // GII=320,16/69,83. Aplicando-se o teste estatístico de Kruskal-Wallis, após os dois períodos de armazenagem houve diferenças estatísticas entre os três grupos estudados, sendo que no período de 48 horas GII foi superior a GI, ocorrendo uma inversão dessa superioridade no período de 30 dias. Todos os espécimes apresentaram fraturas adesivas. Os autores concluíram que o armazenagem em água afetou a resistência de união entre o material Duraliner II e a resina Lucitone 550.

Reparo com resina para microondas

SHLOSBERG *et al.* (1989)⁴⁷ estudaram as propriedades porosidade, estabilidade dimensional, dureza superficial, monômero residual e resistência transversa de uma resina para base de próteses (Characterized Lucitone, LD Caulk CO, Milford, Delaware) quando polimerizada com energia de microondas ou com banha de água quente. Para o teste de resistência transversa, os espécimes foram desgastados até as dimensões de 65 x 10 x 3,0 mm. Após serem testados e fraturados, estes espécimes foram reparados com a resina original polimerizada com microondas e com uma resina autopolimerizável (Repair Material, Dentsply, York, Pennsylvania). Para a polimerização com microondas, a mufla foi posicionada em um forno de mesa rotatória e irradiada durante 13 minutos a 90 W na posição vertical, sendo em seguida posicionada na posição horizontal e irradiada durante 90 s. com 500 W de potência. A região do reparo foi de 1,5 mm e as partes a serem reparadas não receberam acabamento em bisel. A resina autopolimerizável foi polimerizada sob pressão de 15 psi durante 10 minutos a uma temperatura de 43°C. As médias dos valores de resistência transversa para a resina Characterized Lucitone polimerizada com energia de microondas e com banho de água quente foram respectivamente 77,5 MPa e 76,2 MPa; a resistência transversa do reparo realizado com a resina autopolimerizável e com a resina Lucitone polimerizada em microondas foi de 511,48 kg/cm² (50,18 MPa) e 490,97 kg/cm² (48,16 MPa), respectivamente. As médias dos valores de dureza Knoop para os espécimes polimerizados em banho de água quente e em microondas foram respectivamente 16,24±0,38 e 16,24±0,36. Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os métodos de polimerização estudados. A porcentagem média da resistência de reparo em relação à resistência original dos espécimes foi de 63,5 %.

O uso da energia de microondas em procedimentos laboratoriais de reparo, reembasamento e substituição total da base foi demonstrado por TURCK & RICHARDS (1993)⁵². Os autores recomendam a utilização de silícones especiais para inclusão em mufla (Dent-Kote), as quais facilitam o acabamento e polimento das próteses e ajudam a prevenir porosidade das porções finas de resina durante procedimentos de processamento. Também foi relatado que com a utilização de um monômero especial

para microondas, como o "Justi microliquid" (Justi products) utilizado neste trabalho, bem como ciclos corretos de polimerização, no caso 13 minutos a 90 W seguido de 1 ½ minuto a 500 W, acompanhado do resfriamento lento por 30 minutos em bancada, a porosidade pode ser facilmente evitada. Apesar de todas estas facilidades, os autores relatam a hesitação de muitos laboratórios de próteses utilizarem a energia de microondas nos procedimentos de reparos e reembasamentos.

YUNUS *et al.* (1994)⁵⁹ avaliaram o grau de polimerização de uma resina acrílica autopolimerizável para reparo (Meliodent, Bayer), determinada pela dosagem de monômero residual. Três métodos de polimerização foram utilizados: polimerização em bancada, polimerização em mufla e polimerização em microondas. A resistência transversa de uma resina termopolimerizável convencional (Trevalon, Dentsply) reparada com estes três métodos também foi avaliada. A polimerização em microondas promoveu os menores índices de monômero residual, bem como os valores mais resistentes de reparo.

POLYZOIS *et al.* (1995)⁴⁰ estudaram a resistência transversa e de impacto de espécimes confeccionados em resina acrílica termopolimerizável convencional (Trevalon-7 horas a 70°C + 3 horas a 100°C) e em resina curada em microondas (Acron MC-3 minutos a 500 watts), e de espécimes reparados com três materiais diferentes quanto ao método de polimerização: (a) resina termopolimerizável convencional (Trevalon); (b) resina acrílica especialmente formulada para polimerização em microondas (Acron MC); e (c) uma resina autopolimerizável (Croform-15 minutos a 37° sob pressão de 30 psi). No preparo dos espécimes, foram confeccionados blocos em resina acrílica Trevalon e Acron MC com dimensões de 3 x 60 x 65 mm e 4,5 x 50 x 65 mm, os quais foram recortados e usinados, obtendo-se então os espécimes para os testes de flexão (2,5 x 10 x 65 mm) e impacto (4 x 6 x 50 mm), respectivamente. As comparações foram feitas entre os três materiais, utilizando-se teste de resistência de três pontos e teste de impacto. Os resultados, submetidos à ANOVA e ao teste Bonferroni's mostraram que os espécimes reparados com energia de microondas evidenciaram valores de resistência de flexão e impacto, na maioria das vezes, superiores àqueles apresentados pelas resinas termopolimerizáveis convencionais e autopolimerizáveis.

RODRIGUES-GARCIA & DEL-BEL-CURY (1996)⁴² estudaram a adaptação e porosidade de bases de próteses submetidas a duplo ciclo de polimerização. Foram confeccionados 36 modelos em gesso pedra a partir de moldagem de um modelo mestre metálico. Os modelos foram divididos em 3 grupos de 12 elementos cada. Bases de resina acrílica convencional foram confeccionadas sobre os modelos dos grupos 1 (G1) e 2 (G2) e polimerizadas em banho de água durante 09 horas a 73°C, e bases de resina específica para microondas foram construídas sobre os modelos do grupo 3 (G3) e curadas em forno de microondas a 500 W durante 3 minutos. A adaptação foi verificada através do peso de um material de impressão interposto entre a base da resina e o modelo mestre, sob carga de 2 kg. A seguir, todas as bases foram reembasadas pelo método de adição, sendo que aquelas dos grupos 1 e 3 foram reembasadas com o mesmo material e com a mesma técnica de polimerização. As bases dos grupo 2 foram preenchidas com a mesma resina, porém, curadas em forno de microondas a 500 W durante 3 minutos. A adaptação foi reavaliada. A porosidade foi verificada através da imersão das amostras polidas em tinta preta e os poros contados em lupa estereoscópica com aumento de 63X. As médias e o desvio padrão obtidos para a adaptação antes e após o reembasamento, respectivamente, foram: G1: 0,63±0,02-0,66±0,03; G2: 0,63±0,03-0,68±0,03; G3: 0,58±0,02-0,80±0,05, sendo que houve diferença significativa apenas para o G3. As médias e o desvio padrão para porosidade antes e após o reembasamento foram, respectivamente: G1: 8,33±0,69-9,25±0,85; G2: 8,17±0,98-10,08±1,63; G3: 5,42±0,78-6,58±1,02, sendo que não houve diferenças significativas entre os grupos estudados após o reembasamento. Concluiu-se que a resina convencional, quando polimerizada no primeiro ciclo pelo método convencional e no segundo ciclo através de energia de microondas, apresentou adaptação semelhante ao método convencional de reembasamento. Em relação à porosidade, foi verificado que, tanto no primeiro como no segundo ciclo de cura, a resina convencional apresentou maior número de poros.

Proposição

Proposição

Os propósitos deste estudo foram:

1. Determinar a resistência transversa de espécimes confeccionados com resina termopolimerizável convencional (Lucitone 550) e reparados com resina ativada com microondas (Acron MC), após diferentes tratamentos superficiais. Os tratamentos usados foram:
 - A. Imersão em monômero da resina Acron MC durante 30 segundos.
 - B. Imersão em acetona durante 30 segundos.
 - C. Imersão em monômero da resina Acron MC durante 15 segundos, secagem com jato de ar e imersão em acetona durante 15 segundos.
2. Avaliar o efeito destes tratamentos sobre a textura superficial da resina em MEV.
3. Avaliar a dureza superficial da resina Lucitone 550 quando submetida a um segundo ciclo de polimerização com energia de microondas.

Metodologia

Metodologia

A) MATERIAL

Resinas

As resinas utilizadas neste trabalho estão listadas no quadro 1:

Quadro 1: Resinas utilizadas no estudo.

<u>MARCA COMERCIAL</u>	<u>FABRICANTE</u>	<u>POLIMERIZAÇÃO</u>
Lucitone 550 (monômero)	Cauk Dentsply	TP convencional
Lucitone 550(polímero)	Cauk Dentsply	TP convencional
Acron MC(monômero)	GC Dent. Ind. Corp.	microondas
Acron MC(polímero)	GC Dent. Ind. Corp.	microondas

TP = termopolimerizável

Outros

Silicone *Labormass* de condensação, alta viscosidade e própria para inclusão em mufla, fabricada por *Ruthinium*

Mufla *FRP* própria para utilização em forno de microondas, com parafusos metálicos à base de cobre, fabricada por *GC Dental Ind. Corp.*.

Matrizes confeccionadas em aço inoxidável, com as dimensões 65 x 12 x 3,0 e 65 x 10 x 2,5 mm (espec. ADA nº12), para o teste de resistência transversa

Matrizes em resina acrílica nas dimensões 30 mm de diâmetro/4 mm de altura, para o teste de dureza

Gesso tipo III marca *Herodent*, fabricado por *Vigodent*

Acetona para análise, fabricada por *Merk S.A. Indústrias Químicas*

Lixas de água *Buhler*, granulação 320, 400, 600 e 1200

Feltros e pastas de polimento de granulações 6, 3 e 1 μm , marca *Buhler*

Isolante para resina acrílica, marca *Cel-Lac*, fabricado, por *SS White*

Espátula de aço nº 36, marca *Duflex*, fabricada por *SS White*

Pote de vidro com tampa, para resina, fabricado por *Jon*

Pincel nº00 marca *Tigre*
Cubeta de borracha, fabricada por *Jon*
Espátula de aço, para gesso, fabricada por *Jon*
Frascos de vidro , com tampa rosqueável
Proveta graduada, fabricada por *Vidrolabor*
Disco diamantado dupla face: marca *Discoflex*, fabricado por *K. G. Sorensen*
Recipiente de madeira para obtenção dos moldes em silicone

Aparelhos

Paquímetro digital marca *Mauser Jr.*
Politriz *APL-4* com dispositivo para polimentos múltiplos, da *Arotec*
Estufa microbiológica marca *Fanem*
Balança de precisão modelo *JK200*, marca *Chyo*, Japão
Polimerizadora marca *Thermotron*
Forno de microondas marca *Sharp*, potência de 900 W
Ultra-som *Thorton*
Cortadeira elétrica *Buehler-Isomet*
Microdurômetro *Shimadzu HMV-2000*
Microscópio Eletrônico de Varredura Mod. *DSM940A* da *Zeiss*
Evaporador *Balzers* Mod. *MED 010*
Prensa hidráulica embutidora de amostras metalográficas mod. *PRE-30*, da *Arotec*
Máquina de ensaios mecânicos:
 Identificação geral do aparelho:ID 134
 Modelo: DL500 NS 5049
 Instrumentação: Mod. Single V2 NS 243
 Programa residente: SG201
 Programa de controle: MTest Versão 1.01 (1996) – Programa para ensaios de tração e compressão com aplicação de carga a velocidade constante

B) MÉTODOS

Variável Resistência Transversa

Para o teste de resistência transversa, foram confeccionados padrões em aço inoxidável com dimensões superiores ($65 \times 12 \times 3,0 \text{ mm}$) àquelas preconizadas pela especificação nº 12 da American Dental Association ($65 \times 10 \times 2,5 \text{ mm}$). Este procedimento possibilitou o desgaste final dos espécimes, padronizando com maior precisão as dimensões dos mesmos.

As matrizes metálicas com dimensões de $65 \times 12 \times 3,0 \text{ mm}$ foram incluídas em silicone *Labormass*, seguindo-se a técnica descrita abaixo:

- 1º) Colagem de três matrizes em um recipiente de madeira (Figura 1).

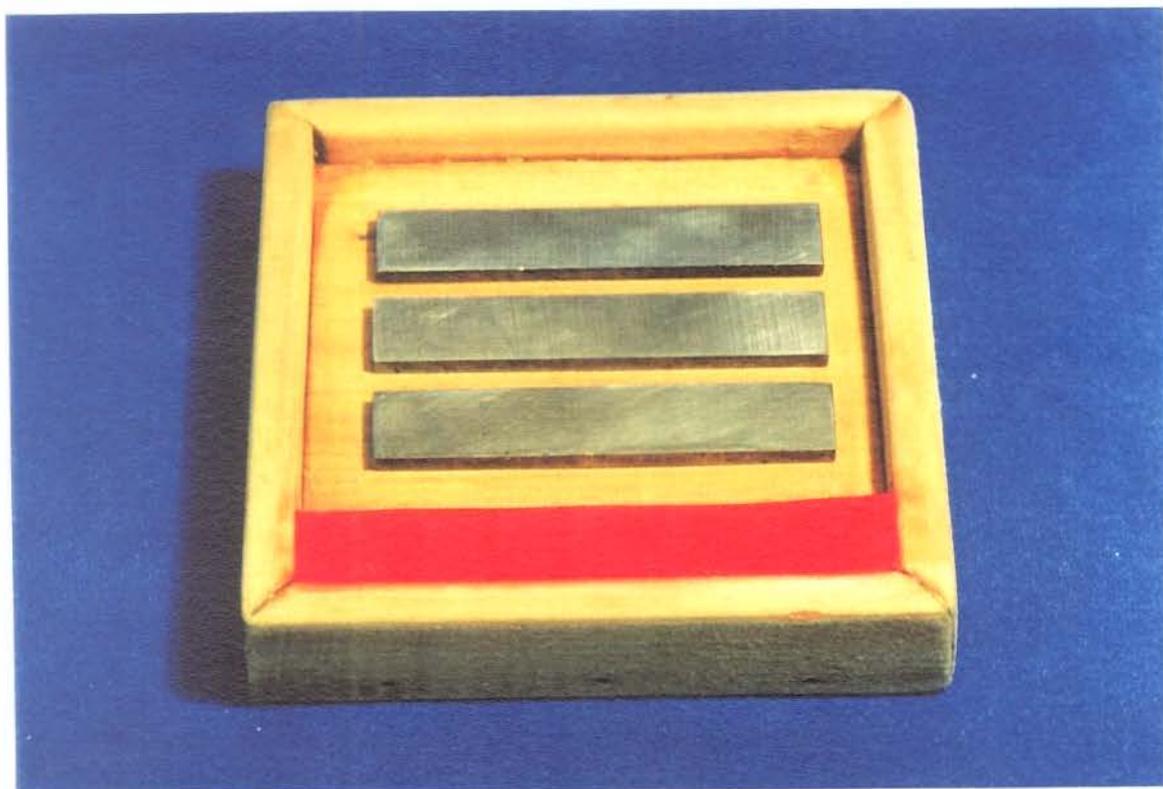


Figura 1: Recipiente de madeira com matrizes coladas.

