

FRANCISCO JOSÉ GUIMARÃES DE FREITAS

Cirurgião-dentista

**ESTUDO "IN VITRO" DA AÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS  
SOBRE A DUREZA E RUGOSIDADE SUPERFICIAL DE  
COMPÓSITOS ODONTOLÓGICOS**

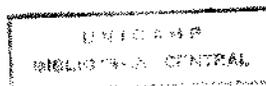
*Este exemplar foi  
documentado conforme  
protocolo CCPG - 036/83  
Piracicaba, 19/7/95  
A. Martins*

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de  
Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas,  
para obtenção do Título de DOUTOR EM CIÊNCIAS -  
ÁREA: MATERIAIS DENTÁRIOS.

ORIENTADOR: PROF. DR. SIMONIDES CONSANI  
Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP

Piracicaba-S.P.

1995



Cm 00080821-9

UNIDADE	BC
ES. QUÍMICA:	UNICAMP
v. F884e	
1000 61/26094	
PROG. 433/95	
C <input type="checkbox"/>	D <input checked="" type="checkbox"/>
PISCO R\$ 11,00	
DATA 18/11/95	
N.º CPD	

Ficha Catalográfica Elaborada Pela Biblioteca da Fop - Unicamp

Freitas, Francisco José Guimarães de.	
F884e	Estudo "in vitro" da ação de ácidos orgânicos sobre a dureza e rugosidade superficial de compósitos odontológicos / Francisco José Guimarães de Freitas. - Piracicaba, SP : [s.n.], 1995. 154f. : il.
	Orientador: Simonides Consani.
	Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.
	1. Materiais dentários. 2. Compósitos poliméricos. 3. Ácidos orgânicos. I. Consani, Simonides. II. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.
	19.CDD -617.695 -620.1924 -547.037

Índices para Catálogo Sistemático:

1. Materiais dentários 617.695
2. Compósitos poliméricos 620.1924
3. Ácidos orgânicos 547.037

**Data de aprovação : 21/06/1995**

**Membros da banca examinadora :**

Prof. Dr. Simonides Consani

Prof. Dr. Mário Fernando de Goes

Prof. Dr. Lourenço Correr Sobrinho

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Jesuânia Maria Guardiero Pfeifer

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Auxiliadora Junho de Araújo

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais,

**LUIZ e HELENA,**

pelos esforços empreendidos durante minha  
formação e, sobretudo, pelos exemplos e ensinamentos,

agradeço e dedico.

## **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

## **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

Ao Professor Doutor **SIMONIDES CONSANI**, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP, não só pela orientação segura do trabalho, mas também pelo tratamento cordial e amigável que tornaram mais fácil a sua execução.

Ao Professor Doutor **MÁRIO FERNANDO DE GOES** (FOP - UNICAMP), Coordenador do Curso de Pós-Graduação na Área de Materiais Dentários, pelas sugestões apresentadas.

Aos Professores Doutores:

**EVANDRO A. NASCIMENTO, LUÍS ANTÔNIO ORTELLADO GÓMEZ ZELADA** e **SÉRGIO A. L. MORAIS** (Curso de Química da Universidade Federal de Uberlândia) que, embora não vinculados ao Curso de Pós-Graduação na Área de Materiais Dentários da FOP-UNICAMP, por reconhecerem o real valor de um trabalho de pesquisa interdisciplinar, se dispuseram a nos auxiliar na condução dos experimentos e, ainda, a nos orientar na área de conhecimento em que militam.

Sem a ajuda dos quais teria sido praticamente impossível realizar este trabalho.

Ao **LABORATÓRIO DE BIOQUÍMICA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA - UNICAMP** e ao Professor Doutor **MÁRCIO BACCI DA SILVA**, da disciplina de Metrologia, do Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, pelo empréstimo do equipamento necessário à condução do experimento e orientação quanto ao uso do mesmo.

À Escola Técnica de Saúde da Universidade Federal de Uberlândia, na ocasião, representada pela diretora **ENEIDA DE MATTOS FALEIROS**, pela oportunidade concedida para a realização do Curso de Pós-Graduação.

Às Professoras Doutoras **MAÍSA RAVANINI MAGALHÃES**, **SHEILA RODRIGUES DE SOUZA PORTA** e **TEREZINHA REZENDE CARVALHO DE OLIVEIRA**, colegas de disciplina do Curso Técnico em Laboratório de Prótese Odontológica da Universidade Federal de Uberlândia, pela amizade e incentivo.

Às Professoras Doutoras **ROSANA CRISTINA P. PARENTE** (Universidade do Amazonas), **MARIA CRISTINA M. RINK** (Universidade Federal de Uberlândia) e **MARIA IGNEZ A. MOURA** (Universidade Federal de Uberlândia), pela análise e orientação estatística.

Gostaria de externar minha sincera gratidão e reconhecimento.

## **AGRADECIMENTOS**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Doutor **LUIZ ANTÔNIO RUHNKE (FOP-UNICAMP)**, mestre-modelo, incentivador constante e responsável pelo meu ingresso na carreira docente.

Aos Professores Doutores **WOLNEY LUIZ STOLF** e **LOURENÇO CORRER SOBRINHO**, professores de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP, pela cordial convivência.

À Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/PICD), pelos recursos concedidos.

Aos funcionários Sr. **MARCOS BLANCO CANGIANI** e Sra. **SELMA A. B. DE SOUZA**, pela atenção e disponibilidade.

Às Senhoras **MARIA SALETE DE FREITAS PINHEIRO** (Bibliotecária da Universidade Federal de Uberlândia) e **SUELI DUARTE DE OLIVEIRA SOLIANI** (Diretora Técnica da biblioteca da FOP-UNICAMP), pela orientação nas referências bibliográficas.

À amiga **ROSANA ONO**, pela colaboração prestada durante a fase experimental do trabalho.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação, em especial ao **Max**, à **Rosana** e à **Ana Paula**, pela amizade e apoio demonstrados durante os momentos difíceis.

À **MARIA MADALENA DE ALCÂNTARA**, Química da Universidade Federal de Uberlândia, pelos esclarecimentos prestados para a execução deste trabalho.

E a todos que, direta ou indiretamente, auxiliaram na elaboração deste trabalho.

## SUMÁRIO

1. RESUMO .....	01
2. INTRODUÇÃO .....	05
3. REVISÃO DA LITERATURA .....	10
4. PROPOSIÇÃO .....	63

<b>5. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	65
5.1. Material .....	66
5.2. Métodos .....	68
5.2.1. Matrizes .....	68
5.2.2. Confeção e armazenamento dos corpos de prova .....	70
5.2.3. Imersão dos corpos de prova nas soluções-teste e avaliação de seus efeitos sobre a dureza superficial dos compósitos .....	71
5.2.4. Imersão dos corpos de prova nas soluções-teste e avaliação de seus efeitos sobre a rugosidade superficial dos compósitos .....	72
5.2.5. Análise espectrométrica, por FTIR, de compósitos odontológicos antes e após a imersão em ácidos .....	74
5.2.6. Análise estatística .....	75
<b>6. RESULTADOS</b> .....	76
6.1. Dureza dos corpos de prova antes e após a imersão em meio ácido .....	77
6.2. Rugosidade superficial (em $\mu\text{m}$ ) dos corpos de	

prova, antes e após a imersão em meio ácido .....	91
6.3. Espectrometria no infravermelho .....	98
<b>7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>113</b>
<b>8. CONCLUSÃO .....</b>	<b>129</b>
<b>9. APÊNDICE .....</b>	<b>132</b>
<b>10. SUMMARY .....</b>	<b>143</b>
<b>11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>146</b>

## **1. RESUMO**

## **1. RESUMO**

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a ação de três ácidos orgânicos (acético, láctico e propiônico) sobre a dureza e rugosidade superficial de corpos de prova representativos dos compósitos Z100, Herculite e Charisma.

Trinta e quatro corpos de prova, com diâmetro e espessura iguais a 8 e 2mm, respectivamente, foram confeccionados, para cada um dos materiais em estudo, pela técnica incremental.

Depois de armazenados, por 24h, em estufa, a 37°C e umidade relativa de 100%, quinze dos corpos de prova foram submetidos aos testes de dureza e igual quantidade, aos testes de rugosidade superficial. Os aparelhos utilizados foram o microdurômetro HMW-2000/SHIMADZU e o rugosímetro SurfTest 211-Mitutoyo.

Novas leituras de dureza (Knoop) e rugosidade superficial foram tomadas 48h após a imersão dos corpos de prova em ácidos.

A comparação dos dados, obtidos antes e após a imersão dos corpos de prova em ácidos, permitiu-nos concluir que:

1. os ácidos acético e propiônico determinaram o amolecimento de todas as resinas em estudo; já, o láctico não, apenas da resina Charisma; 2. a rugosidade superficial dos corpos de prova, representativos dos três materiais em estudo, mostrou-se inalterada após sua imersão em quaisquer dos ácidos.

Os quatro corpos de prova restantes, submetidos ou não aos tratamentos anteriormente descritos, foram analisados através de espectrometria no infravermelho. A semelhança dos espectros, obtidos antes e após a imersão dos corpos de prova em meio ácido, sugere que nenhuma reação química ocorreu entre eles.

PALAVRAS-CHAVE : Ácidos orgânicos  
Compositos poliméricos

## **2. INTRODUÇÃO**

## **2. INTRODUÇÃO**

Nenhum dos materiais restauradores, hoje disponíveis no comércio, é capaz de reproduzir permanentemente a forma e a função das estruturas dentárias perdidas. Contudo, nos últimos anos, pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o intuito de melhorá-los ou elaborar novos produtos que se aproximem de um protótipo ideal. Neste particular, o poder aquisitivo da população e seus anseios, relativos à estética e longevidade do material restaurador, ditam regras que urgem por um avanço tecnológico.

A resina composta, fruto desta imposição, se comparada às resinas acrílicas que a precederam, apresenta inúmeras vantagens: grande

resistência à compressão, maiores dureza e resistência à abrasão, menor coeficiente de expansão térmica e menor contração de polimerização.

Apesar de todas as vantagens acima mencionadas, os compósitos, como qualquer outro material restaurador, apresentam propriedades deficientes que acabam limitando o seu uso em clínica.

A grande queixa dos pacientes portadores de restaurações a compósito refere-se à instabilidade de cor do material, verificada após um período relativamente curto de uso<sup>12</sup>.

Segundo **PHILLIPS**<sup>34</sup>, dos fatores que contribuem para a descoloração do material restaurador, a rugosidade superficial é, sem dúvida, o mais importante e merece atenção especial.

Os procedimentos de acabamento e polimento, muitas vezes necessários para a remoção de excessos e definição de forma, paradoxalmente a seus objetivos, acabam por deixar a superfície do material restaurador irregular quando observada ao microscópio. De acordo com **HORTON**<sup>21</sup>, o emprego de discos e pastas para polimento torna a superfície da restauração cerca de 13-26 vezes mais áspera do que quando se usam apenas tiras-matrizes.

Há, ainda, evidências de que os procedimentos de acabamento e polimento possam provocar desorganização não só na superfície como também nas subcamadas das restaurações a compósito<sup>36,54</sup>.

Sobre superfícies rugosas, também a placa bacteriana se forma com muito mais facilidade, aumentando o risco da recidiva de processos cariosos<sup>24,27,43,44,55,56,57</sup>.

Cientes de que os procedimentos de acabamento e polimento, por melhor que sejam conduzidos, deixam a superfície do material restaurador rugosa, se comparada àquela obtida apenas pelo uso da tira-matriz, profissionais vêm desenvolvendo habilidade para omitir de seu trabalho esta etapa. É bem verdade que o uso da tira-matriz, em muito, contribui para a obtenção de superfícies mais lisas, sobre as quais a placa bacteriana tem maior dificuldade para se instalar. Porém, estas superfícies não estão totalmente livres da ação danosa dos corantes<sup>19</sup>.

O uso de escova, pasta e fio dental, indispensável à manutenção de uma boa higiene oral, pode, também, com o tempo, determinar o desgaste superficial de restaurações a compósito, tornando-as mais rugosas<sup>16,18</sup>.

Conhecedores que somos da evolução histórica dos compósitos, não podemos deixar de reconhecer a validade dos esforços empreendidos pela profissão odontológica no sentido de aprimorá-los<sup>4,15</sup>.

Os produtos atuais, comparados aos primitivos, apresentam vantagens que os tornam bem mais versáteis. Hoje já se fala em restauração de dentes posteriores com resina composta e são muitos os adeptos à nova prática. A capacidade que tem o material de imitar a estrutura dentária perdida, ainda que temporária, e seus valores de dureza relativamente elevados apontam-no como um "provável" substituto para o amálgama. Contudo, trabalhos clínicos realizados demonstram que, mesmo apresentando valores de dureza elevados, os compósitos atuais ainda apresentam algum desgaste<sup>2,20</sup>. Para surpresa nossa, o desgaste não é localizado; ao contrário, é uniforme e mesmo as superfícies proximais, não sujeitas a esforços, são acometidas<sup>28</sup>. Tal fato sugere a participação de outros agentes, que não os físicos, no processo de desgaste dos compósitos<sup>58</sup>. Pesquisas conduzidas demonstram que a química das resinas e a natureza do meio a que estão expostas influem, sobremaneira, em seu comportamento<sup>5,6,7,10,11,14,23,25,26,30,32,38,45,46,47,48,50,53,59</sup>.

