



Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
Faculdade de Odontologia de Araraquara

Luciano Elias da Cruz Perez

**Efeito de tratamentos da
superfície de união e materiais
reembasadores na resistência ao
impacto de resina para base de
prótese**

Araraquara
2005



Luciano Elias da Cruz Perez

**Efeito de tratamentos da superfície de
união e materiais reembasadores na
resistência ao impacto de resina para base
de prótese**

Dissertação apresentada à Faculdade
de Odontologia de Araraquara,
Universidade Estadual Paulista “Júlio
de Mesquita Filho”, para a obtenção do
título de Mestre em Reabilitação Oral
(Área de concentração: Prótese).

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Lucia Machado - UNESP

Co-Orientador: Prof. Dr. Sebastião V. Canevarolo Júnior - UFSCar

Araraquara

2005

Perez, Luciano Elias da Cruz

Efeito de tratamentos de superfície de união e materiais reembasadores da resistência ao impacto de resina para base de prótese / Luciano Elias da Cruz Perez. — Araraquara : [s.n.], 2005.

113 f. ; 30 cm.

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

Orientadora : Profa. Dra. Ana Lúcia Machado.

1. Resinas acrílicas 2. Reembasadores de dentadura
3. Prótese dentária. I. Título.

Data da defesa: 04/03/2005

Banca Examinadora

Profa. Dra. Ana Lucia Machado - Orientadora, Professor Adjunto do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP.

Profa. Dra. Ana Cláudia Pavarina - Professor Assistente Doutor do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP.

Prof. Dr. Luiz Antonio Pessan - Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Materiais do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar.

DADOS CURRICULARES

Luciano Elias Cruz Perez

Nascimento: 18/09/1979 – Santa Helena de Goiás – GO

Filiação: Wilson Elias Perez

Maria Irismar da Cruz Perez

1999 - 2002: Curso de Graduação - Faculdade de Odontologia
de Araraquara - UNESP

2003 - 2005: Curso de Pós-Graduação em Odontologia, nível
Mestrado - Reabilitação Oral (Área de Prótese),
na Faculdade de Odontologia de Araraquara –
UNESP.

Dedicatória

A Deus,

Por ter sido meu alicerce

em todas as fases da minha vida

Dedicatória

Aos meus pais Wilson Elias Perez e

Maria Irismar da Cruz Perez, e aos

meus irmãos Danyel Elias da Cruz

Perez, Natalia da Cruz Perez e

Cecília da Cruz Perez,

Dedico este trabalho

*Agradeço a toda minha família pelo apoio incondicional
em todos os momentos de minha vida, por minha
formação moral e amizade.*

Amo vocês.

Agradecimento Especial

À Profª Drª Ana Lucia Machado

*por todos os ensinamentos, pela amizade,
pela oportunidade concedida e pelo exemplo de
profissionalismo e competência.*

Muito Obrigado!

Agradecimento Especial

Ao Prof. Dr. Sebastião Vicente Canevarolo Junior,

por toda assistência, atenção, paciência,

compreensão e amizade.

Meus sinceros agradecimentos!

Agradecimentos Especiais

*Ao Prof. Carlos Eduardo Vergani,
pela amizade e contribuição na elaboração deste trabalho.*

Muito Obrigado!

*Às Profas. Dras. Eunice Teresinha Giampaolo e
Ana Cláudia Pavarina, pelos ensinamentos e amizade.*

Muito Obrigado!

Agradecimentos

Aos Professores do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, pela minha formação acadêmica e amizade

Aos meus colegas de Pós-Graduação José Maurício, João Gustavo, Matheus, Mariana, Juliana, Marcelo, Alessandro, Andréia, Anelise, Roberta, Ewerton, Daniela, Michael, Karina, Ana Carolina, Ana Paula, Sicknan, Nara, Vanessa, Karin, Poliana, Janaína, Eduardo, André, Túlio, Fabiana, Sabrina, Raphael, Weber, Max e Fabiano. Agradeço por toda ajuda e amizade. Obrigado pelos momentos inesquecíveis!

Aos alunos de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos, em especial a Nelson M. Larocca, pela atenção, paciência e amizade.

Agradecimentos

Aos meus grandes amigos Murilo, Hugo, Érica, Pedro, Luís Gustavo e Rodrigo, Érika, Plínio e Igor. Obrigado por toda amizade e atenção.

Aos demais amigos da Faculdade de Odontologia de Araraquara.

Às funcionárias da seção de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Araraquara, muito abrigado pela atenção e disponibilidade.

Aos funcionários da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Araraquara, pela amizade e atenção. Muito Obrigado!

Aos funcionários do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, pela amizade e convivência.

Agradecimentos

*À Fundação para o Desenvolvimento da UNESP
(FUNDUNESP) pelo auxílio financeiro concedido a este
trabalho*

*À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São
Paulo (FAPESP) pelo auxílio financeiro concedido para a
realização deste trabalho.*

*Ao Prof. Romeu Magnani, pela contribuição na realização da
análise estatística deste trabalho*

*À Faculdade de Odontologia de Araraquara da Universidade
Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, por minha formação
profissional e por todas oportunidades concedidas por esta
magnífica casa de ensino.*

*E a todos aqueles que de alguma forma colaboraram para a
realização deste trabalho.*

Sumário

1 .	Introdução	13
2 .	Revisão da Literatura	18
3 .	Proposição	55
4 .	Material e Método	57
5 .	Resultado	76
6 .	Discussão	84
7 .	Conclusão	94
8 .	Referências	96
9 .	Apêndice	105
	Resumo	108
	Abstract	111

Introdução

1. Introdução

Algumas resinas acrílicas autopolimerizáveis têm sido desenvolvidas para corrigir, diretamente na cavidade bucal, o desajuste existente entre parte interna das bases das próteses e os tecidos subjacentes, restabelecendo, dessa forma, a retenção, o suporte e a estabilidade das próteses removíveis, alterados em função do processo contínuo de reabsorção do rebordo residual^{18,31}. Esse método, denominado reembasamento imediato, elimina as fases laboratoriais de inclusão e prensagem necessárias para a realização do reembasamento mediato, sendo, portanto, mais rápido e de fácil execução. Em função desses aspectos, esse procedimento tem sido freqüentemente utilizado para a readaptação das bases das próteses, sobretudo nos tratamentos de pacientes idosos, cujo número tem aumentado significativamente.

Um aspecto importante a ser considerado é a remoção, para a realização do reembasamento, de parte da base da prótese por meio de desgaste, com os objetivos de eliminar a camada superficial que manteve contato com os fluidos bucais e microrganismos⁴ e, ainda, expor uma superfície mais reativa da resina de base². Esse procedimento, no entanto, pode diminuir a resistência da base da prótese. Além disso, após o reembasamento, os materiais utilizados nesse procedimento irão constituir parte integrante da base e, dessa forma, suas propriedades podem influir na resistência final obtida. Idealmente, as bases das próteses, após o reembasamento, deveriam apresentar resistência similar às das resinas utilizadas para sua confecção. Os materiais para reembasamento imediato, apesar de serem autopolimerizáveis, apresentam constituição diferente da das resinas quimicamente ativadas convencionais, usualmente à base de polimetilmetacrilato (pó) e metilmetacrilato (líquido), sobretudo com relação à composição do líquido^{3,5}. Tem sido observado que essas diferenças na composição podem influir diretamente nas propriedades dos materiais reembasadores⁵ e, conseqüentemente, no sucesso do tratamento a longo prazo. Estudos têm demonstrado, ainda, que os tipos de resina de base e de material

Introdução

reembasador utilizados influenciam diretamente na resistência à flexão obtida após o reembasamento^{10,46,47}.

Além da resistência à flexão, uma outra propriedade importante a ser considerada é a resistência ao impacto das bases reembasadas. Tem sido observado que as resinas acrílicas termopolimerizáveis convencionais utilizadas na confecção das bases das próteses, na temperatura fisiológica bucal, que é inferior à sua temperatura de transição vítrea, são materiais duros e friáveis e que apresentam, portanto, baixa resistência ao impacto^{23,53}, o que resulta em fratura típica frágil, caracterizada pela falta de deformação das partes fraturadas^{8,16,17,21,23}. Essa natureza frágil das resinas acrílicas ocasiona, freqüentemente, fratura das bases, em consequência de queda acidental da prótese e impacto sobre uma superfície dura^{17,23} ou durante a mastigação^{43,53,54}. As fraturas das bases das próteses revertem em custos adicionais, assim como em desconforto para os pacientes^{17,54}, pela necessidade de permanecerem sem as próteses durante as fases necessárias para a realização dos reparos ou a confecção de novas próteses.

A consulta à literatura revela que os estudos têm sido dirigidos para a avaliação de diferentes métodos, propostos para aumentar a resistência ao impacto das resinas acrílicas para base de próteses, entre os quais o desenvolvimento de resinas designadas de “alto impacto”^{41,42}, as quais apresentam em sua composição o butadieno estireno e a adição de diversos tipos de fibras à matriz polimérica, como vidro^{25,50,53,54}, carbono^{7,50}, Kevlar⁵⁰, polietileno^{7,8,14,15,16,26,27,28,29,48,50} e o próprio polimetil metacrilato^{20,22,23,24}. Entretanto, até o momento, nenhum estudo relativo à resistência ao impacto de bases reembasadas foi realizado, indicando a necessidade de outras pesquisas, sobretudo considerando-se o contínuo desenvolvimento de novos materiais reembasadores que ainda estão sendo avaliados.

Um outro aspecto importante a ser considerado é a influência da interface entre a resina de base e o material reembasador. Uma união efetiva entre os materiais utilizados é importante para prevenir a infiltração nessa interface, que pode resultar em manchamento e proliferação de microorganismos², assim como na ocorrência de falhas adesivas sob tensões relativamente baixas¹⁰. As pesquisas

Introdução

que têm avaliado a união entre as resinas para reembasamento e para base de prótese revelam que a resistência de união e, conseqüentemente, da base reembasada, é determinada pela interface entre os materiais^{2,4,47} e depende da efetividade da penetração do monômero de um dos materiais para a estrutura interna do outro⁴⁵. A utilização de agentes adesivos^{2,4,11,12,47} e de outros tratamentos superficiais^{30,33,44} tem sido proposta para aumentar a efetividade da união entre esses materiais. Por outro lado, uma união excessiva entre a resina de base e o material reembasador pode não ser totalmente favorável para a propriedade de resistência ao impacto, tomando-se como base os mecanismos de formação e de propagação de trincas ressaltados nos estudos que têm avaliado o efeito da adição de fibras de reforço à matriz polimérica²³. Os resultados obtidos com o auto-reforço realizado com fibras de polimetil metacrilato sugerem que provavelmente, em função da similaridade química entre a matriz e as fibras, a união entre essas partes seja excessiva e, dessa forma, essas fibras não oferecem nenhuma resistência à propagação da trinca e, conseqüentemente, nenhuma melhoria na resistência ao impacto é obtida^{22,23}.

Especificamente com relação à interface de união entre as resinas de base e os materiais reembasadores, o comportamento, provavelmente, deve ser semelhante. Uma união efetiva entre essas partes proporcionará condições para que as trincas iniciadas no material reembasador se propaguem através da interface atingindo a resina de base, podendo resultar na sua fratura. Por outro lado, se a união apresentar-se menos efetiva, a trinca poderá ser defletida ao longo da interface entre os dois materiais, aumentando a resistência final do conjunto resina de base/material reembasador ao impacto. Assim, a união obtida na interface entre a resina de base e os materiais reembasadores é um fator importante a ser considerado, em razão da sua possível influência nos resultados obtidos.

Com base nessas considerações, julgou-se oportuno realizar um estudo com o objetivo de avaliar, comparativamente, a resistência ao impacto de uma resina para base de prótese, antes e após seu reembasamento com diferentes

Introdução

materiais. Além disso, o efeito de diferentes tratamentos da superfície da resina de base, previamente ao reembasamento, sobre essa propriedade será analisado.

Revisão da Literatura

2. Revisão de Literatura

Price e Earnshaw³⁹, em 1984, investigaram a resistência ao impacto do material Reigning Resin à base de polisulfona e de 5 resinas à base de metil metacrilato sendo 4 modificadas por borracha (Hircoe, Impact 76, Lucitone 199 e Luxon) e um homopolímero (Durodent). Foram confeccionados corpos-de-prova (8 X 8 X 55 mm) com entalhe em forma de V (profundidade de 2 mm, raio de 0,25 mm e ângulo de 45°) no ponto médio do comprimento. Os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada a 37° C, até atingirem massa constante (n=10), ou após armazenagem nas mesmas condições por um período de 12 meses (n=10). Os testes de impacto realizados foram do tipo Charpy, designado para testar polímeros, em que o pêndulo girava através de uma altura de apenas 30 cm, e os corpos-de-prova recebiam a carga em uma distância de 40mm. A largura e a profundidade na base do entalhe, foram mensuradas em cada corpo-de-prova, para se calcular a área nominal de fratura. Cada corpo-de-prova foi fraturado pela liberação do pêndulo de sua posição de altura máxima. Após a fratura, um segundo impacto foi realizado, com o objetivo de mensurar as alturas atingidas pelo pêndulo, nos dois impactos e quando em livre oscilação. Esses valores foram utilizados em cálculos realizados para se obter, segundo os autores, o valor corrigido de energia de fratura. A resistência ao impacto de cada corpo-de-prova foi calculada dividindo-se a energia de fratura corrigida pela área do corte transversal na base do entalhe, e expressa em J m^{-2} . A resistência ao impacto da resina Durodent foi de $1,25 \text{ kJ/m}^2$. A resistência ao impacto das 4 resinas modificadas com borracha variou de $1,46 \text{ kJ/m}^2$, para a resina Impact 76 a $2,48 \text{ kJ/m}^2$ para a resina Hircoe. O material Reigning Resin teve uma resistência ao impacto significativamente maior ($4,63 \text{ kJ/m}^2$). A armazenagem por 12 meses, em condições que simulam às da cavidade bucal, afetou os vários materiais diferentemente. Hircoe e Lucitone 199 não foram afetadas, enquanto Durodent, Impact 76 e Luxon demonstraram uma acentuada diminuição da resistência ao impacto. Essa redução pode ser resultado de uma lenta remoção de monômero residual. Considerando-se que o monômero residual atua como plastificante, sua

Revisão da Literatura

liberação continuada tornou os corpos-de-prova submetidos ao envelhecimento (armazenagem em água a 37° C) mais friáveis. Com relação ao aumento verificado para o polisulfona, tendo em vista que esses materiais não apresentam monômero residual, os autores sugerem que, provavelmente, a absorção de água continuou, em velocidade lenta, pelo período de 12 meses. E, o aumento na resistência ao impacto, pode ter sido resultado do efeito plastificante da água absorvida.

Ainda em 1986, Price³⁸ avaliou o efeito sobre a resistência ao impacto de agentes de ligação cruzada com variação no comprimento e na flexibilidade das cadeias poliméricas, a saber: 1) divinil benzeno (DVB). 2) 1,6-hexametilene glicol dimetacrilato (1,6-HMGDMA) e 1,10 decametilene glicol dimetacrilato (1,10-DMGDMA). 3) etileno glicol dimetacrilato (EGDMA), tetraetileno glicol dimetacrilato (TEGDMA), polietileno glicol 600 dimetacrilato (PEG 600 DMA).. 4) etoxilado bisfenol A dimetacrilato (EBADMA). 5) trimetilolpropano trimetacrilato (TMPTMA) que é um monômero trifuncional. Os corpos-de-prova do grupo controle foram confeccionados utilizando-se o pó e o líquido (sem agente de ligação cruzada) do material (Durodent), sem qualquer modificação. Para os corpos-de-prova experimentais, parte do líquido foi substituída pelos agentes de ligação avaliados em concentrações de até 50 ou 60%. Os corpos-de-prova apresentavam um entalhe padrão Charpy em forma de V e foram armazenados em água a 37° C até massa constante. Vinte corpos-de-prova foram confeccionados, para cada concentração e tipo de agente de ligação cruzada, tendo sido dez testados em posição reversa nos suportes da máquina, de tal forma que o entalhe estivesse localizado em área de compressão máxima e apresentasse mínimo efeito na fratura. Foi observado que a resistência ao impacto dos corpos-de-prova com entalhe geralmente diminuiu com o aumento da concentração do agente de ligação cruzada. Para os corpos-de-prova testados em modo reverso, a resistência ao impacto geralmente aumentou com baixas concentrações de agente de ligação cruzada. Com concentrações mais altas, a resistência ao impacto continuou a aumentar com os agentes TEGDMA, PEG 600 DMA, 1,10-

Revisão da Literatura

DMGDMA e EBADMA, diminuiu com os agentes EGDMA, DVB e TMPTMA e permaneceu constante com o agente 1,6-HMGDMA. Os resultados para o DVB e EGDMA confirmaram que agentes de ligação cruzada com cadeias curtas ou relativamente curtas diminuem a resistência ao impacto. EBADMA, 1,6-HMGDMA e 1,10-DMGDMA, com suas cadeias longas, mas relativamente inflexíveis, tiveram pouco efeito na resistência ao impacto em baixas concentrações, mas gradualmente diminuíram essa propriedade em concentrações mais altas. Comparação dos resultados observados com o PEG 600 DMA com aqueles obtidos com EGDMA e TEGDMA demonstrou que, aumentando-se o comprimento e a flexibilidade da cadeia do agente de ligação cruzada, resultou em aumento na resistência ao impacto com a cadeia mais longa. Comparação entre esses resultados com aqueles dos agentes 1,6-HMGDMA e 1,10-DMGDMA demonstra que, aumentando-se o comprimento da cadeia tem menor efeito na resistência ao impacto, que o aumento na flexibilidade da cadeia. A formação da estrutura tridimensional com o TMPTMA resultou em diminuição acentuada da resistência ao impacto com o aumento na concentração, confirmando que polímeros com estrutura tridimensional são extremamente friáveis. Os resultados também demonstraram que, com todos os agentes, aumentando-se sua concentração aumentou a sensibilidade do material polimerizado ao entalhe. Esse efeito foi mais acentuado com o DVB e menos acentuado com TEGDMA.

Oku³⁵, em 1989, examinou as propriedades de impacto de polímeros com ligações cruzadas. Seis agentes de ligação cruzada diacrilatos, que contêm duas ligações polimerizáveis, foram adicionados ao monômero metil metacrilato (MMA): etileno glicol dimetacrilato (EDMA), di-etileno glicol dimetacrilato (Di-EDMA), tri-etileno glicol dimetacrilato (Tri-EDMA), tetra-etileno glicol dimetacrilato (Tetra - EDMA), *p*-divinil benzeno (DBV) e bisfenol -A dimetacrilato (BPDMA). As concentrações de diacrilatos adicionados ao monômero foram de 2, 5 e 10%. Peróxido de benzoíla (0,5% em peso) também foi incorporado ao co-monômero. Após a polimerização, os corpos-de-prova (3,1 X 3,1 X 40 mm) foram divididos em 2 grupos: (1) armazenados em dessecador

Revisão da Literatura

(23°C) por 1 semana; (2) armazenados em água (37°C) por 3 semanas. Entalhes em forma de V e com profundidade correspondente a 20% da espessura original dos corpos-de-prova foram realizados imediatamente antes dos testes. Todos os corpos-de-prova foram testados em ar a 23°C com uma velocidade de 13,5 cm/s e a distância entre os suportes utilizada foi de 30 mm. A resistência ao impacto (J/m^2) do grupo (1) diminuiu ligeiramente com o aumento na concentração de diacrilatos e aumentou com o aumento no número de repetições (n) em $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-)_n$ nos grupos EDMA. Esses resultados indicam que um aumento na reação de cadeias cruzadas diminuiu a fluidez do polímero, que resultou em redução da resistência ao impacto. Os máximos valores de resistência ao impacto foram verificados nos corpos-de-prova contendo diacrilato na concentração de 2 mol%. Corpos-de-prova com essa concentração foram então obtidos e avaliados com relação à absorção de água. Foi observado que a absorção aumentou com o aumento no número de repetições (n) no grupo $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-)_n$ no monômero etileno glicol dimetacrilato. Os testes de resistência ao impacto dos corpos-de-prova armazenados a seco e em água não apresentaram diferenças entre os valores obtidos. A resistência ao impacto dos polímeros com ligação cruzada diminuiu levemente com o aumento na concentração de agentes de ligação cruzada individuais. O aumento no número “n” no grupo $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-)_n$ melhorou ligeiramente a resistência ao impacto do material.

Também em 1992, Ladizesky e Chow²⁹ estudaram: (a) o nível de adesão na interface entre as fibras de reforço e a matriz polimérica dos compósitos atuais, (b) o efeito da imersão em água a 37°C nas propriedades mecânicas de resinas reforçadas, e (c) sensibilidade dessas propriedades a entalhes que simulam características anatômicas. Os corpos-de-prova sem entalhe foram confeccionados com dimensões de 210 X 11 X 2,5 mm. Os reforços foram incorporados em forma de feixe de fibras de polietileno orientadas longitudinalmente com 290 mm de comprimento e 3,5g de massa. Os testes do grupo controle foram realizados com corpos-de-prova (210 X 12 X 2,5mm) da resina Trevalon C sem reforço. Também foram avaliados corpos-de-prova com entalhes, os quais apresentavam as

Revisão da Literatura

dimensões de 130 X 10 X 2,5 mm. O teste de resistência ao impacto foi o tipo Charpy, realizado à temperatura ambiente ($23 \pm 2^\circ\text{C}$). Foi também avaliado o efeito da armazenagem em água a 37°C por 3 meses. Os corpos-de-prova não armazenados permaneceram em condição ambiente, após a polimerização, por períodos entre 2 e 8 semanas antes dos testes. Os resultados demonstraram que os entalhes diminuíram a resistência ao impacto das resinas não reforçadas (de 10kJ/m^2 para $3,2\text{ kJ/m}^2$), enquanto que as propriedades dos corpos-de-prova reforçados permaneceram inalteradas. O tratamento das fibras com plasma (maior adesão) diminuiu a absorção de energia durante os testes de impacto. O efeito da imersão em água no teste Charpy foi variável, mas relativamente pequeno quando comparado com o aumento acentuado produzido pela incorporação de fibras de polietileno nas resinas.