2º) Manipulação da silicone *Labormass* segundo o fabricante.

3º) Acomodação da silicone sobre o recipiente contendo as matrizes, pressionando-a de encontro aos espaços entre as matrizes, moldando fielmente as mesmas.

4º) Posicionamento de uma placa de madeira sobre o recipiente com a silicone ainda em polimerização, pressionando-a de encontro ao conjunto silicona-recipiente utilizando-se uma prensa hidráulica. A prensagem é realizada até que a placa se aproxime ao máximo das bordas do recipiente, obtendo-se a menor quantidade de material moldador entre a placa e as bordas.

5º) Recorte dos excessos extravasados com lâmina de bisturi nº15.

Após a remoção da silicone do recipiente de madeira, o conjunto silicone/matrizes foi incluído em mufla plástica reforçada, própria para utilização em forno de microondas. Esse procedimento foi realizado empregando-se gesso tipo III (Figura 2).

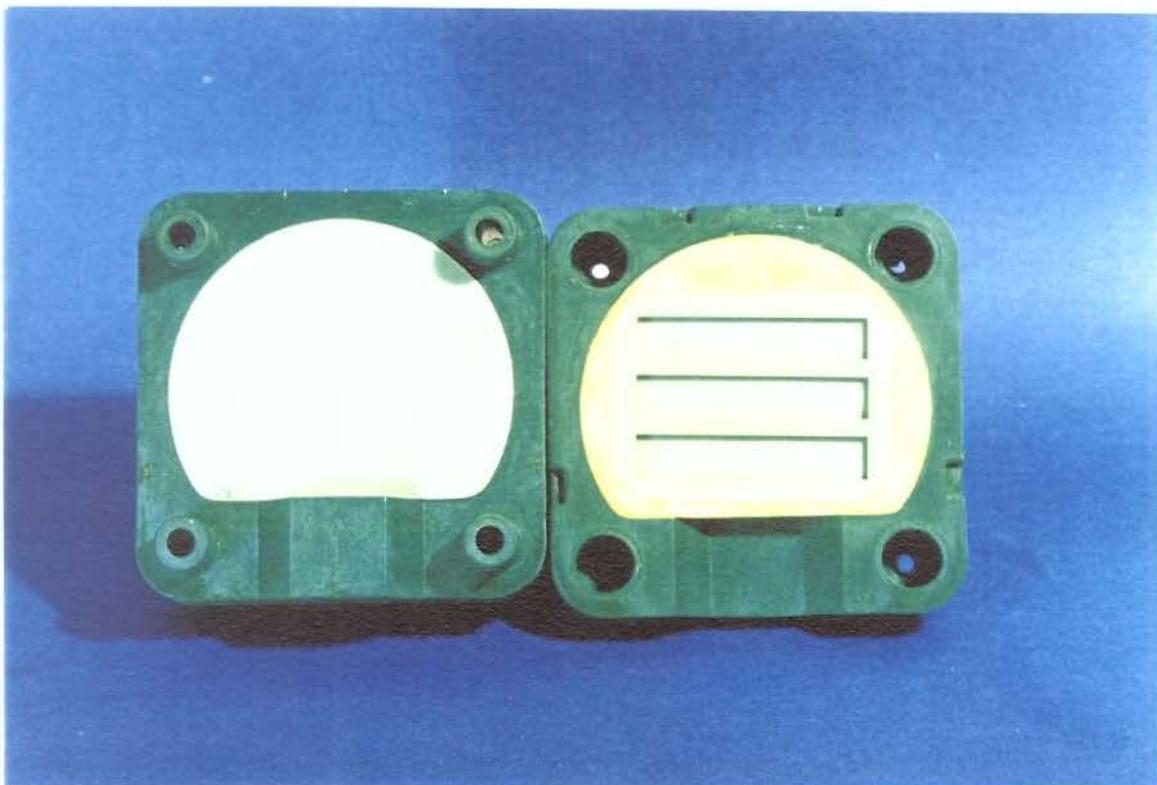


Figura 2: Muflas contendo moldes em silicone das matrizes para teste de resistência transversa.

A mufla foi mantida fechada, na prensa, até a presa final do gesso, após o que foi aberta e as matrizes removidas do molde. O objetivo do uso da silicone durante a inclusão foi facilitar esta remoção, assim como permitir que após a obtenção dos corpos-de-prova, estes pudessem ser recolocados nos seus respectivos moldes, durante os procedimentos de união, descritos a seguir.

Para obtenção dos espécimes utilizou-se a resina Lucitone 550 de ativação térmica e incolor. Com base na proporção recomendada pelo fabricante, para cada mufla foram utilizados 7 g de pó, pesados em balança de precisão modelo *JK200*, para 3,3 ml de líquido, medidos em proveta de vidro.

A resina foi manipulada em um pote de vidro por 30 s., à temperatura de $23^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$, aguardando-se, a seguir, a fase plástica, quando então foram preenchidas as três cavidades do molde. Uma folha umedecida de papel celofane foi colocada sobre a resina, a mufla foi fechada e levada à prensa para a prensagem de prova. A seguir, a mesma foi aberta, o papel celofane removido e os excessos de resina recortadas com lâmina de bisturi. A mufla foi novamente fechada na prensa e os parafusos colocados e apertados, sendo mantida sob pressão durante 30 minutos.

Decorrido este período, a mesma foi submersa em água, à $73^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$, por 90 minutos, e mantida por 30 minutos em água em ebulição. Terminado o ciclo de polimerização, a mufla foi retirada da água e colocada sobre a bancada, em temperatura ambiente por 30 minutos e a seguir imersa em água por 15 minutos⁴. A mufla foi aberta, e os corpos-de-prova retirados e submetidos ao acabamento com lixa de água nº 320, com finalidade de remover excessos grotescos. Foram confeccionados 70 corpos-de-prova, os quais foram armazenados em água destilada a $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 48 h.. Deste total, 14 foram selecionados ao acaso, sendo mantidos intactos, formando o grupo controle positivo (Grupo I).

Outros 14 corpos foram confeccionados com resina Acron MC. Esta resina foi proporcionada de acordo com as instruções do fabricante (15 mg/9 ml), sendo prensada na fase fluída, preenchendo as cavidades dos moldes, como descrito anteriormente. A mufla foi levada ao forno de microondas durante 3 minutos à potência de 540 W. Estes corpos foram mantidos intactos, formando o grupo controle negativo (Grupo II).

Os demais 56 corpos-de-prova em resina Lucitone 550 foram divididos casualmente em 04 grupos com 14 espécimes cada:

➤ **Grupo III:**

Os corpos-de-prova deste grupo foram seccionados ao meio com disco diamantado. Em seguida, as partes expostas foram desgastadas em politriz com lixa de água 320 e, por final, 600, até que se obtivesse um espaço de 10,0 mm entre as duas partes, quando estas fossem reposicionadas no seu respectivo molde. Os espécimes foram limpos em banho de ultra-som *Thorton* por 2 minutos com água destilada. Após isso foram secos com jato de ar e as superfícies a serem reparadas imersas no líquido da resina Acron MC por 30 segundos. Após isso, forte jato de ar foi aplicado sobre as superfícies.

Os corpos-de-prova foram colocados nos seus respectivos moldes nas muflas, permanecendo um espaço de 10,0 mm na parte central. A resina Acron MC foi manipulada conforme as instruções do fabricante, e ainda na fase fluida, foi inserida no espaço do molde, unindo as duas partes do corpo-de-prova. A seguir, a mufla foi fechada, parafusada e deixada sobre a bancada por 10 minutos, sendo em seguida levada ao forno de microondas e submetida a irradiação de 540 W durante 3 minutos. Decorrido o ciclo de polimerização, a mufla foi mantida sobre bancada por 30 minutos à temperatura ambiente e posteriormente imersa em água a mesma temperatura, por 15 minutos⁴. Os espécimes foram identificados pela sigla GIII.

➤ **Grupo IV:**

Os procedimentos empregados foram os mesmos descritos para o grupo III, com a diferença que a substância umedecedora utilizada neste grupo foi a acetona. Os corpos foram identificados com a sigla GIV.

➤ **Grupo V:**

Os procedimentos empregados foram os mesmos descritos para o grupo III, sendo que a diferença foi o tratamento. Neste grupo utilizou-se duas substâncias: acetona e monômero Acron MC, nesta ordem, sendo imersos por 15 s. em cada substância, aplicando-se jato de ar entre cada substância e após a segunda. Os corpos foram identificados com a sigla GV.

➤ Grupo VI:

Os procedimentos empregados foram os mesmos descritos para o grupo III, com uma única diferença. Neste grupo não se aplicou qualquer substância de tratamento superficial. Os corpos foram identificados com a sigla GVI.

Após o reparo dos espécimes com a resina Acron MC, realizou-se o acabamento final dos espécimes, conduzido através de um dispositivo com a finalidade de fixação do corpo-de-prova e promoção de um limite de desgaste preestabelecido do mesmo.

Este dispositivo é constituído por duas placas fendadas, uma fixa e outra móvel, que se posicionam paralelamente entre si, apoiadas sobre uma terceira placa (placa base). Dois parafusos (parafuso de fixação) unem e fixam as duas placas fendadas. Um terceiro parafuso (parafuso espaçador) auxilia na regulagem do espaçamento entre as placas paralelas. Nas fendas, dois cilindros paralelos entre si, porém com movimentação independente, são regulados em altura, sendo fixados por parafusos (Figura 3 e Figura 4).

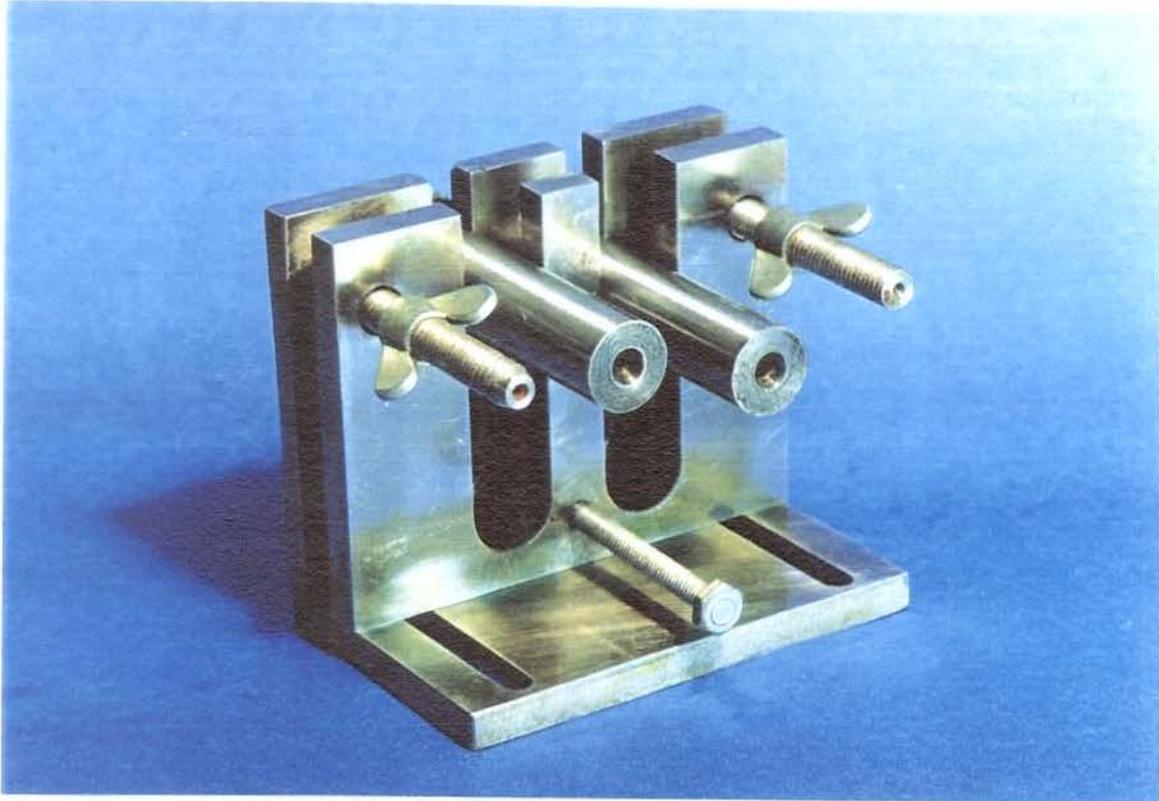


Figura 3: Dispositivo para acabamento dos espécimes para teste de resistência transversa.

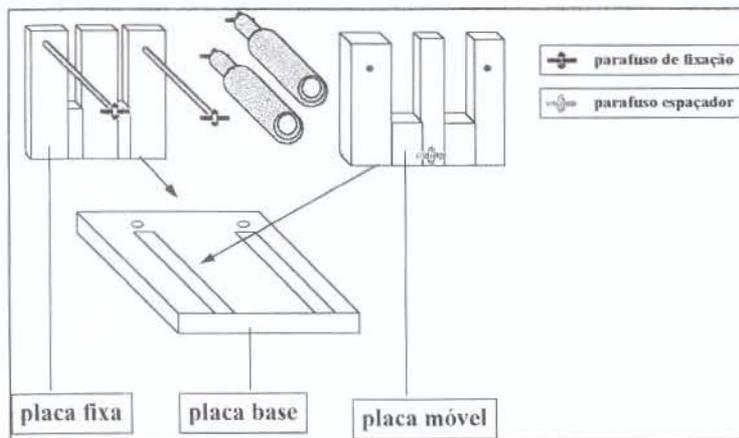


Figura 4: Esquema do dispositivo para acabamento dos espécimes para teste de resistência transversa.

Este aparelho funciona em duas fases:

1ª) Determinação da altura dos cilindros (Figura 5).

Essa altura é regulada de acordo com a quantidade de desgaste que se deseja realizar no corpo-de-prova (largura-10,0 mm ou altura-2,5 mm), promovendo um limite de desgaste.

Esta regulagem é realizada da seguinte forma:

- posicionamento adequado de um padrão metálico com as dimensões especificadas pela ADA (65,0 x 10,0 x 2,5 mm) sobre os cilindros;
- alinhamento da face mais superior deste padrão com a superfície exposta da placa metálica fixa, faceando as mesmas. Isto pode ser obtido sobre uma superfície plana e lisa;
- fixação dos cilindros na altura determinada;
- remoção do padrão metálico.