Diante do exposto, torna-se conveniente verificar a ação de ácidos orgânicos, produzidos pela placa bacteriana<sup>31</sup>, sobre a dureza e rugosidade superficial dos compósitos odontológicos.

### **3. REVISÃO DA LITERATURA**

### **3. REVISÃO DA LITERATURA**

O amálgama, apesar das excelentes propriedades físicas apresentadas, pouco a pouco, cede lugar a outros materiais restauradores. Suas características anti-estéticas e pressões constantes, relativas à preservação do ambiente e à segurança do operador, talvez sejam os principais responsáveis pela busca crescente de produtos alternativos.

As resinas compostas, ainda com certa precariedade, vêm substituindo o amálgama em situações clínicas específicas. Falta-lhes, contudo, resistência à abrasão suficiente para o perfeito desempenho de suas funções. Segue, abaixo, um resumo de trabalhos que, direta ou indiretamente,

demonstram que a química das resinas, bem como a natureza do meio a que são expostas, interferem em sua integridade superficial. Outros trabalhos foram também incluídos aqui por possibilitarem um melhor planejamento do experimento e/ou fornecerem subsídios para a discussão dos resultados obtidos.

Um estudo clínico-laboratorial conduzido por **WAERHAUG**<sup>56</sup>, em 1956, veio esclarecer dúvidas referentes à etiologia dos problemas periodontais: irritação mecânica ou placa bacteriana? Trabalhando com animais (macacos e cães), produziu, com pontas diamantadas, ranhuras subgingivais em dentes hígidos e, por certo tempo, acompanhou o comportamento do tecido gengival que as recobria. A observação das fotomicrografias obtidas permitiu detectar diferenças de reação tecidual quando da presença ou ausência de placa bacteriana. O autor concluiu que a rugosidade de uma superfície por si, não é capaz de irritar as células epiteliais com as quais mantém contato. Verificou, ainda, que o efeito irritante do cálculo subgingival se deve às bactérias sobre ele depositadas ou a suas toxinas. Também constatou que superfícies irregulares, ásperas, facilitam a retenção da placa bacteriana; daí a necessidade de prover às restaurações subgingivais uma alta lisura superficial.

**KARLSEN**<sup>24</sup>, em 1970, avaliou, clínica e histologicamente, o comportamento do tecido gengival em contato com diferentes materiais restauradores: ouro, resina acrílica ativada termicamente e cimento de fosfato de zinco. Trabalhando com cães e macacos em laboratório, confeccionou e acompanhou, por período de 2 a 12 meses, restaurações sub e supragengivais. A inflamação gengival foi um achado constante em restaurações que se estendiam até o sulco, sendo o ouro o material melhor suportado pelos tecidos. O mesmo tipo de reação não pôde ser observado no periodonto de proteção que envolvia dentes com restaurações supragengivais. O autor concluiu que as condições da gengiva estão diretamente ligadas à adaptação marginal das peças confeccionadas. Sugeriu, ainda, que, como a gengiva humana se assemelha à dos animais utilizados para o estudo, estes dados sejam considerados e ponderados quando da confecção de coroas e restaurações subgengivais.

**BAIRD**<sup>9</sup>, em 1971, ditou critérios a serem seguidos para a classificação dos polímeros. Segundo o autor, os polímeros podem ser ramificados ou lineares, conforme apresentem ou não grupos pendentes agregados à cadeia principal. Os lineares, com poucos ou nenhum grupo pendente, permitem um íntimo contato das cadeias, o que confere ao material um maior grau de empacotamento. Este tipo de polímero, denominado cristalino, ao contrário do amorfo, é mais duro e menos flexível. No amorfo, a

presença de um número bem maior de grupos ou cadeias pendentes dificulta o emparelhamento das macromoléculas e, com isso, determina o aparecimento de vazios. Conseqüentemente, não são tão duros quanto os polímeros cristalinos e absorvem mais facilmente os líquidos com os quais entram em contato.

De acordo com **ALFREY & GURNEE<sup>a</sup>**, em 1971, um polímero cruzado e amorfo não pode dissolver-se em nenhum solvente, mas o seu grau de equilíbrio de inchamento é uma medida da afinidade pelo solvente.

**LARATO<sup>27</sup>**, em 1972, idealizou um experimento para verificar o efeito dos compósitos sobre os tecidos gengivais. Para tanto, 59 pacientes, com idade entre 22 e 26 anos, foram selecionados segundo critérios pré-estabelecidos: bom estado geral de saúde; presença de cáries incipientes a nível de terço cervical das faces dentais; gengiva clinicamente normal. A higidez das estruturas de suporte foi pesquisada através de radiografias. Duas a três semanas antes das restaurações dos dentes, os participantes do experimento foram submetidos a uma profilaxia e orientados quanto à correta higiene oral. O dente homólogo do hemiarco oposto, livre de cárie, serviu como controle, permitindo comparações futuras. Trinta e sete cavidades preparadas foram estendidas subgengivalmente e 22 limitaram-se à remoção do tecido cariado. O material **Adaptic** foi usado para restaurar as cavidades

segundo instruções do fabricante. A qualidade do acabamento e do selamento marginal foi verificada com o uso de uma sonda, deslizando livremente sobre a junção dente/material restaurador. Dois meses depois, os tecidos gengivais foram examinados novamente. Anterior ao exame, comprimidos à base de eritrosina foram distribuídos aos pacientes para a evidenciação da placa bacteriana. Sessenta e quatro por cento dos pacientes com restaurações subgengivais desenvolveram, no período-teste, gengivite, o mesmo não ocorrendo com aqueles que apresentavam restaurações supragengivais do mesmo material. Os homólogos do hemiarco oposto, livres ou pouco recobertos por placa bacteriana, não desenvolveram gengivite. O autor concluiu que a placa bacteriana se forma com muito mais facilidade sobre os compósitos do que sobre o esmalte e que é capaz de determinar o aparecimento de gengivites. Questionou, com base nos resultados obtidos, a validade da extensão preventiva, uma vez que, ao impedir o desenvolvimento de um problema (a cárie), cria outro (as periodontopatias), também sério.

**VOLCHANSKY** et al<sup>55</sup>, em 1974, avaliaram a rugosidade superficial de algumas estruturas dentárias (esmalte e cimento) e, também, de restaurações de materiais diversos (ouro, porcelana, amálgama e cimento de silicato), presentes na boca há pelo menos um ano. Dentes hígidos e restaurados, depois de extraídos, foram lavados em água corrente e estocados a -4°C até o momento de uso. A seguir, foram recobertos com uma fina película

de liga ouro-paládio, examinados e fotografados através de microscopia eletrônica de varredura. O uso posterior de um perfilômetro permitiu quantificar a rugosidade das superfícies observadas através de fotomicrografias. O número de picos por milímetro de amostra e a altura máxima entre picos e vales foram determinados para cada um dos materiais, permitindo classificá-los quanto à rugosidade superficial. Dos materiais pesquisados, o que exibiu superfície mais irregular (maior número de picos por milímetro de superfície e maior altura entre picos e vales) foi o cimento de silicato. Observado ao microscópio eletrônico de varredura, partículas projetadas acima de sua superfície, entremeadas por fendas e depressões, puderam ser detectadas. O esmalte exibiu superfície mais lisa que as demais amostras, servindo como referencial para estudos futuros. A porcelana apresentou comportamento aceitável no meio bucal, não muito diferente daquele observado para o esmalte. Os dados obtidos com o trabalho demonstraram que nenhum material restaurador existente foi capaz de reproduzir a textura superficial do esmalte. Com base nisso, os autores sugeriram que a questão da extensão preventiva seja rediscutida e que estudos sejam feitos buscando uma correlação entre rugosidade superficial, retenção de placa bacteriana e irritação gengival.

Em 1975, **LEINFELDER** et al<sup>26</sup>, conduziram um estudo clínico objetivando avaliar o desempenho de restaurações de cavidades de classe I, II, III e V com 4 diferentes marcas comerciais de compósitos. Uma

resina acrílica e uma liga para amálgama serviram como controle. Os materiais foram manipulados e inseridos nas cavidades segundo normas técnicas estabelecidas. Durante um período de dois anos, a intervalos diferentes de tempo, profissionais devidamente calibrados davam parecer quanto à qualidade das restaurações examinadas. Para tanto, observavam a cor do material, o grau de desgaste, adaptação marginal e, ainda, a presença ou não de cárie recorrente. O número de restaurações confeccionadas com cada material foi mais ou menos o mesmo e a distribuição entre dentes anteriores e posteriores, quase uniforme. Ao final dos dois anos, todos os compósitos exibiram resistência à abrasão superior à aquela apresentada pela resina acrílica. Quando comparados ao amálgama, os compósitos mostraram-se bem menos resistentes ao desgaste. Do total de restaurações executadas com resina composta, cerca de 53-90% apresentaram perda considerável de substância no período, ao passo que para o amálgama o índice foi de somente 12%. As superfícies oclusais restauradas com resina composta mostraram-se uniformemente desgastadas, o que sugeriu a participação não só de agentes mecânicos no processo, como também de outros, inclusive de natureza química. As superfícies proximais restauradas com resina composta também exibiram desgaste ao longo do estudo.

**ASMUSSEN<sup>4</sup>**, em 1975, investigou, através de ensaios laboratoriais, até que ponto a contração de polimerização dos compósitos pode

ser influenciada por seus elementos integrantes. Trabalhando com resinas à base de BIS-GMA e monômeros diluentes em concentrações variáveis, dentes humanos extraídos, depois de restaurados em ambiente com temperatura controlada ( $37\pm 1^\circ\text{C}$ ), foram submetidos a um desgaste, de modo a permitir, por meio de microscópio, a mensuração das fendas detectadas na interface dente/restauração. O autor verificou que resinas com maior conteúdo de monômero diluente, dado ao tamanho menor de suas moléculas, exibiram contração de polimerização mais acentuada. Entretanto, a expansão higroscópica que se dá, quando do contato destes produtos com a água, é grande o bastante para compensar sua contração de polimerização. A carga inorgânica, presente em alguns dos materiais testados, não demonstrou solucionar o problema, uma vez que aumenta consideravelmente a viscosidade do produto e, desse modo, reduz sua capacidade de molhamento. Segundo o trabalho, a carga atua apenas como agente de reforço e, em menor escala, diminui o coeficiente de expansão térmica dos compósitos.

São várias as técnicas preconizadas para o acabamento e polimento de restaurações a compósito. Maior, ainda, é o número de instrumentos disponíveis no comércio, o que torna difícil a decisão do clínico quanto à melhor opção. Na tentativa de facilitar a escolha e alcançar melhores resultados com os recursos disponíveis, **WEITMAN & EAMES**<sup>57</sup>, em 1975, conduziram um estudo clínico-laboratorial em que a efetividade de diferentes

técnicas de acabamento foi ensaiada. Participaram do experimento 11 pacientes, previamente triados segundo critérios estabelecidos: necessidade de restaurações classe V a compósito e presença, na boca, de outros materiais restauradores (ouro, amálgama, porcelana), bem como esmalte hígido que, para efeito de comparação, deveriam constituir o grupo controle. As cavidades foram restauradas com Adaptic, os excessos grosseiros foram removidos com brocas carbide e o contorno final dado com pedras brancas. A seguir, uma pasta, à base de pedra-pomes, foi aplicada sobre a superfície das restaurações, com taça de borracha. Fotografias pré e pós-operatórias dos dentes em teste e controle foram obtidas, após uso de solução evidenciadora de placa. Os pacientes foram instruídos para não realizarem os procedimentos de higiene bucal por 3 dias, período este, em que os dentes foram corados e fotografados, a intervalos regulares de tempo (24 horas), permitindo, assim, um estudo comparativo. Ao término do terceiro dia, as restaurações do grupo experimental foram polidas, segundo técnicas várias: taças de borracha para polimento (marrons e verdes) e pontas Shofu usadas, inicialmente, em cada uma das técnicas; pastas de óxido de alumínio e silicato de zircônio para duas das técnicas; pedras cônicas de porcelana. Fotografias foram novamente obtidas 24, 48 e 72 horas após o polimento. A extensão da placa, depositada sobre os dentes em teste, foi determinada por um planímetro, quando da projeção de slides que permitiam um aumento de oito vezes do original, e expressa em percentagem da superfície dental recoberta. Após 24 horas, a

maioria das restaurações a compósito apresentavam-se recobertas por placa, independente da técnica de acabamento empregada. Para o estudo laboratorial, corpos de prova, na forma de discos, foram confeccionados e submetidos aos mesmos procedimentos de acabamento e polimento. Um rugosímetro e, também, microscopia eletrônica de varredura foram utilizados para avaliar o grau de aspereza da superfície, produzido pelos instrumentos e materiais em teste. A superfície mais lisa, embora distante da ideal, resultou do emprego de pedras brancas e pasta à base de óxido de alumínio.