Ainda em 1992, Caycik e Jagger⁹ avaliaram o efeito dos agentes de ligação cruzada etileno glicol dimetacrilato - EGDMA, tetraetileno glicol dimetacrilato - TEGDMA, e polietileno glicol dimetacrilato - PEG 600 DMA, que apresentam diferentes comprimentos e flexibilidade de cadeias poliméricas, sobre as propriedades de resistência ao impacto, à flexão e à tração de uma resina à base de metil metacrilato. Foram utilizados o pó do homopolímero D80 e o líquido de metil metacrilato estabilizado com hidroquinona. Os agentes de ligação cruzada foram adicionados à resina em concentrações variando de 0 a 60% por volume de monômero. Os corpos-de-prova foram polimerizados por 7 horas a 70°C , seguido por 3 horas a 100°C , sendo armazenados em água a 37°C por 28 dias antes dos testes. Corpos-de-prova sem entalhe com $6.0 \times 4.0 \times 50\text{ mm}$ foram testados em ar a 22°C com um pêndulo de 0,5 J. Os resultados de resistência ao impacto demonstraram que houve diferença significativa com a adição de todos os agentes de ligação cruzada avaliados. Os valores médios obtidos foram de $8,34\text{ kJ/m}^2$ para os corpos-de-prova com 0% de agente de ligação cruzada. Houve um aumento significativo com a adição de 10% do EGDMA ($12,10\text{ kJ/m}^2$), tendo sido observado uma diminuição dos valores com o aumento da concentração desse agente (20% - $8,50\text{ kJ/m}^2$; 40% - $4,34\text{ kJ/m}^2$; 60% - $3,40\text{ kJ/m}^2$). Aumento

Revisão da Literatura

significativo foi observado com o aumento da concentração dos agentes TEGDMA e PEG 600 DMA até 40% (TEGDMA – 15,79 kJ/m²; PEG 600 DMA – 23,53 kJ/m²). Entretanto, uma pequena diminuição foi verificada com a concentração de 60% (TEGDMA – 13,57 kJ/m²; PEG 600 DMA – 19,09 kJ/m²). Os autores relacionaram esses resultados com um efeito plastificante de altas quantidades de grupos metacrilatos pendentes dos agentes de ligação cruzada na resina polimerizada. O presente estudo confirmou que o agente de ligação cruzada etileno glicol dimetacrilato (EGDMA) geralmente apresenta pouco efeito sobre as propriedades mecânicas da resina à base de polimetil metacrilato, exceto por um aumento significativo na resistência ao impacto, quando utilizado na concentração de 10%, e uma diminuição progressiva dessa propriedade quando utilizado em concentrações mais altas. Os resultados também demonstraram que uma melhoria significativa na resistência ao impacto foi obtida com a utilização de agentes de ligação cruzada TEGDMA e PEG 600 DMA, que apresentam cadeias mais longas e mais flexíveis que as do EGDMA. Os autores concluíram que o aumento no número de unidades (CH₂-CH₂-O) promoveu a flexibilidade nos materiais, a qual resultou em maior resistência ao impacto.

Ladizesky et al.²⁸, em 1993, estudaram as propriedades mecânicas de resinas acrílicas reforçadas com fibras de polietileno, incluindo o efeito da armazenagem em água. Para os testes mecânicos foram confeccionadas barras com e sem reforço de fibras isoladas ou entrelaçadas (1 ou 3 camadas). As fibras foram utilizadas sem tratamento de superfície ou com tratamento com plasma. Corpos-de-prova sem entalhe foram confeccionados com a resina acrílica termopolimerizável Trevalon C. O teste utilizado para a resistência ao impacto foi o Charpy, tendo sido utilizado o pêndulo de 0,5 J, com exceção dos corpos-de-prova reforçados com 3 camadas de fibras entrelaçadas, para os quais o pêndulo empregado foi de 4,0 J. Esses testes foram realizados à temperatura ambiente (23 ± 2°C). Corpos-de-prova que foram condicionados em água a 37°C por 3 meses permaneceram por uma noite à temperatura ambiente, ainda imersos, antes dos testes. Os corpos-de-prova não condicionados foram armazenados sob condição

Revisão da Literatura

ambiente por 2 a 5 semanas antes dos testes. A imersão em água a 37°C por 3 meses não afetou a resistência ao impacto. Os corpos-de-prova do teste de impacto fraturaram-se em 2 partes separadas, unindo-se somente por meio de poucas fibras completamente sem suporte. Assim, houve tanto a delaminação como a fratura do reforço, resultando em alta absorção de energia (16 kJ/m² para 1 camada e 44 kJ/m² para 3 camadas) quando comparada com os corpos-de-prova sem reforço (10 kJ/m²). O reforço da resina utilizando-se 2,4 % de fibra, em volume, diminuiu a resistência ao impacto. Esse resultado pode ser devido ao efeito negativo das fibras durante a manipulação da resina, proporcionando aumento na formação porosidade.

Também em 1993, Ladizesky et al.²⁷ avaliaram as propriedades mecânicas de uma resina termopolimerizável (Trevalon C) com e sem reforço de fibras isoladas de polietileno, incluindo o efeito de entalhes e outros parâmetros de importância clínica sobre essas propriedades. As fibras foram tratadas com plasma, para maior adesão com a resina, ou foram utilizadas sem tratamento. Dois tipos de barras foram confeccionados: sem entalhe (210 X 12 X 0,25 mm) e com entalhe (130 X 12 X 0,25 mm). Corpos-de-prova sem reforço serviram como controle. O entalhe foi formado pela inclusão e prensagem da resina em um molde de metal com a forma do entalhe previamente obtido. A resina foi polimerizada em água utilizando-se o ciclo longo (6,5 horas a 72°C e 1,5 hora a 100°C). A incorporação das fibras foi realizada em etapas, permitindo que um conteúdo de 37% em volume pudesse ser adicionado à resina. O teste de absorção de energia no impacto utilizado foi o tipo Charpy, realizado à temperatura ambiente (22± 1°C). O efeito da água foi investigado pela imersão das barras sem entalhe a 37°C por 3 meses. Esses corpos-de-prova permaneceram à temperatura ambiente por, aproximadamente, 20 horas antes de serem retiradas para os testes. Corpos-de-prova não imersos permaneceram sob condição ambiente entre a confecção e o teste, de 2 a 8 semanas. Para os corpos-de-prova com entalhe, a incorporação de 37% em volume de fibra aumentou a resistência ao impacto em, aproximadamente, 1000% (de 3,2 kJ/m² para 42 kJ/m²). Além disso, os entalhes

Revisão da Literatura

reduziram a resistência ao impacto da resina não reforçada; entretanto, para os corpos-de-prova com 37% de fibra, a presença de entalhe não teve efeito significativo sobre a resistência ao impacto.

Robinson e McCabe⁴⁰, em 1993, estudaram o desenvolvimento de um método para avaliar o efeito de pequenos defeitos de superfície (3,0 μ m – 80,0 μ m) na resistência ao impacto de materiais para base de prótese. Vinte resinas acrílicas foram utilizadas nesse estudo e divididas em 4 categorias: termopolimerizável (Bonar D60, Bonar D80, Metrocryn, Bonar PD 11, Bonar D80FC, Vertex, GC Acron, Paladon 65), de alto impacto (Bonar Hi, Trevalon Hi, Acron Hi, Lucitone 199, Hirco), quimicamente ativada (Palapress) e lâmina de polimetil metacrilato (Perspex). Dez corpos-de-prova de 50 X 6 X 4 mm foram utilizados para o teste de impacto tipo Charpy. Os defeitos de superfície foram introduzidos em alguns corpos-de-prova por meio de polimento manual utilizando tiras de papel abrasivo com granulação de 40 a 800. “Entalhes” foram introduzidos em outros corpos-de-prova utilizando-se cinzel. Os defeitos introduzidos por esses métodos variaram de 3 a 80 μ m de profundidade, mensurada por um perfilômetro. Os testes foram realizados com um pêndulo de 0,5 J e distância entre os suportes de 45 mm. Os resultados evidenciaram que mesmo defeitos de superfície muito pequenos (menores que 16 μ m) reduzem significativamente a resistência ao impacto de alguns materiais. Para ilustrar esse aspecto, a influência de defeitos com 40 μ m na sensibilidade ao entalhe de 4 materiais foi examinada. Com base nessa análise, foi possível detectar que a resina Lucitone 199 de alto impacto é altamente sensível a pequenos defeitos superficiais (sem entalhe – 19,35 kJ/ m² e com defeito – 7,45 kJ/ m²). A resina fluida Palapress, que é autopolimerizável, apresentou sensibilidade ao entalhe significativamente menor (sem entalhe – 5,27 kJ/ m² e com defeito – 4,22 kJ/ m²).

Arena et al.², em 1993, compararam a resistência de união de 5 resinas autopolimerizáveis para reembasamento imediato a 2 materiais para base de prótese (Lucitone 199 e Triad VLC). Das resinas para reembasamento, 2 eram de

Revisão da Literatura

polimerização dual (Extraoral VLC e Light Liner), 2 quimicamente ativadas (Flexacril Hard e Kooliner) e 1 fotopolimerizável (Triad VLC Hi-Flow). Corpos-de-prova de 64 x 14 x 2,8mm foram confeccionados para este estudo, tendo sido a resina Lucitone 199, polimerizada em água a 73° C por 60 minutos e a 100° C por 30 minutos. Os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada por 50 horas. A seguir, uma secção de 10 mm foi removida da região central e preenchida com material reembasador. Os grupos controles foram constituídos por corpos-de-prova das resinas para base, mantidos intactos. A resistência foi avaliada por meio de teste de flexão em 3 pontos. Os resultados obtidos indicaram, ainda, que para a resina de base Lucitone 199, a resina Light Liner proporcionou o valor de resistência de união mais alto. Segundo os autores, a resina Light Liner é composta por poli etil metacrilato, o qual aparentemente apresenta alta afinidade com a resina à base de poli metil metacrilato. A resina de reembasamento Triad VLC apresentou a maior resistência de união com a resina de base Triad e é a única resina para reembasamento que apresenta composição química idêntica à resina de base original. Em relação à porcentagem de resistência de união comparada com a resistência das resinas testadas intactas, a união resina de base Triad / resina para reembasamento Triad proporcionou valor de 79,3%.

Em 1994, Ladizesky et al.²⁶ investigaram as propriedades mecânicas (módulo de flexão, resistência à flexão e resistência ao impacto) de resinas acrílicas reforçadas com até 10 camadas de fibras de polietileno entrelaçadas, representando uma quantidade acima de 40% em volume de fibra. Esse estudo também incluiu o efeito de entalhes, imersão em água, resistência da interface fibra/ resina, bem como técnicas para a confecção de próteses. Duas resinas acrílicas termopolimerizáveis foram utilizadas: Trevalon C e um tipo de resina composta por uma parte do pó da resina Rapid Repair e 4 partes do líquido do material Coe-Lor. Os corpos-de-prova em forma de barra foram polimerizados utilizando-se o ciclo longo (6,5 horas a 72°C e 1,5 hora a 100°C). O teste utilizado para a resistência ao impacto foi o Charpy realizado à temperatura ambiente (22±

Revisão da Literatura

1°C). O efeito da água foi investigado pela imersão das barras sem entalhe a 37°C por 3 meses. Corpos-de-prova não imersos foram armazenados sob condição ambiente entre a obtenção e o teste, de 2 a 8 semanas. O aumento na quantidade de fibras resultou em aumento significativo na resistência ao impacto (de até 7 vezes). Os entalhes apresentaram efeito negativo para os corpos-de-prova sem reforço e com baixa quantidade de fibras, mas a incorporação de pelo menos 20 % em volume de fibras produziu corpos-de-prova cujas propriedades não foram alteradas pela presença do entalhe. Com a incorporação de 4,5 % em volume de fibras entrelaçadas, apesar do material ainda apresentar-se sensível à presença de entalhes, houve aumento significativo na resistência ao impacto. Esse efeito positivo pode ser atribuído à característica semidúctil das fibras de polietileno, que libera a concentração de tensões produzidas pela alteração abrupta na forma do corpo-de-prova. Os resultados demonstraram, ainda, que as fibras tratadas com plasma reduziram a resistência ao impacto, e a imersão em água não teve efeito deletério sobre a absorção de energia no impacto.

Vallittu et al.⁵⁴, em 1995, determinaram a resistência ao impacto de resinas termopolimerizáveis à base de polimetilmetacrilato não reforçadas, reforçadas com fio de metal e reforçadas com fibra de vidro. A resina Pro Base Hot foi utilizada para a confecção dos corpos-de-prova, tendo sido polimerizada em água em ebulição por 40 minutos. Após a polimerização, os corpos-de-prova foram submetidos ao acabamento até as dimensões de 50 X 6 X 4mm com lixa de papel de granulação 180. Os corpos-de-prova foram confeccionados sem reforço, ou reforçados com fio de aço com 1 mm de diâmetro, ou fibras contínuas de vidro. Para cada grupo, foram confeccionados 10 corpos-de-prova com entalhe (semicircular de 1,3mm de diâmetro) e outros 10 sem entalhe. Os corpos-de-prova foram armazenados em água a 22° C por uma semana antes dos testes de impacto, que foram realizados utilizando-se o aparelho Charpy. Os testes foram realizados com um pêndulo de 0,5 J para os corpos-de-prova não reforçados e 4,0 J para os reforçados. As médias de resistência ao impacto nos grupos reforçados variou de 44,3 a 64,5 kJ/m² e foram significativamente maiores que os dos grupos não

Revisão da Literatura

reforçados ($8,3 \text{ kJ/m}^2$ sem entalhe e $3,3 \text{ kJ/m}^2$ com entalhe). Neste estudo, corpos-de-prova entalhados e não entalhados foram testados, para simular o efeito dos alívios das próteses, na região dos freios, sobre a resistência ao impacto. Os resultados evidenciaram que, quando o entalhe semicircular estava presente, a resistência ao impacto foi diminuída.

Harrison et al.¹⁷, em 1995, estudaram o efeito do tamanho das partículas no: (1) tempo de manipulação da resina acrílica durante a formação da massa polimérica; (2) as propriedades mecânicas da resina polimerizada, que apresenta duas fases distintas. Uma série de 4 homopolímeros de metilmetacrilato foi produzida e fornecida na forma de polímero/ monômero – pó/ líquido. Dessa série, 6 lotes, variando a média de tamanho de partícula de $33\mu\text{m}$ a $81,5 \mu\text{m}$ foram obtidos. O líquido utilizado foi o monômero puro de metil metacrilato estabilizado com hidroquinona. Agentes de ligação cruzada não foram adicionados ao monômero, para permitir a avaliação do peso molecular. A resistência ao impacto foi mensurada pelo teste tipo Charpy, em corpos-de-prova entalhados. Os corpos-de-prova foram polimerizados por 7 h a 70°C seguidas por 3 h a 100°C em banho de água controlado termostaticamente. Os corpos-de-prova para resistência ao impacto apresentavam $50 \times 6 \times 4 \text{ mm}$, e um entalhe em forma de V com profundidade de $0,8\text{mm}$, permanecendo, abaixo desse, $3,2 \text{ mm}$ de material intacto. O valor mínimo de resistência ao impacto foi de $1,89 \text{ kJ/ m}^2$ e o maior de $2,13 \text{ kJ/ m}^2$, com uma variação de apenas $0,24 \text{ kJ/m}^2$. Em todos os testes de impacto, os corpos-de-prova apresentaram um comportamento típico de fratura frágil e a fratura sempre se iniciou no entalhe. Esse tipo de fratura é caracterizado por falta de distorção das partes fraturadas. Não foram observadas diferenças significantes na resistência ao impacto e na dureza superficial dos corpos-de-prova de resina acrílica, obtidos a partir de polímeros com tamanho de partículas variáveis.

Arima et al.⁵, em 1995, compararam as propriedades de resistência à flexão, absorção de água e solubilidade de seis resinas para reembasamento

Revisão da Literatura

(Rebaron – Rb; Tokuso – TN; Mild – Mi; Metabase – Mb; Koliner – KL; e New Tru Liner- NTL) e uma resina para base de prótese (Acron - Ac). Para o teste de resistência à flexão, os corpos-de-prova (64 X 10 X 2,5 mm) foram armazenados em água destilada a 37° C por 50 horas. As resinas para reembasamento apresentaram resistência à flexão significativamente menor que a resina termopolimerizável para base de prótese. As resinas que contêm agentes de ligação cruzada Mb, TN, e Mi apresentaram maiores valores médios de resistência à flexão que as resinas que não possuem esses agentes, com exceção da resina Rb. Os principais ingredientes de Rb são similares aos da resina termopolimerizável Ac: polimetilmetacrilato e metilmetacrilato. Comparado com Ac, Rb demonstrou resistência à flexão significativamente menor. Esse resultado pode ter sido obtido devido ao plastificante contido no pó e ao di-n-butil sebacato contido no líquido (10,3%). No entanto, Rb apresentou a maior resistência à flexão e módulo de elasticidade entre as resinas para reembasamento. Mb, TN e Mi são materiais que apresentam altas porcentagens de agentes de ligação cruzada nos líquidos. Mb e TN, que contêm 1,6-hexanediol dimetacrilato como agente de ligação cruzada, em concentrações de 47,4 e 60,2%, respectivamente, demonstraram maior resistência à flexão quando comparadas à Rb. Entretanto, TN apresentou menor valor de módulo de elasticidade que Mb. O β - metacriloil oxietil propionato (39,8%) contido no líquido de TN é um monômero monofuncional com 2 ligações éster e forma cadeias poliméricas mais flexíveis comparado ao metilmetacrilato e ao 2-etil hexil metacrilato, que compõem o líquido de Mb. Os autores relataram que tem sido demonstrado que a adição de altas porcentagens de agentes de ligação cruzada diminui as propriedades mecânicas da resina polimerizada tais como resistência à flexão e ao impacto e, dessa forma, a concentração desses agentes, no líquido dos materiais, usualmente é limitado a 15%.

Polyzois et al.³⁷, em 1995, a resistência transversal e ao impacto das resinas para base de prótese Trevalon, termopolimerizável convencional, e Acron MC, polimerizada por microondas, quando reparadas utilizando-se os mesmos materiais ou a resina autopolimerizável Croform. Para o teste de impacto, corpos-

Revisão da Literatura

de-prova (50 X 6 X 4mm), sem entalhe, foram confeccionados, seccionados ao meio, as superfícies de união foram polidas com lixa de granulação 600 e tratadas com o monômero aguardando-se 2 minutos. O espaço de 2 mm presente entre as duas partes foi, então, preenchido com os materiais para reparo avaliados. Após a união, os corpos-de-prova foram novamente armazenados em água a 37° C por 48 horas antes dos testes do tipo Charpy, que mede a energia absorvida pelo corpo-de-prova durante a fratura. Para o teste de resistência ao impacto foi utilizado um pêndulo de 0,5 J e os resultados foram expressos em kJ/m². Os corpos-de-prova das duas resinas termopolimerizáveis, convencional e polimerizada em microondas, reparadas com a resina autopolimerizável apresentaram os menores valores de resistência ao impacto (Trevalon/Croform – 0,52 kJ/m²; Acron/Croform – 0,68 kJ/m²). Os reparos realizados com a resina polimerizada por microondas apresentaram os maiores valores de resistência ao impacto (Trevalon/Acron MC – 3,42 kJ/m²; Acron MC/Acron MC – 4,34 kJ/m²). Valores intermediários foram obtidos quando os reparos foram realizados com a resina termopolimerizável convencional Trevalon/Trevalon – 1,23 kJ/m²; Acron MC/Trevalon – 2,04 kJ/m²).

Arima et al.⁴, em 1996, estudaram a composição dos adesivos das resinas acrílicas autopolimerizáveis para reembasamento imediato assim como o efeito desses adesivos sobre a textura superficial da resina para base de prótese Acron, por meio de microscopia eletrônica de varredura. Foram avaliados os adesivos Tokuso Rebase Aid (RA), Metabase Primer A (MP), Bosworth Bonding Liquid (BL), Pical (PI), e os monômeros das resinas autopolimerizáveis Rebaron e Kooliner, que não possuem adesivo próprio. Corpos-de-prova (20 x 10 x 2 mm) foram confeccionados com a resina termopolimerizável (Acron), armazenados em água destilada a 37°C durante 2 semanas sendo, então, polidos com lixa de granulação 600, lavados com água destilada e secos com ar. Para avaliar o efeito dos adesivos esses foram aplicados com pincéis sobre a superfície do corpo-de-prova, seguindo-se as recomendações dos fabricantes ou os corpos-de-prova foram imersos nesses adesivos durante 5, 10 ou 30 segundos. Um corpo-de-prova

Revisão da Literatura

foi mantido sem tratamento e utilizado como controle. Com relação à composição, os autores concluíram que os adesivos das resinas Tokuso Rebase (RA) e Metabase Primer A (MP) apresentaram solventes como o diclorometano e acetona. Após 5 segundos de aplicação, o adesivo RA desenvolveu uma camada de estrutura esponjosa na superfície da resina. O metacrilato foi encontrado no adesivo da resina New Truliner (BL), assim como no líquido das resinas Rebaron e Kooliner. A aplicação do adesivo BL produziu um leve amolecimento na superfície do corpo-de-prova, entretanto nenhuma alteração na superfície da resina de base foi observada para os corpos-de-prova imersos nesse adesivo. A aplicação do monômero Rebaron produziu uma superfície porosa no corpo-de-prova. O monômero do Kooliner não resultou em nenhuma alteração quando comparado ao grupo controle. O adesivo Pical (PI) foi classificado no grupo contendo monômero metacrilato e polímero. Segundo os autores, os adesivos que possuem solventes podem dissolver a superfície da resina de base e promover a interpenetração da resina de reembasamento; esta reação pode resultar na formação de uma camada mista de resina de base e de reembasamento. Os adesivos que contêm monômeros metacrilato em sua composição possuem baixa capacidade para dissolver a superfície da resina de base. Entretanto, o monômero difunde-se na resina de base e polimeriza-se simultaneamente com a resina de reembasamento. O monômero do material Rebaron resultou em poros na superfície da resina de base e, conseqüentemente, um tipo de retenção mecânica entre a estrutura dos dois materiais pode ter sido estabelecida por meio dessa camada. Esses poros podem aumentar a área de adesão.

No mesmo ano, Arima et al.³, em 1996, avaliaram a composição química, temperatura de transição vítrea, peso molecular e distribuição do tamanho das partículas do pó de resinas acrílicas quimicamente ativadas para reembasamento (Rebaron, Tokuso Rebase, Mild, Metabase, Kooliner, New Tru Liner). Os resultados demonstraram que o pó da resina Rebaron é polimetil metacrilato (PMMA) e que contém algum plastificante. O pó da resina Metabase contém polietil metacrilato (PEMA) e polimetilmetacrilato/ etilmetacrilato. O componente

Revisão da Literatura

do pó das outras 4 resinas de reembasamento é o PEMA. O tamanho das partículas do pó das resinas Rebaron, Mild, Metabase, Kooliner, New Tru Liner variou de 50 a 100µm, enquanto para o material Tokuso Rebase, os valores foram de 20 a 50µm. A temperatura de transição vítrea dos materiais foram: Mild - 68,4° C, Rebaron - 69,1° C, New Tru Liner - 72° C, Tokuso Rebase - 73,2° C, Kooliner - 76,5° C e Metabase - 97,1° C. O líquido da resina Rebaron contém MMA e ácido di-n-butil éster (DBS), a resina Mild 2-etilhexil metacrilato (2-EHMA), 2-hidroxietil metacrilato (2-HEMA), trimetilolpropanotrimetacrilato (TMPT) e 1,4-butanedioldimetacrilato (1,4-BDMA), a resina Metabase MMA, EHMA e 1,6-hexanediol dimetacrilato (1,6-HDMA), a resina Kooliner isobutil metacrilato (IBMA), sem a presença de agentes de ligação cruzada ou plastificantes, a resina New Tru Liner IBMA e di-n-butil éster (DBP) e, para a resina Tokuso Rebase, foi detectada a presença de dois monômeros (60,2% de 1,6-HDMA e 39,8% de β-metacrilóil oxietil propionato).