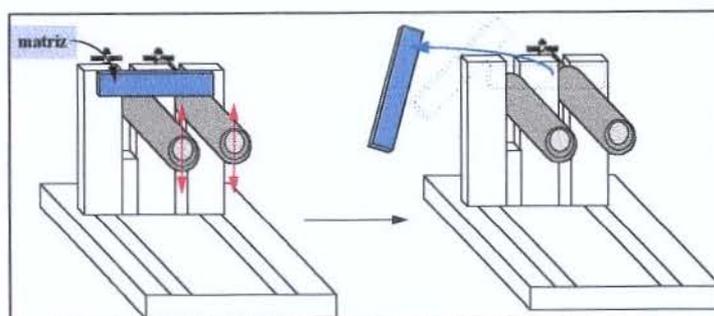


Figura 5: 1ª Fase - Determinação da altura dos cilindros.

2ª) Fixação do espécime e desgaste na politriz (Figura 6):

Após o posicionamento correto em altura dos cilindros, e a remoção do padrão metálico, o espécime é então posicionado sobre os cilindros, a placa móvel é encaixada sobre o mesmo, o parafuso espaçador é regulado de acordo com a espessura ou largura do espécime, e os parafusos fixadores são apertados, unindo a placa fixa à móvel.

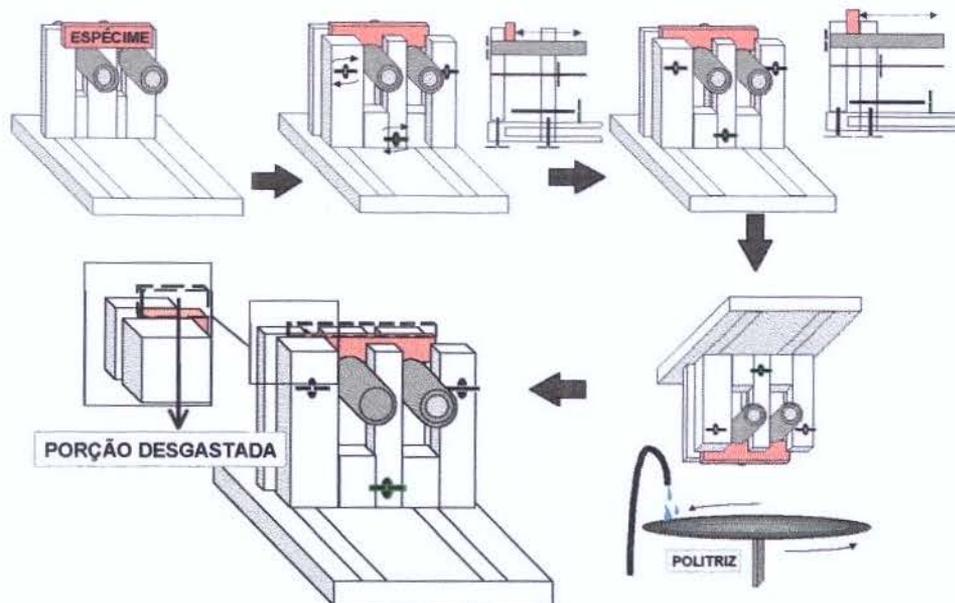


Figura 6: 2ª Fase - Posicionamento e desgaste do espécime.

Para a correta utilização do dispositivo, as superfícies dos cilindros devem estar limpas e a seqüência das fases seguida como descrito acima. Para o desgaste, realizou-se o seguinte protocolo:

- Desgaste inicial com lixa de água granulação 320 e 400;
- Desgaste final com lixa 600.

Os espécimes foram colocados em frascos de vidro identificados e contendo água destilada, sendo armazenados em estufa à temperatura de $37 \pm 1^\circ\text{C}$ por 48 ± 2 horas.

Decorrido este período de tempo, os espécimes foram submetidos ao teste de resistência transversa (Figura 7), realizado em uma máquina de ensaio EMIC modelo DL 500. Os parâmetros do teste foram:

- velocidade do travessão de $5 \text{ mm}/\text{min}^4$.
- célula de carga de 100 kg.
- suporte e pistão com cilindros de 3,2 mm de diâmetro⁴.
- distância entre os cilindros do suporte igual a 50 mm^4 .

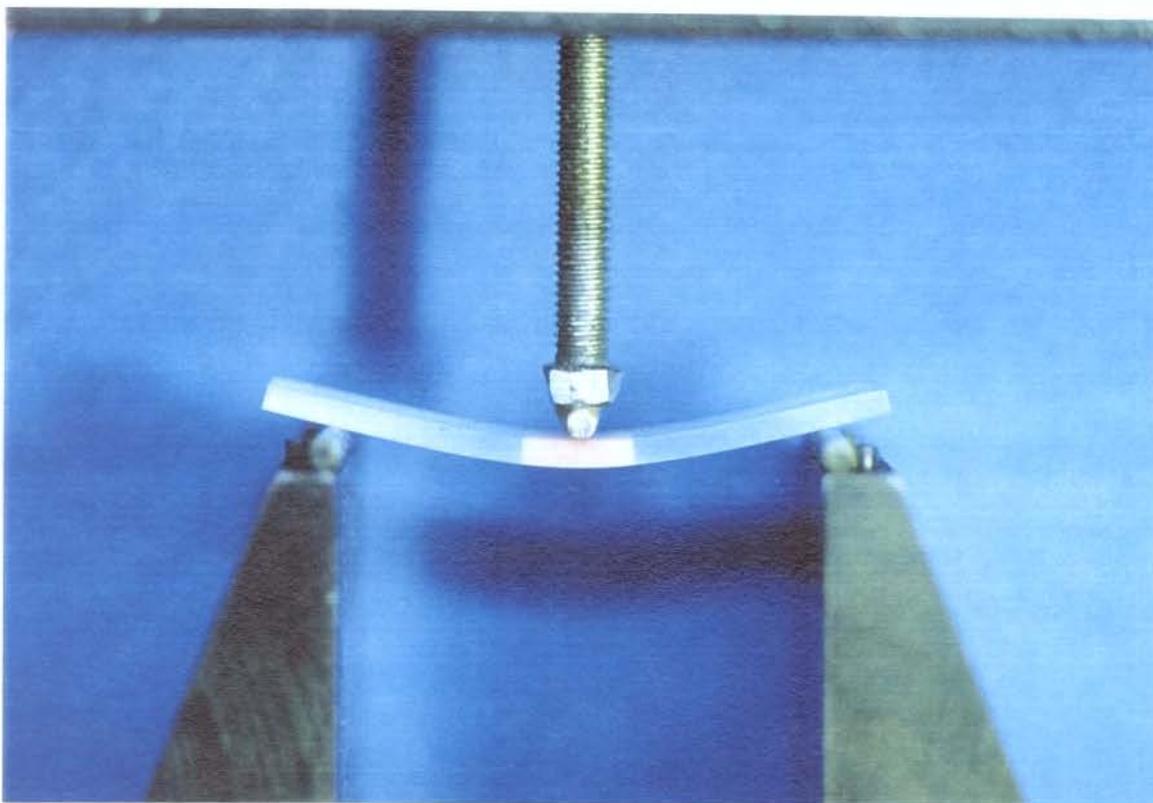


Figura 7: Teste de resistência transversa.

Variável Dureza

Para o estudo da dureza superficial, foram confeccionados matrizes em resina acrílica autopolimerizável CLÁSSICO (pó) com 30 mm de diâmetro e 4,0 mm de espessura (Figura 8). Para tal, utilizou-se uma embutidora marca Arotec modelo PRE-30 com pressão e temperatura controladas.

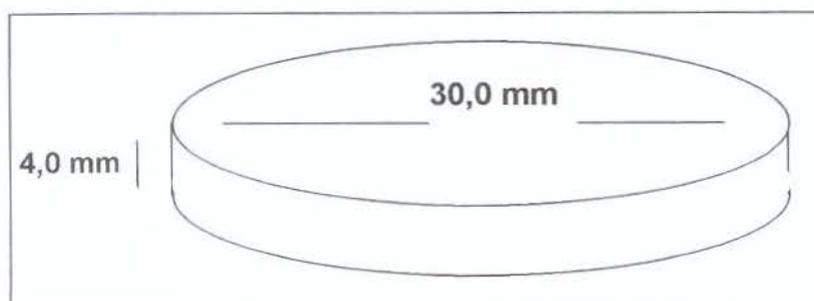


Figura 8: Dimensões das matrizes para o teste de dureza.

As matrizes foram fixadas em número de três no recipiente de madeira e moldadas com silicone como descrito anteriormente na variável resistência transversa. Sobre os moldes, foi vertido cera 7 fundida, removendo os excessos a frio com espátula Lecron.

As matrizes em cera foram então incluídas em muflas metálicas modificando-se a técnica de inclusão tradicional. Primeiramente, preencheu-se completamente a mufla plástica com gesso pedra tipo III (Herodent), ultrapassando-se levemente a altura da mesma. Após a presa do gesso, a mufla foi invertida e movimentada circularmente de encontro a uma lixa d'água de granulação 600 posicionada sobre uma superfície plana, o que removeu o excesso de gesso e forneceu uma superfície plana, lisa e regular do mesmo.

Em seguida, três padrões em cera foram posicionados sobre o gesso e fixados com instrumento aquecido, contra-mufla e mufla foram contactados e a contra-mufla foi preenchida com gesso pedra tipo III. Após a presa do mesmo, as muflas foram abertas, a cera foi eliminada com aquecimento em água e os moldes foram lavados com água quente e detergente neutro. Incluiu-se três matrizes por mufla.

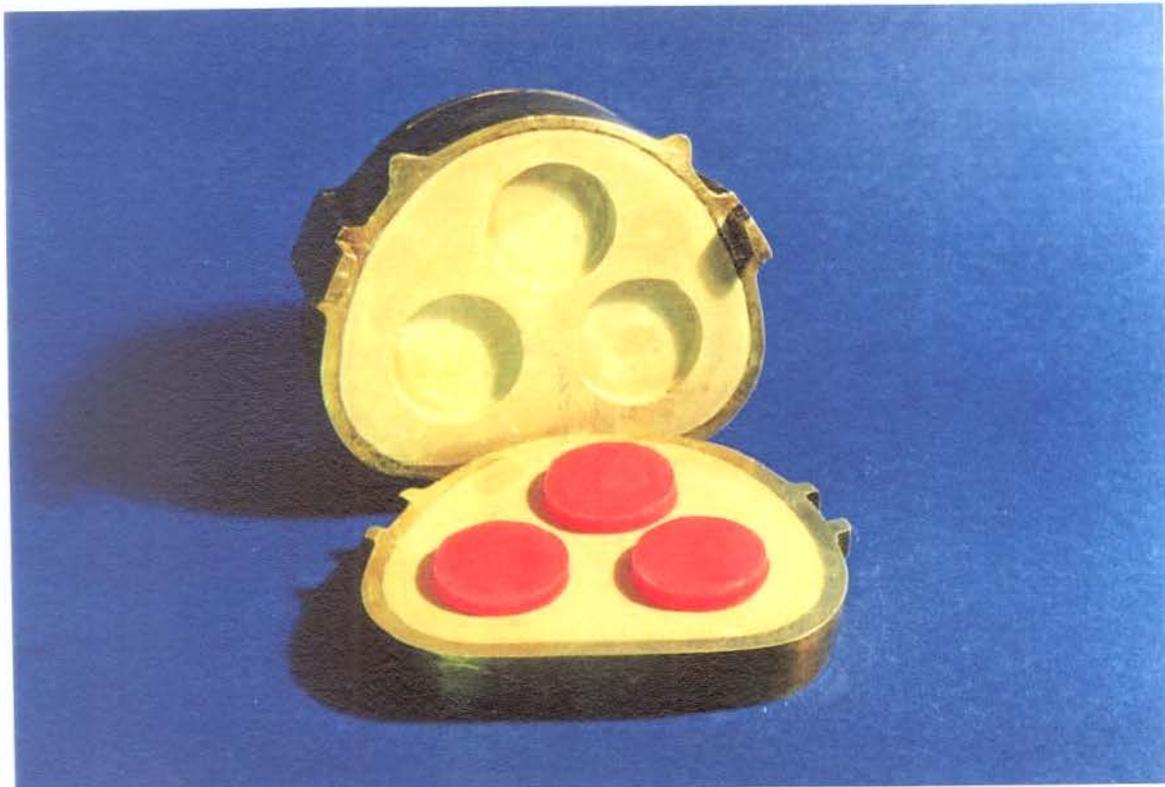


Figura 9: Mufla metálica contendo moldes em gesso das matrizes para teste de dureza superficial.

As duas partes de gesso foram revestidas com uma fina camada de isolante para resina (Cel-lac S.S. WHITE). Os espécimes foram obtidos prensando-se a resina Lucitone 550 como descrito para a variável resistência transversa. Foram confeccionados 5 espécimes para cada condição experimental (grupo controle e grupo exposto à energia de microondas), os quais após serem demuflados, receberam acabamento e polimento descritos abaixo. Os espécimes foram identificados com as siglas CT (controle) e MW (submetido ao ciclo em microondas), sendo todos numerados de I a V.

O polimento dos espécimes foi realizado em uma politriz com sistema de polimento múltiplo, aplicando-se 5 pesos de 85 gramas cada sobre os espécimes, utilizando lixas de carbetto de silício com granulação decrescente de 320 a 1200.

O polimento foi realizado na mesma politriz, com os feltros e pastas diamantadas da marca Buhler, com partículas de 6, 3 e 1 μm durante 1 minuto para cada uma delas.

Importante salientar que realizado o acabamento e polimento, os espécimes eram avaliados quanto à lisura de superfície, com auxílio de lupa. Aqueles que apresentassem aspecto de lisura não compatível com a granulação do abrasivo utilizado eram submetidos ao mesmo processo.

A seguir, as amostras foram armazenadas em água destilada por 48 ± 2 horas à temperatura de $37 \pm 1^\circ\text{C}$.

Decorrido este período, os espécimes do grupo CT e MW tiveram a sua dureza superficial avaliada (Figura 10) em um microdurômetro Shimadzu, aplicando-se uma carga de 25 gramas durante 5 s.. Foram realizadas 20 penetrações em cada espécime, distribuídas como mostra a Figura 11.