Em 1977, **HORTON**<sup>21</sup> procurou, através de experimentos, determinar qual dentre os vários métodos propostos para acabamento e polimento de resinas compostas proporcionava à restauração uma superfície mais lisa. Constatou, ao fim do trabalho, que tal superfície é conseguida apenas com o uso de tiras Mylar. O emprego de discos e pastas para polimento torna a superfície da restauração cerca de 13-26 vezes mais áspera do que quando se usam apenas tiras-matrizes. Esses resultados foram obtidos com o uso de um rugosímetro e, também, através de fotomicrografias.

**RUYTER & SVENDSEN**<sup>40</sup>, em 1978, cientes de que o grau de conversão dos monômeros pode afetar as propriedades dos compósitos, inclusive torná-los mais suscetíveis à degradação, decidiram analisar, quantitativamente, o residuo de grupos metacrilatos imediatamente e 24h após a cura dos produtos. Seis resinas disponíveis no mercado foram estudadas. As

quantidades de grupos metacrilatos não reagidos foram determinadas através de espectroscopia por reflexão interna múltipla e os dados, expressos em porcentagem do total presente nos materiais não polimerizados. Os espécimes foram especialmente preparados, assegurando que as propriedades do material, ao nível da superfície, fossem as mesmas do restante. O resíduo percentual de grupos metacrilatos não reagidos variou de 25 a 48%. Os resultados demonstraram que as resinas disponíveis no comércio exibiram diferentes graus de conversão 24h após o início da polimerização. Estas diferenças podem estar relacionadas às composições variadas dos monômeros das resinas.

**SILVERSTEIN et al<sup>41</sup>**, em 1979, estabeleceram um paralelo entre as várias técnicas existentes para a identificação dos constituintes de um dado material. Segundo os autores, a espectrometria, se comparada à metodologia clássica, apresenta vantagens por exigir uma quantidade mínima do material a ser analisado e, também, pela rapidez com que é executada. Descreveram, ainda, o funcionamento de um espectrofotômetro de feixe duplo cujos constituintes básicos são apresentados a seguir: fonte (de radiação), elementos de dispersão, área de amostra e detector (termopar). A radiação infravermelha, produzida por uma fonte aquecida eletricamente, se divide em dois feixes paralelos e de igual intensidade (feixe da amostra e feixe de referência) depois de incidir sobre um jogo de espelhos adequadamente

posicionado. Parte da radiação que incide sobre a amostra é absorvida e parte é transmitida. Assim, ao passar pela área de amostra, os feixes não mais têm a mesma intensidade. Num dado momento, estes feixes são levados a incidir sobre um espelho giratório semi-circular. Ora o feixe da amostra incide sobre o mesmo, ora o de referência. Passam, então, a constituir um feixe único, porém com intensidades diferentes. Esta diferença é logo captada pelo detector que aciona o atenuador de modo que a radiação dos feixes de referência e da amostra mantenham-se à mesma intensidade. A quantidade de atenuação necessária é uma medida direta da absorção pela amostra. O movimento do atenuador é registrado, então, pela pena do instrumento, gerando um espectro característico da amostra que está sendo analisada.

**DÉRAND & EHRNFORD<sup>14</sup>**, em 1980, estudando o efeito da água e de alguns agentes químicos (clorofórmio e ácido láctico) sobre a resistência à abrasão de compósitos convencionais e de microcarga, verificaram que nenhuma alteração ocorreu nos primeiros 7 dias, exceto para o grupo imerso em clorofórmio, que teve sua superfície completamente arruinada. Das resinas em teste, a mais fortemente atacada pelo clorofórmio foi a de microcarga. Aos seis meses, nenhuma diferença foi detectada entre os grupos imersos em ácido láctico ou água, porém a comparação destes resultados com os anteriores demonstrou que a perda de material do compósito convencional foi cerca de uma vez e meia aquela apresentada nos testes

iniciais. Para a resina de microcarga, imersa em água ou ácido láctico, nenhuma diferença foi verificada de um teste para outro. Os autores tentaram explicar os resultados obtidos, alegando que poderia ter ocorrido um enfraquecimento da união matriz/carga, fenômeno bem evidente nos compósitos convencionais.

**SÖDERHOLM**<sup>46</sup>, em 1981, avaliou o efeito da água sobre a estabilidade da união resina/carga (vidro "soda-lime"). Dois dos materiais continham poli-metilmetacrilato como matriz, enquanto os demais apresentavam, em sua composição, BIS-GMA e TEGDMA nas concentrações de 64 e 36 mol%, respectivamente. Os compósitos, com o mesmo tipo de matriz orgânica, diferiam quanto ao tratamento superficial dado às cargas (silanização ou não). Corpos de prova cilíndricos com 8mm de altura por 4mm de diâmetro, depois de armazenados em água destilada a 60°C, por 16, 32 e 180 dias, foram fraturados através de compressão diametral. Amostras dos mesmos materiais, não imersas em água, foram submetidas aos mesmos testes, possibilitando comparações. Os corpos de prova fraturados e recobertos por uma fina camada de ouro foram examinados através de microscopia eletrônica de varredura. Uma outra série de corpos de prova foi utilizada para se determinar o pH da água e o conteúdo de sódio lixiviado. Para tanto, um potenciômetro e um espectrofotômetro por absorção atômica foram necessários. O autor concluiu que: 1) a água lixiviou íons-sódio da carga de "soda-lime" utilizada; 2) o pH da água usada para armazenagem das amostras

aumentou com o tempo, principalmente para os compósitos à base de poli-metilmetacrilato, o que demonstra um potencial de difusão da água pelas matrizes das resinas. Matrizes à base de poli-metilmetacrilato exibem coeficiente de difusão cerca de 4-10 vezes maior do que aquele apresentado pelo BIS-GMA; 3) o tratamento das cargas com silano reduziu a taxa de liberação de íons-hidróxi, mas não evitou completamente o processo de lixiviamento. Uma possível explicação para isso baseia-se no fato do silano, além de envolver a superfície reativa da carga, ser hidrofóbico.

**SMALES<sup>44</sup>**, em 1981, avaliou o crescimento e a retenção da placa bacteriana sobre materiais restauradores colocados em molares e pré-molares de 10 dentaduras artificiais. Foram utilizadas 3 ligas para amálgama (New True Dentalloy, Sybralloy e Indilloy), 2 compósitos (Concise e Isopast) e um cimento de ionômero de vidro (Aspa) para restaurar 6 cavidades classe V (3 x 2mm) em cada dentadura. O cimento de ionômero foi protegido com verniz e, após uma semana, todas as restaurações sofreram acabamento com discos de lixa e polimento com taça de borracha. Os pacientes receberam instruções quanto ao tipo de dieta, para não limpar ou manipular as superfícies restauradas 2 dias antes da avaliação da placa, que ocorreu 2 a 3 semanas após, quando a placa foi totalmente removida. As restaurações foram fotografadas e sua rugosidade analisada com um Rugotest, um perfilômetro (Surftest-III) e microscopia eletrônica de varredura. Os resultados mostraram

que houve uma boa associação entre a rugosidade superficial das restaurações e a quantidade de placa presente, sendo que o Aspa apresentou-se como o material mais rugoso e aquele que reteve maior quantidade de placa. Os valores de rugosidade superficial em  $\mu\text{m}$ , obtidos para as restaurações com o Rugotest, em ordem decrescente, foram: Aspa (2,72); Concise (2,16); Isopast (0,24); New True Dentalloy (0,19); Indilloy (0,14) e Sybralloy (0,13). Para os controles os valores foram: Aspa (2,56); Concise (1,40); Isopast (0,12); Indilloy (0,11); Sybralloy (0,10) e New True Dentalloy (0,09). Não foi encontrada relação entre a localização do dente, a quantidade de açúcar da dieta e a quantidade de placa presente sobre as restaurações.

**YAFFE & ZALKIND<sup>69</sup>**, em 1981, estudaram o efeito de uma solução acidulada à base de flúor sobre restaurações confeccionadas com resina composta. Cavidades classe V foram preparadas em dentes extraídos e restauradas com 4 diferentes marcas comerciais de resinas compostas. Depois de imersas na solução-teste ( $\text{NaF } 2\% \pm 0,1\text{M H}_3\text{PO}_4 \text{ pH } 4,5$ ), por 10 minutos, foram lavadas e armazenadas em solução salina até o exame. Com base nas observações ao microscópio eletrônico, os autores concluíram que o ácido fluorídrico realmente conseguiu dissolver as partículas de carga inorgânica, deixando a superfície irregular e rugosa, o que contribui para o acúmulo de placa bacteriana e posterior manchamento da restauração.

De acordo com **RUSSEL**<sup>39</sup>, em 1982, quando um sólido é adicionado a um líquido, para formar solução, alterações estruturais e químicas podem ser, facilmente, observadas. Pouco a pouco, partículas do solvente atacam a superfície do sólido, removendo partículas, rodeando-as e, finalmente, dispersando-as. O resultado é a destruição da estrutura do soluto e a alteração, pelo menos, da estrutura do solvente (agora existem algumas partículas do soluto onde antes havia apenas solvente). A facilidade com que tudo isso ocorre depende das intensidades relativas das forças entre as partículas adjacentes do soluto (interações soluto-soluto) e entre as partículas do solvente (interações solvente-solvente) antes do processo de dissolução, e as forças entre as partículas do soluto e as do solvente (interações soluto-solvente) após a dissolução. À medida que ocorre a dissolução, as forças soluto-soluto e solvente-solvente são substituídas pelas forças soluto-solvente. Existe uma antiga generalização que diz: "*semelhante dissolve semelhante*". Isto significa que um solvente dissolverá um soluto se eles tiverem estruturas semelhantes. Mais especificamente, solventes polares tendem a dissolver solutos polares, e solventes não polares a dissolver solutos não polares. Esta regra é muito útil, embora não seja perfeita.

**DERMANN** et al<sup>15</sup>, em 1982, desenvolveram um trabalho experimental visando verificar se a adição de diluentes hidrofílicos aos compósitos melhorava a sua adaptação marginal sem, contudo, comprometer as propriedades físicas. Cavidades classe V foram preparadas em dentes

extraídos e, depois de restauradas, submetidas à ciclagem térmica por 7 dias. O desajuste marginal foi determinado visualmente, por 3 examinadores, quando da projeção de autorradiografias, obtidas pelo contato do dente seccionado (previamente imerso em solução de  $\text{Ca}^{45}\text{Cl}_2$ ) com uma película radiográfica. Os resultados do trabalho mostraram que o uso de diluentes hidrofílicos aumentava ligeiramente a sorpção d'água dos compósitos, não sendo, porém, suficiente para compensar sua total contração de polimerização.

Segundo **TRELOAR**<sup>51</sup>, em 1982, muitos dos polímeros absorvem líquidos e, conseqüentemente, sofrem uma alteração dimensional (expansão ou inchamento). A maior ou menor facilidade com que o líquido é absorvido pelo polímero depende da semelhança entre ambos e também da estrutura física do polímero (se amorfo ou cristalino). De modo geral, moléculas de composição química semelhante tendem a atrair umas às outras, formando, com relativa facilidade, soluções. Por outro lado, a repulsa entre moléculas quimicamente diferentes determina o aparecimento de fases distintas dentro de um mesmo sistema. Os polímeros amorfos absorvem bem mais líquido do que os cristalinos, cuja estrutura fechada dificulta a penetração do solvente. A presença de ligações cruzadas, num polímero, além de dificultar a penetração de solventes, limita o conteúdo acumulado, uma vez que torna o material bem menos elástico, mais resistente à deformação sob tensão. Num dado momento,

a contração da rede polimérica se opõe à entrada do solvente e determina uma situação de equilíbrio.

**THOMPSON** et al<sup>50</sup>, em 1982, idealizaram um experimento para determinar a natureza e a quantidade de materiais lixiviados da superfície de compósitos imersos em diferentes meios líquidos. Corpos de prova cilíndricos, com 5mm de diâmetro por 6mm de comprimento, representativos de uma resina ortodôntica típica (Endur), depois de confeccionados e dessecados, foram imersos nas soluções-teste (etanol a 50%, etanol a 5%, água destilada e citrato a 0,2M), onde permaneceram por 48h a 25°C. A mesma resina, utilizada para fixar brackets ortodônticos a dentes extraídos, e submetida a igual tratamento, teve seus elementos lixiviados quantificados e identificados através de espectrofotometria por ultra-violeta. Das soluções empregadas, a que teve uma maior ação sobre o compósito foi o etanol a 50%; já o citrato, quase não determinou a lixívia de seus componentes. A quantidade de elementos extraídos dos corpos de prova e da resina utilizada para a fixação dos brackets aos dentes não foi a mesma; muito possivelmente em decorrência da diferença de área de superfície exposta. Cada elemento extraído pôde ser identificado pelo comprimento de onda absorvido que lhe é peculiar. Assim, quantidades variáveis de BIS-GMA e EGDMA (etilenoglicol-dimetacrilato) puderam ser detectadas. O BIS-GMA é um monômero derivado de uma resina epóxica e, como alguns compostos epóxicos apresentam potencial carcinogênico, os

autores sugeriram, com base nos resultados obtidos, que estudos referentes à biocompatibilidade do material sejam conduzidos.