Alguns materiais são incorporados ao polimetil metacrilato com o objetivo de melhorar suas propriedades mecânicas dentre os quais o UHMWPE (polietileno de ultra alto peso molecular). Carlos e Harrison⁸, em 1997, estudaram o efeito da utilização de pérolas de UHMWPE não tratadas superficialmente, sobre várias propriedades de uma resina acrílica para base de prótese. Os materiais utilizados foram o pó de resina termopolimerizável Colacryl DC80FC e o líquido de metil metacrilato Colacryl TS1503. Ao pó foram incorporadas as pérolas de UHMWPE (Lupolen 201) nas seguintes porcentagens: 0% (pó não modificado), 2,5%, 5%, 7,5% e 10%. Os corpos-de-prova (50 X 6 X 4mm) foram polimerizados por 7h a 70°C e por mais 3h a 100°C em uma termopolimerizadora. Um entalhe de 0,8mm de profundidade foi realizado no corpo-de-prova, antes do teste, permanecendo, abaixo desse, 3,2mm de material intacto. Os testes foram realizados em ar a 23 ± 2°C. Em todos os testes, os corpos-de-prova quebraram exibindo um comportamento típico de fratura frágil, demonstrado pela falta de distorção das partes fraturadas. Uma diminuição progressiva da resistência ao impacto foi observada com o aumento da porcentagem de Lupolen. Foram

Revisão da Literatura

observadas diferenças altamente significativas entre o grupo controle e os grupos contendo 10% (diferença de $0,3 \text{ kJ/ m}^2$) e 7,5% (diferença de $0,29 \text{ kJ/ m}^2$) de reforço, respectivamente. A diferença entre os grupos reforçados com 5% e 10% (de $0,21 \text{ kJ/ m}^2$) também foi significativa. Embora seja comprovada a compatibilidade entre resinas para base de prótese e o UHMWPE, a baixa resistência ao impacto dos materiais reforçados pode ser atribuída à falta de adesão (química ou física) entre a resina e a superfície não tratada das pérolas de Lupolen, as quais atuam mais como locais de concentração de tensões do que reduzindo a propagação da trinca.

No mesmo ano, Harrison et al.¹⁶ avaliaram o efeito da adição de pérolas experimentais de UHMWPE (polietileno com alto peso molecular) sobre diversas propriedades de uma resina acrílica para base de prótese. Para avaliar a influência da união entre a resina e o reforço, as pérolas foram submetidas a tratamento específico que modifica quimicamente a superfície das partículas para proporcionar locais reativos para a união química, melhorando seu umedecimento e aumentando a compatibilidade com outros polímeros. As pérolas de UHMWPE (Primax) foram incorporadas ao pó de polimetil metacrilato (Colacryl D80FC) em diferentes porcentagens (0; 2,5; 5; 7,5; e 10%). O líquido utilizado foi metil metacrilato (Colacryl TS1503). Os corpos-de-prova (50 X 6 X 4mm) foram polimerizados em banho de água por 7h à 70°C e mais 3h à 100°C. Um entalhe de 0,8mm de profundidade em forma de V foi realizado permanecendo, abaixo desse, 3,2mm de material intacto. Os testes de resistência ao impacto foram realizados em ar a $23 \pm 2^\circ\text{C}$. Todos os corpos-de-prova apresentaram comportamento típico de fratura frágil e a fratura sempre se iniciou no entalhe. Esse tipo de fratura é caracterizado pela falta de distorção das partes fraturadas. A análise de variância não evidenciou diferença significativa entre os grupos do material para base de prótese sem reforço ($2,00 \text{ kJ/m}^2$) e os que continham diferentes quantidades de Primax (de $1,78$ a $2,12 \text{ kJ/m}^2$). Os resultados variaram apenas $0,25 \text{ kJ/ m}^2$. A resistência ao impacto dos corpos-de-prova diminuiu, gradativamente, com o aumento da porcentagem de Primax na resina acrílica. A incorporação de Primax

Revisão da Literatura

em forma de pérolas em concentrações de 2,5% e 10% na resina acrílica, embora satisfaça os critérios da especificação para resinas acrílicas para ortodontia (0,8 kJ/m²), não oferece vantagem sobre o polímero não modificado, em relação às propriedades de resistência e, portanto, não pode ser recomendado como agente de reforço para resinas acrílicas para bases de prótese.

Também em 1997, Vallittu e Narva⁵³ compararam a resistência ao impacto de uma resina à base de polimetil metacrilato (PMMA) autopolimerizável não reforçada (Palapress Vario), um compósito de PMMA - fibra de vidro (GF-PMMA) e um compósito híbrido com fibras de vidro e de “aramid” (GF/AF-PMMA). Os corpos-de-prova, com dimensões de 60 X 6 X 4mm, foram polimerizados a 55±1°C por 15 minutos a uma pressão de 300 kPa e armazenados em água a 37°C por 30 dias antes dos testes de resistência ao impacto. Os testes realizados foram Charpy, com pêndulos de 4,0 J e de 0,5 J, para os corpos-de-prova com e sem reforço, respectivamente. Embora no teste Charpy é realizada a confecção de entalhe, os corpos-de-prova não foram entalhados visto que esse procedimento poderia cortar as fibras superficiais. As próteses podem ser submetidas a forças de impacto por meio de queda acidental ou durante mastigação. Materiais com adequada resistência ao impacto absorvem energia através da ação elástica do material. A resiliência, isto é, a capacidade elástica do material é, portanto, uma propriedade importante do material. As resinas para base de prótese à base de polimetil metacrilato, na temperatura fisiológica da cavidade bucal, que é inferior à sua temperatura de transição vítrea (110° C) é um material duro e frágil. Por essa razão, a resistência ao impacto dessas resinas é baixa. O valor médio de resistência ao impacto obtido neste estudo para a resina autopolimerizável foi de 7,8 kJ/m², o qual foi menor que aqueles observado em outro estudo com resinas termopolimerizáveis. Os autores relatam que seria esperado que a resistência ao impacto das resinas autopolimerizáveis fosse maior que a das resinas termopolimerizáveis, pelo fato de que a maior quantidade de monômero residual presente nas resinas autopolimerizáveis teria uma ação plastificante no material. Esses resultados contraditórios poderiam estar

Revisão da Literatura

relacionados com diferenças no tempo de armazenagem em água nos dois estudos. A armazenagem prolongada em água reduz o conteúdo de monômero residual e, dessa forma, diminui seu efeito plastificante. A incorporação de fibras de vidro (GF-PMMA) aumentou, consideravelmente, a resistência ao impacto da resina autopolimerizável.

Ainda em 1997, Dar-Odeh et al.¹³ compararam algumas propriedades físicas de uma resina termopolimerizável (Trevalon), uma autopolimerizável (Simplex) e uma fotopolimerizável (Triad) e avaliaram a possibilidade de se utilizar a resina fotopolimerizável como material para reparo de próteses confeccionadas com resina acrílica termopolimerizável. Dez corpos-de-prova de 50 X 6 X 4mm foram confeccionados para o teste de resistência ao impacto os quais foram armazenados em água a 37°C por um período mínimo de 1 mês. Antes dos testes de resistência ao impacto, foram confeccionados entalhes no centro dos corpos-de-prova, com uma profundidade de 0,8mm permanecendo, abaixo desse, 3,2 mm de material intacto. O teste de resistência ao impacto foi realizado utilizando-se pêndulo de 225mm de comprimento e com capacidade de teste de 0,5J. Os valores de resistência ao impacto apresentaram diferenças significativas entre as resinas termopolimerizável (1,639 kJ/m²) e fotopolimerizável (1,284 kJ/m²), com a primeira absorvendo maior energia de fratura do impacto. Não houve diferença significativa entre os valores das resinas termopolimerizável e autopolimerizável (1,575 kJ/m²). A diferença significativa, entre os valores de resistência ao impacto das resinas termopolimerizável e fotopolimerizável, salienta a natureza frágil da resina fotopolimerizável.

Vallittu e Ruyter⁵¹, em 1997, estudaram a difusão dos monômeros da resina termopolimerizável SR 3/60 e da resina autopolimerizável Palapress Vario em dentes artificiais de resina acrílica (Vitapan) e o fenômeno de aumento de volume do polímero resultante desse processo (“swelling”). A resina autopolimerizável foi polimerizada durante 15 minutos, sob pressão de 300 kPA, tendo sido avaliadas 3 diferentes temperaturas: 30°C, 50°C e 70°C, com 5 corpos-

Revisão da Literatura

de-prova para cada temperatura. A resina termopolimerizável foi processada a 70°C por 60 minutos e, em seguida a 100°C por 30 minutos. Após a união, os corpos-de-prova foram desgastados até espessura de 0,21 mm para a análise por meio de microscópio óptico. Em seguida, foram tratados com solvente tetrahidrofurano por 5 segundos, secos em ar à 23°C por 60 minutos e a superfície foi analisada por microscopia eletrônica de varredura. Os autores verificaram que, para as temperaturas de polimerização de 30°C e 50 °C, o monômero da resina autopolimerizável apresentou pequena difusão na matriz polimérica do dente artificial, que possui alto grau de ligações cruzadas, enquanto que a 70°C a matriz tornou-se difusa. Para a resina termopolimerizável SR 3/60, a interface entre a resina e o dente artificial foi muito difusa para que a espessura da camada de monômero difundido na estrutura polimérica do dente e conseqüente aumento de volume pudessem ser mensurados. Segundo os autores, a maior extensão da difusão dos monômeros a partir da resina termopolimerizável para a estrutura do dente artificial não foi somente devida à temperatura de polimerização mais alta desse material de base. Uma outra explicação para esse resultado poderia ter sido o fato de que a resina SR 3/60 permaneceu em contato com o dente artificial de resina acrílica por período de tempo mais longo que a resina autopolimerizável, antes que a polimerização ocorresse. Abaixo da temperatura de transição vítrea do polímero, existe uma relação linear entre tempo e difusão. Esse fenômeno permitiu que os monômeros da resina termopolimerizável se difundissem mais efetivamente dentro da estrutura polimérica do dente artificial.

Vallittu e Ruyter⁵², em 1997, determinaram a espessura da camada superficial que apresenta expansão (“swelling”), como resultado da difusão do monômero metil metacrilato (MMA) para a parte interna da estrutura de polimetil metacrilato (PMMA). Foi comparada a expansão das resinas à base de PMMA, termopolimerizável SR 3/60 (SR) e autopolimerizável Palapress Vario (PPV). A resina termopolimerizável foi polimerizada em água a 100° C por 60 minutos e a autopolimerizável em água a 55° C por 15 minutos sob pressão de 300kPa. Os corpos-de-prova (5 x 5 x 2 mm) foram armazenados a 23° C $\pm$ 1° C e umidade

Revisão da Literatura

relativa do ar de $50\% \pm 5\%$ por 12 semanas. Uma das superfícies dos corpos-de-prova foi polida com lixa de granulação 1000 e colocada dentro de 6 ml do monômero da resina PPV, que contém MMA e etileno glicol dimetacrilato como agente de ligação cruzada. Os corpos-de-prova foram mantidos em contato com o monômero por 0; 0,5; 3; 30 e 60 minutos a $23^\circ \pm 1^\circ$ C. A resina PPV foi proporcionada e colocada sobre a superfície preparada, simulando o procedimento de reparo, sendo polimerizada em água como descrito anteriormente. A espessura da camada que expandiu foi mensurada nas micrografias dos corpos-de-prova tendo sido observado valores entre 18,6 a 53,6 μm na resina autopolimerizável e entre 18,8 a 22,6 μm na resina termopolimerizável. Para a resina autopolimerizável, houve diferenças significativas entre os tempos de contato com o monômero avaliados, enquanto para a resina termopolimerizável as médias obtidas foram estatisticamente iguais entre si. A expansão ocorreu em regiões sem pérolas de PMMA em ambas resinas, ou seja, em locais da matriz polimérica. Durante a expansão ocorre a difusão do solvente (monômero da resina PPV) para a parte interna do polímero PMMA. As pérolas de PMMA pré-polimerizadas não apresentam agentes de ligação cruzada como a matriz polimérica e, portanto, a difusão do “solvente” MMA para o interior das pérolas deveria ser maior que na matriz. Entretanto, a reação dos agentes de ligação cruzada, durante a polimerização das resinas, é incompleta e, dessa forma, grupos metacrilatos residuais permanecem na resina polimerizada. Esses grupos separam os segmentos das cadeias poliméricas, tornando a estrutura menos densa e rígida. Conseqüentemente, ocorre uma diminuição da temperatura de transição vítrea e a formação de uma estrutura mais aberta, tornando mais fácil a difusão das moléculas do MMA na matriz polimérica que nas pérolas do polímero. Outro fator apontado pelos autores, para a maior expansão observada na resina autopolimerizável, seria o maior conteúdo de monômero residual em relação à resina termopolimerizável, o qual teria facilitado a difusão do MMA para a parte interna do polímero.

Revisão da Literatura

No mesmo ano, Uzun et al.⁵⁰ compararam a resistência ao impacto, resistência transversal, deflexão e módulo de elasticidade de um polímero para base de prótese reforçado com fibras de vidro, carbono, Kevlar fino, Kevlar espesso e de polietileno em forma entrelaçada. A resina termopolimerizável Trevalon foi utilizada nesse estudo. Dez corpos-de-prova (60 X 7 X 4mm) foram confeccionados para cada tipo de fibra e 10 sem reforço, sendo armazenados em água a temperatura ambiente por 2 semanas antes dos testes. Esses corpos-de-prova receberam um entalhe de 3,5mm, permanecendo, ainda, 3,5mm de material intacto. Os testes foram realizados com uma máquina de impacto tipo Charpy. A força foi aplicada no lado oposto ao entalhe. Durante os testes, alguns corpos-de-prova não fraturaram, sendo excluídos do estudo. Corpos-de-prova reforçados com fibras de polietileno apresentaram a maior resistência ao impacto (18870,7 N/m), seguidos pelas fibras de vidro, Kevlar espesso, carbono e Kevlar fino. Os corpos-de-prova sem fibras exibiram os menores valores de resistência ao impacto (1246,86 N/m). Os resultados indicaram que as 5 fibras testadas aumentaram, significativamente, a média de resistência ao impacto da resina para base de prótese Trevalon quando comparadas com o grupo controle, sem fibras. As acentuadas diferenças nas resistências ao impacto e à flexão podem ter sido relacionadas à distribuição de tensões e ao modo de propagação de trinca presentes nos dois testes.

Jagger et al.²⁴, em 2000, investigaram o efeito do auto-reforço por meio da adição de um polimetil metacrilato (PMMA) experimental em forma de pérolas (aproximadamente 600µm) na resistência ao impacto, à flexão e na dureza de uma resina para base de prótese termopolimerizável convencional à base de PMMA (Colacryl D-80 FC). O potencial dos materiais com auto-reforço é que deveriam apresentar propriedades mecânicas superiores às dos polímeros amorfos. As pérolas de PMMA foram adicionadas no pó da resina acrílica em várias porcentagens (5, 10, 15, 25 e 40%). A resina acrílica termopolimerizável não modificada foi utilizada como controle. Os corpos-de-prova, com dimensões de 50 X 6 X 4mm, foram polimerizados por 7 horas à 70°C e 3 horas à 100°C. Um

Revisão da Literatura

grupo foi armazenado em água à $37 \pm 2^\circ\text{C}$ por 7 dias e o outro por 6 meses. Para o teste de impacto, um entalhe de 0,8 mm foi confeccionado em cada corpo-de-prova, permanecendo 3,2mm de material intacto. Esse teste foi realizado em ar a $23 \pm 2^\circ\text{C}$. A resistência ao impacto dos corpos-de-prova armazenados por 7 dias aumentou para a concentração de 5% de pérolas e diminuiu quando a concentração utilizada foi de 40%. Para os corpos-de-prova armazenados em água por 6 meses, não houve diferença significativa na resistência ao impacto para nenhuma das concentrações avaliadas. Os valores observados para o grupo controle, sem reforço, foram de $1,62 \text{ kJ/m}^2$ e de $1,58 \text{ kJ/m}^2$ após 7 dias e 6 meses de armazenagem, respectivamente. Os autores relataram que, provavelmente, as pérolas de PMMA foram simplesmente incorporadas dentro da matriz polimérica e não proporcionaram reforço. Dessa forma, o material apresentaria propriedades similares às do polimetil metacrilato convencional, sem reforço, com as pérolas falhando em proporcionar resistência à propagação das trincas. Essas trincas não seriam defletidas pelas pérolas e a fratura poderia ocorrer através das mesmas.

No ano seguinte, Jagger e Harrison²³ avaliaram o efeito do auto-reforço com fibras contínuas de polimetilmetacrilato (PMMA) na resistência à flexão e ao impacto do material à base de polimetilmetacrilato (Trevalon). Para os testes de impacto um entalhe em forma de V foi confeccionado em cada corpo-de-prova (50 X 6 X 4 mm) com uma profundidade de 0,8 mm, permanecendo 3,2 de material intacto. O entalhe em forma de V concentra as tensões e elimina os efeitos de defeitos superficiais do corpo-de-prova. As fibras contínuas foram colocadas no interior dos corpos-de-prova em uma ou duas camadas longitudinais, localizadas paralelas ao comprimento, ou em duas camadas, sendo a inferior longitudinal e a superior posicionada em sentido transversal ao comprimento. Dez corpos-de-prova para cada grupo foram preparados e armazenados em água à temperatura de $37^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ até total saturação. Cada corpo-de-prova foi fraturado em ar a $20 \pm 1^\circ\text{C}$ com um pêndulo de capacidade de 2J. A perda de energia do pêndulo, durante a fratura, foi determinada por comparação da extensão da oscilação após o impacto com a da livre oscilação do pêndulo. O objetivo das

Revisão da Literatura

fibras unidirecionais é transmitir e resistir forças. Para os testes de impacto, todos os corpos-de-prova fraturaram exibindo um comportamento típico de fratura frágil. A fratura sempre se iniciou no entalhe. Esse tipo de fratura é caracterizado por uma falta de distorção das partes quebradas. O valor médio de resistência ao impacto observado para os corpos-de-prova sem reforço foi de 4,9 kJ/m². O polimetilmetacrilato termopolimerizável convencional é um material duro e frágil (na temperatura fisiológica da cavidade oral, que é abaixo da temperatura de transição vítrea) e possui uma baixa resistência ao impacto. A união entre a fibra e a matriz pode apresentar um papel importante no sucesso do reforço. Quando uma trinca se propaga através da matriz e encontra uma fibra, se a união entre a fibra e a matriz é adequada (nem excessiva ou mínima), a fibra não irá se fraturar e a trinca irá se defletir ao longo do comprimento da fibra. Por meio desse mecanismo, a fratura pode se defletir no limite da fibra várias vezes, produzindo uma rede de trincas e a formação de zonas de polímero possivelmente dispersas com espaços. Entretanto, se a união entre a fibra e a matriz é excessiva, então a trinca pode simplesmente se propagar através da fibra, como se fosse através de um material homogêneo, sem reforço. Os valores médios de resistência à flexão e ao impacto da resina acrílica de polimetilmetacrilato não aumentaram com a adição de fibras de polimetilmetacrilato em forma contínua unidirecional e longitudinal, ou o aumento do número de camadas unidirecionais de reforço ou a alteração de direção da segunda camada, de longitudinal para transversal, em relação ao comprimento do corpo-de-prova.

Também em 2001, o efeito de variações na proporção pó/líquido sobre a resistência ao impacto de resinas autopolimerizáveis foi avaliado por Syme, et al.⁴³ As resinas autopolimerizáveis utilizadas neste estudo foram Pink Repair Resin (PR) e Clear Repair Resin (CR) e a termopolimerizável foi a Trevalon Clear (HC). Corpos-de-prova da resina autopolimerizável (CO) com diferentes proporções pó/líquido (1/1; 1/1,25; 1/1,5; 1/1,75; 1/2; 1/2,25; 1/2,5) foram preparados e polimerizados sob pressão de 2,0 bar a 37°C por 10 minutos. Utilizando a mesma técnica, corpos-de-prova das resinas PR e CR foram

Revisão da Literatura

preparados nas proporções de: 1/1,25; 1/2; 1/2,5. A resistência ao impacto foi mensurada com o teste Charpy, em corpos-de-prova com secção transversal de 1 cm/ 1cm com entalhe realizado utilizando-se uma lâmina. Os corpos-de-prova foram apoiados horizontalmente com a superfície sem entalhe voltada para o pêndulo. A energia de fratura foi determinada pela amplitude da oscilação do pêndulo, que é indicada diretamente pela máquina de impacto. As resinas autopolimerizáveis apresentaram médias similares de resistência ao impacto (CR= 0,10J e PR = 0,108J) enquanto a resina termopolimerizável apresentou um baixo valor inesperado (HC = 0,085J). Todos os valores foram menores que a resina comercial Perspex (0,46J). A análise dos corpos-de-prova não demonstrou imperfeições nas superfícies fraturadas que possam ter resultado em áreas de início de fratura. Dessa forma, a baixa resistência ao impacto das resinas testadas pode ser devido ao baixo peso molecular (massa molar) – como consequência da alta velocidade de polimerização. A inesperada menor resistência ao impacto da resina termopolimerizável pode ser devido ao mesmo fator. Em temperaturas mais elevadas de polimerização, a velocidade de início da reação será alta, havendo mais reações de terminação das cadeias e o peso molecular será menor, reduzindo a resistência ao impacto.

Segundo Jagger et al.²², em 2001, embora a união entre fibra e matriz resinosa possa influenciar o sucesso do reforço, uma união eficiente nessa interface não é sempre necessária ou favorável. Para o auto-reforço (material de reforço com composição química similar à da matriz resinosa), é possível que a união entre as fibras e a matriz seja excessiva e, dessa forma, as fibras não proporcionam resistência à propagação das trincas e nenhum aumento nas propriedades mecânicas. Neste estudo, os autores investigaram a adição de fibras de polimetilmetacrilato, tratadas superficialmente, na forma contínua ou seccionadas, sobre algumas propriedades da resina acrílica para base de prótese. A resina acrílica utilizada foi a termopolimerizável convencional Trevalon. Para a forma seccionada, as porcentagens de fibras utilizadas foram de 0, 5, 15, 20 e 25% em peso. Para a forma contínua, foram testadas uma ou duas camadas no sentido

Revisão da Literatura

do comprimento do corpo-de-prova e duas camadas posicionadas perpendicularmente entre si. As fibras foram tratadas superficialmente com emulsão de látex de butadieno estireno. Após a confecção dos corpos-de-prova (50 X 6 X 4mm), foram realizados entalhes em forma de V com profundidade de 0,8mm, permanecendo abaixo desse 3,2mm de material intacto. Dez corpos-de-prova foram confeccionados para cada concentração e armazenados em água a $37 \pm 2^\circ\text{C}$ até saturarem completamente. O teste de impacto foi realizado a seco e em temperatura de $20 \pm 1^\circ\text{C}$ usando um pêndulo de 2J. A resistência ao impacto para a resina convencional termopolimerizável foi de $4,9 \text{ kJ/m}^2$. A adição de fibras seccionadas e tratadas superficialmente não aumentou significativamente a resistência ao impacto. A incorporação de fibras em forma contínua, posicionadas em na mesma direção ou perpendiculares entre si, não proporcionou aumento significativo da resistência ao impacto. Uma camada produziu resistência ao impacto de $6,6 \text{ kJ/m}^2$, duas camadas paralelas de $6,0 \text{ kJ/m}^2$ e duas camadas perpendiculares de $4,9 \text{ kJ/m}^2$.