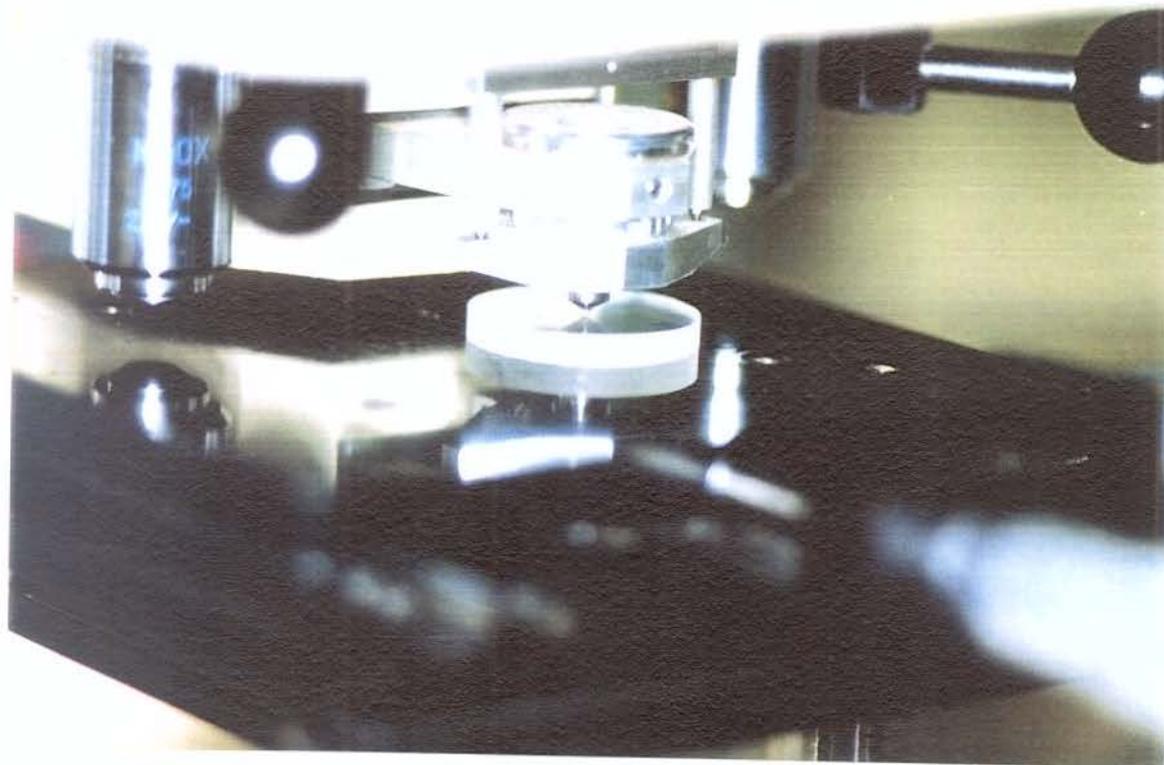


Figura 10: Teste de dureza superficial realizado em microdurômetro Shimadzu.

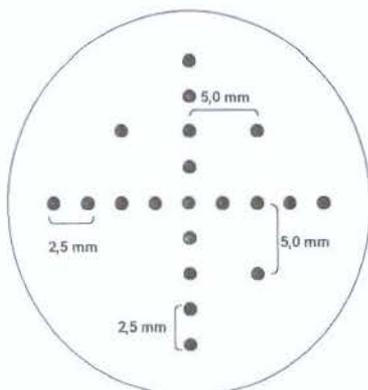


Figura 11: Localização das penetrações sobre os espécimes do teste de dureza.

Após o teste de dureza, os espécimes demarcados com a sigla MW foram posicionados em moldes de silicone incluídos em muflas plásticas (Figura 12). O procedimento descrito para obtenção dos moldes em silicone, com os quais se obteve as matrizes em cera, foi o mesmo aplicado nesta fase. A inclusão destes moldes em mufla seguiu as mesmas etapas descritas para a variável resistência transversa.

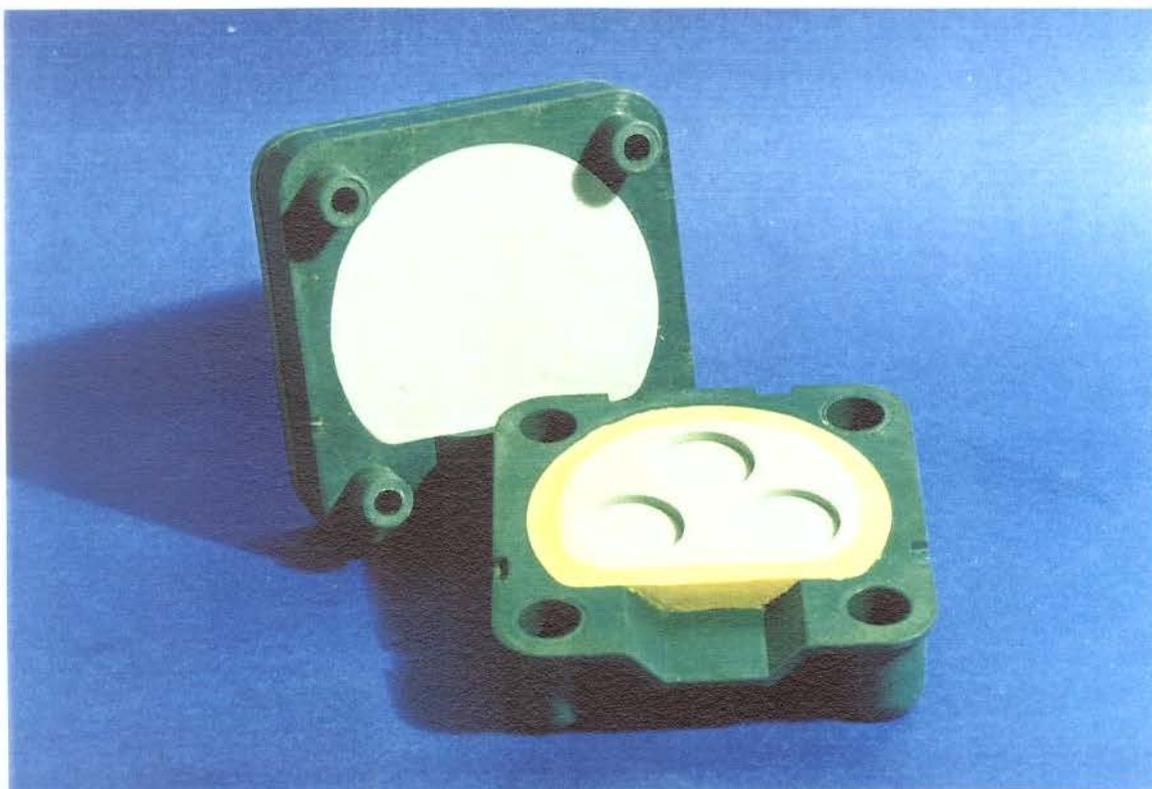


Figura 12: Muflas contendo moldes em silicone das matrizes para teste de dureza.

As muflas contendo os moldes e os espécimes foram inseridas no forno de microondas individualmente, sendo submetidas a uma irradiação de 540 W durante 3 minutos. O resfriamento foi realizado em bancada à temperatura ambiente durante 30 minutos, seguido da imersão em água corrente a esta mesma temperatura, por 15 minutos.

Novas leituras foram realizadas após 72 horas (24 horas após a 1ª leitura) e 30 dias (28 dias após a 1ª leitura). Entre as fases de leitura, todos os espécimes permaneceram armazenados em água destilada à $37\pm 1^\circ\text{C}$.

Análise da Textura Superficial

Para a obtenção dos espécimes a serem utilizados na microscopia eletrônica de varredura, foi confeccionado inicialmente um disco (4,0 mm de espessura e 30,0 mm de diâmetro) em resina Lucitone 550 segundo a técnica descrita na variável dureza, através de um padrão em cera. Este disco foi armazenado em água destilada a $37\pm 1^\circ\text{C}$ por $48\pm 2\text{h}$ e submetido ao acabamento e polimento com as lixas 320, 400 e 600.

Deste disco foram obtidos blocos com as dimensões de 4 x 4 x 4 mm, os quais foram limpos em ultra-som.

Do total de blocos, oito foram selecionados e submetidos aos tratamentos aplicados aos grupos III, IV, V e VI da variável resistência transversa, sendo dois blocos para cada tratamento. Os espécimes foram pinçados e imersos durante 30 s. (tratamento grupo III e IV) ou 15 s. (tratamento V) em cada solução. No tratamento do grupo VI, como já descrito anteriormente, os espécimes não foram imersos em nenhuma das substâncias em estudo. Jato de ar foi aplicado após cada imersão em um dos líquidos.

Todos os espécimes permaneceram por uma semana em dissecador contendo sílica coloidal, para eliminação da água.

Os blocos de resina foram fixados individualmente, com fita adesiva de carbono especial, em stubs metálicos próprios para microscopia eletrônica, e em seguida metalizados com uma fina camada de ouro (Figura 13). Posteriormente realizou-se as análises em MEV.

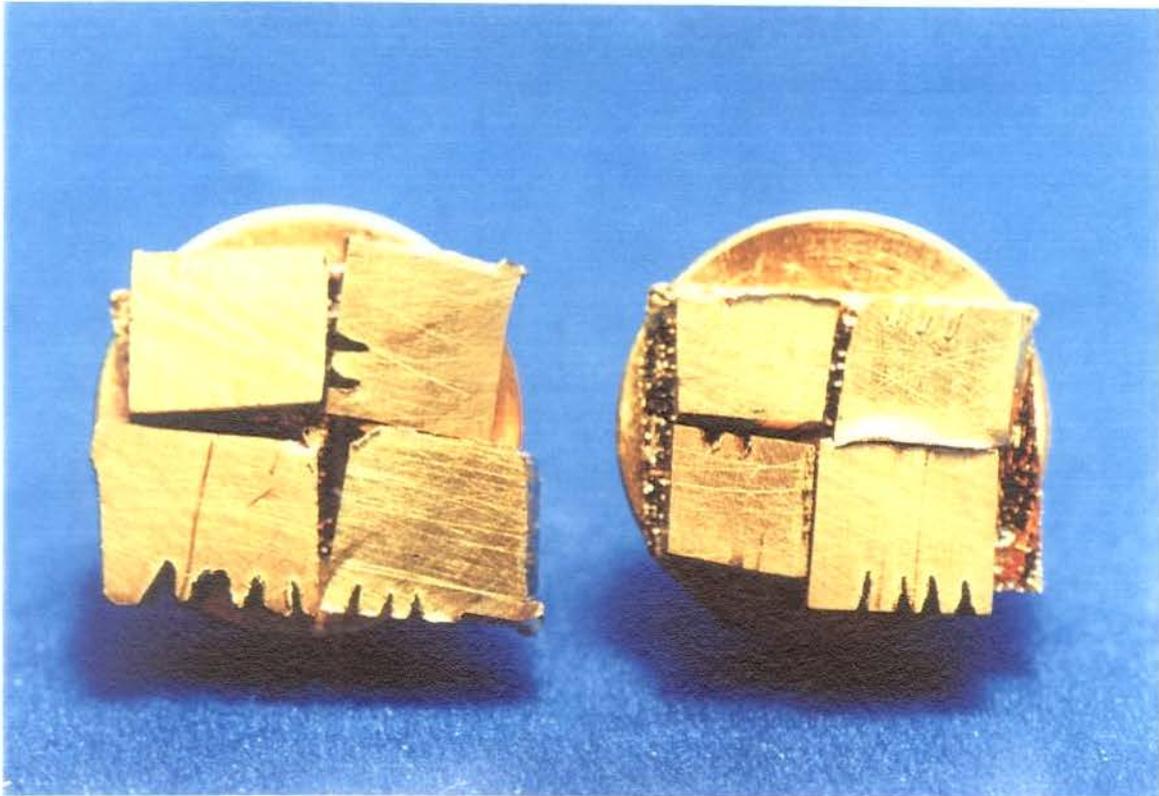


Figura 13: Espécimes metalizados para microscopia eletrônica.

Os parâmetros de regulação do microscópio para análise dos espécimes foram:

- tensão: 5 Kv
- corrente de emissão de elétrons: 60 μ m
- diâmetro do feixe: médio
- aumento: 2000X

Fotomicrografias foram obtidas de todas as amostras.

Resultados

Resultados

Resistência Transversa

Os valores de tensão (MPa) obtidos após os testes de resistência transversa estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Valores de resistência transversa dos grupos.

ESPÉCIME	GRUPOS					
	GI	GII	GIII	GIV	GV	GVI
1	NF	90,76	110,76	106,39	91,86	88,21
2	NF	102,79	102,33	98,73	107,64	83,16
3	87,87	119,76	82,48	89,20	83,11	80,19
4	87,64	96,07	92,33	101,39	87,48	75,34
5	NF	118,47	67,95	84,20	100,14	85,35
6	NF	103,26	98,26	93,73	99,35	71,43
7	90,26	102,95	76,04	102,64	51,64	87,07
8	NF	97,33	88,42	84,36	56,00	71,24
9	NF	133,29	95,14	100,14	105,45	82,38
10	NF	105,29	89,35	95,14	73,22	94,26
11	90,38	121,06	101,24	93,07	100,45	68,08
12	84,99	104,05	115,92	110,14	92,48	101,45
13	NF	107,01	95,14	94,82	77,95	103,32
14	100,45	112,64	81,24	112,79	94,20	110,04

NF=espécimes que não fraturaram no ensaio mecânico

O Gráfico 1 ilustra as médias dos valores de resistência transversa dos grupos.

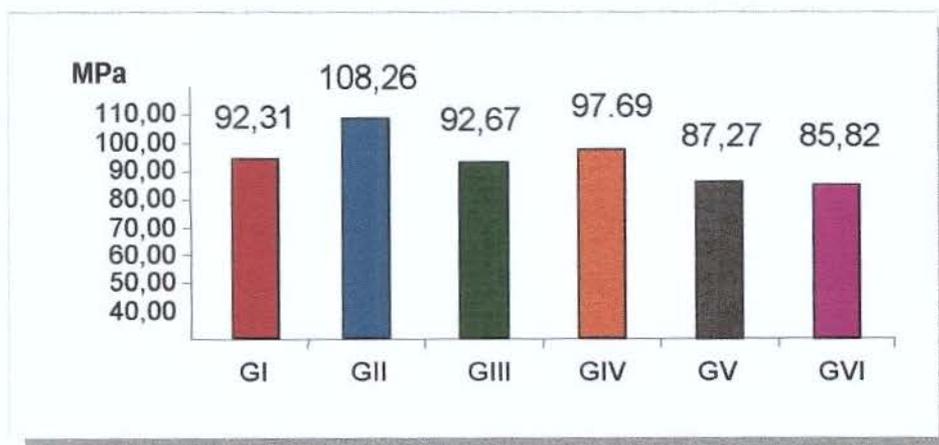


Gráfico 1: Médias dos valores de resistência transversa (MPa) dos grupos.

Os tipos e a frequência das fraturas observadas em cada espécime reparado estão dispostos na Tabela 2:

Tabela 2: Tipo e frequência das fraturas dos espécimes reparados.

Grupo	AD (%)	COLu (%)	COAc(%)
III	4 (28,5)*	7 (50,0)	3 (21,4)
IV	6 (42,8)*	5 (35,7)	3 (21,4)
V	5 (35,7)**	4 (28,5)	5 (35,7)
VI	3 (21,4)*	10 (71,4)	1 (7,1)

AD, fratura adesiva (interface) / COLu, fratura coesiva resina Lucitone 550 / COAc, fratura coesiva resina Acron M.C.

* fratura iniciou na interface e se estendeu para a resina Acron M.C. em todos os espécimes.

** fratura iniciou na interface e se estendeu para a resina Acron M.C. em três espécimes.

O Gráfico 2 ilustra os tipos e a frequência das fraturas.