**ASMUSSEN<sup>6</sup>**, em 1982, trabalhando com diferentes compósitos, determinou, com o auxílio de um espectrofotômetro, o resíduo percentual de duplas ligações nos polímeros. O autor concluiu que, nas resinas quimicamente ativadas, o valor obtido estava na dependência do conteúdo de amina, peróxido e inibidor. Mantendo constantes os teores de amina, peróxido e inibidor, o número de duplas ligações remanescentes diminuiu com o conteúdo aumentado de diluente nas misturas de monômero à base de BIS-GMA. Ainda, segundo o autor, os materiais fotopolimerizáveis exibiram quantidade menor de duplas ligações remanescentes, quando comparados aos ativados quimicamente.

**SKJØRLAND & SØNJU<sup>43</sup>**, em 1982, avaliaram, in vivo, a adesividade e a colonização bacteriana em corpos de prova de amálgama, compósito e esmalte dentário, submetidos ou não a bochechos com sacarose. Discos, com 5mm de diâmetro, de amálgama e de compósitos foram afixados na face vestibular dos molares superiores de três voluntários que participaram de duas etapas, uma sem e outra com bochechos de sacarose a 15%, feitos de hora em hora por 12 horas. Durante o período de 2h e 30min, em que os corpos de prova permaneciam in vivo, os voluntários foram orientados para não

ingerir alimento sólido ou líquido, nem realizar procedimentos de higiene oral. Passado o período de teste, as placas formadas sobre os materiais restauradores e sobre o esmalte hígido do pré-molar, foram removidas e inoculadas com ágar à 37°C, com 5% de Co<sub>2</sub> e 95% de N<sub>2</sub>, por 12h e mais 12h ao ar e temperatura ambiente. O experimento foi repetido por três vezes, com e sem sacarose, e o número de unidades formadoras de colônias (CFU) foi calculado, a partir das placas, no meio de cultura. Os resultados mostraram que o maior número de colônias bacterianas foi observado sobre o compósito, enquanto poucos microorganismos foram encontrados no esmalte e no amálgama. Os bochechos com sacarose não alteraram significativamente a composição estreptocócica da placa formada sobre o esmalte, amálgama ou compósito em comparação com a composição da placa sem sacarose.

Segundo **ROSEN**<sup>37</sup>, em 1982, a ação dos solventes sobre os polímeros em muito se assemelha à do calor. Solventes apropriados são capazes de adentrar o polímero, substituir as ligações secundárias entre as cadeias e, desse modo, dissolvê-lo. Entretanto, as ligações polímero-solvente (secundárias) não são fortes o bastante para romper uma ligação cruzada (primária). Assim, os polímeros cruzados não são solúveis, embora possam inchar bastante. O grau de inchamento é um bom indicativo do número de ligações cruzadas da rede polimérica. Num polímero pouco cruzado, o fenômeno do inchamento é bem evidente, o mesmo não acontecendo com

aqueles fortemente cruzados. Neste último caso, o inchamento corresponde apenas ao preenchimento dos vazios pelo solvente, não sendo capaz de determinar alteração dimensional perceptível.

**SÖDERHOLM**<sup>46</sup>, em 1983, estudou a lixívia dos componentes inorgânicos de alguns compósitos (Concise, Profile, Fotofil e Silar) imersos em água. Anterior ao ensaio laboratorial, determinou o conteúdo de carga de cada um dos materiais em teste, através da queima da matriz orgânica e posterior pesagem do remanescente. A composição da carga foi, também, determinada por meio de espectrografia de emissão óptica e sua estrutura cristalina analisada através de difração de raios-X. Corpos de prova circulares, com uma de suas faces desgastadas, foram imersos em água destilada a 60°C por 30 dias. A seguir, foram transferidos do recipiente em que se encontravam para um outro, com iguais quantidade de água e temperatura, onde permaneceram por mais 30 dias. Dois recipientes apenas com água serviram como padrão. Decorrido o tempo pré-estabelecido para a estocagem dos corpos de prova em água, as concentrações de Al, B, Ba, Mg, Sb, Sr, Ti e Si foram determinadas através de plasmaespectrometria. A resina Profile perdeu em água Sr e B, enquanto Fotofil perdeu Ba e B. Todos os materiais perderam Si, sendo que a lixívia foi mais acentuada para as resinas Profile e Fotofil nos primeiros 30 dias. Durante os 30 dias seguintes, a lixívia de silício diminuiu, exceto para a resina de microcarga (Silar) cuja perda de material

atingiu quase 100% da observada no estágio inicial do experimento. A lixívia apresentada pelos materiais Profile e Fotofil pode estar relacionada com seu alto conteúdo de Sr e Ba. Após a perda destes elementos, para manter o equilíbrio de cargas da grade estrutural em que os átomos se encontram arranjados, íons-hidrogênio da água penetram nos espaços vazios. Com isso, a concentração de íons-hidróxi, na interface resina-carga, aumenta e, ao atingir uma certa concentração começa a atacar a sílica. Segundo o trabalho, vidros contendo Ba e Sr são mais suscetíveis ao ataque pela água do que o quartzo e as cargas microscópicas, por apresentarem uma área total maior, liberam com mais facilidade silício. O Concise, cuja carga é o quartzo, foi o compósito que perdeu menos silício, possivelmente pelo fato da carga ser estável e possuir pequena área de superfície total.

**ABEL** et al<sup>2</sup>, em 1983, conduziram um estudo clínico, visando estabelecer a velocidade média com que se processa o desgaste de compósitos posteriores. Para tanto, um dente restaurado há 7 anos foi, periodicamente, examinado. Moldagens com silicona foram realizadas, de modo a permitir a obtenção de moldes que, uma vez vazados com resina epóxica, passavam a constituir réplicas positivas do dente em estudo. As réplicas positivas, depois de recobertas com uma fina película (0,012  $\mu\text{m}$ ) de liga de Au-Pd, eram examinadas ao microscópio eletrônico de varredura. Os autores concluíram que a matriz orgânica, mais mole, desgastava-se com

relativa facilidade, permanecendo a carga dura, praticamente intocada. Com o avançar do processo, a carga, sem suporte, se soltava, deixando em seu lugar um vazio. A velocidade de desgaste da matriz orgânica foi calculada, tendo por base o grau de exposição da carga adjacente. Nos primeiros 7 anos, a velocidade de desgaste foi de 0,8  $\mu\text{m}/\text{dia}$ , totalizando uma perda de material da ordem de 2mm. Se comparada à observada após este período (0,1 $\mu\text{m}/\text{dia}$ ), o desgaste foi cerca de 5-10 vezes maior. Provavelmente a velocidade de desgaste decresceu no referido período porque o material restaurador não estava mais em contato direto com o dente antagonista, e o esmalte circunjacente à restauração a protegeu dos esforços mastigatórios.

**SWARTZ** et al<sup>49</sup>, em 1983, pesquisaram os fatores que governam a cura dos compósitos fotopolimerizáveis. Duas resinas disponíveis no comércio (Prisma-Fil e Visio-Dispers) foram utilizadas para a obtenção de corpos de prova cilíndricos, com altura variável entre 1 e 3mm. Um mesmo produto, com diferentes tonalidades, foi empregado para testar o efeito da cor do material sobre o seu grau de polimerização. Anéis de plástico de espessuras variadas, colocados sobre as matrizes em que os corpos de prova eram confeccionados, permitiram o afastamento da fonte polimerizadora, sem o que seria impossível verificar o efeito do fator distância sobre a cura dos compósitos. Dois tempos de exposição dos corpos de prova à luz foram preconizados: 20 e 40s. Obtidas as amostras, os valores de dureza Knoop

foram determinados tanto para as camadas superficiais como para as mais profundas, indicando o grau de polimerização atingido. O procedimento foi repetido 24h e 7 dias após a obtenção dos corpos de prova. Nesse intervalo de tempo, os espécimes foram mantidos em recipientes desprovidos de luz, à temperatura ambiente. Os resultados obtidos permitiram concluir que a cura dos compósitos é realmente influenciada pela sua tonalidade de cor. Produtos mais escuros, quando comparados a outros de tonalidade mais clara e submetidos aos mesmos procedimentos técnicos de polimerização, exibem menor grau de conversão do monômero. Independente da cor do material, as camadas superficiais mostraram-se mais duras que as profundas. O uso de um tempo de exposição prolongado compensou, de certa forma, os efeitos antagônicos da tonalidade mais escura do material. O afastamento da fonte polimerizadora em relação ao compósito prejudicou em muito o seu processo de cura. Para minimizar o problema, recomenda-se que, na clínica, as restaurações sejam executadas pela técnica incremental.

Com o intuito de verificar a compatibilidade ou não do gel de flúor-fosfato acidulado com as resinas compostas, **Kula et al<sup>25</sup>**, em 1983, idealizaram um experimento no qual a perda de substância e o aspecto superficial dos corpos de prova, após repetidas imersões em gel de flúor-fosfato acidulado a 1,23%, foram avaliados e os resultados comparados com aqueles do grupo controle (corpos de prova imersos em água destilada). Os

autores concluíram que a imersão em gel dos corpos de prova polidos determinou rugosidade superficial e perda de substância. As fotomicrografias obtidas indicaram que as partículas de carga inorgânica foram as mais fortemente atacadas, havendo uma predileção pelos vidros de estrôncio. O quartzo e a sílica mostraram-se mais resistentes ao ataque químico, sugerindo que a composição da carga inorgânica pode influenciar na extensão do dano. Também os corpos de prova, imersos em água destilada, exibiram perda de substância no início do experimento, o que pode ser explicado pelos procedimentos de acabamento e polimento, anteriores à imersão, e que acabam determinando um enfraquecimento ou, até mesmo, a ruptura da união matriz/carga.

**EHRNFORD<sup>16</sup>**, em 1983, observou a microestrutura superficial de compósitos submetidos à ação de um dentífrico numa máquina de escovação. Foram confeccionados 5 corpos de prova cilíndricos de 2mm de altura e 4mm de diâmetro de um compósito convencional, um experimental e um de micropartículas. Após a escovação, a superfície dos corpos de prova foi observada sob microscopia óptica e eletrônica de varredura. No compósito experimental, a fase vítrea mostrou superfícies mais lisas do que a resina da matriz circundante. A lisura e o brilho da resina experimental foi fornecida pela presença de áreas contínuas de vidro na superfície, cuja extensão podia ser facilmente observada com o auxílio do microscópio óptico. No compósito

convencional foi freqüente a exposição de partículas irregulares ou arredondadas do material de carga. O compósito de micropartículas, exceto pela grande quantidade de poros, apresentou uma superfície relativamente lisa e lustrosa, no entanto a taxa de desgaste deste material foi comparativamente mais alta.

WU et al<sup>58</sup>, em 1984, pesquisaram os fatores que determinavam o desgaste superficial dos compósitos e, também, o dano visualmente imperceptível, das camadas subjacentes. Para tanto, receberam, de duas fontes distintas, restaurações a compósito em uso na boca já há um certo tempo. Confeccionaram, também, corpos de prova que, quando submetidos a tratamentos diversos (ciclagem térmica, ataque ácido e fadiga por compressão), reproduziam os defeitos de restaurações expostas ao meio bucal. Uma solução corante à base de prata foi utilizada para verificar a presença, forma e extensão dos danos das subcamadas. Os espécimes foram examinados através de um microscópio óptico (Zeiss), que permitiu detectar a presença de microfendas e vazios numa faixa do material distante da superfície cerca de 50 a 200µm. Tanto as restaurações sujeitas a esforços como também aquelas livres de contato exibiram danos nas camadas mais profundas, o que sugeriu não só a participação de agentes físicos no processo, mas também, a de outros. A lixívia de monômeros que não chegaram a reagir, produzida por substâncias com certos parâmetros de solubilidade, pode, igualmente,

desencadear o problema. Acredita-se que o desgaste mecânico dos compósitos, na boca, seja acelerado pelo amolecimento químico.