Ainda em 2001, Memon et al.³² compararam as propriedades de resistência ao impacto e à flexão de um novo polímero à base de poliuretano polimerizado por microondas, utilizando a técnica injetável (Microbase) e dois polímeros à base de polimetil metacrilato (PMMA) utilizando a técnica de inclusão e prensagem, sendo um polimerizado por microondas (Acron MC) e um pelo método convencional em banho de água (Meliodent). Dez corpos-de-prova (50 X 6 X 4mm), sem entalhes, de cada material foram confeccionados para cada propriedade e imersos por 1 mês em água a 37°C antes dos testes de impacto do tipo Charpy, com pêndulo de 453,6 g para as resinas Acron MC e Meliodent e de 226,8 g para a resina Microbase. Houve diferença significativa entre os 3 materiais na resistência ao impacto com os corpos-de-prova da resina Microbase exibindo os menores valores ($6,31 \text{ kJ/m}^2$), aproximadamente a metade dos valores dos outros 2 materiais (Acron MC – $12,5 \text{ kJ/m}^2$ e Meliodent – $13,9 \text{ kJ/m}^2$). A resistência ao impacto é uma medida da energia absorvida pelo material antes da fratura. No presente estudo, a resina Microbase apresentou menor resistência ao

Revisão da Literatura

impacto, indicando sua fragilidade em relação aos outros dois materiais. Os autores observaram, ainda, que a resina polimerizada pelo calor foi menos rígida que a polimerizada por microondas e relacionaram esses resultados ao maior conteúdo de monômero residual do material Meliodent que foi polimerizado à temperatura de 70° C por 9 horas, sem ciclo terminal em água em ebulição. Segundo os autores, os resultados de resistência ao impacto fornecem suporte adicional para o conteúdo relativamente maior de monômero residual na resina polimerizada pelo calor que naquela polimerizada em microondas, tendo em vista que os valores obtidos com a primeira foram superiores. Tem sido observado, em outros estudos, que as resinas autopolimerizáveis à base de PMMA apresentam maior resistência ao impacto que as termopolimerizáveis, porque o conteúdo de monômero residual maior apresenta um efeito plastificante sobre o polímero mais acentuado.

Segundo Takahashi e Chai⁴⁴, em 2001, a união entre resinas para reembasamento e para base de prótese depende da propensão do monômero do material reembasador em penetrar na estrutura da resina de base e estabelecer um polímero de entrelaçamento. Neste estudo, os autores investigaram o efeito de 5 tratamentos de superfície na resistência de união, por meio de testes de cisalhamento, entre 3 materiais de reembasamento (Kooliner, Triad VLC e GC Reline) e 1 resina acrílica para base de prótese (Lucitone 199). Corpos-de-prova cilíndricos (10mm altura por 8 mm de diâmetro) foram obtidos com a resina Lucitone 199 e armazenados em água destilada a 37° C por 1 mês. As superfícies de união foram, então: (1) não tratadas, (2) tratadas com diclorometano, (3) tratadas com monômero da resina para base de prótese, (4) tratadas com adesivo ou monômero da resina para reembasamento (Triad VLC e GC com adesivo; Kooliner com monômero), (5) polidas com lixa de carvão de silício de granulação 240, ou (6) tratadas com jatos de óxido de alumínio com partículas de 50µm. Após o reembasamento, todos os corpos-de-prova foram armazenados em água à 37° C por 1 dia e, então, submetidos à termociclagem entre 4 e 60° C por 10.000 ciclos. A maior resistência de união da resina Kooliner foi obtida com aplicação

Revisão da Literatura

de diclorometano (5,6 MPa), enquanto a utilização de adesivo e monômero da resina de base proporcionaram os maiores valores para as resinas Triad (13,4 MPa) e GC (12,9 MPa). Tratamentos de superfície mecânicos, tais como polimento com lixas e abrasão a ar, teoricamente melhoram a resistência de união entre o material reembasador e a resina de base de prótese por remover substâncias que podem contaminar a área de união, proporcionar características mecânicas retentivas e maior área superficial para a retenção. Neste estudo, os efeitos dos tratamentos mecânicos foram geralmente positivos, embora nem sempre estatisticamente significantes. Solventes não polimerizáveis, como o diclorometano, agem dissolvendo e expandindo a camada superficial da resina para base de prótese. Esse processo aumenta a difusão dos materiais polimerizáveis, principalmente o metil metacrilato, a partir do material reembasador e promove a formação de um polímero de entrelaçamento mais extenso. Nesse estudo, o diclorometano melhorou significativamente a resistência de união do reembasador GC, mas seu efeito não foi significativo para as resinas Kooliner e Triad. Os monômeros da resina de base e dos materiais reembasadores são polimerizáveis. A penetração desses monômeros na resina de base teoricamente aumenta a união por meio de sua participação na polimerização. A aplicação do monômero da resina para base de prótese aumentou a resistência de união dos reembasadores Triad e GC. O tratamento com o adesivo da resina GC demonstrou um efeito positivo comparado com os corpos-de-prova não tratados. O adesivo da resina GC contém 70% de MMA e 30% de acetona. A ação do adesivo da resina GC é, provavelmente, mediada pela ação de solvente não polimerizável da acetona.

Ainda no ano de 2001, Takahashi e Chai⁴⁵ avaliaram a resistência de união, por meio de testes de cisalhamento, entre quatro polímeros de base (uma resina termobatida, uma processada em microondas, uma resina fluida quimicamente ativada e uma fotoativada) e quatro resinas para reembasamento (duas quimicamente ativadas e duas fotoativadas). Cilindros das resinas de base (10 mm de altura por 8 mm de diâmetro) foram polimerizados e, após polimento

Revisão da Literatura

com lixa de granulação 600, foram armazenados em água destilada a 37°C por 24 horas. Decorrido esse período, uma fita adesiva com orifício de 5 mm de diâmetro foi posicionada sobre a superfície de resina de base e um cilindro de teflon (5 mm de diâmetro interno e 5 mm de altura) foi posicionado sob o orifício. Os materiais de reembasamento foram inseridos no interior dos cilindros e polimerizados, seguindo as recomendações do fabricante. Previamente aos testes, todos os corpos-de-prova foram armazenados em água por quatro meses. Em seguida, 10 corpos-de-prova de cada grupo foram submetidos à termociclagem. A média de resistência de união entre os polímeros de base e os materiais reembasadores variaram do menor valor entre a base da resina Triad e o material Rebaron (4,7 MPa) ao maior valor entre Palapress e Rebaron (15,2 MPa). Os autores concluíram que o tipo de polímero do material de base e do material reembasador pode ter influenciado os resultados de resistência de união.

Ainda em 2001, a resistência de união entre a resina para reembasamento Kooliner e a resina para base de prótese Lucitone 550 foi avaliada, por meio de teste de flexão, em função de diferentes tratamentos de superfície por Leles et al.³⁰ Sessenta e três corpos-de-prova (25 X 10 X 64 mm) da resina Lucitone 550 foram confeccionados e polimerizados em banho de água a 73° C por 90 minutos seguido por 30 minutos em água em ebulição, sendo, em seguida, polidos com lixa 400 e armazenados em água à 37°C por 48 horas. Nove corpos-de-prova foram mantidos intactos para servirem como parâmetro de comparação. Os 54 corpos-de-prova remanescentes foram seccionados, tendo sido removidos 10 mm da região central. Os corpos-de-prova foram, então, divididos em 6 grupos de acordo com o tratamento da superfície: 1- sem tratamento; 2- aplicação do monômero da resina Lucitone 550 (metil metacrilato) por 180 segundos; 3- aplicação do monômero da resina Kooliner (isobutil metacrilato) por 180 segundos; 4- aplicação de clorofórmio por 5 segundos, seguida de aplicação de água destilada e secagem com ar; 5- aplicação de acetona por 5 segundos, seguida de aplicação de água destilada e secagem com ar; 6- aplicação de um adesivo experimental, composto por acetona e a resina Kooliner polimerizada, durante 5

Revisão da Literatura

segundos. Após o tratamento das superfícies, a união entre as partes foi realizada com a resina Kooliner, sendo, a seguir, os corpos-de-prova mantidos em água a 37°C por 48 horas. O teste de resistência à flexão foi realizado em 3 pontos a uma velocidade de 0.5 mm/min. Os resultados obtidos demonstraram que as falhas ocorridas entre a resina Kooliner e a resina de base Lucitone 550 foram predominantemente adesivas. As superfícies tratadas com o monômero da resina Lucitone 550 por 180 segundos apresentaram maior resistência à flexão comparadas aos grupos 1, 5 e 6. A utilização da acetona não resultou em aumento da resistência à flexão comparada ao grupo controle.

Também em 2001, Matsumura et al.³¹ avaliaram clinicamente durante o período de um ano, a resina Tokuso Rebase indicada para reembasamento imediato. Para realizar essa avaliação os autores consideraram as seguintes características: 1- manchamento, 2- descoloração, 3-separação entre o material reembasador e a resina de base, 4- adaptação da base aos tecidos de suporte e 5- irritação dos tecidos orais. Para o estudo foram selecionados 50 pacientes portadores de próteses que necessitavam de reembasamento, o qual foi realizado após desgaste e tratamento da superfície interna da base com diclorometano. Após o reembasamento, o agente endurecedor (Tokuso) foi aplicado sobre a superfície da prótese, durante 5 minutos e à 45°C, sendo, a seguir, realizado o ajuste oclusal e o polimento da prótese. Para a avaliação das características utilizou-se de sistema de classificação: Alfa=1, Bravo= 2 e Charlie=3. Embora os resultados tenham demonstrado um aumento no manchamento do material reembasador, o número de ocorrências foi o mesmo tanto para o reembasador como para a resina de base. A descoloração da material reembasador após 1 ano foi significativamente maior que aquela observada no período inicial, enquanto para a resina de base esse fato não ocorreu. Esses resultados indicam que a estabilidade de cor da resina para reembasamento é inferior àquela das resinas termopolimerizáveis e uma razão para esse fato pode ser a presença de agente redutor no material reembasador. Outro aspecto que pode contribuir para menor estabilidade de cor é a baixa conversão de monômero. Para o fator irritação

Revisão da Literatura

tecidual, apenas 1 paciente queixou-se de leve sintomatologia. Das 50 próteses reembasadas, somente 3 apresentaram falha na união entre a resina de base e a de reembasamento. Esses resultados, segundo os autores, indicaram que o material Tokuso Rebase pode ser adequadamente aderido à resina de base desde que a superfície seja desgastada e condicionada com diclorometano. A adaptação das próteses foi considerada muito satisfatória. Os autores concluíram que a resina Tokuso Rebase apresentou excelente comportamento em relação às características avaliadas, no entanto, períodos mais longos de observação são ainda necessários.

A resistência transversa, a resistência ao impacto, a deflexão e o módulo de elasticidade de 6 resinas acrílicas para base de prótese, sendo 2 de alto impacto (Trevalon Hi e Lucitone 199), 3 termopolimerizáveis (QC 20, Meliodent e Trevalon) e 1 injetável (SR- Ivocap), foram avaliadas por Uzun et al.⁴⁹ em 2002. Um molde de teflon de 60 X 10 X 4 mm foi utilizado para preparar as corpos-de-prova de resina acrílica. Todos os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada à temperatura de $20\pm 2^{\circ}$ C durante 15 dias antes dos testes. Vinte corpos-de-prova foram preparados para cada resina acrílica, 10 para os testes de resistência ao impacto e 10 para os de resistência transversa. Para a resistência ao impacto, os corpos-de-prova foram preparados com 7 mm de largura e um entalhe de 3,5mm foi realizado. O teste de impacto utilizado foi o tipo Charpy. A força foi aplicada no corpo-de-prova do lado oposto ao entalhe. Os resultados revelaram diferença significativa entre os grupos de resina acrílica para o teste de resistência ao impacto. SR Ivocap apresentou maior resistência ao impacto (5.845,2 N/m), seguida de Trevalon Hi (2.666,4 N/m), Lucitone 199 (2.475,4 N/m), Meliodent (2.051,3 N/m), QC 20 e Trevalon, as quais apresentaram os valores de resistência ao impacto aproximadamente 50% menores comparado com as outras resinas. Resistência ao impacto é a energia necessária para causar a fratura em um material quando submetido a força de atuação rápida. As resinas acrílicas de alto impacto são co-polímeros de acrílico e butadieno (o polímero – pó, é uma mistura de acrílico e partículas de borracha) e forma uma matriz de acrílico com inclusões de borracha. As inclusões de borracha previnem a propagação da trinca. Embora

Revisão da Literatura

essas resinas apresentem maior resistência ao impacto que as resinas convencionais, não proporcionaram valores significativamente maiores que todas as resinas convencionais avaliadas. A resina injetável demonstrou valores de resistência ao impacto significativamente maiores que os outros materiais avaliados.

Em 2003, Azzarri et al.⁶ investigaram o efeito de diferentes condições de aquecimento por microondas (tempo e potência) sobre o nível de monômero residual e as propriedades mecânicas de dureza e resistência ao impacto, de uma resina acrílica para base de prótese polimerizada por microondas (Ruthinium Micro Poll). Duas resinas termopolimerizáveis comerciais, uma de rápida polimerização (Protoquick) e uma convencional (Protoplast), ambas fabricadas com o mesmo polímero, foram utilizadas para comparação. Um forno de microondas doméstico foi utilizado para a polimerização dos corpos-de-prova. Vários grupos foram preparados com diferentes potências (200, 500 e 800W) e tempos de polimerização (5 e 10 minutos), proporcionando as seguintes condições experimentais: GI (200 W, 10 min.), GII (500 W, 5 min.), GIII (500 W, 10 min.) e GIV (800 W, 5 min.) A resistência ao impacto foi determinada pelo método Charpy e 6 corpos-de-prova com dimensões de 9,4 X 8,2 X 60 mm foram confeccionados para cada grupo. Os grupos GI (5,62 kJ/m²) e GIV (18,81 kJ/m²) mostraram diferenças significantes entre si e para os grupos (GII – 15,35 kJ/m² e GIII – 14,05 kJ/m²). A análise de monômero residual demonstrou que, inicialmente, ocorre uma liberação com velocidade mais rápida seguida por velocidade constante de liberação no período de 24 horas. Houve diferença significativa entre os grupos GI e GIII quando comparados com os grupos GII e GIV, tendo sido os menores valores observados para esses últimos. Todos os valores de resistência ao impacto, observados para as resinas polimerizadas por microondas, foram semelhantes àqueles observados em outros estudos para resinas à base de metil metacrilato, porém reforçadas com fibras de vidro ou polietileno, e maiores que aqueles obtidos no presente estudo para as resinas

Revisão da Literatura

termopolimerizáveis convencionais (Protoplast – $1,08 \text{ kJ/m}^2$) e polimerizadas com ciclo rápido (Protoquick – $2,98 \text{ kJ/m}^2$).

No mesmo ano, Karacaer et al.²⁵ determinaram o efeito de várias concentrações e comprimentos de fibras de vidro na resistência transversal, módulo de elasticidade e resistência ao impacto de polímeros para base de prótese, sendo um autopolimerizável pela técnica de injeção (PalaXpress) e outro termopolimerizável pela técnica de inclusão e prensagem (Meliodent). Os comprimentos de fibras avaliados foram de 4, 6 e 8 mm e as concentrações utilizadas para cada comprimento foram de 1, 3 e 5%, totalizando 10 grupos experimentais para cada resina. Grupos controle, sem qualquer reforço, também foram confeccionados para as duas resinas. Os corpos-de-prova para a resistência ao impacto ($60 \times 7,5 \times 4 \text{ mm}$) foram armazenados em água a $37 \pm 1^\circ \text{ C}$ para atingir a saturação. O teste foi realizado com o impacto Charpy e a resistência ao impacto (I) foi determinada com a seguinte fórmula: $I = E/WT(\text{J/m}^2)$, onde E é a energia de fratura da corpo-de-prova, W a largura e T a espessura da corpo-de-prova. Para as duas técnicas avaliadas, injeção e inclusão e prensagem, a resistência ao impacto foi afetada significativamente pela concentração de fibras, enquanto o efeito do comprimento da fibra não foi significativo. Os resultados demonstraram um aumento para as corpos-de-prova da resina injetável de, aproximadamente, 34% com o aumento nas concentrações de fibras, produzindo melhores resultados com 5% de quantidade de fibras (controle – $8,0 \text{ kJ/m}^2$; 5% - $10,7 \text{ kJ/m}^2$). Entretanto, quando a quantidade de fibras aumentou, uma tendência para a resistência ao impacto diminuir foi observada para os grupos da resina processada por prensagem (controle – $8,5 \text{ kJ/m}^2$; 5% - $6,3 \text{ kJ/m}^2$). Essa redução pode ser resultado do agrupamento de fibras e dos espaços vazios que podem agir como pontos de concentração de tensões na matriz do polímero e, assim, diminuir a adesão interfacial entre fibra e matriz.

Ainda em 2003, Zappini et al.⁵⁶ estudaram a propriedade de resistência à fratura de resinas para base de prótese, convencional e de alto impacto, e

Revisão da Literatura

compararam os resultados com medidas de resistência ao impacto. Quatro testes mecânicos foram utilizados nesse estudo: 3 de resistência ao impacto (2 do tipo Izod e 1 do tipo Charpy) e 1 de resistência à fratura. Sete resinas para base de prótese termopolimerizáveis foram selecionadas: 2 convencionais e 3 de alto impacto utilizando a técnica de prensagem, 1 material de alto impacto utilizando a técnica de injeção e 1 sistema de alto impacto, mono componente, processado utilizando a técnica de injeção. Para o teste de resistência ao impacto Charpy foram confeccionados 12 corpos-de-prova com dimensões de 80 X 10 X 4 mm. O entalhe foi feito na região central do corpo-de-prova, com profundidade de 2 mm, permanecendo 8 mm de material intacto. Todos os corpos-de-prova foram armazenados 7 dias em água a 37° C, seguido de 1 hora a 23° C antes dos testes. O teste foi realizado com um pêndulo 0,5 J de energia e velocidade de 2,9 m/s. A resistência do impacto Charpy foi calculada pela fórmula $a_{ca} = Ec / (h \cdot b_a)$, onde Ec é a energia absorvida pelo corpo-de-prova, h a espessura da corpo-de-prova e b_a a largura remanescente na base do entalhe. A unidade de medida para a_{ca} foi kJ/m². Nas duas resinas convencionais (Major 2 Base e Probase Hot) e 1 resina de alto impacto injetável (Ivocap Plus) não foram encontradas diferenças significativas (1,36 kJ/m², 1,36 kJ/m² e 1,47 kJ/m², respectivamente). Para o sistema mono componente injetável de alto impacto (Injectall IPF HI-I), a resistência foi significativamente menor (0,92 kJ/m²) que a resistência dos 3 últimos materiais citados. As resinas de alto impacto Trevalon Hi (2,71 kJ/m²) e GC Luxon (2,85 kJ/m²) não apresentaram diferença significativa. A resina de alto impacto Lucitone 199 (2,89 kJ/m²) foi estatisticamente igual à resina GC Luxon e superior à resina Trevalon Hi. Dependendo da configuração da carga (Izod ou Charpy), dimensões do corpo-de-prova, e a presença de entalhe e sua geometria, esse teste pode resultar em valores diferentes de resistência ao impacto. Embora exista adequada correlação entre as mensurações obtidas nos testes Charpy e Izod, seus valores absolutos diferem um do outro.

Jagger et al.²⁰, em 2003, avaliaram o efeito da adição de fibras de polimetil metacrilato, tratadas superficialmente, na resistência à flexão e ao impacto de uma

Revisão da Literatura

resina para base de prótese de alto impacto. As fibras de polimetil metacrilato com 0,75 mm de diâmetro foram fornecidas em forma contínua e utilizadas em dois comprimentos: 45 ou 70 mm. A resina de alto impacto utilizada foi a Lucitone 199, tendo sido as fibras adicionadas à resina em duas camadas, sendo a inferior paralela e a superior perpendicular em relação ao comprimento do corpo-de-prova. A superfície das fibras foi tratada com uma emulsão de látex de butadieno estireno por 10 segundos. Placas de resinas foram polimerizadas em banho de água a 70°C por 7 horas, seguidas por 3 horas a 100° C. As placas foram submetidas ao acabamento com lixas de granulação 320 e 600, sob irrigação. A seguir, foram recortadas para obtenção dos corpos-de-provas com 50 X 6 X 4 mm para o teste de impacto. Os corpos-de-prova foram armazenados em água à 37° C $\pm$ 2°C até completa saturação. Um entalhe em forma de V foi realizado nos corpos-de-prova de impacto, com profundidade de 0,8 mm permanecendo 3,2 mm de material intacto. Esse entalhe em forma de V concentra as tensões e reduz a influência de defeitos presentes na superfície do corpo-de-prova. A resistência ao impacto foi mensurada utilizando um pêndulo do tipo Charpy e os testes foram realizados a seco a 20 $\pm$ 2°C. Os valores obtidos foram de 11,1 kJ m⁻² e 12,5 kJ m⁻² para a resina com e sem reforço, respectivamente. Esses resultados demonstraram que a presença do reforço diminuiu a resistência ao impacto do material avaliado. Para a resistência à flexão, os resultados foram semelhantes com valores de 60,4 MPa para os corpos-de-prova sem reforço e de 57,8 MPa para aqueles reforçados com as fibras.

No ano seguinte, Minami et al.³³ determinaram o efeito da quantidade de água na resina para base de prótese e da ciclagem térmica na resistência ao cisalhamento de reparos realizados com resinas autopolimerizáveis. Os materiais utilizados neste estudo foram a resina termopolimerizável para base de prótese Lucitone 199, a resina autopolimerizável à base de metil metacrilato Repair Material, como material de reparo, e a resina autopolimerizável Tokuso Rebase, indicada como material para reembasamento. Os corpos-de-prova da resina de base foram polimerizados (90 minutos a 70° C e 30 minutos a 100°C) e divididos

Revisão da Literatura

em 3 grupos. Para o grupo 1, os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada por mais de 21 dias até completa saturação. No grupo 2, os corpos-de-prova foram secos com ar a 100° C por 30 segundos após o processo de saturação em água. Os corpos-de-prova do grupo 3 foram armazenados em dessecador por mais de 45 dias. A superfície de união foram mantidas sem tratamento ou foram tratadas por meio de abrasão com partículas de óxido de alumínio de 50µm a uma pressão de 0,5 MPa por 5 segundos ou imersão em solvente diclorometano por 5 segundos. As resinas autopolimerizáveis foram polimerizadas por 10 minutos a 37° C e, em seguida, os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada a 37° C por 24 horas. Cinco dos 10 corpos-de-prova de cada grupo foram submetidos à termociclagem por 50.000 ciclos em banho de água entre 4° C e 60° C com 1 minuto em cada temperatura. Quando preparadas nas mesmas condições experimentais, a resina Repair Material, à base de metil metacrilato, demonstrou maior resistência de união e melhor resistência à ciclagem térmica comparada à resina para reembasamento Tokuso Rebase, cujo líquido é composto pelo monômero β - metacriloil oxietil propionato e o agente de ligação cruzada 1,6 hexanediol dimentacrilato. O peso molecular do metil metacrilato é de, aproximadamente, 100, enquanto para o β - metacriloil oxietil propionato e o 1,6 hexanediol dimentacrilato os valores são de 186 e 254, respectivamente. Considerando-se que a união depende da difusão e penetração do monômero, na estrutura da resina de base, monômeros com menor peso molecular, como o metil metacrilato, podem ser vantajosos para a união. Para a resina Tokuso Rebase, a aplicação do diclorometano na superfície da resina de base proporcionou maiores valores de união quando comparado ao grupo sem tratamento. Segundo os autores, o diclorometano provavelmente atinge uma profundidade maior nas cadeias dos polímeros, por meio de deslocamento da água, e facilita a penetração do monômero.