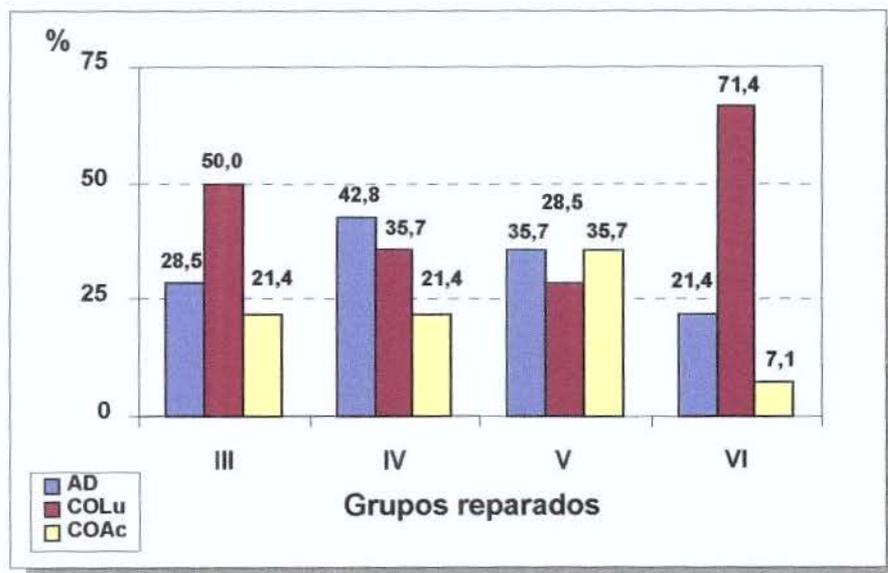


Gráfico 2: Frequência dos tipos de fraturas.

A Figura 14 ilustra espécimes com diferentes padrões de fratura.

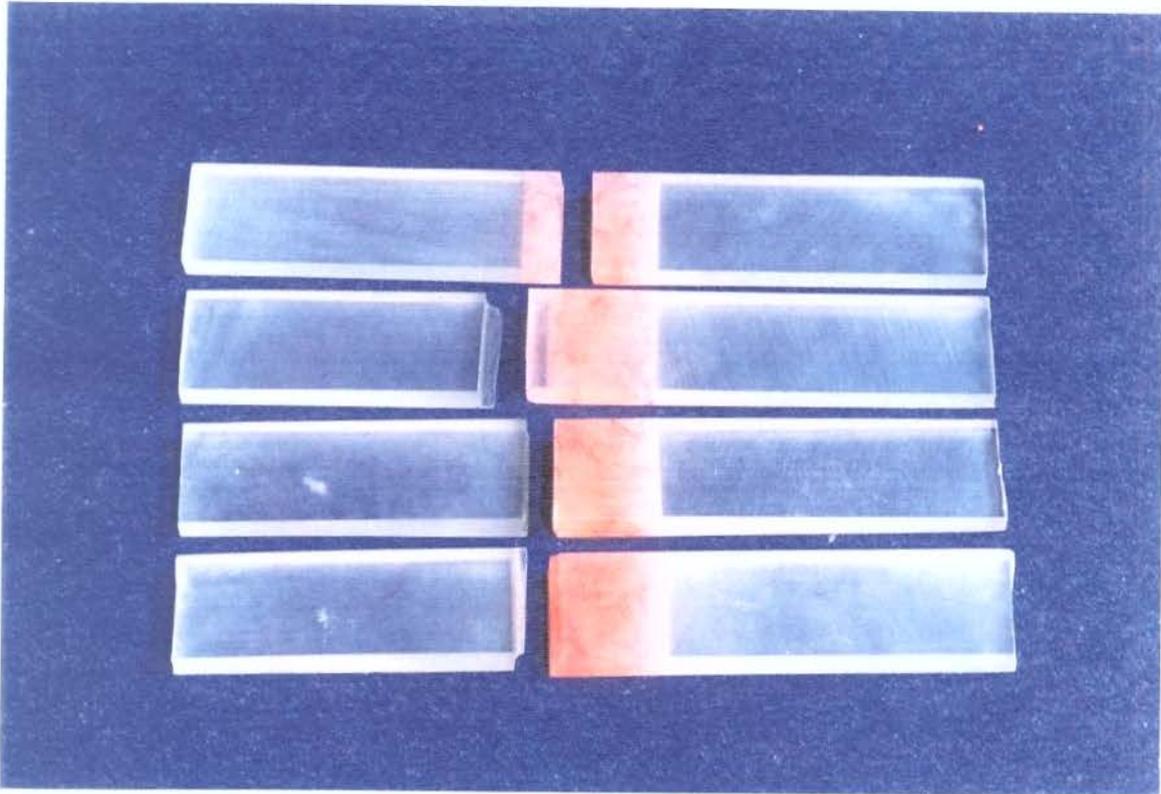


Figura 14: Tipos de fraturas: COAc; COLu; Adesiva; Adesiva+coesiva (de cima para baixo, nesta ordem).

Análise estatística

Para a análise dos dados foi considerado o modelo inteiramente ao acaso, com número de repetições diferentes por tratamento

A verificação de normalidade através do teste de Shapiro-Wilk não apresentou significância estatística ($W=0,9877$ e $p=0,9159$). Dessa forma a comparação das médias foi realizada através do teste t para comparação de duas médias, com nível de significância de 5%. A análise de variância apresentou diferença entre esses tratamentos com $F=5,73$ e $p=0,0002$. As médias e os resultados de suas comparações estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Médias e desvios padrões para os valores de resistência transversa dos grupos.

GRUPOS	Média		DV
GI	92,3100	B	3,0865
GII	108,2628	A	2,7210
GIII	92,6721	B	3,5017
GIV	97,6850	B C	2,3302
GV	87,2657	B D	4,6174
GVI	85,8238	B D	3,6203

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% de significância.

Os resultados acima indicam que a comparação entre o controle negativo (GII) e os demais grupos apresentou significância estatística. Entretanto quando se compara o controle positivo (GI) e os demais grupos (GIII, GIV, GV e GVI) não foi observada esta diferença. O GIII também não diferiu significativamente de GIV, GV e GVI. Porém para o GIV houve diferença entre o mesmo e os grupos GV e GVI. E finalmente esses dois últimos não diferiram entre si.

Dureza Superficial

A média dos valores de dureza superficial (Knoop) dos espécimes confeccionados com resina Lucitone 550 submetidos (MW) ou não (CT) ao ciclo complementar em microondas, após 48 horas, 72 horas e 30 dias de armazenagem em água a 37°C estão dispostos na Tabela 4. O Gráfico 3 ilustra as médias dos grupos CT e MW nos períodos de armazenagem estudados.

Tabela 4: Médias de dureza dos espécimes dos grupos CT e MW, nos três períodos de armazenagem.

Espécime	Controle (CT)			Experimental (MW)		
	48 horas	72 horas	30 dias	48 horas	72 horas	30 dias
I	16,91	18,15	16,73	16,74	17,06	16,61
II	16,40	17,76	17,04	16,92	17,32	16,29
III	16,85	17,85	17,06	17,04	17,34	17,25
IV	16,75	17,67	16,83	17,15	16,73	16,50
V	16,62	17,97	17,71	17,46	17,15	16,87

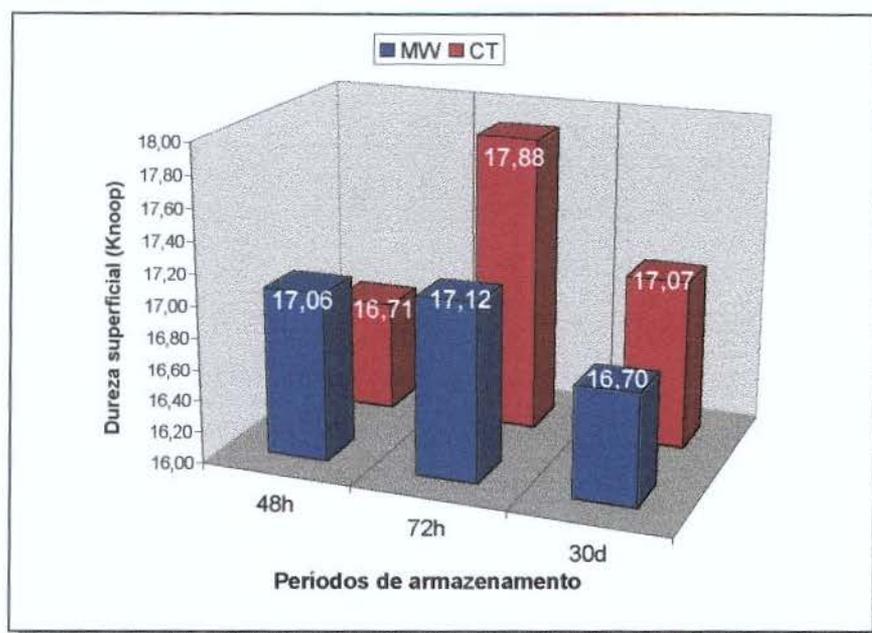


Gráfico 3: Médias de dureza Knoop dos grupos CT e MW nos três períodos estudados.

Análise estatística

Para a análise estatística, foi utilizado o modelo de delineamento experimental de Parcelas Subdivididas e o teste F, com o objetivo de verificar a existência de diferença estatística entre os valores de dureza em todos os grupos analisados. O teste de comparações múltiplas de médias (teste t) foi aplicado para a verificação do melhor tratamento, usando um nível de significância de $p < 0,05$.

A análise de variância mostrou que existe diferença significativa entre os grupos MW e CT, e que os períodos diferem significativamente entre si ($p < 0,05\%$).

Apresenta-se a seguir as tabelas com as médias e seus respectivos desvios padrões e os resultados das comparações múltiplas.

A Tabela 5 mostra que, ao nível de significância de 5%, os grupos CT e MW diferem estatisticamente entre si somente no período de 72 horas de armazenagem. Para os períodos de 48 horas e 30 dias os grupos não apresentaram diferenças entre si.

Tabela 5: Resultado das comparações múltiplas das médias dos grupos dentro de cada período.

Grupo	48 horas	72 horas	30 dias
	<i>Média±DP</i>	<i>Média±DP</i>	<i>Média±DP</i>
CT	16,70±0,089 a	17,88±0,073 a	17,06±0,174 a
MW	17,04±0,133 a	17,10±0,109 b	16,72±0,174 a

Médias com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ($p>0,05$); comparação vertical.

A Tabela 6 mostra que ao nível de 5% de significância, apenas para o período de 72 horas do grupo CT foi observado diferenças estatísticas significantes, quando comparado com os outros dois períodos. No grupo MW as médias em cada período não diferem entre si.

Tabela 6: Resultado das comparações múltiplas das médias entre os períodos, para cada grupo.

Período	CT	MW
	<i>Média±DP</i>	<i>Média±DP</i>
48 horas	16,70±0,089 a	17,04±0,133 a
72 horas	17,88±0,073 b	17,10±0,109 a
30 dias	17,06±0,174 a	16,72±0,174 a

Médias com letras iguais não diferem estatisticamente entre si ($P> 0,05$); comparação vertical.

Textura Superficial

As fotomicrografias revelaram graus variados de textura superficial da resina acrílica Lucitone 550 segundo os tratamentos utilizados.

Os espécimes que não receberam tratamento evidenciaram uma textura superficial irregular, com crateras, depressões e formações em couve-flor. Observou-se também a presença de sulcos provocados pelo lixamento da superfície, em que as partículas abrasivas "arranham" a mesma (Figura 15).

Os espécimes que foram imersos em monômero da Resina Acron MC durante 30 s. apresentaram uma superfície mais lisa se comparada com a descrita anteriormente,

lisura esta promovida pela dissolução do PMMA pelo MMA. A presença de microporos também foi observada, porém em número reduzido, restringindo-se apenas a algumas regiões da superfície do espécime (Figura 16).

Da mesma forma, a imersão em acetona propiciou alisamento da superfície da resina Lucitone 550, comparado à textura dos espécimes que não receberam tratamentos. Além desse fato, a presença de poros foi nitidamente maior nestes espécimes que naqueles imersos em monômero (Figura 17).

A associação de acetona e monômero também promoveu dissolução da superfície e conseqüente alisamento desta. Entretanto não foi observado a presença de poros (Figura 18).

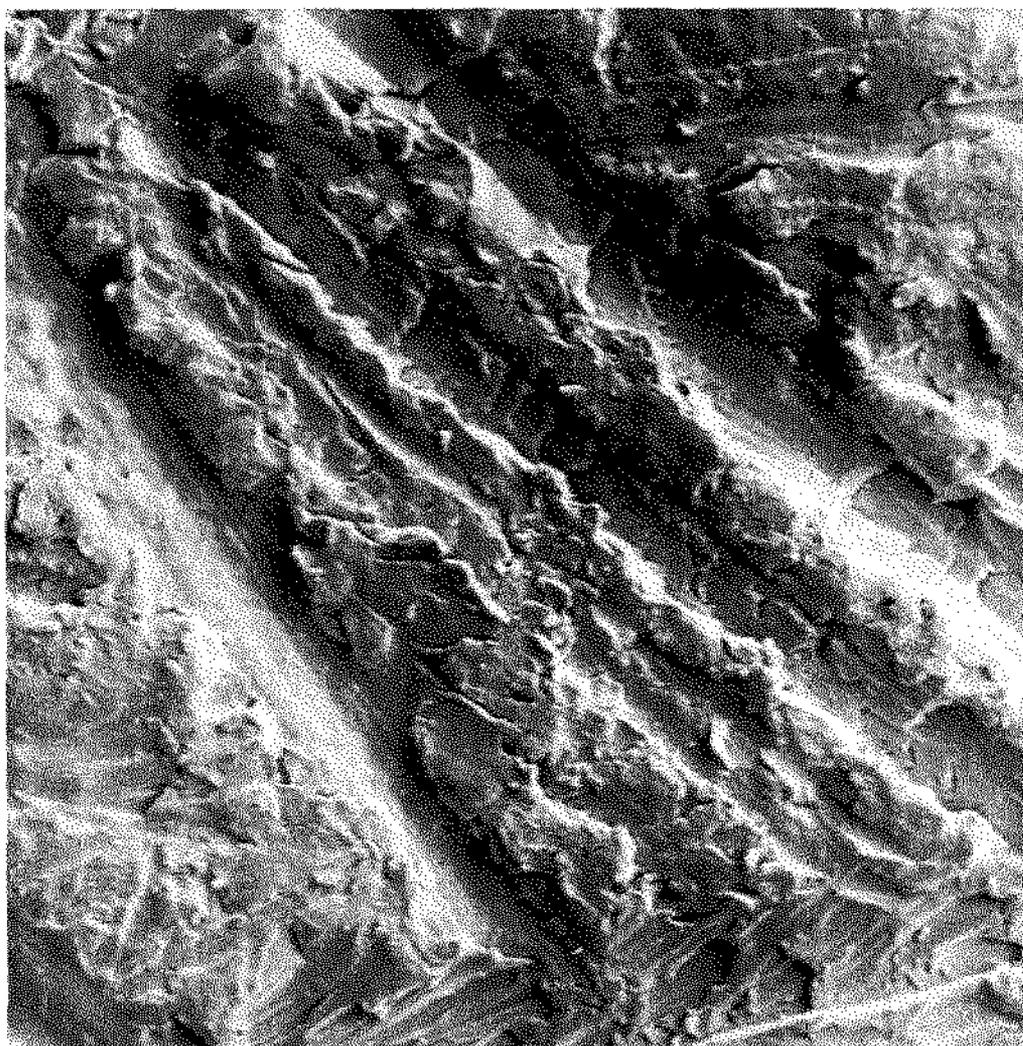


Figura 15: Resina Lucitone 550 após acabamento com lixa 600 (2000x).