**HACHIYA**<sup>19</sup>, em 1984, trabalhando com os compósitos **Adaptic** e **Clearfil Bond System F**, testou o efeito de diferentes procedimentos de acabamento e polimento, executados imediatamente ou 48h após a obtenção dos corpos de prova, sobre sua cor, depois de imersos em **Oil Orange**. Um colorímetro foi utilizado para quantificar as alterações de cor observadas. Surpreendentemente, corpos de prova polimerizados contra tiras de celulóide exibiram superfícies mais coradas do que aquelas submetidas aos procedimentos de acabamento e polimento. Segundo o autor, a descoloração não depende somente da rugosidade da superfície. O fato do material se polimerizar sob tensão, exercida pela tira-matriz, impede o perfeito arranjo das moléculas. Esta tensão aumenta a atividade dos átomos na superfície e, por conseguinte, facilita o acúmulo do corante. Neste estudo, as pontas siliconizadas azuis produziram superfície menos suscetível à descoloração e o polimento 48h após a obtenção dos corpos de prova mostrou-se, igualmente, melhor.

Um estudo laboratorial conduzido por **FRIEDMAN & HASSAN**<sup>17</sup>, em 1984, demonstrou que corpos de prova representativos de resinas fotoativadas exibem graus variáveis de dureza se diferentes tipos de

unidades polimerizadoras são empregadas. Tal fato, verificado através do uso de um radiômetro, reflete potenciais variados das unidades fotopolimerizadoras. Quanto maior a intensidade da luz que parte do aparelho e atinge o material, maior será o seu grau de polimerização. A diferença entre os aparelhos, relativa à capacidade de polimerização, tornou-se mais evidente quando resinas com tonalidade de cor mais escura foram empregadas. É possível que pigmentos usados nestes materiais possam filtrar, seletivamente, certos comprimentos de onda da energia luminosa. Unidades polimerizadoras com maiores áreas de transmissão e intensidade de luz determinaram cura, a níveis mais profundos, refletida por dureza aumentada.

**ASMUSSEN<sup>6</sup>**, em 1984, estudou o efeito do etanol e dos principais ácidos produzidos pela placa bacteriana sobre polímeros à base de BIS-GMA, que apresentavam, em sua composição, monômero diluente (TEGDMA) em diferentes concentrações. Corpos de prova, na forma de discos, uma vez confeccionados e mantidos em água a 37°C por 7 dias, receberam acabamento superficial com discos abrasivos. A seguir, foram armazenados em água deionizada a 37°C, por 2-3 semanas, após o que, testes de penetração (dureza Wallace) foram realizados para determinar a dureza do material. Imersos nas soluções-teste por dois dias, os corpos de prova foram, a intervalos de 24h, submetidos, novamente, aos testes de penetração. Transferidos para meio aquoso, os corpos de prova tiveram suas durezas

determinadas após 1 e 5 dias de imersão. O autor concluiu, com base nos resultados obtidos, que os produtos testados exibem melhores propriedades quando o conteúdo de TEGDMA excede 50% mol. Em níveis inferiores, a polimerização não se processa em sua plenitude, permitindo, assim, a difusão de moléculas plasticizantes pela estrutura do polímero.

**ROULET & WÄLTI<sup>38</sup>**, em 1984, averiguaram o efeito do meio bucal sobre o aspecto superficial de dois materiais restauradores estéticos: resina composta e cimento de ionômero de vidro. Os materiais foram inseridos em cavidades preparadas na superfície inferior de pânticos, de modo que a participação de agentes físicos no desgaste de suas superfícies fosse descartada. Os autores concluíram que as superfícies dos compósitos mostraram-se mais ásperas nos primeiros 2 meses de acompanhamento. Observadas ao microscópio eletrônico de varredura, permitiram a imediata visualização de fendas entre a carga e a matriz, o que sugeriu a desintegração do agente de união por produtos químicos do meio bucal, independentemente do desgaste mecânico.

**DE GEE et al<sup>13</sup>**, em 1984, através de estudos laboratoriais, pesquisaram os fatores que podem influenciar na polimerização de compósitos fotossensíveis e ativados quimicamente. Uma matriz de aço inoxidável bipartida, contendo duas cavidades circulares, pré-aquecida em estufa a 37°C,

foi utilizada para a obtenção de corpos de prova cilíndricos, pela técnica incremental. A não proteção da superfície superior de cada camada do material inserida na matriz permitiu a polimerização na presença de oxigênio. Quinze minutos após a confecção, os corpos de prova, submetidos à tração, foram fraturados ao meio, segundo seu longo eixo, e expostos a uma solução corante (Astra blue) própria para detectar áreas de cura incompleta. Acredita-se que esta solução seja capaz de reagir com os grupos acrilatos não polimerizados, evidenciando, assim, a polimerização incompleta. O corante foi mais nitidamente visualizado entre os diversos incrementos do material, polimerizados separadamente, nas camadas mais profundas (resinas fotopolimerizáveis), ao redor de vazios e, ainda, em algumas regiões da superfície externa dos corpos de prova (resinas ativadas quimicamente). Os resultados obtidos reforçaram as teorias já existentes: o oxigênio é, realmente, capaz de inibir a polimerização; fatores outros, como mistura inadequada das pastas (resinas ativadas quimicamente), uso de uma fonte de luz não apropriada ou com baixo poder de penetração (resinas fotopolimerizáveis), igualmente, comprometem a magnitude da reação.

**SÖDERHOLM** et al<sup>47</sup>, em 1984, trabalhando com 3 resinas compostas para dentes posteriores e uma com micropartículas, estudaram o efeito da água sobre a lixívia de seus componentes inorgânicos. Corpos de prova cilíndricos, com faces laterais intactas e extremos desgastados, foram

expostos ao meio aquoso, por 30 dias, a 60°C. A seguir, foram transferidos para outros recipientes, contendo igual quantidade de água a 60°C, onde permaneceram por mais 30 dias. O procedimento foi repetido por 6 vezes. Recipientes apenas com água destilada foram utilizados como padrão. Um espectrofotômetro por absorção atômica foi utilizado para identificar e quantificar os componentes inorgânicos lixiviados pela água. Fotomicrografias obtidas permitiram observar a morfologia das estruturas degradadas. Com o estudo, os autores demonstraram que a lixívia de alguns elementos químicos da carga inorgânica dos compósitos depende basicamente de sua composição. Compósitos contendo quartzo e sílica pirolítica mostraram-se menos suscetíveis à degradação do que aqueles que apresentavam, em sua composição, vidros de bário e/ou estrôncio. Todos os materiais em teste, com exceção das resinas compostas com micropartículas, quando examinados ao microscópio eletrônico, exibiram vazios (fendas) na interface matriz/carga, resultantes da pressão osmótica aí gerada, devido à degradação da carga. O aumento contínuo da pressão osmótica faz com que estes vazios se propaguem ao longo da interface matriz/carga. Partículas de carga inorgânica irregulares podem atuar como barreiras, fazendo com que as fendas tomem um novo direcionamento. Passam, então, a caminhar pela matriz resinosa, podendo, até mesmo, atingir a superfície externa do material, o que permite o escape do líquido e a redução temporária da pressão osmótica. A forma esférica das partículas inorgânicas das resinas de microcarga dificulta a

propagação das fendas pela matriz resinosa, conferindo ao material maior estabilidade.

**NUTI SOBRINHO et al<sup>32</sup>**, em 1984, estudaram a ação do fluoreto de sódio e fluoreto estanhoso, na forma de gel, sobre as resinas compostas *Adaptic* e *Simulate*. Quinze corpos de prova foram confeccionados para cada um dos materiais segundo técnicas rotineiras. Três deles foram utilizados como controle e os doze restantes, subdivididos em dois grupos de seis, receberam tratamentos diversos: tratamento 1 - imersão dos corpos de prova em gel de fluoreto de sódio a 1,2% por 10min; tratamento 2 - imersão dos corpos de prova em gel de fluoreto estanhoso a 0,4%, também, por 10min. Após o tratamento, os corpos de prova foram secos, metalizados a vácuo com íons de ouro durante 7min e examinados em microscópio eletrônico de varredura (JEOL, JSM-P15), com regulagem fixa de 15Kv. A análise das fotomicrografias obtidas permitiu concluir que ambas as soluções empregadas foram capazes de atacar as resinas, degradando-as superficialmente. O gel de fluoreto estanhoso mostrou-se mais potente, sendo capaz de determinar um arredondamento dos bordos dos cristais inorgânicos.

Segundo **PHILLIPS<sup>34</sup>**, em 1984, dos fatores que contribuem para a descoloração do material restaurador, a rugosidade superficial é um dos mais importantes e merece atenção toda especial.

Membros do **COUNCIL ON DENTAL MATERIALS, INSTRUMENTS AND EQUIPMENT**<sup>10</sup>, reunidos em 1985, traçaram, com base em trabalhos experimentais realizados, um paralelo entre as resinas compostas ativadas quimicamente e as fotossensíveis. As resinas fotopolimerizáveis quando comparadas às ativadas quimicamente mostraram-se superiores sob vários aspectos. Além de permitirem o controle do tempo de trabalho, o uso de uma técnica incremental possibilita executar restaurações com forma e contorno satisfatórios, sem grandes excessos de material, dispensando, em alguns casos, até mesmo, os procedimentos de acabamento e polimento. A cor, o grau de adaptação marginal e a menor desintegração no meio bucal são fatores que privilegiam os compósitos fotopolimerizáveis e que os tornam mais e mais populares. Tem sido postulado que, o comportamento superior dos compósitos fotossensíveis esteja relacionado ao método de ativação. Não exigindo espatulação, descarta-se a possibilidade de incorporação de bolhas de ar durante o procedimento, o que, com freqüência, pode ser observado com as resinas ativadas quimicamente. A mistura do material (resina ativada quimicamente), após o início da polimerização e anterior ao endurecimento, pode comprometer a matriz resinosa e as microestruturas, resultando em propriedades indesejáveis. A polimerização adequada é indispensável ao bom desempenho clínico do material. Uma sub-polimerização determina, além de propriedades físicas e mecânicas não satisfatórias, alta solubilidade do material. O grau de polimerização interna de um compósito fotoativado

decrece com o aumento da distância da superfície. De fato, uma alta dureza superficial não é indicativo seguro de adequada polimerização. Vários recursos têm sido utilizados para avaliar a profundidade de cura dos compósitos fotoativados. Dentre eles destacam-se: o uso de soluções corantes e distinção óptica, raspagem e medidas de dureza superficial (o mais comum deles). Um estudo espectroscópico realizado revelou a presença de altas porcentagens de grupos metacrilatos não reagidos, 2 a 3mm abaixo da superfície. Em estudos "in vitro", o material utilizado para a obtenção da matriz, bem como suas dimensões, podem influenciar na intensidade com que a luz atinge as camadas mais profundas da resina. Fatores intrínsecos ao material, tais como composição e coeficiente de transmissão, podem igualmente, afetar o seu grau de polimerização. O uso de matrizes não metálicas, translúcidas, permite maior profundidade de cura. Quando maior que o feixe de luz, a matriz produz melhores resultados porque a resina circunjacente passa a atuar, também, como matriz translúcida. A polimerização continua por 24h após a aplicação inicial da luz e os valores de dureza superficial aumentam nesse período. O coeficiente de transmissão ou fator de atenuação de um compósito é um indicativo da redução da intensidade da luz que atravessa a massa do material. As resinas com microcarga, por causa da maior dispersão de luz provocada pelas partículas inorgânicas menores, exibem coeficiente de transmissão mais baixo e, normalmente, menor profundidade de cura. Os compósitos polimerizados por luz ultra-violeta também apresentam menor profundidade de

cura decorrente da dispersão aumentada em comprimentos de onda menores. Para minimizar o problema da polimerização incompleta, recomenda-se para as resinas ativadas por luz visível, o uso de técnica incremental, com camadas de espessura máxima de 2mm. Sendo o material de cor escura, camadas com espessura menor que 2mm devem ser inseridas e polimerizadas por vez. Se há dúvida quanto ao tempo de exposição exigido, deverá ser prolongado. A própria iluminação do consultório pode desencadear a reação de polimerização das resinas ativadas por luz visível, afetando suas propriedades. Deve-se, portanto, evitar o contato do material com a luz do ambiente anterior à sua polimerização.

**HENGCHANG** et al<sup>20</sup>, em 1985, tentaram, através de experimentos clínicos, estabelecer o padrão de desgaste de dois materiais restauradores: compósito (convencional e de micropartículas) e amálgama. Cavidades preparadas em molares de pacientes portadores de próteses totais foram preenchidas com os materiais em estudo. Depois de 3, 9 e 12 meses em uso na boca, os corpos de prova foram removidos das próteses e observados ao microscópio eletrônico de varredura. O desgaste do amálgama foi regular e homogêneo. O mesmo não se deu com os compósitos, principalmente com os convencionais. A análise das fotomicrografias permitiu verificar que a matriz orgânica desgastou-se com relativa facilidade, permanecendo a carga praticamente intocada. Com o avançar do processo, as partículas de carga

inorgânica se soltaram da matriz, deixando depressões e acelerando o desgaste do material. Os autores sugeriram, com base nos resultados obtidos, que o reforço da união matriz/carga fosse aumentado e houvesse redução da diferença existente entre os coeficientes de expansão térmica da resina e das partículas inorgânicas.