De acordo com a revisão da literatura observou-se que, devido à baixa resistência ao impacto das resinas para base de prótese, diversos estudos têm sido realizados na tentativa de melhorar essa propriedade nesse material. Para isso, os

Revisão da Literatura

procedimentos que têm sido realizados são alterações na composição dessas resinas^{41,42}, bem como a adição de fibras à matriz resinosa^{7,8,14,15,16,20,22,23,24,25,26,27,28,29,48,50,53,54}. No entanto, apesar das resinas autopolimerizáveis, indicadas para o reembasamento imediato de próteses, serem comumente utilizadas para a readaptação das bases aos tecidos de suporte, até o presente momento, nenhum estudo referente à resistência ao impacto de bases de reembasadas foi realizado. Com isso julgou-se importante a realização de um estudo para avaliar a resistência ao impacto de uma resina termopolimerizável para base de prótese, antes e após o seu reembasamento, com diferentes materiais e tratamentos na superfície da resina de base. Além disso, o efeito de diferentes localizações de entalhe foi avaliado.

Proposição

3. Proposição

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência ao impacto de uma resina termopolimerizável para base de prótese, antes e após o seu reembasamento, o qual foi realizado utilizando-se a mesma resina de base ou duas resinas autopolimerizáveis indicadas para o reembasamento do tipo imediato. Foi avaliado, ainda, o efeito de diferentes tratamentos na superfície da resina de base, previamente ao reembasamento, sobre essa propriedade. Além disso, foram realizados entalhes tanto na largura, correspondente ao material reembasador quanto na espessura dos corpos-de-prova.

Material e Método

4. Material e Método

4.1. Materiais

- Água destilada
- Cola em bastão (Faber Castell, São Paulo, SP, Brasil);
- Copo descartável;
- Detergente neutro Limpol ® (Bombril-Cirio, São Paulo, SP, Brasil);
- Gesso tipo III Herodent (Vigodent S.A. Ind. Comércio, Bonsucesso, RJ, Brasil);
- Gesso pedra melhorado tipo IV (Polidental Indústria e Comércio Ltda, São Paulo, SP, Brasil);
- Isolante à base de alginato para resinas acrílicas Cel lac, (SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brasil);
- Folha de acetato (Sercopel, São Paulo, SP, Brasil);
- Lâmina para microscopia (Perfecta Ind. e Com. Ltda., São Paulo, SP, Brasil);
- Lixa d'água com granulação 240 (3M do Brasil, Ribeirão Preto, SP, Brasil);
- Lixa d'água com granulação 400 (3M do Brasil, Ribeirão Preto, SP, Brasil);
- Recipientes plásticos com tampa;
- Resina acrílica autopolimerizável **Tokuso Rebase** (Tokuyama Company, Ltd., Tóquio, Japão) - lote U5702Y2;
- Resina acrílica autopolimerizável **Ufi Gel Hard** (Voco, Cuxhaven, Alemanha) - lote 027120;
- Resina acrílica termopolimerizável **Lucitone** (Dentsply Indústria e Comércio Ltda, Petrópolis, RJ, Brasil) –lote P64979 e L37375;
- Silicone de condensação Gel catalisador Indurent (Zhermack – Badia Polesine – Rovigo - Itália);

Material e Método

- Silicone de condensação Zetaplus consistência densa (Zhermack - Badia Polesine - Rovigo - Itália);
- Vaselina sólida (Labsynth Produtos para Laboratórios Ltda, Diadema, SP, Brasil).

4.2. Aparelhos

- Balança digital modelo BL 210S - precisão de 0,0001 g (Sartorius, Göttingen, Alemanha);
- Fresa entalhadora modelo Notchvis (Ceast, Pianezza, Itália);
- Estufa de cultura 502 Orion (Fanem Ltda, São Paulo, SP, Brasil);
- Máquina de Resistência ao Impacto modelo RESIL 25R (Ceast, Pianezza, Itália);
- Máquina para polimento metalográfico Metaserv 2000 (model 95-2829, Buehler UK Ltd., Coventry, Inglaterra.);
- Medidor de profundidade (Ceast, Pianezza, Itália);
- Paquímetro digital, modelo 500-144B, (Mitutoyo Sul América Ltda; Suzano, SP, Brasil);
- Prensa hidráulica (Vipi Delta, Pirassununga, São Paulo, Brasil);
- Termopolimerizadora modelo P-100 (Termotron-equipamentos, Piracicaba, SP, Brasil);
- Vibrador para gesso (EDG Equipamentos e Controle Ltda, São Paulo, SP, Brasil).

4.3. Instrumentos

- Escova dental Tek dura (Johnson & Johnson Comércio e Distribuição Ltda, São Paulo, SP, Brasil);
- Espátula nº 36 Duflex (SS White, Rio de Janeiro, RJ, Brasil);
- Espátula para gesso de inox, com cabo de madeira (Jon Comércio de Produtos Odontológicos Ltda, São Paulo, SP, Brasil);

Material e Método

- Gral de borracha (JON Comércio de Produtos Odontológicos Ltda, São Paulo, SP, Brasil);
- Matriz retangular em aço inoxidável vazada com 60 mm de comprimento x 2 mm de altura x 6 mm de largura;
- Matriz retangular em aço inoxidável vazada com 60 mm de comprimento x 4 mm de altura x 6 mm de largura;
- Mufla nº 6 (OGP Produtos Odontológicos, São Paulo, SP, Brasil);
- Pincel nº 175 (Tigre S/A, Osasco, SP, Brasil);
- Pipeta graduada 1/100 (Satelit, Araraquara, SP, Brasil);
- Pipetador (Boeco, Hamburgo, Alemanha);
- Placa de vidro para espatulação;
- Pote de vidro com tampa (Jon Comércio de Produtos Odontológicos Ltda, São Paulo, SP, Brasil);
- Prensa manual para termopolimerização (OGP Produtos Odontológicos, São Paulo, SP, Brasil);
- Seringa hipodérmica.

4.4. Métodos

4.4.1. Obtenção dos corpos-de-prova

Para a confecção dos corpos-de-prova foram utilizados os materiais Ufi Gel Hard e Tokuso Rebase que são resinas acrílicas autopolimerizáveis indicadas para reembasamento do tipo imediato (Figuras 1 e 2). A resina Lucitone 550 é uma resina do tipo termopolimerizável convencional, utilizada tanto na confecção de bases de próteses como também para a realização do reembasamento do tipo mediato, tendo sido incluída nesta pesquisa como parâmetro de comparação (Figura 3).

Material e Método



Figura 1 – Reembasador Ufi Gel Hard



Figura 2 – Reembasador Tokuso Rebase



Figura 3 – Resina para base de prótese
Lucitone 550

Os corpos-de-prova foram confeccionados utilizando-se padrões de silicone a partir duas matrizes metálicas retangulares que apresentam cavidades internas com 60 mm de comprimento e 6 mm de largura. A altura dessas cavidades é de 4 mm para uma das matrizes e 2 mm para a outra. As matrizes apresentam, ainda, um sulco lateral de escape que une as cavidades internas à parte externa das matrizes, cujo objetivo é permitir o extravasamento de possíveis excessos de material durante a confecção dos corpos-de-prova reembasados com as resinas autopolimerizáveis (Figura 4).



Figura 4 – Matrizes metálicas

Inicialmente, as matrizes eram isoladas com vaselina e posicionadas sobre placas de vidro recobertas com folha de acetato. A seguir, silicone de condensação era manipulado, de acordo com as instruções do fabricante, e inserido nas cavidades internas das matrizes metálicas. O silicone era recoberto com folha de acetato e outra placa de vidro era, então, pressionada, manualmente, sobre o silicone, até seu contato com as matrizes metálicas, sendo mantida durante a polimerização do material (Figura 5). Em seguida, os padrões em silicone obtidos (60X6X4mm e 60X6X2mm) eram removidos das matrizes metálicas, fixados sobre lâminas de vidro e incluídos, individualmente, na parte inferior de muflas, utilizando-se gesso tipo IV, de maneira convencional (Figura 6). Após a presa do gesso, sua superfície era isolada e outra lâmina de vidro era fixada ao padrão com cola. As contra-muflas eram, então, posicionadas e preenchidas com gesso, sob vibração.



Figura 5 – Obtenção do padrão de silicone



Figura 6 – Padrão de silicone incluído em mufla

Após a presa do gesso, as muflas eram abertas e os padrões de silicone removidos, obtendo-se, dessa forma, moldes de gesso para a confecção dos corpos-de-prova da resina termopolimerizável Lucitone 550 (Figura 7).



Figura 7 – Molde para confecção dos corpos-de-prova

A resina Lucitone 550 foi proporcionada de acordo com as instruções do fabricante, sendo o pó pesado em balança de precisão e o líquido mensurado em pipeta graduada. A seguir, a resina era manipulada em um pote de vidro durante 30 segundos, aguardando-se sua fase plástica. Os moldes obtidos nas muflas eram, então, preenchidos com a resina, utilizando-se uma espátula 36, a mufla era fechada e levada para a prensa hidráulica a uma carga de 1,25 ton.. Decorridos

Material e Método

trinta minutos da prensagem inicial, as muflas eram, então, transferidas para prensas manuais e, a seguir, era iniciado o ciclo de polimerização, realizado sob compressão, em banho de água (tabela 1).

Tabela 1 – Materiais, sigla, proporção pó/líquido e ciclo de polimerização

Resina	Sigla	Proporção pó/líquido	Ciclo de Polimerização
Lucitone 550	L	2,1 g de pó	90 minutos em água a 73°C e 30
		1,0 ml de líquido	minutos em água a 100°C
Ufi-Gel Hard	UH	2,12 g de pó	8,5 minutos a temperatura ambiente
		1,2 ml de líquido	
Tokuso Rebase	TR	2,056 g de pó	5,5 minutos a temperatura ambiente
		1,0 ml de líquido	

Ao final do ciclo de polimerização, era realizado o resfriamento em temperatura ambiente por 30 minutos, quando, então, as muflas eram imersas em água corrente por 15 minutos sendo, posteriormente, abertas para a remoção dos corpos-de-prova. Em seguida, os corpos-de-prova eram submetidos ao acabamento, em politriz automática, com lixa de carbetto de silício de granulação 400, com o objetivo de se remover os excessos laterais. Essa granulação de lixa foi utilizada para tentar evitar o aparecimento de trincas no corpo-de-prova. Após a realização desse procedimento, os corpos-de-prova eram mensurados em três pontos, utilizando-se um paquímetro digital, para verificação de sua largura e espessura. Então, os corpos-de-prova eram armazenados a 37°C por 48 ± 2 horas individualmente em recipientes plásticos.

Seguindo-se os procedimentos descritos anteriormente, foram confeccionados 20 corpos-de-prova com 4 mm de espessura, os quais foram mantidos intactos, para avaliação da resistência ao impacto da resina de base termopolimerizável Lucitone 550. Com relação à espessura de 2 mm, foram confeccionados 120 corpos-de-prova, os quais foram divididos em 6 grupos com

20 repetições cada, de acordo com as condições experimentais avaliadas, apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 – Condições experimentais.

Sigla	Condição experimental
L/L/ST	Resina Lucitone 550 reembasada com resina Lucitone 550, sem tratamento superficial
L/L/M	Resina Lucitone 550 reembasada com resina Lucitone 550, com aplicação de monômero na área de união*
L/UH/A	Resina Lucitone 550 reembasada com resina Ufi Gel Hard, com aplicação de adesivo na área de união**
L/UH/MA	Resina Lucitone 550 reembasada com resina Ufi Gel Hard, com aplicação de monômero* e adesivo na área de união**
L/TR/A	Resina Lucitone 550 reembasada com resina Tokuso Rebase, com aplicação de adesivo na área de união**
L/TR/MA	Resina Lucitone 550 reembasada com resina Tokuso Rebase, com aplicação de monômero* e adesivo na área de união**

***Monômero metil metacrilato da própria resina L, aplicado durante 180 segundos³⁰.**

**** Adesivos fornecidos pelos fabricantes das resinas para reembasamento.**

Para a confecção dos corpos-de-prova reembasados, relativos a cada um dos grupos experimentais, após a armazenagem, as superfícies de união dos corpos-de-prova da resina de base L, com 2 mm de espessura, eram submetidas ao acabamento, em politriz automática com lixas de carbetto de silício de granulação 240⁴⁴. Esse procedimento foi realizado para a padronização da topografia das superfícies de união, tendo sido utilizados o tempo de 10 segundos para cada meia volta, num total de 40 segundos por corpo-de-prova, e a velocidade controlada de 350 rpm. A seguir, as superfícies eram limpas com escova e detergente durante 20 segundos e os corpos-de-prova eram posicionados na cavidade interna da matriz metálica com 4 mm de altura. A superfície de união era tratada de acordo com as condições apresentadas na tabela 2 (Figuras 8 e 9). Em seguida, os materiais reembasadores, proporcionados e manipulados seguindo-se as recomendações dos

respectivos fabricantes (Tabela 1), eram inseridos na matriz (Figura 10). Os materiais eram recobertos com lâmina de acetato e comprimidos, manualmente, com placas de vidro, sendo mantidas até sua polimerização (Figura 11).

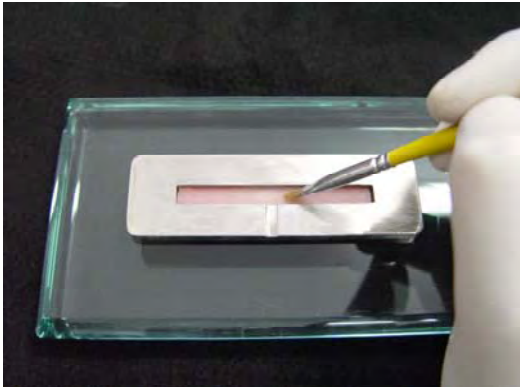


Figura 8 - Tratamento da superfície de união com monômero

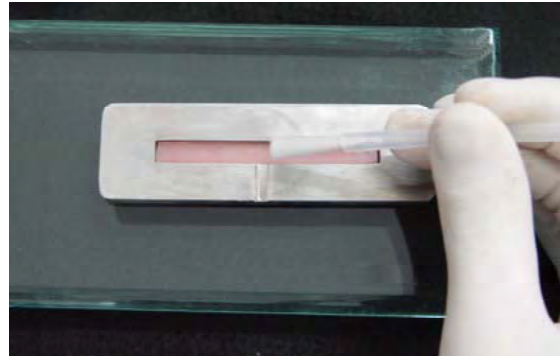


Figura 9 - Tratamento da superfície de união com adesivo



Figura 10 – Material reembasador sendo inserido na matriz

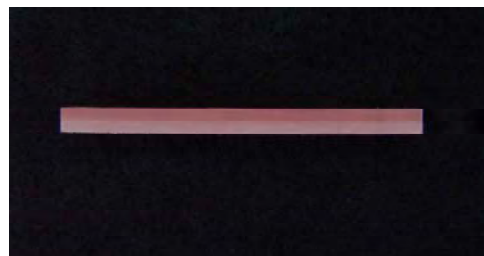


Figura 11 –Corpo-de-prova reembasado

Para os corpos-de-prova que foram reembasados com a própria resina de base termopolimerizável, inicialmente, padrões em silicone eram obtidos utilizando-se a matriz metálica com 4 mm de altura. Esses padrões eram incluídos, individualmente, entre duas lâminas de vidro, em muflas, utilizando-se gesso pedra melhorado de maneira convencional. Após a presa do gesso, as muflas eram abertas, os padrões de silicone removidos, obtendo-se, dessa forma, moldes com 4 mm de espessura. A seguir, os corpos-de-prova da resina L com 2 mm de

espessura, previamente submetidos ao acabamento e limpeza, foram posicionados no interior dos moldes em gesso. Após as superfícies da resina de base terem sido tratadas de acordo com as condições experimentais, os 2 mm restantes eram preenchidos com a resina L. A polimerização era, então, realizada seguindo-se os mesmos procedimentos descritos anteriormente (Tabela 1).

4.4.2. Entalhe dos corpos-de-prova

Após a confecção dos corpos-de-prova, um entalhe era realizado na região central, perpendicular ao comprimento^{1,8,13,14,16,17,20,21,22,23,24,26,29,35,36,39,43,49,50,54,56} utilizando-se o entalhador CEAST (Figura 12) com velocidade mínima. Esse procedimento, segundo Vallittu, Vojtkova & Lassila⁵⁴, é realizado para simular os alívios realizados para os freios, labial e laterais, usualmente presentes nas bases das próteses, avaliando-se seu efeito sobre a resistência ao impacto. Além disso, de acordo com alguns autores^{20,22,23}, o entalhe em forma de V, concentra as tensões e elimina o efeito de defeitos superficiais sobre os corpos-de-prova.

Para metade dos corpos-de-prova (10 intactos e 60 reembasados) o entalhe (0,8 mm de profundidade) era realizado na largura, ou seja, na superfície correspondente ao material reembasador (E1), permanecendo, ainda, 3,2 mm de espessura do corpo-de-prova intacto (Figura 13)^{8,13,16,17,20,21,23,22,24}. Para os 70 corpos-de-prova restantes, o entalhe (1,2 mm de profundidade) foi realizado na espessura, envolvendo, dessa forma, o material reembasador e a resina de base (E2), permanecendo 4,8 mm de material intacto (Figura 14)⁵⁶.

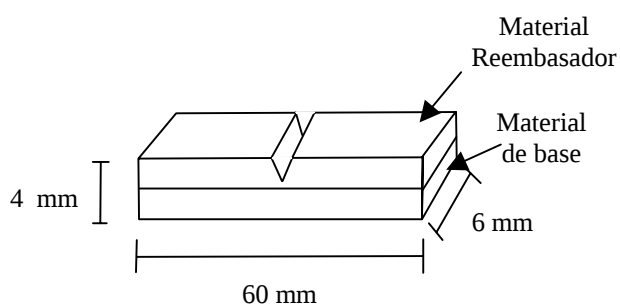


Figura 13 – Entalhe E1.

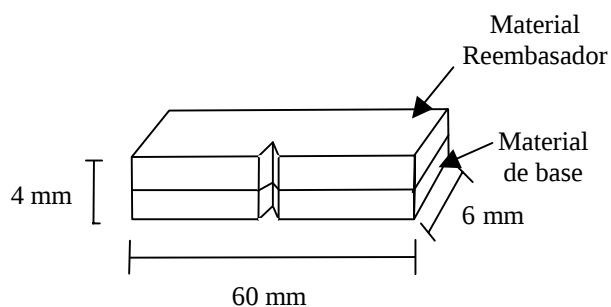


Figura 14 – Entalhe E2.

Os corpos-de-prova eram, então, posicionados em um medidor CEAST para confirmar a profundidade dos entalhes realizados (Figura 15).



Figura 12 – Entalhador CEAST

Figura 15 – corpo-de-prova posicionado no medidor de profundidade CEAST

4.4.3. Ensaio de resistência ao impacto

Os testes de resistência ao impacto, tipo Charpy, foram realizados no Departamento de Engenharia de Materiais, DEMa, da Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, sob a supervisão do Prof. Dr. Sebastião V. Canevarolo Jr., co-orientador desta pesquisa. Esse tipo de teste mede a energia absorvida pelo corpo-de-prova durante a fratura³⁷.

Para a execução do ensaio de resistência ao impacto foi constatado, em testes preliminares, que a energia do menor pêndulo (2 J) disponível no referido departamento, era muito alta para os materiais avaliados neste estudo. Em função desse aspecto e com base em consulta à literatura, foi estabelecida a necessidade de se confeccionar um pêndulo de 0,5 J, seguindo-se as normas da ISO 179. Essa norma determina que o pêndulo de 0,5 J deve possuir massa entre 117,7 e 120,1 gramas e distância entre o centro de rotação e ponto de impacto de $229,7 \pm 0,1$ mm.

Além disso, o batente deve apresentar raio de curvatura de $2\pm 0,5$ mm e ângulo de $30^\circ \pm 1^\circ$. A Figura 17 demonstra, em um corte do pêndulo, essas configurações de raio e ângulo. Esses requisitos são necessários para que no momento do impacto a velocidade seja de $2,9 \text{ m/s}^{19}$. O pêndulo de 2 J disponível no DEMa segue as determinações de outra norma. Esse pêndulo apresenta a distância entre o centro de rotação e o ponto de impacto de $326,8\pm 0,03$ mm, e massa entre 332,6 e 336,0 gramas. Para a realização do desenho do novo pêndulo, foi necessária a diminuição do volume em relação ao pêndulo de 2 J de 2,76 a 2,86 vezes, tendo em vista que o de 0,5 J seria confeccionado utilizando-se o mesmo material. Dessa forma, diminuindo-se o volume, a massa seria reduzida na mesma proporção. Essa diminuição foi realizada de forma proporcional para que o centro de massa não fosse deslocado do batente do pêndulo. A densidade do pêndulo de 2 J calculada foi de, aproximadamente, 3 g/cm^3 , indicando que o material utilizado na sua confecção é uma liga de alumínio. Após a diminuição do volume do pêndulo de 2 J, foi iniciado o desenho utilizando-se o programa Auto Cad. Durante a realização dessa fase, o desenho foi modificado, várias vezes, com o objetivo de atender os diversos requisitos da norma (Figura 16)¹⁹.