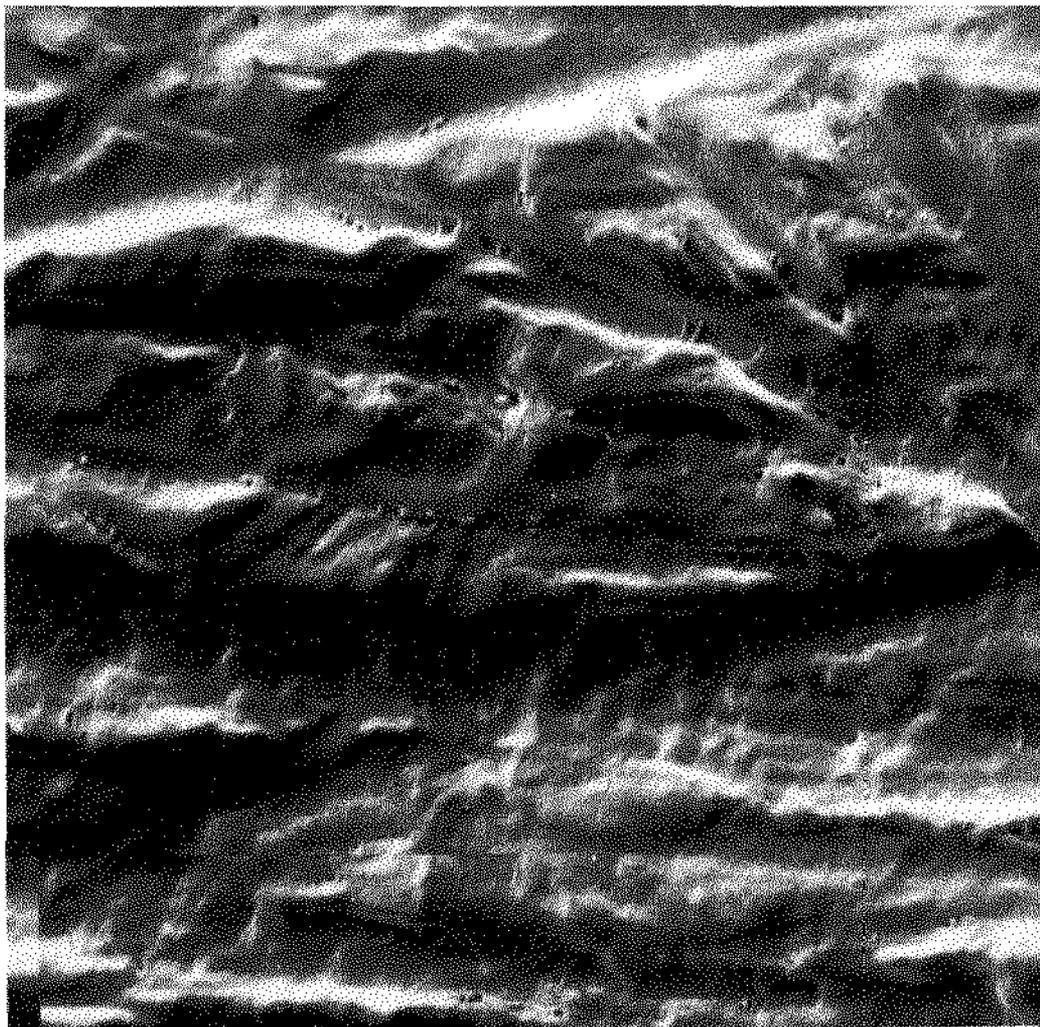


Figura 16: Resina Lucitone 550 após imersão em monômero da resina Acron MC por 30 s. (2000x).

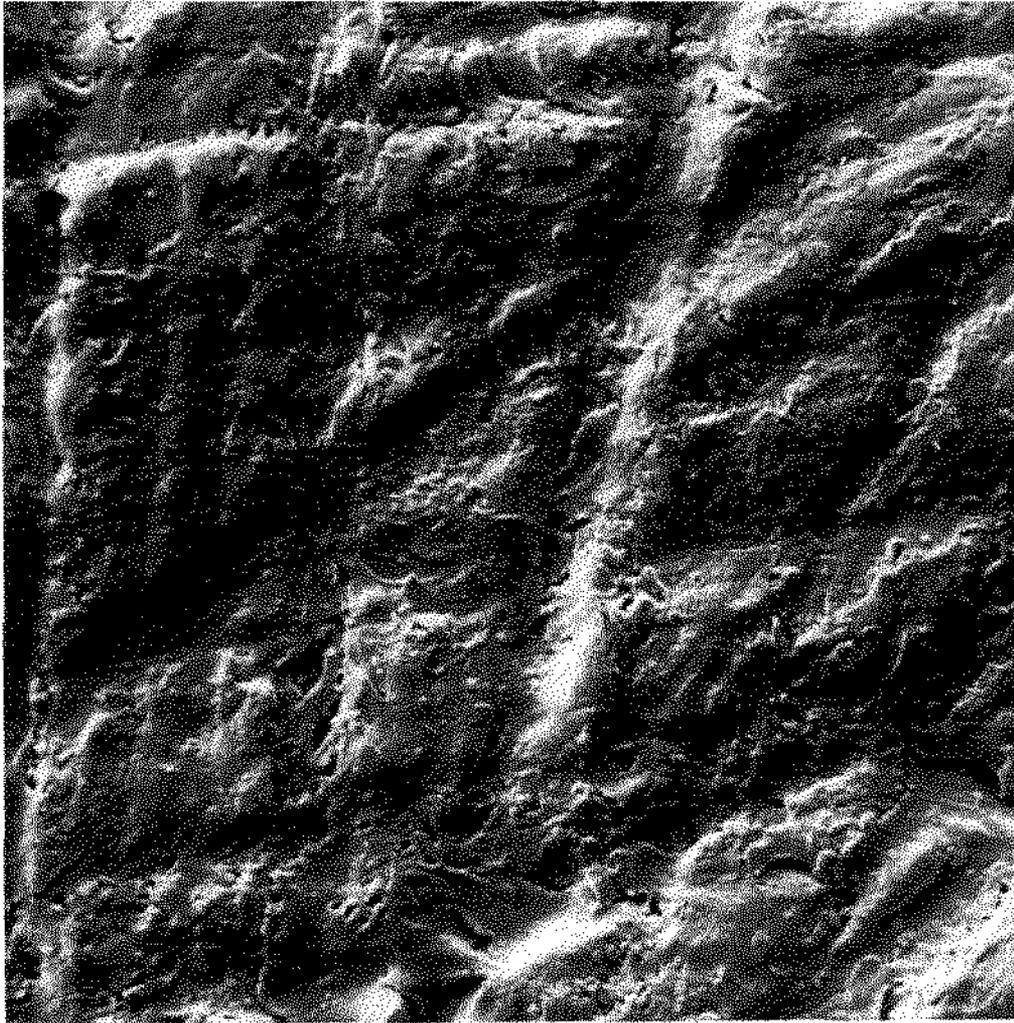


Figura 17: Resina Lucitone 550 após imersão em acetona por 30 s. (2000x).



Figura 18: Resina Lucitone 550 após imersão em monômero e acetona (2000x).

Discussão

Discussão

A polimerização do PMMA através da energia de microondas foi estudada inicialmente por NISHII (1968)³⁹, sendo novamente pesquisado na década de 80 por KIMURA *et al.*^{30,31,32}. Em um dos trabalhos³², os autores propõem técnicas e materiais a serem utilizados no método de polimerização com microondas, sugerindo a utilização de uma mufla de plástico reforçado (FRP) e um aparelho de microondas doméstico como fonte da energia.

Ao longo do uso, a resina acrílica das próteses removíveis pode fraturar^{50,54}. Nesses casos, o reparo da mesma torna-se necessário, e o material utilizado tem sido as resinas termopolimerizáveis, por apresentarem, principalmente, uma resistência satisfatória³⁴. Segundo CRAIG¹⁶, a escolha do material de reparo será determinada por três aspectos: o tempo necessário para se realizar o reparo, a resistência transversa obtida e a manutenção da estabilidade dimensional durante o reparo.

A resistência transversa de espécimes reparados está diretamente relacionada a fatores como: propriedades do material reparador, resistência de união entre material da base e material reparador, tipo de junção entre as partes a serem reparadas, método de obtenção dos espécimes e quantidade de material reparador inserido.

Quanto às qualidades do material de reparo, a literatura tem mostrado valores satisfatórios quanto às propriedades^{1,2,3,9,27,35,39,41,43,45,48} das resinas acrílicas polimerizadas por microondas, em especial com relação à resistência transversa^{3,26,27,35,39,41,48,51}, resistência ao impacto^{18,19}, dureza superficial^{3,27,35,41,48,51} e monômero residual^{12,18,19}. Os procedimentos de inclusão deste método são similares àqueles do método convencional, sendo o ciclo de polimerização consideravelmente mais rápido que os ciclos convencionais de banho em água⁵².

Segundo CRAIG¹⁶, a resistência transversa das resinas acrílicas polimerizadas por microondas é de 92 MPa.

Neste estudo, a resina Acron MC testada intacta apresentou uma média de resistência transversa superior (108,3 MPa) a este valor e a de outros autores^{3,48}.

A resina Lucitone 550 apresentou uma média de resistência transversa (92,31 MPa) inferior à da resina Acron MC e superior às médias de resistência encontradas por outros autores^{8,48,54} para as resinas Lucitone, Lucitone 199 e Characterized Lucitone.

Quanto à resistência de união obtida entre material reparador e material da base da prótese, as resinas quimicamente ativadas fornecem valores de resistência de reparo de 60%⁴⁹ a 65%³⁴ da resistência do espécime intacto, enquanto que as resinas termopolimerizáveis possibilitam uma resistência de reparo em torno de 75%³⁴ a 80%⁴⁹ da resistência do espécime original. Neste estudo, a resistência dos espécimes reparados nos grupos III, IV, V e VI foi de 100, 106, 94 e 93%, quando comparados com a resina Lucitone 550 testada intacta, e de 86, 90, 81 e 79%, quando comparados com a resina Acron MC também intacta. Em ambas as comparações, estas percentagens foram superiores àquelas encontradas por outros autores que estudaram o reparo com resinas para microondas^{40,47,59}.

Estudos com materiais reembasadores tem mostrado que a resistência de união entre estes materiais e a resina da base é um aspecto importante a ser considerado, uma vez que uma união insuficiente pode promover acúmulo de resíduos, proliferação bacteriana ou resultar na separação completa dos dois materiais⁷, fatos que podem ocorrer da mesma natureza nos procedimentos de reparo. Por esse motivo, vários estudos tem objetivado avaliar os efeitos do tratamento químico prévio das partes a serem reparadas ou reembasadas, seja com "primers" especiais^{7,36} ou o próprio monômero^{7,8,36} da resina reparadora ou reembasadora, na resistência de união entre esta última e a resina da base.

Os dados obtidos neste estudo mostram que o reparo dos espécimes de resina Lucitone 550 com a resina Acron MC utilizando-se o monômero desta resina ou acetona como solventes químicos durante 30 s. forneceu valores de resistência semelhantes àqueles da resina Lucitone 550 testada intacta, atingindo-se o principal objetivo de um procedimento de reparo, que seria a obtenção de uma resistência pós-reparo igual à resistência original da prótese. Apesar de alguns espécimes do grupo I (resina Lucitone 550 testada intacta) não terem fraturado, o quê poderia ter promovido uma redução na média final de resistência transversa deste grupo, esta média foi de 92,31 MPa, valor próximo à das resinas polimerizadas por microondas (92 MPa¹⁶), porém estatisticamente inferior à média de resistência da resina Acron MC (108,3 MPa) testada neste estudo. Segundo CAGLE¹⁵, o ato de tornar rugosas as superfícies que serão unidas é um método padrão para aumentar a adesão e aparentemente aumentar a área de superfície, o que promoveria um aumento nas forças de atração do tipo Van der Waals.

Entretanto, segundo SHEN⁴⁶, este aumento na área de superfície poderia criar microespaços e projeções os quais poderiam reduzir a resistência final do reparo. Esta textura da superfície poderia ser planificada dissolvendo-se o PMMA.

Tem-se observado que o monômero do MMA não é um solvente forte para o PMMA⁴⁶, seja quando aplicado com pincel ou por imersão, não removendo as irregularidades e projeções da superfície. Alguns autores^{55,23} têm relatado que, com relação aos procedimentos de reparo, o umedecimento das superfícies com líquido do monômero não promove aumentos significativos nos valores de resistência transversa de espécimes reparados devido à elevada volatilidade desta substância química, em que grande parte poderia se evaporar sem antes produzir um efeito de dissolução satisfatório da resina da base⁵⁵. Outros autores²³ relatam que a ocorrência de união química entre resina da base e resina reparadora, mesmo que ocorra, não seria suficiente para influenciar a resistência de espécimes reparados, uma vez que, devido ao grande comprimento das cadeias poliméricas, o número de grupos terminais com duplas ligações na resina termopolimerizada fraturada é muito pequeno, e o número de ligações que poderiam ser formadas com o monômero do líquido poderia ser insuficiente para resultar em uma resistência de união significativa. Neste mesmo estudo os autores observaram a aparência de uma microestrutura com formações bolhosas após vários tratamentos da superfície com monômero, o que, segundo eles, é indicativo de um fenômeno chamado "relaxamento" da resina acrílica. Este fenômeno seria a liberação de estresse das cadeias poliméricas ocorrida graças à redução da temperatura de transição vítrea do polímero, provocada pela aplicação do monômero na superfície do mesmo, fazendo com que as cadeias poliméricas se movimentassem e rearranjassem-se. Os espécimes reparados que mostravam essa situação após imersão em monômero apresentaram valores de resistência inferiores comparados com os espécimes que não mostravam essa característica. Neste estudo, os espécimes para análise em MEV que receberam tratamento umedecedor com o monômero da resina Acron MC não mostraram indícios microscópicos de "relaxamento" das cadeias poliméricas, mas sim uma superfície com presença de poucos poros e mais lisa que aquela observada no grupo sem tratamento químico. Os espécimes do grupo III, os quais receberam tratamento químico prévio com o monômero da resina Acron MC, apresentaram média final de resistência transversa numericamente superior porém estatisticamente igual àqueles apresentados pelos grupos

V (tratamento umedecedor com acetona e monômero) e VI (sem tratamento umedecedor).