**MCKINNEY & WU<sup>30</sup>**, em 1985, pesquisaram o efeito de alguns líquidos (heptano e etanol), com parâmetros de solubilidade variáveis e simuladores de alimentos normalmente ingeridos, sobre a dureza e o desgaste de 4 diferentes compósitos. Os corpos de prova, acabados e polidos, foram imersos por 1 semana nos meios líquidos, que simulavam o álcool, o vinho, a cerveja, doces e gorduras. Decorrido o tempo pré-estabelecido para o armazenamento dos compósitos nos meios líquidos, foram efetuadas as leituras dos valores de dureza dos corpos de prova e suscetibilidade ao desgaste. Os autores concluíram que todos os corpos de prova tiveram suas superfícies alteradas em decorrência do meio líquido, havendo redução tanto de dureza quanto de resistência ao desgaste. As maiores alterações se deram quando do uso do etanol a 75%. A extensão do dano depende, em parte, da velocidade de difusão do penetrante que, por sua vez, está ligada ao seu peso molecular. Os compósitos fotopolimerizáveis mostraram-se mais resistentes ao ataque químico, provavelmente, pelo maior grau de polimerização. A incorporação de ar, durante a mistura de resinas ativadas quimicamente, inibe parcialmente a polimerização, conferindo ao material resultante menor dureza e

resistência ao desgaste. Embora o comportamento dos materiais tenha sido semelhante, em termos quantitativos, não poderão ser considerados iguais, o que sugere diferenças ligeiras na composição da matriz orgânica, componente mais vulnerável da resina.

**KULA** et al<sup>26</sup>, em 1986, conduziram um estudo, "in vitro", objetivando verificar o efeito do gel de flúor-fosfato acidulado sobre compósitos com diferentes partículas de carga inorgânica. Corpos de prova com diâmetro igual a 20mm ou 6mm e espessura de 2mm foram obtidos seguindo-se sempre as recomendações do fabricante do produto. Vinte e quatro horas depois de confeccionados, receberam um acabamento superficial, de modo a permitir a exposição das cargas inorgânicas e melhor avaliação microscópica das superfícies. Metade de cada uma das amostras foi recoberta com uma película de esmalte de unha e, a seguir, duas de cada produto foram imersas, por 4min, em gel de flúor-fosfato acidulado a 1,23%, à semelhança de procedimentos clínicos comumente executados. Dando prosseguimento ao trabalho, os corpos de prova foram removidos da solução em que se encontravam e limpos em aparelho ultrasônico. Uma metil-butil-cetona foi utilizada para remover a película de esmalte da superfície dos corpos de prova. As amostras recobertas por uma fina película de ouro foram examinadas ao microscópio eletrônico de varredura e julgadas, quanto à degradação observada, segundo critérios padronizados. Corpos de prova imersos em água, por igual período de tempo,

constituíram o grupo controle. Os autores concluíram que as alterações observadas estão ligadas ao tipo e tamanho de carga presente nos compósitos. Neste estudo, os compósitos com vidros de boro-alumino-silicato de bário mostraram-se mais suscetíveis à degradação pelo gel de flúor-fosfato acidulado. O aspecto superficial da degradação pôde ser melhor visualizado em cargas de dimensões maiores. Os vidros de zinco, depois de atacados, mostraram estrutura globular; fendas profundas estavam presentes em cargas de compósitos contendo mistura de vidros de bário e lítio-alumino-silicato; já, os vidros de estrôncio exibiram múltiplas depressões ondulares. A união resina/carga foi, igualmente, afetada, contribuindo para a perda das partículas inorgânicas. Os componentes do gel de flúor-fosfato acidulado responsáveis pelas alterações verificadas foram, provavelmente, o ácido fluorídrico e o fosfórico. Em maior proporção, o fluorídrico porque o fosfórico necessita de temperatura superior à encontrada na boca para degradar o vidro.

**ASMUSSEN & HANSEN<sup>7</sup>**, em 1986, através de pesquisas clínico-laboratoriais, procuraram traçar uma correlação entre grau de higiene oral e alteração de cor dos compósitos. Assim, corpos de prova, representando os materiais em estudo, foram confeccionados e armazenados em água desmineralizada a 37°C, por 2 semanas. Logo em seguida, foram imersos em diferentes soluções corantes. Duas dessas soluções, contendo compostos plasticizantes (etanol e ácido propiônico), promoveram alteração de cor

acentuada, especialmente nos polímeros originados a partir de monômeros com baixo conteúdo de TEGDMA (tri-etileno-glicol-dimetacrilato). Os resultados obtidos com o estudo clínico indicam que restaurações executadas com resina composta, inseridas em preparos cavitários de pacientes que apresentam pobre higiene oral, são mais suscetíveis às alterações de cor. Isso em decorrência do efeito plasticizante dos ácidos orgânicos produzidos pela placa.

Partindo-se da premissa de que o acabamento superficial pode provocar desorganização na superfície e nas subcamadas das resinas compostas, **VINHA et al<sup>64</sup>**, em 1987, confeccionaram corpos de prova de diferentes marcas comerciais, com uma de suas faces acabada (grupo tratado) e outra não (grupo controle), que foram imersos em solução de Rodamine B, a 2%, por 234h. Examinadores não calibrados, fazendo uso de lupas bi-focais, opinaram quanto ao grau de penetração do corante nas faces tratada e não tratada. Análises subseqüentes foram feitas, também, por meio de fotomicrografias. Os autores concluíram que o acabamento superficial, desestruturando o material, permitiu a penetração do corante nas camadas mais profundas. Dos materiais em estudo, os que receberam maior escore para a face tratada foram aqueles que apresentavam em sua composição grande massa de resina e pouco material de carga (Cervident, Silar e Isopast). As pontas diamantadas e as brocas multilaminadas foram responsáveis pelos maiores escores de penetração.

De acordo com **JAKUBKE & JESCHKEIT<sup>22</sup>**, em 1987, os ácidos acético e propiônico são excelentes solventes, pois possuem uma parte hidrofílica e uma cadeia hidrofóbica pequena. Desse modo, dissolvem-se tanto em compostos orgânicos apolares (benzeno, tetracloreto de carbono, etc) como também em polares (água). O ácido láctico, diferentemente dos ácidos acético e propiônico, apresenta dificuldades para se dissolver em compostos orgânicos. Por ser mais polar que os outros dois (dado à presença de mais uma hidroxila), tem afinidade maior por compostos do mesmo tipo (polares). Sua afinidade pela água é grande, chegando a ser higroscópico.

Membros do **COUNCIL ON DENTAL MATERIALS, INSTRUMENTS AND EQUIPMENT<sup>11</sup>**, reunidos em 1988, discutiram o efeito do gel de flúor-fosfato acidulado sobre restaurações a compósito e porcelana. Apesar de efetivo na prevenção da cárie, trabalhos realizados com microscopia eletrônica de varredura e rugosímetro demonstraram que este gel é capaz de atacar os componentes vítreos tanto da porcelana quanto dos compósitos, determinando perda de material, aumento da rugosidade da superfície e, ainda, decréscimo de sua reflectância. Para tanto, várias exposições ao gel são necessárias. Os efeitos deletérios do gel de flúor-fosfato acidulado não puderam ser observados quando de uma única aplicação. Entretanto, alguns pesquisadores recomendam, mesmo neste caso, que a superfície das restaurações seja protegida por verniz. Este procedimento não é duradouro e a

presença de fendas imperceptíveis na camada protetora permite o contato do ácido fluorídrico, presente no gel, com o material restaurador. Para outros profissionais, a conduta mais correta seria o uso de soluções fluoretadas neutras, que não apresentam em sua composição ácidos.

De acordo com **PAVIA et al<sup>33</sup>**, em 1988, a técnica de análise de compostos orgânicos, por espectrofotometria na região do infravermelho (IR), é importante, do ponto de vista qualitativo, por ser muito seletiva na identificação dos grupos funcionais de uma amostra. A radiação infravermelha interage diferentemente com cada um dos grupos funcionais da molécula em análise, resultando num espectro característico da substância. As bandas ou picos de absorção de radiação, presentes nos espectros e que são específicos de determinados grupos funcionais, permitem analisar possíveis alterações na estrutura da substância. Assim, pode-se afirmar que uma determinada substância sofreu uma reação química, comparando seus espectros de IR antes e depois de ser submetida a um ataque químico. Se houver uma reação química com formação de novas substâncias, o espectro acusará esse fenômeno pela presença de picos diferentes dos iniciais. Os autores afirmam, ainda, que, se os espectros de duas substâncias forem coincidentes, pico a pico, ou melhor absorção por absorção, então, estes espectros, na verdade, referem-se à mesma substância.

**NEWBRUN**<sup>31</sup>, em 1988, revendo as diversas teorias que tentam explicar a etiologia da cárie, ressaltou a importância da “químico-parasitária”. Esta teoria preconiza que a cárie seja causada por ácidos produzidos pelos microorganismos da boca. De fato, estudos realizados comprovam a presença de ácidos em lesões cariosas profundas. Não se deve, porém, esquecer de que estes ácidos são resultantes da fermentação bacteriana de substratos cariogênicos. Sabe-se que o pH na interface dente/placa pode permanecer baixo por muito tempo (mais do que duas horas), devido à produção de ácidos. A quantidade e a duração da queda do pH são influenciadas por: quantidade de placa interdentária; flora predominante; velocidade do fluxo salivar; tipo e concentração do substrato e localização da placa (i.e. vestibular ou lingual se comparados com as superfícies interproximais). Uma variedade de ácidos orgânicos tem sido identificada, através de técnicas cromatográficas específicas, na placa dentária, em culturas bacterianas isoladas da placa e em lesões cariosas. Isto inclui os ácidos láctico, acético, propiônico, fórmico e butírico.

Segundo **VAN VLACK**<sup>52</sup>, em 1988, o número de elétrons que circundam o núcleo de um átomo neutro influencia, sobremaneira, as propriedades dos materiais. São eles, mais especificamente os externos, que afetam a maior parte das propriedades: eles determinam as propriedades químicas; estabelecem a natureza da ligação interatômica (iônica, covalente...)

e, portanto, as características mecânicas e de resistência. Os polímeros, por exemplo, são materiais orgânicos primariamente covalentes e que apresentam forças de Van der Waals entre as moléculas. A estrutura eletrônica dos átomos que compõem estes materiais se torna estável mediante o compartilhamento de pares de elétrons. Como os elementos que se ligam nem sempre são os mesmos, por apresentarem eletronegatividades diferentes, ocorre, dentro da molécula, um desbalanceamento elétrico. O par de elétrons compartilhados passa a circundar mais eficazmente o núcleo positivo do átomo mais eletronegativo e, com isso, forma-se um dipolo com uma extremidade positiva e outra negativa. Um dipolo elétrico é formado em toda molécula assimétrica. Os dipolos resultantes originam forças de atração secundárias entre as moléculas (forças de Van der Waals). A extremidade positiva de um dipolo é atraída pela negativa de outro. Quanto mais fortes as ligações que se estabelecem entre os átomos e as moléculas de um material, mais duro ele será.

Experimentos clínicos realizados por **RATANAPRIKADUL** et al<sup>36</sup>, em 1989, demonstraram que dentes posteriores restaurados com resina composta, não submetidos aos procedimentos normais de acabamento e polimento, mostraram-se menos susceptíveis ao desgaste. Segundo o estudo, pedras, brocas e discos, normalmente empregados para o acabamento e polimento de restaurações a compósito, geraram grande quantidade de energia capaz de produzir microfendas sob a superfície acabada do material

restaurador. Os efeitos deletérios dos procedimentos de acabamento e polimento podem atingir camadas do material que estejam a 50µm ou mais da superfície. Este material, mecanicamente enfraquecido, apresentou-se menos resistente à abrasão ou desgaste do que aqueles não acabados e polidos.

**KAO<sup>29</sup>**, em 1989, estudou a rugosidade superficial das resinas compostas, quando imersas em soluções químicas com padrões de solubilidade variáveis. A observação de fotomicrografias de corpos de prova condicionados quimicamente permitiu detectar a presença de fendas no corpo do material restaurador que, por vezes, propagavam-se pela união matriz/carga. Um outro achado, também freqüente, foi a perda de partículas inorgânicas. A extensão do dano depende do poder de penetração do solvente. Uma vez absorvido pela matriz polimérica, pode determinar a ruptura da união resina/carga, conseqüência direta da expansão prévia que é capaz de produzir. A dureza do material, nos primeiros 3 dias do experimento, também, foi afetada, tendendo ao equilíbrio dentro de 18-30 dias. Dos produtos em estudo, os que apresentavam em sua composição, matriz à base de dimetacrilato uretânico exibiram menor resistência ao ataque químico. O acabamento dos corpos de prova parece ter um efeito marcante sobre o comportamento dos compósitos. Corpos de prova polimerizados sob pressão, embora apresentem superfícies lisas, são mais vulneráveis ao ataque químico, uma vez que aí predomina a fase orgânica do material.