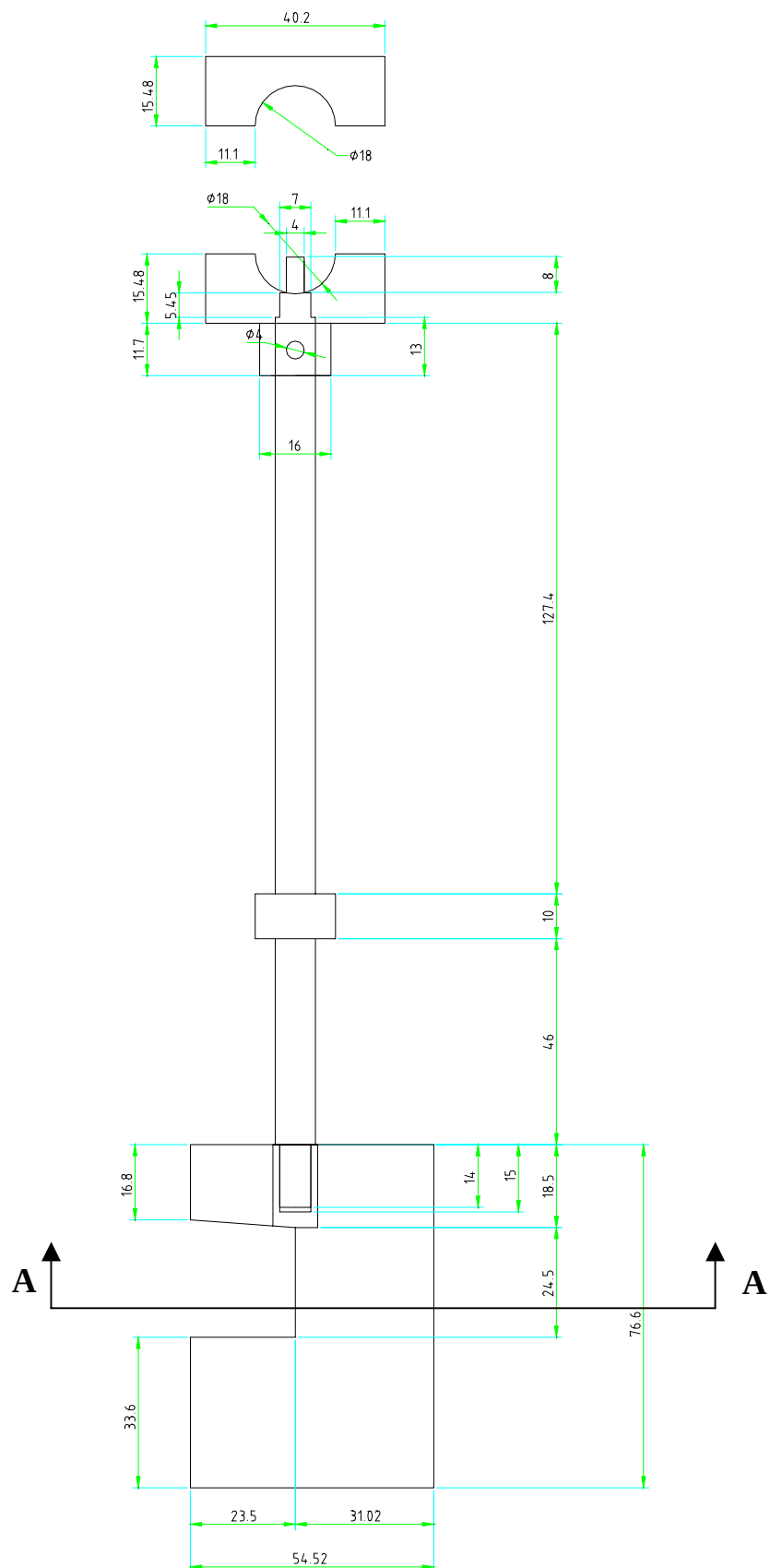


Figura 16 – Vista lateral do desenho final do martelo de 0,5 J com corte AA

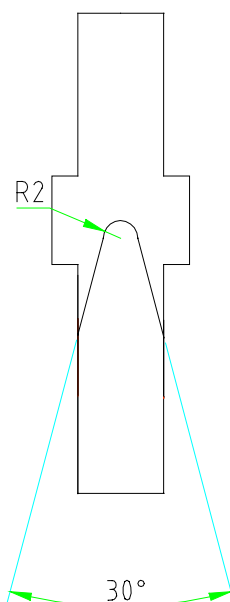


Figura 17 – Corte AA do pêndulo indicando o raio de curvatura de 2 mm e ângulo de 30°

Após a obtenção do pêndulo, o primeiro passo foi verificar se o peso do novo pêndulo estava correto. Para isso, esse foi pesado, horizontalmente em uma balança de precisão onde foi verificada uma massa de 118,7g, atendendo, dessa forma, as especificações da norma¹⁹. Foi verificada a necessidade de confecção de um suporte para aumentar a altura do apoio dos corpos-de-prova, tendo em vista que o comprimento do pêndulo de 0,5 J é menor. Esse suporte foi construído seguindo-se o modelo de um apoio já existente, específico para ser utilizado na máquina de resistência ao impacto.

4.4.4. Validação do pêndulo de 0,5 J

Após a confecção do novo pêndulo e de seu suporte, este foi submetido a alguns testes para sua validação comparando-se com os resultados obtidos com os

pêndulos de 2 J e de 4 J existentes no equipamento. Para isso, 60 corpos-de-prova de poliestireno foram confeccionados pelo processo de injeção, tendo sido testados 20 para cada pêndulo. Os resultados desses testes estão apresentados na Figura 18.

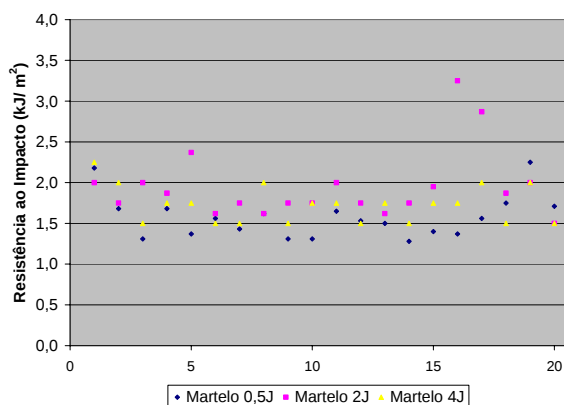


Figura 18 – Resultados dos testes com poliestireno para validação do pêndulo confeccionado.

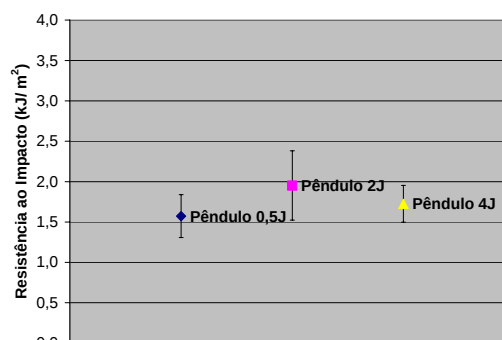


Figura 19 – Médias e desvios padrão obtidos pelos três pêndulos nos testes com poliestireno.

O aparelho fornece a energia absorvida em um leitor digital. O fabricante recomenda que se troque o fundo de escala, através de um potenciômetro, toda vez que se trocar o pêndulo. Durante a validação do novo pêndulo, o fundo de escala foi trocado de forma que os valores obtidos no mostrador foram da mesma ordem de grandeza e estão dentro da faixa de erro (Figura 19), para todos os pêndulos (0,5 J; 2 J; 4J). Esse procedimento facilita a rápida verificação de que o novo pêndulo (Figura 20) produz dados confiáveis e, portanto, podendo ser utilizado na determinação da resistência ao impacto de materiais frágeis como as resinas acrílicas para base de prótese.



Figura 20 – Pêndulo de 0,5 J

De acordo com as normas para o teste de impacto tipo Charpy, o pêndulo era liberado de seu ponto de repouso (Figura 21) sem o corpo-de-prova estar posicionado, medindo-se, assim, a energia residual (energia do atrito da engrenagem e resistência do ar sobre o pêndulo) para que essa energia não interferisse no resultado final. Esse procedimento era realizado três vezes, obtendo-se a média das energias mensuradas. O corpo-de-prova era, então, apoiado horizontalmente sobre os apoios do aparelho, distantes entre si 50 mm, com o entalhe posicionado corretamente no trajeto realizado pelo pêndulo (Figura 22). O pêndulo, quando em posição de repouso, forma um ângulo de 150° com o corpo-de-prova (Figura 21). Uma força de $0,5 \text{ J}^{9,13,14,15,27,37,40,53,54,56}$ era, então, aplicada pelo pêndulo na região central do corpo-de-prova, do lado oposto ao entalhe^{49,50}, (Figura 22), sendo que a energia absorvida pelo corpo-de-prova, durante sua fratura, era obtida por meio da diferença de energia antes e após a

fratura. Tal valor é fornecido pelo aparelho. No momento do impacto a velocidade do pêndulo era de 2,9 m/s¹⁹.

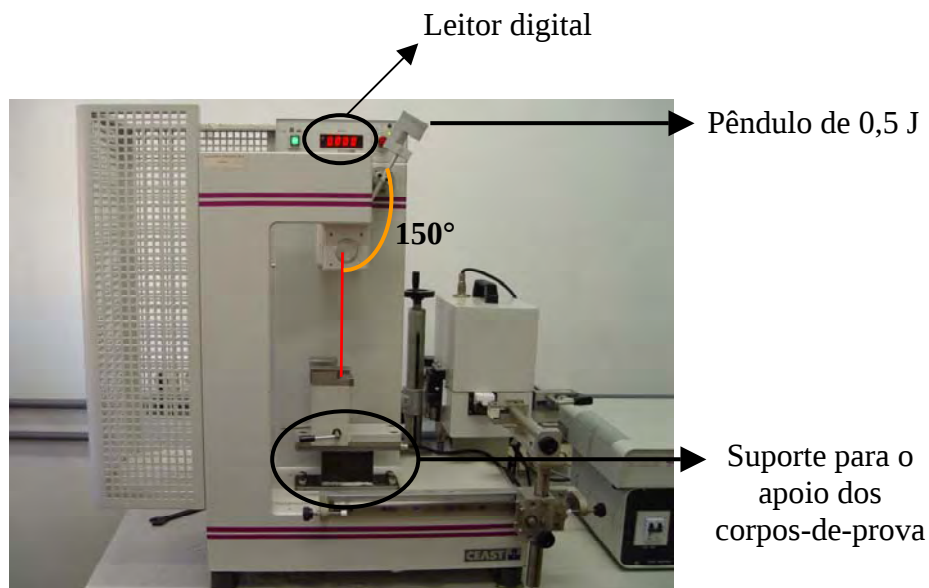


Figura 21 – Máquina de Resistência ao impacto com pêndulo em seu ponto de repouso formando um ângulo de 150° com o corpo-de-prova

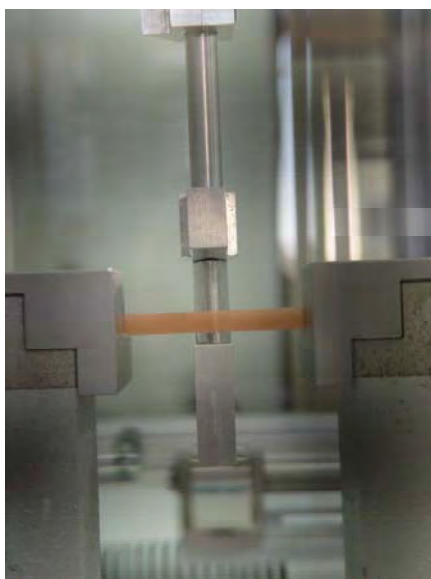


Figura 22 – Entalhe posicionado no trajeto do pêndulo. Força aplicada no lado oposto ao entalhe.

Os valores obtidos na máquina de resistência ao impacto são fornecidos em J e a seguinte fórmula foi utilizada para se calcular a resistência ao impacto dos corpos-de-prova em kJ/m²:

$$\mathbf{R.I. = \frac{E}{L \cdot e}}$$

sendo **R.I.** a resistência ao impacto em kJ/m², **E** a energia absorvida pelo corpo-de-prova, **L** a largura e **e** espessura de material intacto abaixo do entalhe.

4.4.5. Planejamento experimental

Neste estudo, a variável de análise considerada (resistência ao impacto) foi avaliada em relação a 7 **Condições Experimentais** (1 intacto e 6 reembasados) com 10 repetições cada. Nessas condições experimentais, foram utilizados dois posicionamentos para o entalhe, perfazendo, dessa forma, um total de 140 corpos-de-prova.

Resultados

5. Resultados

Os valores obtidos durante os testes de resistência ao impacto, localização de entalhe avaliada, estão apresentados nas tabelas 1 e 2 do apêndice.

Inicialmente, foram analisados os dados dos corpos-de-prova relativos ao entalhe E1, tendo sido observado que o reembasamento com o Tokuso Rebase, com a aplicação de somente o adesivo na superfície de união (L/TR/A), apresentou resistência ao impacto maior do que as outras condições experimentais. Além disso, a média e o desvio padrão dessa condição foram cerca de três vezes maiores do que a maior média e o maior desvio padrão das demais. Em função desses aspectos, diferenças entre as médias de resistência ao impacto poderiam não ser detectadas com a inclusão dessa condição em uma análise de variância conjunta. Dessa forma, para os corpos-de-prova com entalhes longitudinais, a análise de variância foi realizada para avaliar a resistência ao impacto, sem incluir a condição L/TR/A.

A análise de variância foi complementada por comparações múltiplas de médias pelo teste de Tukey, tendo sido adotado o nível de 5% de significância como critério para aceitar a evidência de diferença significativa entre médias. As pressuposições da análise de variância de homogeneidade de variância entre as condições experimentais e de normalidade dos resíduos foram provadas, respectivamente, pelos testes de Levene e de Shapiro-Wilk. Dessa forma, os resultados foram, então, submetidos ao teste paramétrico de análise de variância, cujo resumo encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Análise de variância dos corpos-de-prova com entalhe E1.

<i>Fonte de variação</i>	<i>S. Q.</i>	<i>G. L.</i>	<i>Q. M.</i>	<i>F</i>	<i>Prob. (H)</i>
Condição experimental	3,534	6	0,589	25,697	<0,001
Resíduo	1,449	63	0,023		
Total	4,983	69			
Homogeneidade de variâncias: p= 0,204 (Levene)					
Normalidade dos resíduos: p= 0,353 (Shapiro-Wilk)					

Resultado

A tabela 3 demonstra que houve efeito significativo para o fator Condição Experimental ($p < 0,001$). O teste de Tukey foi utilizado para a comparação múltipla de médias e os valores de probabilidade correspondentes a essas comparações estão na tabela 3 do apêndice. Essas comparações estão resumidas no gráfico de médias da figura 23, onde letras iguais indicam que não há evidência de diferença significativa entre as médias ao nível de 5%.

Resultado

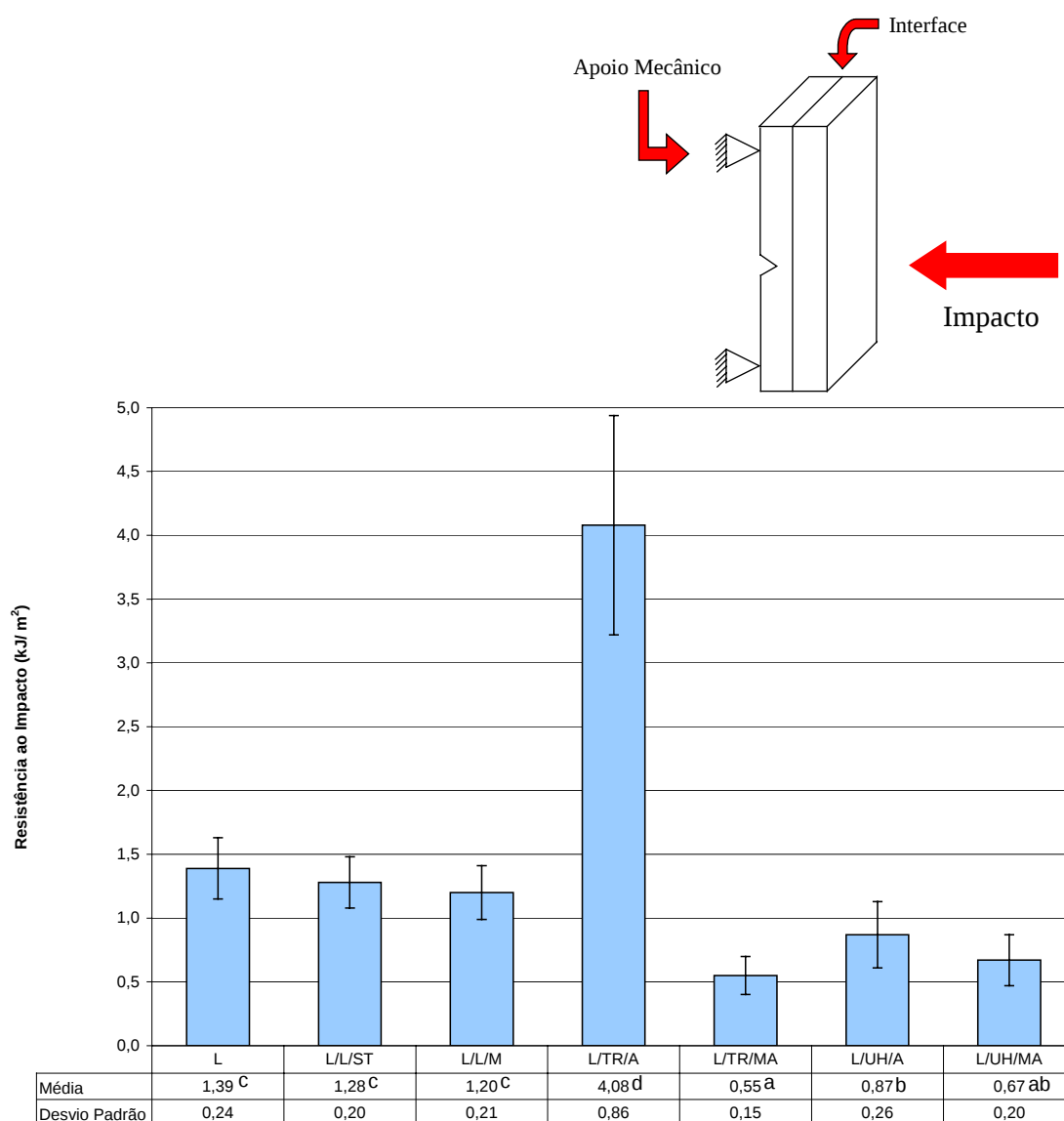


Figura 23 – Valores de média de resistência ao impacto e de desvio padrão para as amostras reembasadas e da resina L intacta, testadas com entalhe E1.

Analisando a Figura 23 observa-se que as médias de resistência ao impacto das condições experimentais L/L/ST, L/L/M e L foram estatisticamente iguais entre si. A condição L/UH/MA foi estatisticamente igual tanto à média da condição L/UH/A como da L/TR/MA. Entretanto, houve diferença estatisticamente significativa entre as médias das condições L/TR/MA e L/UH/A, tendo esta última proporcionado o maior valor de resistência ao impacto. Como

Resultado

acentuado anteriormente, a maior média é do grupo L/TR/A, cerca de três vezes maior do que as médias das segundas maiores.

Para fins comparativos, a Tabela 4 apresenta, em porcentagem, a resistência ao impacto dos corpos-de-prova reembasados em relação à resistência ao impacto do material termopolimerizável quando testado intacto (L).

Tabela 4 – Valores, em porcentagem, de resistência ao impacto dos corpos-de-prova reembasados em relação à resina termopolimerizável (L). Entalhe E1.

<i>Condição Experimental</i>					
L/L/ST	L/L/M	L/TR/A	L/TR/MA	L/ UH/A	L/ UH/MA
92,08%	86,33%	293,52%	39,56%	62,58%	48,20%

Na análise da Tabela 4, observa-se que apenas o reembasamento L/TR, com aplicação de adesivo na superfície de união, apresentou resistência ao impacto superior ao material L quando testado intacto. Para os demais reembasamentos, a resina L quando unida ao mesmo material (L/L) proporcionou os maiores valores de resistência ao impacto em porcentagem, em relação ao valor médio obtido quando o material L foi testado isoladamente.

Da mesma forma que para os dados dos corpos-de-prova com entalhe E1, os resultados daqueles testados com entalhe E2 também foram submetidos à análise de variância, seguida pelo teste de Tukey ao nível de 5% de confiança. O resumo da análise de variância, bem como os resultados dos testes de Levene e Shapiro-Wilk encontram-se na Tabela 5.

Resultado

Tabela 5 – Análise de variância dos corpos-de-prova com entalhe E2.

<i>Fonte de variação</i>	<i>S. Q.</i>	<i>G. L.</i>	<i>Q. M.</i>	<i>F</i>	<i>Prob. (H)</i>
Condição Experimental	5,95	5	1,190	25,771	<0,001
Resíduo	2,484	54	0,046		
Total	8,434	59			

Homogeneidade de variâncias: $p = 0,681$ (Levene)

Normalidade dos resíduos: $p = 0,572$ (Shapiro-Wilk)

A análise de variância demonstrou que o fator Condição Experimental foi significativo. Os valores p do teste de Tukey para a comparação múltipla de médias estão na tabela 4 do apêndice. Essas comparações estão resumidas no gráfico de médias da figura 24, no qual letras iguais indicam que não há evidência de diferença significativa entre as médias ao nível de 5%.

Resultado

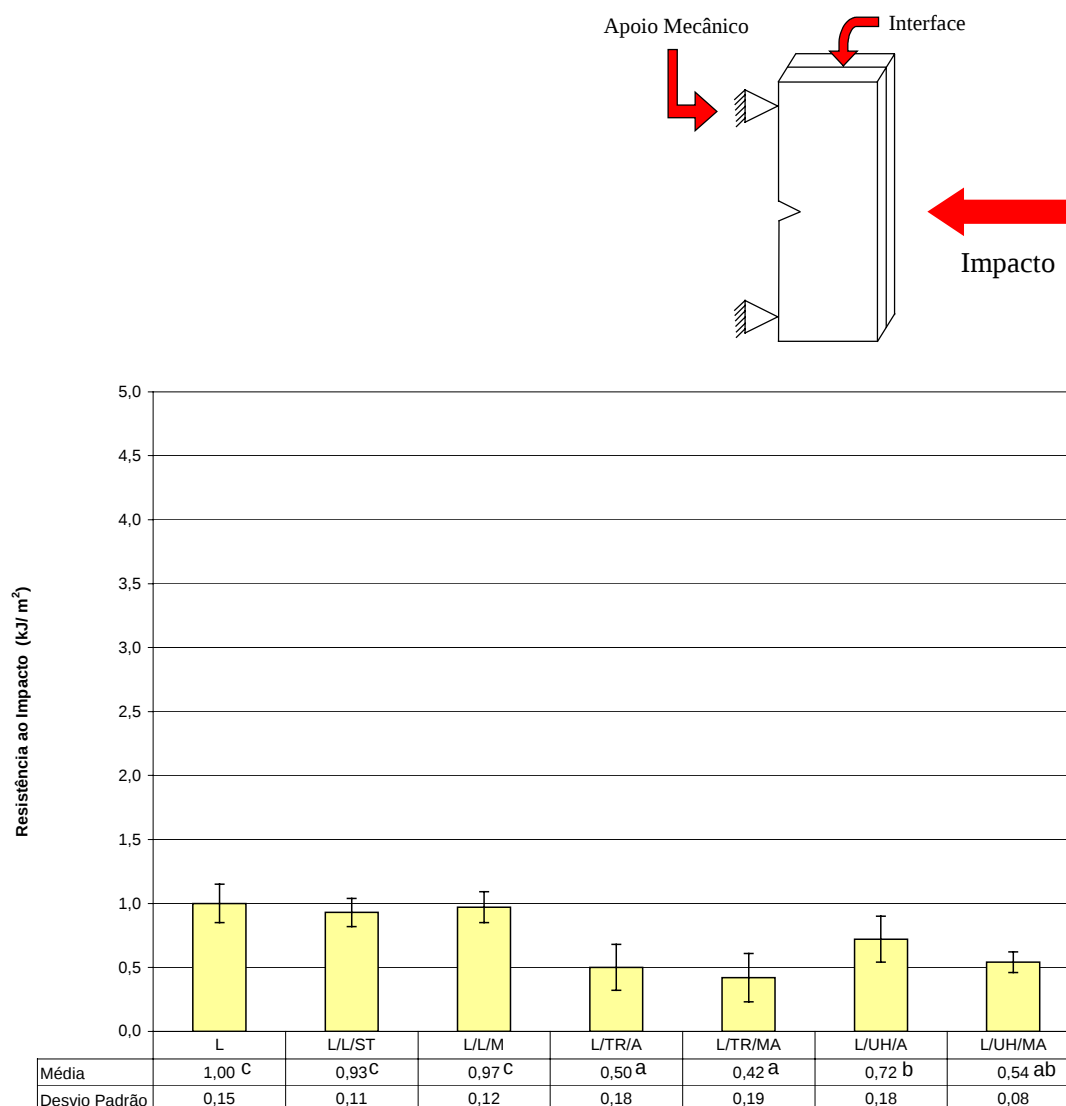


Figura 24 – Valores médios de resistência ao impacto para as amostras reembasadas e da resina L intacta, testadas com entalhe E2.