O clorofórmio e a acetona são solventes orgânicos que atuam sobre o PMMA de forma eficiente, por este ser um polímero linear⁵. Assim como o diclorometano, a acetona está presente em alguns "primers" condicionadores de resinas reembasadoras imediatas⁸. Segundo ELLIS & FARAJ(1980)²¹, algumas resinas acrílicas para base de próteses apresentam ligações cruzadas nas cadeias poliméricas, como por exemplo a resina Lucitone 550 testada neste experimento, sendo eficazmente dissolvidas apenas por solventes como o clorofórmio e a acetona.

Neste estudo, a imersão da resina Lucitone 550 em acetona promoveu uma superfície porosa, a qual forneceu valores estatisticamente superiores de resistência transversa de reparo ($G_{IV}=97,62$ MPa) em relação à imersão em acetona e monômero, associados, e à não imersão em substâncias químicas. Provavelmente neste experimento os poros não reduziram a resistência transversa devido ao estágio fluido utilizado na prensagem da resina Acron MC, o qual pôde ter facilitado a penetração da resina nas microporosidades. BERGE¹¹ obteve valores superiores de resistência transversa de reparo quando da utilização do material reparador de baixa viscosidade, quando comparado com o material de alta viscosidade. Provavelmente o primeiro promoveria uma dissolução mais prolongada e forte das superfícies da resina acrílica termopolimerizável. Apesar do pouco tempo (03 minutos) de contato entre a resina reparadora e a resina da base, quando a primeira se encontra ainda em um estágio plástico, esta teoria possivelmente pode ser aplicada neste estudo, uma vez que os valores de resistência do grupo VI, cujos espécimes não receberam tratamento umedecedor prévio, foi de 94% da resistência original dos espécimes, porcentagem satisfatória se comparada àquela máxima de 80% quando do reparo com resina termopolimerizável convencional³⁴, e de 63%⁴⁷ ou 88%⁵⁹ quando do reparo utilizando-se o método de polimerização com energia de microondas.

A associação da acetona e do monômero da resina Acron MC no tratamento químico da resina Lucitone 550, bem como a não aplicação de nenhuma substância sobre a superfície desta resina, forneceu valores estatisticamente iguais ($p>0,05$) de resistência transversa comparado àquela obtida com o tratamento único com monômero (92,7 MPa) e com o teste da resina Lucitone 550 intacta (92,2 MPa). Porém, a resistência obtida com

o tratamento com acetona (97,7 MPa) se mostrou estatisticamente superior ($p < 0.05$) àquela obtida da associação acetona-mônômero, bem como à não utilização de substâncias químicas. ARIMA *et al.* (1995)⁸, estudando o efeito de diversos "primers" de resinas para reembasamento, sugeriram hipóteses sobre a ação destes "primers" sobre a resina acrílica. Os "primers" compostos basicamente por solventes promoveriam uma dissolução da resina da base, facilitando a penetração do material reembasador na mesma; dessa forma, uma camada intermediária de união se estabeleceria, composta pelas resinas da base e reembasadora. Os "primers" compostos por monômero teriam uma baixa capacidade de dissolução da superfície; no entanto, poderiam penetrar na resina da base e polimerizar-se a distância com a resina reembasadora. A associação da acetona com o monômero da resina Acron MC, seguindo esta linha de raciocínio, poderia, teoricamente, exercer estas ações quando aplicados sobre a resina Lucitone 550, promovendo uma adesão satisfatória. Entretanto os resultados deste estudo mostraram que, além de uma adesão inferior àquela promovida pelos demais tratamentos químicos, o grupo V foi o único a apresentar espécimes com falhas adesivas.

Com relação aos tipos de junção entre as partes a serem reparadas, a junção arredondada e biselada em 45° têm proporcionado valores superiores de resistência transversa de espécimes reparados^{25,54}, em comparação aos tipos de junção a topo e degrau. Neste estudo foi adotado um único tipo de junção (junção a topo), para se minimizar possíveis fatores que poderiam influenciar nos valores de resistência transversa finais. Apesar da junção a topo proporcionar valores insatisfatórios de resistência transversa de espécimes reparados^{25,54}, quando comparado com a junção em degrau ou arredondada, por apresentarem maior incidência de fratura (80%) ao longo da interface de união entre os materiais, este estudo mostrou que a incidência de fraturas coesivas, para os grupos III, IV, V e VI foi superior à incidência de falhas adesivas, estas ocorrendo apenas no grupo V. Este achado contesta o estudo de GRAJOWER²³, o qual diz que uma união química entre resina da base e resina reparadora, mesmo que ocorra, não é suficiente para influenciar a resistência dos espécimes reparados. POLYZOIS *et al.*⁴⁰ encontrou falhas do tipo adesiva em todos os grupos testados, seja utilizando-se resinas polimerizadas por microondas e em banho de água no reparo dos espécimes. SHLOSBERG *et al.*⁴⁷ encontraram apenas falhas do tipo adesiva no reparo de espécimes com a mesma resina original porém polimerizada com energia de microondas. SHEN⁴⁶

observou três tipos de fratura dos espécimes reparados: (1) fratura adesiva na interface do material reparador e da base, (2) fratura adesiva iniciada na interface e estendida para o material reparador ou para o material da base e (3) fratura coesiva no material da base ou no material reparador. Neste estudo, apenas o grupo V apresentou espécimes (02) com falha adesiva. Os grupos III, IV, V e VI apresentaram 07, 05, 04 e 10 espécimes com fratura coesiva no material Lucitone 550, respectivamente, e 07, 09, 08 e 04 espécimes com fratura coesiva no material Acron MC. Em 04 e 06 espécimes dos grupos III e IV, respectivamente, bem como para 03 espécimes dos grupos V e VI, individualmente, as fraturas iniciaram-se na interface de união entre as resinas Acron MC e Lucitone 550 e se estenderam para a resina Acron MC, sendo esta falha considerada do tipo coesiva. VALLITTU *et al.* (1994)⁵³ observaram que a duração do tratamento químico da resina Lucitone com o líquido de MMA de uma resina autopolimerizável, previamente ao reparo com esta resina, influenciou significativamente nos tipos de falhas observadas. As porcentagens de falha adesivas foram 100, 100, 75, 67 e 17% para os grupos sem umedecimento prévio, com umedecimento durante 5 s., 30, 60 e 180 s., respectivamente. WARD *et al.* (1992)⁵⁴ encontraram 100% de falhas adesivas reparando a resina Lucitone com uma resina autopolimerizável, aplicando-se pressão em mufla durante 10 minutos.

A técnica de obtenção dos espécimes, com a realização dos desgastes prévios ou não aos procedimentos de reparo de espécimes, bem como a quantidade e o modo como se aplica o material reparador influenciam na resistência final do reparo³⁴. Além disso, a presença de pressão durante o procedimento de reparo influencia positivamente nos valores de resistência, uma vez que a mesma auxilia o contato entre as duas resinas, principalmente quando a resina reparadora apresenta alta viscosidade²³.

Com relação ao efeito da energia de microondas sobre a dureza superficial da resina Lucitone 550, pôde-se observar que, comparando o grupo submetido à energia de microondas (MW) com o grupo controle (CT) nos três períodos de avaliação, houve diferença estatisticamente significativa entre os dois apenas após 72 horas de armazenagem em água. O significado desse achado pode ser melhor compreendido quando se compara as médias de cada grupo dentro dos períodos de armazenagem. Nesta comparação, observa-se que apenas o grupo controle apresentou alteração nos seus valores de dureza superficial durante o período de armazenagem, sendo esta alteração presente no período de 72 horas de análise, mesmo período onde se observou

a diferença entre este grupo e o grupo submetido à irradiação por energia de microondas.

O efeito real da energia de microondas sobre a dureza superficial da resina Lucitone 550 pode ter sido de ação química. Alguns autores^{6, 24} têm mostrado que níveis elevados de monômero residual são responsáveis por valores inferiores de dureza superficial das resinas acrílicas. No estudo de LAMB *et al.* (1983)³³, a velocidade de perda de monômero de amostras polimerizadas a 22°C foi significativamente maior que das amostras polimerizadas a 55°C, possivelmente devido às altas concentrações de radicais livres naquelas amostras, o que levou a uma inversão dos níveis de monômero em relação à primeira análise. Da mesma forma, se a queda nos níveis de monômero residual observadas após a polimerização da resina acrílica ocorre graças à polimerização adicional presenciada nos sítios de radicais ativos, então, armazenagem em temperaturas elevadas promoveria uma difusão mais rápida das moléculas de monômero em direção aos sítios ativos, e, conseqüentemente, a velocidade de queda nos níveis de monômero residual poderia aumentar, fato também comprovado por este estudo³³. Apesar de alguns autores terem afirmado que a energia de microondas não afeta moléculas de monômero já polimerizadas¹⁸, acreditamos que o calor gerado pelo gesso sob ação da energia de microondas, apesar dos espécimes terem sido isolados do mesmo com silicona, poderia ter desencadeado uma ativação dos radicais livres, promovendo uma reação química das moléculas de monômero livres às cadeias poliméricas ainda não finalizadas, impedindo uma polimerização adicional futura da resina Lucitone 550, sem promover, portanto, um aumento significativo da dureza superficial da resina acrílica. Desta forma, o aumento nos valores de dureza do grupo MW entre 48 horas (17,04) e 72 horas (17,10) não foi significativo, fato que não ocorreu com o grupo CT, com média de dureza Knoop de 16,70 após 48 horas, e 17,88 após 72 horas, valores estatisticamente diferentes entre si, mostrando que com os espécimes deste grupo ocorreu o fenômeno da polimerização adicional.

Segundo WOELFEL *et al.* (1960)⁵⁸, a água atua como um plastificante sobre as resinas acrílicas, reduzindo a dureza das mesmas. A redução nos valores de dureza do grupo controle após 30 dias de armazenagem poderia ser explicado pela absorção de água do material. Com relação ao grupo MW, a redução da dureza após este mesmo período de armazenagem não foi significativa, uma vez que a magnitude na redução de dureza dos espécimes deste grupo foi menor que dos espécimes do grupo CT. Isto levou

a valores estatisticamente iguais de dureza para o grupo MW, em todos os períodos de análise.

Podemos sugerir, então, que a energia de microondas possibilitou menor absorção de água pela resina Lucitone 550. Segundo alguns autores⁵, os agentes de ligação cruzada alteram a sorção de água das resinas acrílicas, por promoverem uma formação suficiente de pontes entre as macromoléculas lineares do PMMA, formando uma rede de cadeias tridimensionais. Provavelmente a energia de microondas possa ter atuado sobre as moléculas de etileno-glicol-dimetacrilato livres da resina Lucitone 550, interferindo, desta forma, no equilíbrio hídrico deste material, o qual apresentou magnitudes diferentes quando o mesmo foi submetido à ação das microondas.

Segundo JAGGER & HUGGETT (1975)²⁹, as cadeias poliméricas interferem na reação do grupo livre vinil dos agentes de ligação à base de glicol, agentes como o presente na resina Lucitone 550, impedindo o término completo da reação química do agente. Provavelmente a energia de microondas atuou sobre as moléculas livres do etileno-glicol-dimetacrilato, ativando a ligação química das mesmas às cadeias poliméricas ainda abertas, estabilizando assim os valores de dureza do grupo MW de 48 horas para 72 horas e trinta dias, o mesmo não acontecendo com o grupo CT, apresentando aumento nos valores de dureza entre os períodos de 48 e 72 horas.

Segundo estes mesmos autores, qualquer aumento na dureza superficial da resina acrílica devido ao aumento das ligações intermoleculares promovido pelo agente poderia ser neutralizado pelo efeito plastificante do mesmo não-reagido no interior da massa polimérica. Este fato pode ser observado no grupo CT, cujos valores de dureza, inicialmente aumentados no período de 72 horas, reduziram a valores estatisticamente iguais aos encontrados no período inicial de 24 horas.

Podemos concluir então que a energia de microondas poderia ter elevado a reatividade entre o agente de ligação cruzada, etileno glicol dimetacrilato, e as cadeias poliméricas lineares de PMMA previamente formadas, as quais, após serem possivelmente "reabertas", foram ligadas umas às outras por intermédio do agente. Este fato teria levado à formação de uma estrutura polimérica mais complexa, com número proporcionalmente maior de cadeias tridimensionais, o que estabilizaria a polimerização adicional da resina acrílica e reduziria a absorção de água da massa polimérica, conduzindo a valores estáveis tanto após períodos curtos de armazenagem como longos.

Conclusão

Conclusão

Dentro da metodologia aplicada neste estudo, podemos concluir que:

- O tratamento umedecedor com acetona ou monômero forneceu os maiores valores de resistência de união dos espécimes reparados;
- De uma forma geral, as superfícies que apresentaram maior número de poros apresentaram maiores valores de resistência de união;
- A resina Lucitone 550, nos períodos iniciais que sucederam a sua polimerização, sofreu influência da radiação de microondas com relação à propriedade dureza superficial.
- O reparo da resina Lucitone 550 com a resina Acron MC se mostrou eficiente, alcançando em alguns grupos uma resistência superior àquela obtida com a resina Lucitone 55 intacta.