Segundo **MCCABE**<sup>29</sup>, em 1990, todos os compósitos consistem de uma mistura de resina e carga inorgânica. A natureza da resina pode variar de um produto para outro, mas, na essência, todos contêm um acrilato ou um metacrilato modificado. Um dos monômeros mais utilizados, de acordo com o autor, é o BIS-GMA. O BIS-GMA é um metacrilato bifuncional que resulta da reação entre o bisfenol A e o glicidilmetacrilato. Apresenta dois grupos fenis que proporcionam à molécula um certo grau de rigidez e, ainda, grupamentos hidroxílicos responsáveis pelas pontes de hidrogênio que se estabelecem entre cadeias adjacentes. À temperatura ambiente, o BIS-GMA é muito viscoso, o que dificulta a incorporação de cargas inorgânicas a ele. Esta alta viscosidade também dificulta a migração dos grupos metacrilatos em direção aos pontos reativos da cadeia, afetando o grau de polimerização do material. Um comonômero de estrutura semelhante ao BIS-GMA, denominado trietileno-glicol-dimetacrilato (TEGDMA), é adicionado a ele para reduzir sua viscosidade. Tanto o monômero (BIS-GMA) quanto o comonômero (TEGDMA) são metacrilatos bifuncionais. Cada dupla ligação entre carbonos é capaz de participar da reação de polimerização, gerando radicais livres. Disso resulta, após a polimerização, uma resina com grande número de ligações cruzadas.

**SÖDERHOLM**<sup>48</sup>, em 1990, trabalhando com 6 diferentes marcas comerciais de compósitos (fotopolimerizáveis e ativados quimicamente), pesquisou o efeito da água sobre sua estrutura, mais especificamente sobre a integridade dos componentes inorgânicos (silício,

bário e zinco). Cinco corpos de prova foram confeccionados para cada um dos materiais em estudo. Matrizes, em forma de anel fendido, foram empregadas, de modo a permitir a obtenção de corpos de prova com 20mm de diâmetro e 0,75mm de espessura. Anterior à polimerização, os corpos de prova, mantidos entre duas placas de vidro recobertas por tira Mylar, recebiam uma carga de 1Kg, o que assegurava a perfeita moldagem da matriz e, também, a eliminação do excesso de material. Nove exposições foram necessárias à polimerização das resinas fotossensíveis, incidindo a primeira sobre a região central do corpo de prova. Depois de confeccionados e removidos das matrizes, os corpos de prova foram transferidos para uma estufa onde permaneceram, por 24h, a 37°C. Suspensos por um fio dental, foram imersos em água, a 60°C, por 6 meses. A cada mês, 5ml dessa água eram removidos para análise e, imediatamente, substituídos. Amostras adicionais foram confeccionadas para análise da composição das cargas inorgânicas através de RX por dispersão de elétrons. Além da composição da carga, a fração por peso foi, também, determinada, pesando-se uma amostra de cada material antes e após a queima da matriz, por 2 horas, a 600°C. Depois de identificadas as cargas, a concentração de seus componentes foi determinada através de espectroscopia por absorção atômica. Os resultados obtidos mostraram que a lixívia dos componentes inorgânicos, no período de estudo (6 meses), foi crescente, dependendo da composição da carga, sua concentração, área de superfície e do tipo de tratamento (lavagem em ácido, silanização, etc.). Na boca, o

fenômeno ocorre em menores proporções, uma vez que a temperatura não é tão elevada. A degradação hidrolítica das partículas inorgânicas pode determinar um enfraquecimento da união matriz/carga, comprometendo as propriedades mecânicas do material. Entretanto, as partículas mais facilmente degradadas (zinco, estrôncio e bário) conferem ao material restaurador a radiopacidade necessária para o exame de sua perfeita adaptação marginal. Além disso, há evidência de que elementos, tais como lítio, estrôncio e zinco, possam reduzir a suscetibilidade à cárie.

**GOLDSTEIN & LERNER<sup>18</sup>**, em 1991, observaram o efeito de vários dentífricos na superfície de uma resina composta híbrida (Herculite). Inicialmente, 24 corpos de prova, com 10mm de diâmetro, foram fotopolimerizados entre duas lâminas de vidro, e conservados em água, a 37°C, por uma semana, e utilizados para testar a abrasividade de 4 tipos de escova dental, sem dentífrico. A seguir, mais 48 corpos de prova foram submetidos a 20.000 ciclos de escovação numa solução de 100g de um dos 8 dentífricos analisados e 100g de água, numa máquina de abrasão. Foram realizadas 6 leituras transversais de 1,5mm, da rugosidade de cada corpo de prova, com auxílio de um perfilômetro (Mitutoyo Surf-test-4). Os resultados mostraram que a escovação sem dentífrico não provocou alteração na textura superficial do compósito, porém, a utilização de um dentífrico, de uso rotineiro

na higiene oral, foi capaz de alterar, significativamente, a topografia superficial do mesmo.

**PIRES et al<sup>36</sup>**, em 1993, estudaram o efeito da distância fotopolimerizador/compósito sobre o grau de conversão dos monômeros, indiretamente determinado pelos valores de dureza Knoop obtidos. Preparos cavitários circulares, com 6mm de diâmetro, foram feitos numa placa de Plexiglas de 2mm de espessura. Um disco de dentina plano e polido foi usado para simular o assoalho de um preparo cavitário clínico. Uma unidade de luz visível Optilux 401 (Demetron Research) foi usada para polimerizar os corpos de prova na matriz de Plexiglas. Uma resina composta com micropartículas, de cor universal (Silux Plus, 3M Dental), foi inserida em cada preparo, coberta com uma tira-matriz Mylar e curada por 40s. A ponteira da unidade fotopolimerizadora foi mantida a quatro diferentes distâncias - 0mm (contato com a superfície), 2mm, 6mm e 12mm - da superfície da resina composta. Estas distâncias foram padronizadas, adicionando-se espaçadores Plexiglas a um "jig" posicionador. Cinco corpos de prova foram polimerizados a cada distância. A intensidade da luz foi medida com radiômetros posicionados a iguais distâncias. Depois de armazenados por 24h, em estufa, à 37 °C e 100% de umidade relativa, os corpos de prova receberam um acabamento superficial com disco de papel (granulação 600) e medidas de dureza Knoop foram obtidas tanto para as superfícies superiores quanto para as de fundo. Os

resultados obtidos permitiram concluir que: 1 - a dureza da superfície superior do compósito não foi afetada pela distância da ponteira ou intensidade de luz; 2 - a intensidade de luz está fortemente correlacionada com a dureza nas camadas mais profundas; 3 - a dureza das camadas mais profundas é substancialmente menor que a dureza superficial a qualquer distância da ponteira e diminui à medida que a ponteira se afasta, isto é, a profundidade de cura é reduzida à medida que a distância da ponteira é aumentada; 4 - para assegurar adequada profundidade de cura, os tempos de exposição recomendados pelos fabricantes devem ser estendidos sempre que a intensidade de luz for reduzida pela distância da ponteira ou qualquer outro fator.

As alterações de cor de restaurações a compósito variam de paciente para paciente, o que, à primeira vista, pode ser explicado pelo maior ou menor consumo de alimentos corantes. **VIEIRA & GARONE FILHO<sup>53</sup>**, em 1993, através de observações clínicas, verificaram que o problema se tornava mais sério num grupo específico de pacientes: consumidores de álcool. Decidiram, a partir de então, pesquisar o efeito do álcool sobre a estabilidade de cor de compósitos híbridos e com micropartículas. Corpos de prova circulares, confeccionados pela técnica incremental e, mantidos sob pressão durante a fase de polimerização, não sofreram qualquer tipo de tratamento superficial além da textura deixada pela tira de poliéster. Depois de estocados em água destilada a 37°C, por 24h, tiveram suas cores medidas através de um

espectrofotômetro de reflexão. Subdivididos em dois grupos, receberam os tratamentos propostos para a confirmação da hipótese levantada: tratamento 1 - imersão em álcool anterior à exposição ao café; tratamento 2 - imersão apenas em café. Novas medidas de cores foram obtidas, pelo mesmo processo, permitindo comparações. Ao término do experimento, os autores concluíram que o álcool realmente potencializa a ação de agentes corantes, sendo seu efeito solubilizador mais evidente sobre as resinas com micropartículas que apresentam uma maior quantidade de porção orgânica.

De acordo com **CRAIG**<sup>12</sup>, em 1993, a dureza de um compósito depende, dentre outros fatores, do tipo e da quantidade de carga inorgânica nele presente. Produtos que apresentam, em sua composição, o quartzo, como carga, quando comparados àqueles contendo vidros, mostram-se superiores, mais duros, e portanto, menos suscetíveis ao desgaste. O grau de polimerização da resina-matriz também influencia suas propriedades. Quanto maior o grau de conversão do monômero, maior será a dureza do material.

**SISTEROLLI**<sup>42</sup>, em 1994, define eletronegatividade como sendo a tendência do átomo em atrair elétrons quando ligado a outros átomos. Segundo ele, quando um ou mais pares de elétrons são compartilhados por elementos que apresentam diferentes eletronegatividades, o núcleo do átomo mais eletronegativo exerce uma maior atração, deslocando o par eletrônico

para mais perto de si. Com isso, formam-se dipolos elétricos com extremidades positivas e negativas que tendem a interagir com moléculas vizinhas. Uma substância composta, com ligações polares, a depender de sua geometria espacial, pode apresentar-se como apolar. Em moléculas simétricas, o momento dipolar, dado pela soma vetorial dos momentos dipolares de suas ligações (dipolos individuais), tende a zero.

**CORRER SOBRINHO<sup>9</sup>**, em 1995, conduziu um experimento buscando correlacionar a intensidade de luz emitida por diferentes aparelhos fotopolimerizadores com o grau de polimerização de um compósito odontológico ativado pela luz visível, através do grau de dureza Knoop, nas regiões de superfície e fundo das amostras, após o tempo de exposição à luz ativadora que variou de 30 a 180 segundos. Os resultados indicaram que os aparelhos fotopolimerizadores com maior intensidade de luz apresentaram valores de dureza Knoop superiores em relação aos aparelhos com menor intensidade de luz, nas regiões de superfície e fundo das amostras. Observou-se, ainda, que os aparelhos fotopolimerizadores com intensidade de luz de 50, 130, 180, 220, 280 e 520  $\text{mw}/\text{cm}^2$  apresentaram valores de dureza Knoop superiores, estatisticamente, nas regiões de superfície em relação ao fundo após 30 segundos de exposição. Além disso, os aparelhos fotopolimerizadores com intensidade de luz de 130, 220 e 280  $\text{mw}/\text{cm}^2$  não apresentaram diferença estatisticamente significativa para os valores de dureza Knoop nas regiões de

superfície e fundo, a partir de 75 segundos de exposição. Observou-se, também, que o aparelho fotopolimerizador com emissão de 280 mw/cm<sup>2</sup> de intensidade de luz apresentou níveis de dureza Knoop estatisticamente superiores em relação ao aparelho que emitiu 130 mw/cm<sup>2</sup>, tanto na região de superfície como na região de fundo das amostras. Entretanto não apresentou diferença estatisticamente significativa em relação ao aparelho com 220 mw/cm<sup>2</sup> de radiação luminosa, a partir dos 45 segundos de exposição, na região de fundo.

Segundo dados fornecidos pela **Indústria 3M<sup>1</sup>**, a forma quase esférica das partículas de zircônia/sílica, bem como a presença, em tamanhos variáveis (0,01-3,5µm), no restaurador Z100, conferem ao material um alto grau de empacotamento. Se comparado a outros produtos, Herculite XRV por exemplo, que possui partículas inorgânicas numa faixa estreita de tamanho e, ainda, pontiagudas, exhibe menos vazios e, conseqüentemente, o seu teor de resina é mais baixo. A possibilidade de incorporar ao material Z100 uma alta porcentagem de carga inorgânica coloca-o à frente de outros compósitos, por resultar em propriedades melhores, dureza principalmente.

## **4. PROPOSIÇÃO**

---

## 4. PROPOSIÇÃO

Considerando que a resistência à abrasão de um material é fator de relevância e determinante de sua indicação clínica; que esta resistência está ligada à dureza do material; e que o meio a que estão expostos os materiais pode, direta ou indiretamente, afetar esta propriedade, propusemo-nos a desenvolver um estudo para:

- 1 - avaliar "in vitro" a ação de ácidos orgânicos sobre a dureza de compósitos odontológicos;
- 2 - avaliar "in vitro" a ação de ácidos orgânicos sobre a rugosidade superficial de compósitos odontológicos;
- 3 - verificar, através de espectrometria no infravermelho, se os compósitos, uma vez em contato com ácidos orgânicos, reagem com os mesmos.

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1. Material**

Para a realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

**5.1.1. compósitos de cores similares (A<sub>1</sub> e B<sub>1</sub> - escala Vita), indicados tanto para a restauração de dentes anteriores quanto posteriores;**

**5.1.2. ácidos orgânicos, com frequência encontrados na boca, seja pela ingestão de alimentos ou como produtos do metabolismo de bactérias da placa.**

Suas marcas comerciais e fabricantes estão especificados nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Compósitos utilizados e respectivos fabricantes.