Quando se analisa a figura 24 observa-se que as médias obtidas nas condições L/L/ST, L/L/M e L foram estatisticamente iguais entre si e maiores que as demais. As médias de resistência ao impacto não apresentaram diferença significativa entre as condições L/UH/MA, L/TR/A e L/TR/MA. Além disso, a condição L/UH/MA foi estatisticamente igual à condição L/UH/A, cuja média foi estatisticamente superior às das condições L/TR/A e L/TR/MA.

Resultado

Na Tabela 6 estão as comparações, em porcentagem, das resistências ao impacto dos reembasamentos em relação ao material termopolimerizável testado intacto (L).

Tabela 6 – Valores, em porcentagem, de resistência ao impacto dos corpos-de-prova reembasados em relação à resina termopolimerizável (L). Entalhe E2.

<i>Condição Experimental</i>					
L/L/ST	L/L/M	L/TR/A	L/TR/MA	L/ UH/A	L/ UH/MA
93%	97%	50%	42%	72%	54%

Todos os corpos-de-prova fraturaram exibindo um comportamento típico de fratura frágil, exceto para uma parte dos corpos-de-prova da condição experimental L/TR/A com entalhe E1, tendo sido evidenciada a delaminação entre a resina de base e o material reembasador (Figura 25).

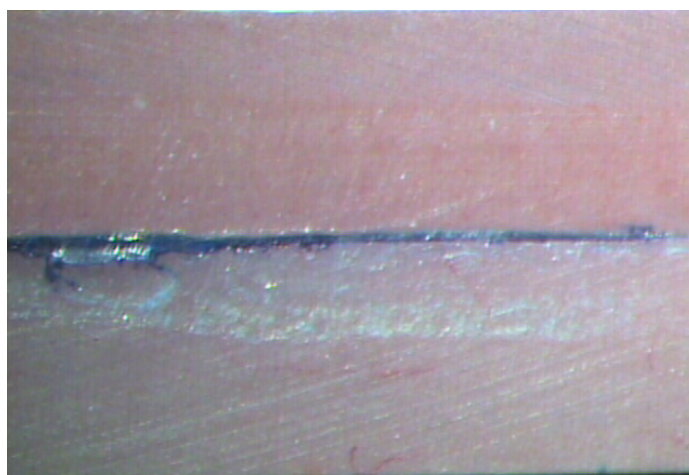


Figura 25 – Delaminação entre a resina de base e o reembasador evidenciada por um corante na interface de união

Discussão

6. Discussão

A resistência ao impacto é a energia necessária para causar a fratura em um material quando submetido à força de atuação muito rápida^{32,49}. O presente estudo comparou a resistência ao impacto da resina termopolimerizável Lucitone 550 (L) antes e após o seu reembasamento, que foi realizado utilizando-se o mesmo material (reembasamento mediato) ou as resinas autopolimerizáveis Tokuso Rebase Fast (TR) e Ufi Gel Hard (UH), indicadas para o reembasamento do tipo imediato, com diferentes tratamentos da superfície de união. Além disso, foram realizados entalhes em duas localizações (E1 e E2) nos corpos-de-prova (Figuras 13 e 14).

Diferentes métodos para a avaliação da resistência ao impacto de polímeros têm sido desenvolvidos. Segundo Price e Earnshaw³⁹, um método freqüentemente utilizado é o teste Charpy, pelo qual o corpo-de-prova é apoiado, horizontalmente, sobre dois suportes e submetido à carga de impacto em flexão por meio de um pêndulo. Nesse teste, a energia de fratura é calculada pela redução da energia cinética do pêndulo, dada pela diminuição da altura de oscilação após a fratura do corpo-de-prova. A energia é expressa por unidade de área, correspondente à secção transversal localizada abaixo do entalhe, para se obter o valor da resistência ao impacto do material. O teste Charpy tem sido amplamente utilizado por outros autores^{6,17,20,25,26,27,28,29,32,37,38,39,40,43,49,50,53,54,56}, tendo sido selecionado para o presente estudo com o objetivo de comparar os resultados obtidos bem como sua interpretação e discussão.

Os resultados demonstraram que, para as duas localizações de entalhes avaliadas, as médias de resistência ao impacto obtidas quando o reembasamento foi realizado com a resina L, independentemente do tratamento da superfície de união (sem tratamento – L/L/ST; aplicação do monômero da resina de base – L/L/M), foram estatisticamente iguais entre si e àquela observada para a resina de base quando testada sem reembasamento (L). Para o entalhe E2, os valores médios verificados para as condições experimentais L/L/ST (0,93 kJ/m²) e L/L/M (0,97 kJ/m²) foram equivalentes a 93% e 97% da resistência ao impacto da resina de base testada sem reembasamento (1,00 kJ/m²). Para o entalhe E1, as médias

Discussão

obtidas nas condições experimentais L/L/ST (1,28 kJ/m²) e L/L/M (1,20 kJ/m²) corresponderam a 92,08% e 86,33% da resistência ao impacto da resina de base L (1,39 kJ/m²). Esses resultados sugerem que, quando o reembasamento é realizado com a mesma resina termopolimerizável utilizada na confecção da base, a resistência ao impacto da base da prótese é mantida.

Nos testes de impacto de corpos-de-prova entalhados, a trinca se inicia sempre na base do entalhe⁵⁴. No presente estudo, tanto nos corpos-de-prova do reembasamento mediato como naqueles da resina termopolimerizável intacta, a base dos entalhes E1 e E2 era localizada sempre na resina L. Dessa forma, podemos supor que a energia necessária para a formação da trinca tenha sido similar nas condições L/L/ST, L/L/M e L, resultando na igualdade entre os valores médios de resistência ao impacto (Figuras 23 e 24).

Quando foi realizado o entalhe E2, a sua base localizava-se tanto no material reembasador como na resina de base (Figura 14) e o início e a propagação da trinca ocorreram simultaneamente nos dois materiais. Nessa situação, a resistência dos materiais apresenta maior influência sobre os valores obtidos que a união. No reembasamento mediato, o reembasador e a resina de base são o mesmo material e, portanto, a composição e as propriedades mecânicas são similares, promovendo, dessa forma, igual resistência ao impacto do conjunto reembasado, independente do tratamento de superfície (L/L/ST e L/L/M). Esse mesmo efeito também foi responsável para a igualdade observada entre essas duas condições e a resina de base L intacta (Figura 14).

Para os corpos-de-prova reembasados e entalhados com E1, a base do entalhe e, conseqüentemente, o início da trinca localizam-se no material reembasador (Figura 13). Durante sua propagação, a trinca deve ultrapassar a interface de união entre os dois materiais para, finalmente, propagar-se pela resina de base. No presente estudo, o reembasamento mediato foi realizado sem nenhum preparo da superfície de união ou após a aplicação do monômero da resina de base L. Esse tipo de tratamento foi selecionado com base em estudo anterior que evidenciou ter esse procedimento proporcionado aumento significativo na resistência de união entre uma resina para reembasamento imediato (Kooliner) e a

Discussão

resina de base L³⁰. Vallittu et al.⁵⁵ também observaram que a aplicação de monômero à base de metil metacrilato sobre a superfície de união por 180 segundos aumentou significativamente a resistência de reparos de resina termopolimerizável realizados com resina autopolimerizável. Entretanto, os resultados do presente estudo evidenciaram que o tratamento com monômero não apresentou efeito significativo na resistência ao impacto, tendo em vista que as médias de L/L/ST e L/L/M foram estatisticamente iguais entre si. Além disso, não houve diferença entre essas duas condições e a resina L testada intacta (Figura 23), sugerindo que os corpos-de-prova reembasados comportaram-se como uma estrutura única. Tem sido relatado que a união entre resinas ocorre por meio da formação de cadeias poliméricas, denominadas de polímero de entrelaçamento, na interface entre os materiais⁵⁵. A formação desse polímero está relacionada com a difusão do monômero de um dos materiais para a estrutura polimérica do outro^{45,51,52}. No presente estudo, no reembasamento mediato, a resina L permaneceu na fase plástica, sob pressão, por 30 minutos em contato com a resina de base polimerizada. Durante esse período, o monômero da resina na fase plástica pode ter se difundido para a estrutura da resina L polimerizada. Além disso, nos reembasamentos mediatos, o ciclo de polimerização utiliza temperaturas mais altas, podendo incluir, como no presente estudo, um período de imersão em água à temperatura de ebulição. Vallittu et al.⁵² relataram que a difusão do monômero depende do tempo de contato e da temperatura de polimerização. Esses autores observaram que, quando a resina termopolimerizável foi unida a dentes artificiais de resina acrílica, a interface de união apresentou-se mais difusa que aquela observada com a resina autopolimerizável. Segundo os autores, a maior extensão de difusão dos monômeros da resina termopolimerizável para o interior do dente artificial ocorreu não somente pela maior temperatura de polimerização utilizada como também pelo maior tempo de contato antes da reação de polimerização. Outro fator que pode influenciar a união entre polímeros é a similaridade química entre os materiais. Arena et al.² estudaram a resistência de união entre resinas para base de prótese e para reembasamento imediato e observaram que o maior valor foi obtido com a combinação Triad VLC/Triad

Discussão

Reline. Segundo os autores, esse resultado foi relacionado ao fato de esses dois materiais apresentarem composição idêntica. Dessa forma, provavelmente, os fatores tempo de contato, temperatura de polimerização e similaridade química, presentes na técnica de reembasamento mediato, tenham proporcionado união adequada e interface difusa entre os materiais, independentemente da aplicação do monômero, proporcionando igualdade tanto entre L/L/ST e L/L/M como entre essas condições e a resina L intacta.

A análise dos resultados obtidos quando o reembasamento foi realizado com o material TR, para o entalhe E2 (Figura 24), evidenciou que não houve diferença significativa entre as duas condições avaliadas e que as médias obtidas foram estatisticamente inferiores à da resina de base L intacta. Os valores médios obtidos para os dois tratamentos de superfície da resina de base avaliados (adesivo - L/TR/A; monômero da resina de base seguido de adesivo - L/TR/MA) foram $0,50 \text{ kJ/m}^2$ e $0,42 \text{ kJ/m}^2$, respectivamente. Esses valores equivalem a 50% e 42% da resistência ao impacto da resina de base testada intacta ($1,00 \text{ kJ/m}^2$). Considerando-se que nesse entalhe a propagação da trinca ocorre simultaneamente no material reembasador e na resina de base, essas diferenças sugerem que a resistência ao impacto da resina TR é menor que a da resina L. Esses resultados podem estar relacionados à composição dos materiais utilizados. O material L é uma resina termopolimerizável convencional, à base de polimetil metacrilato, apresentando, ainda, na composição do líquido, o agente de ligação cruzada etileno glicol dimetacrilato (EGDMA). Tem sido observado que a adição de 10% desse agente aumenta a resistência ao impacto. Entretanto, tendo em vista que esse agente apresenta cadeias poliméricas curtas, o aumento da sua concentração resulta em diminuição dos valores obtidos^{9,35,38}. Em função desses aspectos, usualmente o fabricante limita a concentração do EDGMA em 15%^{5,38}. Embora a composição exata da resina L não seja conhecida, os resultados obtidos sugerem que a concentração de EDGMA não deve ultrapassar o limite citado. Com relação ao material TR, o pó é à base de polietil metacrilato enquanto o líquido é composto por β -metacrilóil oxietil propionato e o agente de ligação cruzada é o 1,6-hexanediol dimetacrilato⁵. De acordo com Arima⁵, o β - metacrilóil oxietil

Discussão

propionato é um monômero monofuncional com duas ligações éster e forma cadeias poliméricas mais flexíveis comparado ao metilmetacrilato. O agente de ligação cruzada 1,6-hexanediol dimetacrilato apresenta cadeias mais longas que o EDGMA. Entretanto, apesar da sua composição, os valores obtidos para os corpos-de-prova reembasados com esse material foram menores que os da resina de base L intacta. Uma possível explicação para esses resultados seria a concentração do agente de ligação cruzada, que, segundo Arima et al.³, é de 60,2%. De acordo com Oku³⁵, o aumento na quantidade de ligações cruzadas diminui a fluidez do polímero e promove redução da resistência ao impacto. Assim, a alta concentração presente no material TR provavelmente promove a formação de uma estrutura polimérica com maior densidade de ligações cruzadas e, portanto, mais rígida, diminuindo a resistência ao impacto³².

Diferentemente dos resultados obtidos com o entalhe E2, para os corpos-de-prova entalhados com E1, não houve igualdade entre as médias proporcionadas pelos dois tratamentos de superfície avaliados, tendo sido o valor de L/TR/A (4,08 kJ/m²) significativamente maior que o do L/TR/MA (0,55 kJ/m²). Esses valores, em relação à resistência da resina L intacta, correspondem a 293,52% e 39,56%, respectivamente. Tendo em vista a direção de propagação da trinca para o entalhe E1, o ancoramento entre os dois materiais apresenta uma forte influência sobre a resistência ao impacto. A direção de propagação da trinca associada à diferença de comportamento dos corpos-de-prova reembasados com a resina TR, nos dois entalhes avaliados, indicam que, para esse material, o tratamento da superfície de união apresentou efeito significativo.

A interpretação desses resultados pode ser realizada tomando-se como base os estudos que têm avaliado a utilização de fibras de reforço sobre a resistência ao impacto de resinas termopolimerizáveis para base de prótese, à base de metil metacrilato. Jagger & Harrison²³ relataram que a união entre a fibra e a matriz polimérica pode exercer um papel importante no sucesso do reforço. À medida que a trinca se propaga através da matriz e encontra uma fibra, se a união entre essas partes é correta (nem excessiva ou mínima), a fibra não irá se fraturar, e a trinca será defletida ao longo de seu comprimento. Por meio desse mecanismo,

Discussão

a trinca pode ser desviada na interface da fibra várias vezes, produzindo uma rede de trincas. Entretanto, se a união entre a fibra e a matriz for excessiva, a trinca pode se propagar através da fibra como se o material fosse homogêneo, sem a presença de qualquer reforço. Em estudo posterior, Jagger et al.²² também ressaltaram que, embora a união entre a fibra e a matriz polimérica possa influenciar no sucesso do reforço, uma união mais efetiva nessa interface não é sempre necessária ou mesmo desejável. Um exemplo da influência dessa união nos resultados obtidos tem sido observado com o auto-reforço, realizado com fibras de polimetil metacrilato. Segundo os autores²², nesse tipo de reforço, em função da similaridade química entre a matriz e as fibras, provavelmente, a união entre essas partes seja excessiva e, dessa forma, essas fibras não oferecem nenhuma resistência à propagação da trinca e, conseqüentemente, nenhuma melhoria na resistência ao impacto^{22,23}.

Com base nesses estudos, podemos supor que a união da condição experimental L/TR/A não foi tão efetiva quanto aquela obtida na condição L/TR/MA e, que houve deflexão da trinca na interface, tendo sido observada, em grande parte dos corpos-de-prova, delaminação, ou seja, separação total ou parcial entre a resina para reembasamento e a resina de base. Para que a deflexão e a delaminação ocorram, é necessário alto consumo de energia e, assim, maior média de resistência ao impacto foi obtida na condição L/TR/A. O tratamento da superfície de união, para os corpos-de-prova dessa condição, foi realizado com o adesivo do material TR. Esse adesivo é o solvente não polimerizável diclorometano⁴, que atua dissolvendo e expandindo a camada superficial da resina para base de prótese⁴⁴, promovendo a penetração da resina de reembasamento, podendo resultar na formação de uma camada mista formada pelos dois materiais⁴. Alguns estudos observaram que a utilização do diclorometano proporcionou um aumento na resistência de união entre resinas termopolimerizáveis e a resina para reembasamento imediato Tokuso Rebase Fast^{33,44} quando comparadas a superfícies não tratadas. Entretanto, os resultados do presente estudo sugerem que a associação do adesivo da resina TR e o monômero da resina de base L promoveu uma união mais efetiva. Apesar do metil

Discussão

metacrilato apresentar baixa capacidade de dissolver a superfície da resina termopolimerizável, esse monômero penetra na estrutura da resina de base e polimeriza simultaneamente com a resina reembasadora⁴. Além disso, a aplicação do monômero resulta em poros na superfície da resina de base e, dessa forma, a retenção mecânica entre os dois materiais é estabelecida por meio dessa camada⁴. Esses mecanismos devem ter contribuído para aumentar a adesão entre os materiais TR e L, permitindo a propagação da trinca pela interface de união, sem deflexão ou delaminação. Como consequência, o valor de resistência ao impacto obtido foi menor, com diferença significativa entre as condições experimentais L/TR/A e L/TR/MA, considerando-se que, quanto maior a adesão entre os materiais, menor a resistência ao impacto^{22,23,24,26,29}.

Para os corpos-de-prova reembasados com a resina UGH, foi observado que, para os dois entalhes avaliados, as médias de resistência ao impacto das condições experimentais L/UH/A e L/UH/MA foram estatisticamente iguais entre si e significativamente menores que as da resina L intacta. Para o entalhe E2, os valores obtidos foram 0,72 kJ/m² (L/UH/A) e 0,54 kJ/m² (L/UH/MA), representando 72% e 54% da resistência ao impacto da resina L intacta. Esses resultados podem ser atribuídos à composição da resina UH, que é similar à do material TR. O componente do pó é o polietil metacrilato, enquanto o líquido é composto por 2-hidroxietil metacrilato (HEMA) e o mesmo agente de ligação cruzada presente no material TR (1,6-hexanediol dimetacrilato). Embora o fabricante não informe a concentração desse agente, podemos supor que a estrutura polimérica formada durante a polimerização da resina UH também apresente grande quantidade de ligações cruzadas sendo, portanto, rígida. Nos corpos-de-prova com entalhe E1, os valores observados foram 0,87 kJ/m² (L/UH/A) e 0,67 kJ/m² (L/UH/MA), tendo sido estatisticamente iguais entre si e equivalentes a 62,58% e 48,20% da média obtida com a resina L testada intacta. A igualdade entre essas duas condições pode ter ocorrido graças à composição do adesivo da resina Ufi Gel Hard, que apresenta 2-hidroxietil metacrilato (HEMA) e diclorometano, um monômero e um solvente, respectivamente. Takahashi e Chow⁴⁴ verificaram que a utilização do agente adesivo da resina GC Reline

Discussão

aumentou a resistência de união com a resina de base termopolimerizável quando comparada com superfícies não tratadas. Esse agente adesivo, semelhante ao da resina UH, também apresenta um monômero (70% de metil metacrilato) e um solvente (30% de acetona). Segundo os autores, a atuação do adesivo, provavelmente, é mediada pela ação do solvente não polimerizável. Dessa forma, tendo em vista que o adesivo já possui monômero à base de metacrilato, a aplicação do monômero da resina de base L, provavelmente, não produziu efeito significativo na união e, conseqüentemente, não houve diferença significativa entre as condições experimentais L/UH/A e L/UH/MA.

Durante os testes de resistência ao impacto, foi observado que, para todos os corpos-de-prova, a fratura teve início sempre na base do entalhe¹⁷. Foi verificado ainda que, com exceção da condição experimental L/TR/A, para o entalhe E1, todos os corpos-de-prova fraturaram exibindo um comportamento típico de fratura frágil, demonstrado pela falta de distorção das partes fraturadas. Essa observação está de acordo com a de outros pesquisadores que também têm constatado esse tipo de fratura em resinas para base de prótese^{8,16,17}.

As diferenças entre as metodologias empregadas dificultam a comparação direta dos resultados obtidos no presente estudo com aqueles da literatura. Apesar disso, os valores apresentados pela resina L intacta nos dois entalhes avaliados (E1 - 1,39 kJ/ m²; E2 - 1,00 kJ/ m²) são similares àqueles relatados para resinas termopolimerizáveis convencionais à base de metil metacrilato^{13,16,17,24}.

O entalhe em forma de V simula os alívios, para os freios labial e laterais, usualmente realizados nas bases das próteses⁵⁴. Considerando-se que, em bases reembasadas, o entalhe localiza-se no material reembasador, o corpo-de-prova entalhado com E1 é o que mais se assemelha à situação clínica. Nessa localização de entalhe, a condição experimental L/TR/A apresentou valores médios de resistência ao impacto cerca de três vezes maiores que os das outras condições. Matsumura et al.³¹ realizaram um estudo clínico pelo qual constataram que, das 50 próteses reembasadas, somente 3 apresentaram falha na união entre a resina de base e a de reembasamento após um ano. O material utilizado nesse estudo foi o Tokuso Rebase e o tratamento da superfície de união foi realizado com

Discussão

diclorometano, o mesmo da condição L/TR/A. Esses resultados sugerem que o reembasamento imediato utilizando-se o material Tokuso Rebase e aplicação de diclorometano, como tratamento de superfície da resina de base, além de resultar em uma alta resistência ao impacto, proporciona adequada resistência de união após o período de um ano³¹. Entretanto, é importante salientar que, para a seleção do material reembasador, a resistência ao impacto, bem como outras propriedades mecânicas, devem ser avaliadas.

Conclusão

7. Conclusão

De acordo com as condições experimentais deste estudo, pôde-se concluir que:

1) a resistência ao impacto da resina L permaneceu inalterada após o reembasamento com o mesmo material, independentemente do tratamento da superfície de união ($P > .05$);

2) para os dois tratamentos, o reembasamento com a resina UH resultou em resistência ao impacto significativamente menor quando comparada com a resina L intacta ($P < .05$);

3) o maior valor médio de resistência ao impacto foi obtido por meio do reembasamento com o material TR, quando a superfície de união foi tratada com diclorometano e o entalhe E1 foi utilizado.