Abstract

Abstract

There are few studies in the literature about repair with microwave-cured acrylic resins, and no data about surface wetting treatment involving this technique. The aim of this study was to evaluate the influence of different wetting surface treatments in the flexural strength of a heat-cured acrylic resin (Lucitone 550-"Lu") repaired with a microwave-cured one (Acron M.C.-"Ac"), after storage at 37°C in water for 50 h. The effect of the microwave polymerization cycle, used to repair the specimens, on the surface hardness of Lu was also evaluated. For flexural tests, seventy specimens were made (A.D.A spec. nº 12) with Lu. Fourteen remained intact and were used as one of the control groups (GI); fifty six were selected randomly, which were cut in the middle (10 mm) and repaired with Ac, processed in a microwave oven during 03 minutes at 540 W. Before the repair procedure, the cut end surfaces received different surface treatments (GIII=Ac monomer dipping/30s; GIV=acetone dipping/30s; GV=acetone dipping/15s-blast of air-Ac monomer dipping/15s, in this order; GVI=no wetting treatment). Fourteen intact specimens made with Ac formed the other control group (GII). For the surface microhardness test, twelve discs (h=4.0 and Ø=30.0mm) were made with Lu using a conventional metal flask technique. These specimens were sequentially polished with silicone carbide papers and stored at 37°C in water for 50h. Then, five discs were submitted to a second cycle of polymerization in a microwave oven (540 W during 03 minutes), forming the MW group; the other specimens formed the control group (CT). Knoop hardness measurements of MW and CT specimens were made using a Shimadzu Microhardness Tester under a 25-g load and 05-second dwell time. Twenty measurements were made in the surface of the specimens, after 48 hours, 72 hours and 30 days of storage in water at 37°C. The effect of the chemical treatments on the surface texture of Lu was observed under a SEM. Flexural strength means (MPa) and standard deviations of the groups were: GI=92.3±3.08/GII=108.2±2.72 / GIII=92.2±3.5 / GIV=97.6±4.61 / GV=87.2±4.61 / GVI=85.8±3.62. Flexural test results were submitted to paired *t* test and showed statistical differences ($p < 0.05$) only between the pairs GIV-GV and GIV-GVI. The strength means of the repaired specimens were statistically lower (79-90%) than means observed in GII; strength means of GI were not statistically different than means observed in repaired specimens, which strength means varied from 93% (GVI) to 106%(GIV) of the means showed by GI. Microhardness

surface results were: 48 h) CT=16.70±0.089a; MW=17.04±0.133a // 72 h) CT=17.88±0.073b; MW=17.10±0.109a // 30 days) CT=17.06±0.174a; MW=16.72±0.174a. Means with different labels are statistically different ($p < 0.05$), either for comparisons made into groups (MW and CT) or periods (24 h, 48 h, 30 days). SEM observations revealed a surface with various pits for acetone dipping, regular smooth and few pits for Ac monomer dipping and a smoother and cleaner surface for acetone+AC monomer dipping. It can be concluded that the wetting surface treatments affected the bond strength between the two acrylic resins, and developed different effects on the surface of Lu. Repaired specimens showed a lower flexural strength than Ac intact specimens and the same of Lu intact ones. The effect of microwave energy on the surface microhardness of Lu was not so intensive.

Keywords: Acrylic resins; Microwave energy; Prosthodontic; Repair

Referências Bibliográficas

Referências Bibliográficas*

- 1 AL-DOORI, D. *et al.* A comparison of denture base acrylic resins polymerized by microwave irradiation and by conventional water bath curing systems. Dent. Mater., Washington, v. 4, n. 01, p.25, Feb. 1988.
- 2 AL-HANBALI, E., KELLEWAY, J.P., HOWLETT, J.A. Acrylic denture distortion following double processing with microwaves or heat. J. Dent., Oxford, v. 19, n. 03, p. 176-180, Jun.1991.
- 3 ALKHATIB, M.B. *et al.* Comparison of microwave-polymerized denture base resins. . Int. J. Prosth., Lombard, v.3, n.3, p. 249-255, May-jun.1990.
- 4 AMERICAN DENTAL ASSOCIATION. Guide to dental materials and devices. 6. ed. Chicago, 1972/1973. p. 201-6, 215-7.
- 5 ANUSAVICE, J.K. Philips' Science of Dental Materials, 10 th. Ed., W.B. Saunders Company, 1996, p. 211-71.
- 6 ARAB, J., NEWTON, J.P., LLOYD, C.H. The effect of an elevated level of residual monomer on the whitening of a denture base and its physical properties. J. Dent., Oxford, v. 17, n. 04, p. 189-94, Aug.1989.
- 7 ARENA, C.A., EVANS, D.B., HILTON, T.J. A comparison of bond strengths among chairside hard reline materials. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.70, n. 02, p. 126-31, Aug. 1993.

* De acordo com a NBR 6023, de 1989, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Abreviaturas dos periódicos em conformidade com o "World List of Scientific Periodicals"

- 8 ARIMA, T. *et al.* Composition and effect of denture base resin surface primers for relined acrylic resins. J. prosth. Dent., Saint Louis, v. 75, n.4, p. 55-9, Apr. 1995.
- 9 BAFILE, M. *et al.* Porosity of denture resins cured by microwave energy. J. prosth. Dent., Saint Louis, v. 66, n.2, p. 269-274, Aug. 1991.
- 10 BEECH, D.R. Molecular weight distribution of denture base acrylic. J. Dent., Oxford, v.3, n. 01, p.19-24, Jan. 1975.
- 11 BERGE, M. Bending strength of intact and repaired denture base resins. Acta odontol. Scand., Oslo, v. 41, n.3, p.187-191, Jun. 1983.
- 12 BRAUN, K.O., DEL-BEL CURY, A.A. Avaliação in vitro da efetividade de polimerização da resina acrílica dental polimerizada através de energia de microondas, quando em contato com metal. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, 1997.
- 13 BRITISH STANDARDS INSTITUTION. British Standards Specification (BS 2487: 1989) for denture base polymers. London, 1989.
- 14 BURNS, D.R. *et al.* Dimensional stability of acrylic resin materials after microwave sterilization. Int. J. Prosth., Lombard, v.3, n.5, p. 489-93, 1990.
- 15 CAGLE, C.V., editor: Handbook of Adhesive Bonding, ed.1. New York, 1973, McGraw-Hill Book Co., caps. 2 e 19, IN SHEN, C., COLAIZZI, F.A., BIRNS, B. Strength of denture repair as influenced by surface treatment. J. prosth. Dent., Saint Louis, v. 52, n.6, p.844-848, Dec. 1984.
- 16 CRAIG, R.G. *et al.* Restorative Dental Materials. 10. ed. Missouri: C.V. Mosby, 1996.

- 17 CUCCI, A.L.M., VERGANI, C.E., GIAMPAOLO, E.T., RACHED, R.N. Tensile bond strength of hard chairside relines resins as influenced by water storage. J. oral Rehabil. [no prelo].
- 18 DE CLERCK, J.P. Microwave polymerization of acrylic resins used in dental prostheses. J. prosth. Dent., Saint Louis, v. 57, n. 05, p. 650-9, May 1987.
- 19 DEL BEL CURY, A.A., PANZERI, H. Estudo in vitro das propriedades físico-químicas de resinas acrílicas dentais termopolimerizáveis, quimicamente ativada e curada por microondas. Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia de Riberião Preto, Universidade de São Paulo, 1992.
- 20 DYER, R.A., HOWLETT, J.A. Dimensional stability of denture bases following repair with microwave resin. J. Dent., Oxford, v. 22, n. 04, p. 236-241, 1994.
- 21 ELLIS, B. & FARAJ, S.A.A. The structure and surface topography of acrylic denture base materials. J. Dent., Oxford, v. 8, n. 2, p. 102-08, June 1980.
- 22 FARAJ, S.A.A, ELLIS, B. The effect of processing temperatures on the exotherm, porosity and properties of acrylic denture base. Brit. dent. J., London, v.147, n. 08, p. 209-12, Oct. 16, 1979.
- 23 GRAJOWER, R., GOULTSCHIN, J. The transverse strength of acrylic resin strips and of repaired acrylic samples. J. oral Rehabil., Oxford, v. 11, n. 03, p. 237-247, May 1984.
- 24 HARRISON, A., HUGGET, R. Effect of the curing cycle on residual monomer levels of acrylic resin denture base polymers. J. Dent., Oxford, v. 20, n. 06, p. 370-74, Dec. 1992.

- 25 HARRISON, W.M., STANSBURY, B.E. The effect of joint surface contours on the transverse strength of repaired acrylic resin. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.23, n. 04, p.464-74, Apr.. 1970.
- 26 HAYDEN, W.J.. Flexural strength of microwave-cured denture baseplates. Gen. Dent., Chicago, v. 34, n. 05, p.367-71, Sep-Oct. 1986.
- 27 ILBAY, S.G., GÜVENER, S., ALKUMRU, H.N. Processing dentures using a microwave technique. J. oral Rehabil., Oxford, v. 21, n. 01, p. 103-109, Jan. 1994.
- 28 JAGGER, R.G. Effect of curing cycle on some properties of polymethylmethacrylate denture base material. J. oral Rehabil., Oxford, n.5, p. 151-7, 1978.
- 29 JAGGER, T.H., 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. 01, p.15-18, 1975.
- 30 KIMURA, H., TERAOKA, F., SAITO, T. Application of microwave for dental technique(Part II): adaptability of cured acrylic resins. J. Osaka Univ. Dent. Sch., Suita,, v.24, p.21-29, Dec. 1984.
- 31 _____ . *et al.* Application of microwave for dental technique(Part III): development of model materials for microwave polymerization. J. Osaka Univ. Dent. Sch., Suita, v.27, p. 41-50, Dec. 1987.
- 32 _____ . *et al.* Applications of microwave for dental technique (Part I): Dough forming and curing of acrylic resins. J.Osaka Univ. Dent. Sch., Suita, v. 23, p. 43-49, Dec. 1983.

- 33 LAMB, D.J., ELLIES, B., PRIESTLEY, D. The effects of process variables on levels of residual monomer in autopolymerizing dental acrylic resin. J. Dent., Oxford, v.11, n.1, p. 80-88, Mar. 1983.
- 34 LEONG, A., GRANT, A.A. The transverse strength of repairs in polymethylmetacrylate. Aust. dent. J., Saint Louis, v. 16, n. 04, p. 232-4, Aug. 1971.
- 35 LEVIN, B., SANDERS, L.J., REITZ, P.V. The use of microwave energy for processing acrylic resins. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.61, n.3, p.381-383, Mar. 1989.
- 36 LEWINSTEIN, I. *et al.* Transverse bond strength of repaired acrylic resin strips and temperatures rise of dentures relined with VLC reline resin. J. prosth. Dent., Saint Louis, v. 74, n.2, p.392-399, Oct. 1995.
- 37 MIJOVIC, J.S. & KOUTSBY, J.A.: Etching of polymeric surfaces. *Polymer-Plastic Technology* 9: 139, 1977 *IN* SHEN, C., COLAIZZI, F.A., BIRNS, B. Strength of denture repair as influenced by surface treatment. J. prosth. Dent., Saint Louis, v. 52, n.6, p.844-848, Dec. 1984.
- 38 MORADIANS, S. *et al.* Some mechanical properties including the repair strength of two self-curing acrylic resins. J. Dent., Oxford, v. 10, n.4, p. 271-280, Dec. 1982.
- 39 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. 01, p.23-40, 1968.
- 40 POLYZOIS, G.L., HANDLEY, R.W., STAFFORD, G.D. Repair strength of denture base resins using various methods. Eur. J. Prosthodont. Restor. Dent., Ramford, v.3, n.4, p. 183-6, Jun.1995.

- 41 REITZ, P.V., SANDERS, J.L., LEVIN, B. The curing of denture acrylic by microwave energy. Physical properties. Quintessence int., Berlin, v. 16, n. 08, p. 547-551, Aug. 1995.
- 42 RODRIGUES-GARCIA, R.C.M. & DEL-BEL CURY, A.A. Reembasamento de bases de prótese: métodos convencional e por microondas. Revta. Odont. Univ. S. Paulo, São Paulo, v.10, n. 4, p. 295-302, 1996.
- 43 SADAMORI, S. *et al.* Influence of thickness and location on the residual monomer content of denture base cured by three processing methods. J. prosth. Dent., Saint Louis, v. 72, n.1, p.19-22, Jul. 1994.
- 44 _____ *et al.* Dimensional changes of relined denture bases with heat-cured, microwave-activated, autopolimerizing, and visible light-cured resins. A laboratory study. Aust. dental J., Saint Leonards, v. 40, n.5, p. 322-326, Oct. 1995.
- 45 SANDERS, L.J., LEVIN, B., REITZ, P.V. Porosity in denture acrylic resins cured by microwave energy. Quintessence int., Berlin, v.18, n.7, p.453-456, July 1987.
- 46 SHEN, C., COLAIZZI, F.A., BIRNS, B. Strength of denture repair as influenced by surface treatment. J. prosth. Dent., Saint Louis, v. 52, n.6, p.844-848, Dec. 1984.
- 47 SHLOSBERG, S.R. *et al.* Microwave energy polymerization of Poly(Methyl Methacrylate) Denture Base Resin. Int. J. Prosth., Lombard, v. 2, n.5, p.453-458, Sept. 1989.
- 48 SMITH, L.T., POWERS, J.M., LADD, D. Mechanical properties of new denture resins polymerized by visible light, heat, and microwave energy. Int. J. Prosth., Lombard, v. 5, n.4, p.315-20, July-Aug. 1992.

- 49 STANFORD, J.W., BURNS, C.L., PAFFENBARGER, G.C. Self-curing resins for repairing dentures: some physical properties. J. Am. dent. Ass., Chicago, v.51, p. 307-15, 1955.
- 50 THOMAZ, C.J., WEBB, B.C. Microwaving of acrylic resin dentures. Eur. J. Prosthodont. Restor. Dent, Ramford, v. 3, n.4, p.179-82, 1995.
- 51 TRUONG, V.T., THOMAZ, F.G. Comparison of denture acrylic resins cured by boiling water and microwave energy. Austr. dent. J., Saint Leonards, v.33, n.3, p.201-204, 1988.
- 52 TURCK, M.D., RICHARDS, M.W. Microwave processing for denture relines, repairs and rebases. J. prosth. Dent., Saint Louis, v.69, n. 03, p.340-3, Mar. 1993.
- 53 VALLITTU, P.K., LASSILA, V.P., LAPPALAINEN, R. Wetting the repair surface with methylmethacrylate affects the transverse strength of repaired heat-polymerized resin. J. prosth. Dent., Saint Louis, v. 72, n. 06, p. 639-43, Dec. 1994.
- 54 WARD, E.J. *et al.* Effect of repair surface design, repair material and processing method on the transverse strength of repaired acrylic denture resin. J. prosth. Dent., Saint Louis, v. 67, n. 06, p. 815-20, June 1992.
- 55 WARE, A.L. & DOCKING, A.R. The strength of acrylic repairs. Austr. J. Dent., v.54, p.27-32, 1950 IN BERGE, M. Bending strength of intact and repaired denture base resins. Acta odontol. Scand., Oslo, v. 41, n.3, p.187-191, Jun. 1983.
- 56 WILLIANSOON, D.L. *et al.* Effect of polyethylene fiber reinforcement on the strength of denture base resins polymerized by microwave energy. J. prosth. Dent., Saint Louis, v. 72, n.6, p. 635-38, Dec. 1994.

- 57 WINDHOLZ, M., editor: The Merck Index, ed.9. Rahway, N.J., 1976, The Merck Chemical Co. p. 272.
- 58 WOELFEL, J.B., PAFFENBARGER, G.C., SWEENEY, W.T. Some physical properties of organic denture base materials. J. Am. dent. Ass., Chicago, v.67, p.489-504, 1963.
- 59 YUNUS , N., A. HARRISON, A., HUGGETT, R. Effect of microwave on the flexural strength and residual monomer levels of an acrylic resin repair material. J. oral Rehabil., Oxford., v. 21, n. 06, p. 641-648, Nov. 1994.

***"A ciência não explicou nada. Quanto mais
bemos, mais fantástico se torna o mundo e mais
profunda fica a escuridão ao seu redor."***

Aldous Huxley 1894-1963