Referências

8. Referências*

1. AL-MULLA, M.A.S. et al. Some physical and mechanical properties of a visible light activated material. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v.4, n.4, p.197-200, Aug., 1988.
2. ARENA C.A.; EVANS D.B.; HILTON T.J. A comparison of bond strengths among chairside hard reline materials. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.70, n.2, p.126-131, Aug., 1993.
3. ARIMA T.; MURATA H.; HAMADA T. Analysis of composition and structure of hard autopolymerizing reline resins. **J. Oral. Rehabil.**, Oxford, v.23, n.7, p.346-352, May, 1996.
4. ARIMA T. et al. Composition and effect of denture base resin surface primers for reline acrylic resins. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.75, n.4, p.457-462, Apr., 1996.
5. ARIMA T.; MURATA H.; HAMADA T. Properties of highly cross-linked autopolymerizing reline acrylic resins. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.73, n.1, p.55-59, Jan., 1995
6. AZZARRI, M.J.; CORTIZO, M.S.; ALESSANDRINI, J.L. Effect of the curing conditions on the properties of an acrylic denture base resin microwave-polymerised. **J. Dent.**, Guildford, v.31. n.7, p.463-468, Sep., 2003.
7. BRADEN, M. et al. Denture base poly (methyl methacrylate) reinforced with ultra-high modulus polyethylene fibres. **Br. Dent. J.**, London, v.164, n.4, p.109-113, Feb., 1988.

* Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6023**: Informação e documentação –referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.

Referências

8. CARLOS, N.B.; HARRISON, A. The effect of untreated UHMWPE beads on some properties of acrylic resin denture base material. **J. Dent.**, Guildford, v.25, n.1, p.59-64, Jan., 1997.
9. CAYCIK S.; JAGGER R.G. The effect of cross-linking chain length on mechanical properties of a dough-molded poly(methylmethacrylate) resin. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v.8, n.3, p.153-157, May, 1992.
10. CHAI J.; TAKAHASHI Y.; KAWAGUCHI M. The flexural strengths of denture base acrylic resins after relining with a visible-light-activated material. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v.11, n.2, p.121-124, Apr., 1998.
11. CUCCI A.L.M. et al. Tensile bond strength of hard chairside relined resins as influenced by water storage. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.26, n.8, p.631-634, Aug., 1999.
12. CUCCI A.L.M. et al. Water sorption, solubility, and bond strength of two autopolymerizing acrylic resins and one heat-polymerizing acrylic resin. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.80,n.4, p.434-438, 1998.
13. DAR-ODEH, N.S.; HARRISON, A.; ABU-HAMMAD, O. An evaluation of self-cured and visible light-cured denture base materials when used as denture base repair material. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.24, n.10, p.755-760, Oct., 1997.
14. GUTTERIDGE, D.L. Reinforcement of poly (methyl methacrylate) with ultra-high-modulus polyethylene fibre. **J. Dent.**, Guildford, v.20, n.1, p.50-54, Feb., 1992.

Referências

15. GUTTERIDGE, D.L. The effect of including ultra-high-modulus polyethylene fibre on the impact strength of acrylic resin. **Br. Dent. J.**, London, v.164, n.6, p.177-180, Mar., 1988.

16. HARRISON, A.; CONSTANTINIDIS, V.I.; VOWLES, R. The effect of surface treated UHMWPE beads on some properties of acrylic resin denture base material. **Eur. J. Prosthodont. Rest. Dent.**, Larkfield, v.5, n.1, p.39-42, Mar., 1997.

17. HARRISON, A.; MAGARA, J.B.; HUGGETT, R. The effect of variation in powder particle size on the doughing and manipulation times and some mechanical properties of acrylic resin. **Eur. J. Prosthodont. Rest. Dent.**, Larkfield, v.3, n.6, p.263-268, Dec., 1995.

18. HAYWOOD J, et al: A comparison of three hard chairside denture reline materials. Part I. Clinical evaluation. **Eur. J. Prosthodont. Restor. Dent.**, v.11, n.4, p.157-163, Dec.,2003.

19. International Standard Organization ISO 179: 1993 (E). *Determination of Charpy impact strength*. Geneva. Switzerland

20. JAGGER D. et al. The effect of the addition of poly (methyl methacrylate) fibres on some properties of high strength heat-cured acrylic resin denture base material. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.30, n.3, p.231-235, Mar., 2003.

21. JAGGER, D.C. et al. An investigation into the transverse and impact strength of 'high strength' denture base acrylic resins. **J. Oral Rehabil.**, Oxford., v.29, n.3, p.263-267, Mar., 2002.

Referências

22. JAGGER D. et al. The effect of addition of surface treated chopped and continuous poly (methyl methacrylate) fibres on some properties of acrylic resin. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.28, n.9, p.865-872, Sep., 2001.
23. JAGGER, D.C.; HARRISON, A. The effect of continuous poly (methyl methacrylate) fibres on some properties of acrylic resin denture base material. **Eur. J. Prosthodont. Rest. Dent.**, Larkfield., v.8, n.4, p.135-138, Dec., 2001.
24. JAGGER, D.C.; HARRISON, A.; AL-MARZOUQ, K. Effect of the addition of poly (methyl methacrylate) beads on some properties of acrylic resin. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard. v.13, n.5, p.378-382, Sep-Oct., 2000.
25. KARACAER, O. et al. The effect of length and concentration of glass fibers on the mechanical properties of an injection- and a compression-molded denture base polymer. **J.Prosth. Dent.**, St. Louis, v.90, n.4, p.385-393, Oct., 2003.
26. LADIZESKY, N.H.; CHOW, T.W.; CHENG, Y.Y. Denture base reinforcement using woven polyethylene fiber. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v.7, n.4, p.307-314, Jul-Aug., 1994.
27. LADIZESKY N.H. et al. Acrylic resin reinforced with chopped high performance polyethylene fiber - properties and denture construction. **Dent. Mat.**, Copenhagen, v.9, n.2, p.128-135, Mar., 1993.
28. LADIZESKY, N.H. et al. Acrylic resins reinforced with woven highly drawn linear polyethylene fibres. 3. Mechanical properties and further aspects of denture construction. **Aust. Dent. J.**, Sydney, v.38, n.1, p.28-38, Feb., 1993.

Referências

29. LADIZESKY, N.H.; CHOW, T.W. The effect of interface adhesion, water immersion and anatomical notches on the mechanical properties of denture base resins reinforced with continuous high performance polyethylene fibres. **Aust. Dent. J.**, Sydney, v.37, n.4, p.277-289, Aug., 1992.
30. LELES C.R. et al. Bonding strength between a hard chairside relining resin and a denture base material as influenced by surface treatment. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.28, n.12, p.1153-1157, Dec., 2001.
31. MATSUMURA et al. Clinical evaluation of a chemically cured hard denture relining material. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.28, n.7, p.640-644, Jul. 2001.
32. MEMON, M.S.; YUNUS, N.; RAZAK, A.A.A. Some mechanical properties of a highly cross-linked, microwave-polymerized, injection-molded denture base polymer. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v.14, n.3, p.214-218, May-June, 2001.
33. MINAMI, H. et al. In vitro evaluation of the influence of repairing condition of denture base resin on the bonding of autopolymerizing resins. **J. Prosth. Dent.**, St. Louis, v.91, n.2, p.164-170, Feb., 2004.
34. NAGAI, E. et al. Repair of denture base resin using woven metal and glass fiber: effect of methylene chloride pretreatment. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.85, n.5, p.496-500, May, 2001.
35. OKU, J. Impact properties of acrylic denture base resin. Part 3 – Impact properties of cross-linked polymers. **Dent. Mater. J.**, Tokyo, v.8, n.2, p.215-222, Dec., 1989.

Referências

36. OKU, J. Impact properties of acrylic denture base resin. Part 1 – A new method for determination of impact properties. **Dent. Mater. J.**, Tokyo, v.7, n.2, p.166-173, Oct. 1988.
37. POLYZOIS, G.L.; HANDLEY, R.W.; STAFFORD, G.D. Repair strength of denture base resins using various methods. **Eur. J. Prosthodont. Rest. Dent.**, Larkfield, v.3, n.4, p.183-186, Jun., 1995.
38. PRICE C.A. The effect of cross-linking agents on the impact resistance of linear poly(methyl methacrylate) denture-base polymer. **J. Dent. Res.**, Alexandria, v.65, n.7, p.987-992, July, 1986.
39. PRICE, C.A.; EARNSHAW, R. Impact testing of a polysulphone denture base polymer. **Aust. Dent. J.**, Sydney, v.29, n.6, p.398-403, Dec., 1984.
40. ROBINSON J.G.; McCABE J.F. Impact strength of acrylic resin denture base materials with surface defects. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v.9, n.6, p.355-360, Nov., 1993.
41. RODFORD, R.A. Further development and evaluation of high impact strength denture base materials. **J. Dent.**, Guildford, v.18, n.3, p.151-157, Jun., 1990.
42. RODFORD, R.A. The development of high impact strength denture base materials. **J. Dent.**, Guildford, v.14, n. 5, p.214-217, Oct., 1986.
43. SYME V.J. et al. The effect of powder/liquid mixing ratio on the stiffness and impact strength of autopolymerizing dental acrylic resins. **Eur. J. Prosthodont. Rest. Dent.**, Larkfield, v.9,n.2, p.87-91, Jun, 2001.

Referências

44. TAKAHASHI, Y.; CHAI, J. Assessment of shear bond strength between three denture reline materials and a denture base acrylic resin. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v.14, n.6, p.531-535, Dec.,2001.
45. TAKAHASHI Y.; CHAI J. Shear bond strength of denture reline polymers to denture base polymers. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v.14, n.3, p.271-275, May-June, 2001.
46. TAKAHASHI Y.; CHAI J.; KAWAGUCHI M. Effect of water sorption on the resistance to plastic deformation of a denture base material relined with four different denture reline materials. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v.11, n.1, p.49-54, Jan.-Feb., 1998.
47. TAKAHASHI Y.; KAWAGUCHI M.; CHAI J. Flexural strength at the proportional limit of a denture base material relined with four different denture reline materials. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v.10, n.6, p.508-512, Nov.-Dec., 1997.
48. TANER, B. et al. A study on impact and tensile strength of acrylic resin filled with short ultra-high molecular weight polyethylene fibers. **J. Oral Sci.**, v.41, n.1, p.15-18, Mar., 1999.
49. UZUN, G.; HERSEK, N. Comparison of the fracture resistance of six denture base acrylic resins. **J. Biomater. Appl.**, v.17, n.1, p.19-29, Jul., 2002.
50. UZUN, G.; HERSEK, N.; TINÇER, T. Effect of five woven fiber reinforcements on the impact and transverse strength of a denture base resin. **J.Prosth. Dent.**, St. Louis, v.81, n.5, p.616-620, May, 1999.

Referências

51. VALLITTU, P.K.; RUYTER, I.E. The swelling phenomenon of acrylic resin polymer teeth at the interface with denture base polymers. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.78, n.2, p.194-199, Aug. 1997.
52. VALLITTU, P.K.; RUYTER, I.E. Swelling of poly (methyl methacrylate) resin at the repair joint. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v.10, n.3, p.254-258, May-Jun., 1997.
53. VALLITTU, P.K.; NARVA, K. Impact strength of a modified continuous glass fiber- poly (methyl methacrylate). **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v.10, n.2, p.142-148, Mar.-Apr., 1997.
54. VALLITTU, P.K.; VOJTKOVA, H.; LASSILA, V.P. Impact strength of denture polymethyl methacrylate reinforced with continuous glass fibers or metal wire. **Acta Odontol. Scand.**, Oslo. v.53, n.6, p.392-396, Dec., 1995.
55. VALLITTU, P.K.; LASSILA, V.P.; LAPPALAINEN, R. Wetting the repair surface with methyl methacrylate affects the transverse strength of repaired heat-polymerized resin. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.72, n.6, p.639-643, Dec. 1994.
56. ZAPPINI, G.; KAMMANN, A.; WACHTER, W. Comparison of fracture tests of denture base materials. **J.Prosth. Dent.**, St. Louis, v.90, n.6, p.578-585, Dec. 2003.

Apêndice

9. Apêndice

Tabela 1 – Resultados originais dos corpos-de-prova testados com entalhe E1 (kJ/m²).

Corpos-de-prova	Condições Experimentais						
	L	L/UH/A	L/UH/MA	L/TR/A	L/TR/MA	L/L/ST	L/L/M
cp 1	1,66	1,51	0,73	5,47	0,73	0,92	1,35
cp 2	1,14	0,94	0,78	4,27	0,63	1,35	1,27
cp 3	1,71	0,73	0,73	4,27	0,32	1,44	0,74
cp 4	1,51	1,14	0,52	4,08	0,32	1,42	1,34
cp 5	1,30	0,83	0,36	2,97	0,62	1,63	1,06
cp 6	1,35	0,73	0,62	3,13	0,74	1,11	1,30
cp 7	1,04	0,73	0,98	3,37	0,57	1,28	1,41
cp 8	1,53	0,71	0,63	4,38	0,53	1,16	1,32
cp 9	1,09	0,74	0,43	3,54	0,43	1,34	0,98
cp 10	1,57	0,67	0,94	5,36	0,63	1,15	1,22

Tabela 2 – Resultados originais dos corpos-de-prova testados com entalhe E2 (kJ/m²).

Corpos-de-prova	Condições Experimentais						
	L	L/UH/A	L/UH/MA	L/TR/A	L/TR/MA	L/L/ST	L/L/M
cp 1	0,95	0,78	0,48	0,26	0,27	1,07	0,84
cp 2	1,14	0,99	0,61	0,31	0,32	0,78	1,15
cp 3	1,10	0,84	0,52	0,32	0,35	1,04	0,96
cp 4	1,12	0,72	0,61	0,32	0,26	0,98	0,95
cp 5	0,93	0,72	0,47	0,59	0,79	0,95	0,91
cp 6	0,63	0,72	0,50	0,52	0,37	1,02	0,86
cp 7	0,93	0,77	0,67	0,57	0,73	0,77	0,85
cp 8	1,14	0,67	0,57	0,72	0,31	0,93	1,12
cp 9	1,02	0,72	0,41	0,62	0,52	0,86	0,96
cp 10	1,03	0,26	0,53	0,77	0,31	0,85	1,12

ApêndiceTabela 3 - Valores p do teste de Tukey para a comparação de médias de resistência ao impacto em corpos-de-prova com entalhe E1.

Grupo	L	L/UH/A	L/UH/MA	L/TR/MA	L/L/ST	L/L/M
L		<0,001	<0,001	<0,001	0,860	0,363
L/UH/A	<0,001		0,307	0,018	0,001	0,016
L/UH/MA	<0,001	0,307		0,808	<0,001	<0,001
L/TR/MA	<0,001	0,018	0,808		<0,001	<0,001
L/L/ST	0,860	0,001	<0,001	<0,001		0,958
L/L/M	0,363	0,016	<0,001	<0,001	0,958	

Tabela 4 - Valores p do teste de Tukey para a comparação de médias de resistência ao impacto em corpos-de-prova com entalhe E2.

Grupo	L	L/UH/A	L/UH/MA	L/TR/A	L/TR/MA	L/L/ST	L/L/M
L		0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,928	1,000
L/UH/A	0,002		0,118	0,030	0,001	0,050	0,007
L/UH/MA	<0,001	0,118		0,998	0,629	<0,001	<0,001
L/TR/A	<0,001	0,030	0,998		0,914	<0,001	<0,001
L/TR/MA	<0,001	0,001	0,629	0,914		<0,001	<0,001
L/L/ST	0,928	0,050	<0,001	<0,001	<0,001		0,993
L/L/M	1,000	0,007	<0,001	<0,001	<0,001	0,993	

Resumo

PEREZ, L.E.C. *Efeito de tratamentos da superfície de união e materiais reembasadores na resistência ao impacto de resina para base de prótese*. Araraquara, 2005. 113 f. Dissertação (Mestrado em Reabilitação Oral) - Faculdade de Odontologia, Campus de Araraquara, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho.”

Resumo

Este estudo avaliou o efeito de tratamentos da superfície de união e de materiais reembasadores na resistência ao impacto de uma resina para base de prótese. Corpos-de-prova foram confeccionados com a resina Lucitone 550 (60x6x2 mm) e reembasados (2 mm) com o mesmo material (L) ou com as resinas para reembasamento imediato Tokuso Rebase (TR) e Ufi Gel Hard (UH). Para o material L, as superfícies de união permaneceram sem tratamento (L/L/ST) ou foram tratadas com o monômero da resina L (metil metacrilato) por 180 segundos (L/L/M). Quando o reembasamento foi realizado com os reembasadores imediatos, os tratamentos de superfície consistiram de aplicação dos agentes adesivos fornecidos pelos fabricantes (L/TR/A - diclorometano e L/UH/A – diclorometano e 2-hidroxietil metacrilato) ou tratamento com o monômero da resina L seguido pelos adesivos (L/TR/MA e L/UH/MA). Corpos-de-prova do material L intacto (60x6x4 mm) também foram confeccionados para se determinar a resistência ao impacto dessa resina. Um total de 140 corpos-de-prova foi confeccionado, sendo 20 para cada condição experimental. Para metade dos corpos-de-prova, os entalhes foram realizados na largura, na superfície correspondente ao material reembasador, com profundidade de 0,8 mm, permanecendo 3,2 mm de material intacto (E1). Para os corpos-de-prova restantes, o entalhe foi realizado na espessura, envolvendo tanto o material reembasador como a resina de base, com profundidade de 1,2 mm (E2), permanecendo 4,8 mm de material intacto. Todos os entalhes, em forma de V, foram realizados na área central do comprimento dos corpos-de-prova. O teste utilizado foi do tipo Charpy,

Resumo

com pêndulo de 0,5 J e distância de 50 mm entre os suportes. Os resultados (kJ/m^2) de cada entalhe foram analisados, separadamente, utilizando-se ANOVA e teste de Tukey ($\alpha = .05$). Não houve diferenças estatisticamente significativas entre as médias de resistência ao impacto das condições L ($1.39 \text{ kJ}/\text{m}^2$), L/L/ST ($1.28 \text{ kJ}/\text{m}^2$) e L/L/M ($1.20 \text{ kJ}/\text{m}^2$), para os corpos-de-prova com entalhe E1 ($P > .05$). Resultados similares foram observados ($P > .05$) para os corpos-de-prova com o entalhe E2 (L - $1.00 \text{ kJ}/\text{m}^2$; L/L/ST - $0.93 \text{ kJ}/\text{m}^2$; L/L/M - $0.97 \text{ kJ}/\text{m}^2$). Para cada entalhe avaliado, não houve diferença significativa ($P > .05$) entre as médias de resistência ao impacto obtidas nos corpos-de-prova de L/UH/A e L/UH/MA (E1 - $0.87 \text{ kJ}/\text{m}^2$ e $0.67 \text{ kJ}/\text{m}^2$, respectivamente; E2 - $0.72 \text{ kJ}/\text{m}^2$ e $0.54 \text{ kJ}/\text{m}^2$, respectivamente). Todos os corpos-de-prova reembasados com o material UH apresentaram valores de resistência ao impacto significativamente menores que aqueles da resina L testada intacta ($P < .05$). Quando o entalhe E2 foi utilizado, a resistência ao impacto dos corpos-de-prova reembasados com a resina TR não foi influenciada ($P > .05$) pelos tratamentos de superfície (L/TR/A - $0.50 \text{ kJ}/\text{m}^2$ e L/TR/MA - $0.42 \text{ kJ}/\text{m}^2$). Entretanto, para o entalhe E1, a média de resistência ao impacto dos corpos-de-prova de L/TR/MA ($0.55 \text{ kJ}/\text{m}^2$) foi significativamente inferior ($P < .05$) que aquela dos corpos-de-prova de L/TR/A ($4.08 \text{ kJ}/\text{m}^2$), a qual foi superior a todas as condições experimentais avaliadas. As seguintes conclusões foram obtidas: 1) a resistência ao impacto da resina L permaneceu inalterada após o reembasamento com o mesmo material, independentemente do tratamento da superfície de união ($P > .05$); 2) para os dois tratamentos, o reembasamento com a resina UH resultou em resistência ao impacto significativamente menor quando comparada com a resina L intacta ($P < .05$); 3) o maior valor médio de resistência ao impacto foi obtido por meio do reembasamento com o material TR, quando a superfície de união foi tratada com diclorometano e o entalhe E1 foi utilizado.

Palavras-chave: resinas acrílicas; reembasadores de dentadura; prótese dentária.

Abstract

PEREZ, L.E.C. *Effect of surface treatments and reline materials on the impact strength of a denture base acrylic resin*. Araraquara, 2005. 113 f. Dissertação (Mestrado em Reabilitação Oral) - Faculdade de Odontologia, Campus de Araraquara, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho.”

Abstract

This study evaluated the effect of surface treatments and reline materials on the impact strength of a denture base acrylic resin. Specimens were made using Lucitone 550 resin (60x6x2 mm) and relined (2 mm) with the same material (L) or with the hard chair-side reline resins Tokuso Rebase (TR) and Ufi Gel Hard (UH). For material L, the bond surfaces remained untreated (L/L/ST) or were wetted with resin L monomer (methyl methacrylate) for 180 seconds (L/L/M). When the relining was made with the hard reline materials, the surface treatments consisted of coating with the bonding agents supplied by the manufacturers (L/TR/A - dichloromethane and L/UH/A – dichloromethane and 2-hydroxyethyl methacrylate) or wetting with the resin L monomer followed by bonding agents application (L/TR/MA and L/UH/MA). Material L intact specimens (60x6x4 mm) were also made to determine the impact strength of the bulk resin. A total of 140 specimens were made, 20 for each experimental condition. Half of the specimens were notched across the width to a depth of 0.8 mm, leaving an effective depth under notch of 3.2 mm (E1). For the remaining specimens, the notch was cut across the thickness to a depth of 1.2 mm (E2) leaving an effective depth under notch of 4.8 mm. All the V-notches were machined at the midpoint of the length of the specimens. Impact tests were carried out on a Charpy type pendulum impact tester (0.5 J pendulum; distance between supporting points - 50 mm). Results (kJ/ m²) from each notch depth were analyzed separately using one-way ANOVA and Tukey's HSD tests ($\alpha = .05$). No significant differences were noted among the mean impact values of L (1.39 kJ/ m²), L/L/ST (1.28 kJ/ m²) and L/L/M (1.20 kJ/ m²) specimens with the E1 notch ($P > .05$). Similar results were

Abstract

observed ($P>.05$) for the specimens with the E2 notch (L - 1.00 kJ/ m²; L/L/ST - 0.93 kJ/ m²; L/L/M - 0.97 kJ/ m²). For each notch, there was no significant difference ($P>.05$) between the mean impact values of L/UH/A and L/UH/MA specimens (E1 - 0.87 kJ/ m² and 0.67 kJ/ m², respectively; E2 - 0.72 kJ/ m² and 0.54 kJ/ m², respectively). All specimens relined with UH showed significantly lower mean impact values than those of intact L specimens ($P<.05$). When the E2 notch was used, the impact strength of the specimens relined with TR was not affected ($P>.05$) by the surface treatments (L/TR/A - 0.50 kJ/ m² and L/TR/MA - 0.42 kJ/ m²). However, for the E1 notch, the mean impact strength of L/TR/MA specimens (0.55 kJ/ m²) was significantly lower ($P<.05$) than that of L/TR/A specimens (4.08 kJ/ m²), which in turn exhibited the highest mean impact value among all the experimental conditions evaluated. It was concluded that: 1) the impact strength of the resin L remained unaffected after relining with the same material, regardless the surface treatment ($P>.05$); 2) for both surface treatments, relining with UH resin resulted in significantly lower impact strength compared with the intact resin L specimens ($P<.05$); 3) the highest impact strength was achieved by relining with material TR, when the bonding surface was treated with dichloromethane and the E1 notch was used.

Keywords: acrylic resins; denture liners; dental prosthesis.