<b>COMPÓSITO</b>	<b>FABRICANTE</b>
Herculite XRV	KERR MANUFACTURING COMPANY, MI
Charisma	KULZER FRIEDERISCHSDORF, GERMANY
Z100	3M DENTAL PRODUCTS DIVISION, ST. PAUL, MN

Tabela 2 - Ácidos orgânicos empregados e respectivos fabricantes.

<b>ÁCIDO ORGÂNICO</b>	<b>FABRICANTE</b>
Ácético 99,7%	QUIMEX
Lático 85%	QUIMIBRÁS INDÚSTRIAS QUÍMICAS S.A.
Propiônico 99,5%	RIEDEL - DE HAËN

A tabela 3 fornece dados adicionais sobre os materiais restauradores em teste.

Tabela 3 - Composição dos materiais restauradores utilizados.

MATERIAL RESTAURADOR	MATRIZ ORGÂNICA	CARGA
Herculite XRV	BIS-GMA E TEGDMA	- Vidros de bário e sílica
Charisma	Isopropilideno-bis [2(3) - hidroxi - 3(2) - (4 - fenoxi) propilmetilacrilato] 3,6 - dioxi-octametileno-metilacrilato.	- Vidro de Silicato de bário e alumínio - Dióxido de silício
Z100	BIS-GMA e TEGDMA	- Zircônia/Sílica

\* Dados fornecidos pelos fabricantes dos produtos.

## 5.2. Métodos

### 5.2.1. Matrizes

Matrizes circulares, com paredes internas ligeiramente expansivas, foram produzidas, em lâmina de plexiglas (14 cm x 5 cm), de modo

a permitir a confecção de corpos de prova com 8mm de diâmetro por 2mm de espessura.

Uma canaleta, com aproximadamente 1mm de profundidade, foi confeccionada, axialmente a cada uma das cavidades circulares, com o intuito de permitir o escape do excesso de material e, ainda, a inserção de um fio de aço durante o processo de obtenção dos corpos de prova.

Uma placa-base, também de plexiglas, apresentando as mesmas dimensões da lâmina-matriz, foi providenciada para permitir, através de um sistema de encaixe fixo por parafusos, o posterior assentamento da lâmina-matriz (fig. 1).

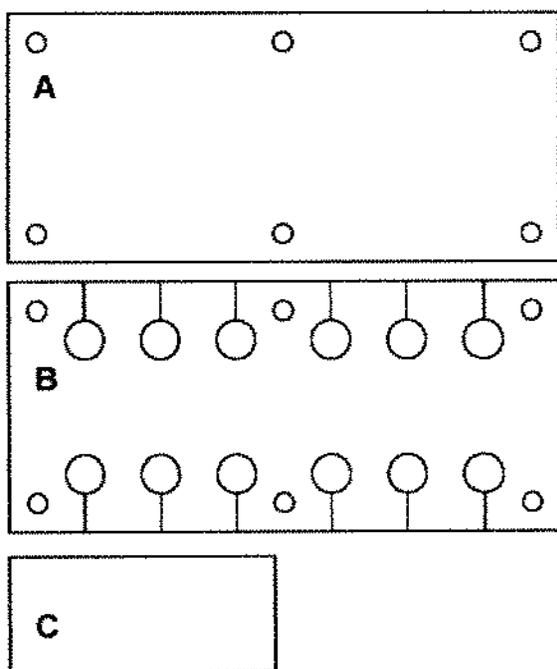


Fig. 1. Matriz utilizada para a confecção dos corpos de prova.

A - Placa-base

B - Lâmina-matriz contendo cavidades circulares para a confecção dos corpos de prova.

C - Contra-matriz de vidro.

O aumento da distância da fonte de luz, proveniente do fotopolimerizador, ocasiona uma difração dos raios luminosos, prejudicando a polimerização do material<sup>96</sup>. Portanto, durante a fase de delineamento do trabalho experimental, foram feitos testes, com um radiômetro (Demetron Research Corp.), que definiram o tipo e a espessura máxima do material a ser utilizado como contra-matriz superior. Assim, foi definido o uso de uma lâmina de vidro incolor e transparente, com espessura de 1mm, como contra-matriz superior. Tal lâmina permitia que os raios luminosos da fonte polimerizadora chegassem até o compósito com uma intensidade de 450mW/cm<sup>2</sup>, considerada suficiente para a conversão do monômero, no tempo de exposição recomendado pelo fabricante<sup>9</sup>.

### **5.2.2. Confecção e armazenagem dos corpos de prova**

Trinta e quatro corpos de prova foram confeccionados para cada um dos materiais em estudo (HERCULITE XRV, Z100 E CHARISMA), totalizando 102 amostras. A lâmina-matriz, uma vez assentada sobre a placa-base, recoberta por uma tira de poliéster, era unida a esta, através de parafusos, que garantiam ao conjunto maior estabilidade durante as fases subseqüentes (inserção, condensação e polimerização das resinas).

A seguir, pequenas porções da pasta única do compósito foram condensadas no fundo da cavidade da matriz. Um condensador plástico, próprio para resina (JON), foi utilizado a fim de adaptar perfeitamente o material à matriz, até completar a primeira camada, com aproximadamente 1mm de espessura. A polimerização desta primeira camada foi realizada com o fotopolimerizador Optiluz 150 (Demetron Research Corp), com 1 exposição de 40 segundos. Estando a primeira camada polimerizada, um fio para ligadura ortodôntica de 0,2mm de diâmetro foi inserido, percorrendo a canaleta lateral. Em seguida, nova porção de compósito foi adaptada até o total preenchimento da matriz. Sobre essa última camada, uma lâmina de vidro, também revestida por uma tira de poliéster, foi adaptada e comprimida com pressão digital, após o que procedeu-se a polimerização, de maneira idêntica à da primeira camada.

Uma vez confeccionados, os corpos de prova foram armazenados em estufa a 37°C e umidade relativa de 100%, por 24h, para que a polimerização pós-irradiação pudesse se completar<sup>10</sup>.

### **5.2.3. Imersão dos corpos de prova nas soluções-teste e avaliação de seus efeitos sobre a dureza superficial dos compósitos.**

Valores de dureza Knoop foram determinados para 45 corpos de prova, representativos dos três materiais em estudo, antes e 48h

após a imersão nas soluções-teste (ácido acético a 99,7%, ácido láctico a 85% e ácido propiônico a 99,5%) a 37°C.

O aparelho utilizado foi o microdurômetro HMV-2000/SHIMADZU, devidamente programado para operar nas seguintes condições: carga de 25g por 30s.

Cinco penetrações foram feitas, por vez, no centro da superfície superior do corpo de prova.

Uma vez estabelecidos os limites da penetração, o próprio aparelho se encarregava de fornecer o valor de microdureza Knoop correspondente. Este processo dispensa a consulta de tabelas que relacionam o número de dureza Knoop à extensão da penetração.

As médias dos valores obtidos - 24h após o armazenamento em estufa e 48h após a imersão nas soluções-teste - foram devidamente anotadas e podem ser verificadas nas tabelas 6 e 8 da seção seguinte.

#### **5.2.4. Imersão dos corpos de prova nas soluções-teste e avaliação de seus efeitos sobre a rugosidade superficial dos compósitos.**

Antes da imersão nas soluções-teste, 45 corpos de prova (15 de cada material), devidamente identificados, foram submetidos a três leituras de rugosidade superficial, com um rugosímetro (Surftest 211 - Mitutoyo). A leitura considerada foi a média aritmética entre os picos e vales (Ra), percorrida pelo apalpador, num trecho de medição de 1,25mm (cut-off). A média dos 3 valores obtidos para cada material em estudo foi determinada e registrada para comparações posteriores. A seguir, 15 corpos de prova de cada material, subdivididos em 3 grupos de 5, foram imersos nas soluções-teste, abaixo discriminadas, onde permaneceram por 48h a 37°C.

#### Soluções-teste:

- . ácido acético a 99,7%
- . ácido láctico a 85%
- . ácido propiônico a 99,5%.

Decorrido o tempo pré-estabelecido para a estocagem, os corpos de prova foram removidos dos meios líquidos em que se encontravam, lavados com água, secos com jatos moderados de ar e, mais uma vez levados ao rugosímetro, para que novas leituras de sua rugosidade superficial fossem obtidas, de maneira idêntica à descrita anteriormente.

As médias dos valores obtidos estão na tabela 13.

### **5.2.5. Análise espectrométrica, por FTIR, de compósitos odontológicos antes e após a imersão em ácidos.**

Os quatro corpos de prova restantes, representativos de cada um dos materiais em estudo, submetidos ou não aos tratamentos anteriormente descritos, foram analisados através de espectrometria na região do infravermelho com transformada de Fourier. Para tanto, amostras dos mesmos (0,5 a 1,0mg) obtidas por raspagem, foram misturadas com 100mg de Kbr (brometo de potássio) e trituradas em gral de ágata liso por 20min. Após a moagem, a mistura foi transferida para um molde próprio e prensada (carga de 2 ton.) durante 2min, de modo a permitir a obtenção de pastilhas transparentes com o material a ser examinado. O aparelho utilizado para a análise foi o espectrofotômetro SHIMADZU - modelo DR 8101 - cujo funcionamento assemelha-se ao do descrito por SILVERSTEIN et al<sup>41</sup>. Os espectros obtidos são apresentados nas figuras de 8 a 19.

Em nosso trabalho, decidimos lançar mão da espectrometria na região do infravermelho para verificar se os compósitos, na presença de ácidos orgânicos, são capazes de reagir com os mesmos, fornecendo dados qualitativos da amostra analisada, possibilitando a sua identificação e, também, permitindo detectar alterações de um dado material quando submetido a tratamentos diversos<sup>38</sup>.

### **5.2.6. Análise estatística**

Os dados obtidos no presente trabalho foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. O teste "t de Student", foi também aplicado para a comparação dos dados obtidos nas duas situações estudadas: antes e após a imersão dos corpos de prova em ácidos. Os resultados originais são apresentados no capítulo 9 (Apêndice), à página 132.

## **6. RESULTADOS**

Para melhor compreensão dos resultados obtidos, este capítulo será dividido em subítens.

### **6.1. Dureza dos Corpos de Prova Antes e Após a Imersão em Meio Ácido.**

A tabela 4 apresenta os valores de dureza média (Knoop) de todas as resinas submetidas ou não, à imersão em ácidos.

**TABELA 4 - Dureza média (Knoop) e desvio padrão das resinas, antes e depois da imersão dos corpos de prova em ácidos.**

<b>DUREZA MÉDIA</b>			
<b>ÁCIDOS</b>	<b>RESINAS</b>	<b>ANTES DA IMERSÃO</b>	<b>DEPOIS DA IMERSÃO</b>
Acético	Z 100	103.9760 ( $\pm$ 2.2592)	74.7240 ( $\pm$ 0.9911)
	Herculite XRV	57.4080 ( $\pm$ 0.5250)	30.3560 ( $\pm$ 0.4560)
	Charisma	52.7280 ( $\pm$ 0.5751)	25.7560 ( $\pm$ 0.8987)
Lático	Z 100	105.0280 ( $\pm$ 1.9190)	104.3799 ( $\pm$ 1.8626)
	Herculite XRV	58.4520 ( $\pm$ 1.0974)	57.9440 ( $\pm$ 1.4973)
	Charisma	51.6199 ( $\pm$ 0.5942)	35.1680 ( $\pm$ 0.7939)
Propiônico	Z 100	105.6480 ( $\pm$ 2.1830)	78.5320 ( $\pm$ 0.8263)
	Herculite XRV	58.8320 ( $\pm$ 1.0727)	29.4000 ( $\pm$ 0.8616)
	Charisma	50.9599 ( $\pm$ 0.6262)	25.2960 ( $\pm$ 0.5267)

Os dados da tabela 4, que representam a dureza média de cinco corpos de prova de um mesmo material, foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. Os resultados destas análises são apresentados na tabela 5.

TABELA 5 - Resultados da análise de variância e do teste de Tukey, sobre os valores de dureza das resinas, antes da imersão em meio ácido.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M	VALOR DE F
Resina	2	25197.25	12598.63	1446.79*
Resíduo	42	365.73	8.71	
Total	44	25562.98		

Valor Fcrítico = 3,20

(\*) significativa ao nível de 5%

Tukey - D.M.S. = 2.61798

Diante destes resultados, uma vez que o valor de F encontrado foi significativo, ao nível de 5%, foi aplicado o teste de Tukey, que indicou quais as médias que diferiam entre si, o que está demonstrado na tabela 6.

TABELA 6 - Média de dureza Knoop das resinas, antes da imersão em ácidos.

RESINAS	DUREZA
Z 100	104.8840 a
Herculite XRV	58.2307 b
Charisma	51.7693 c

(Médias seguidas por letras distintas diferem entre si, ao nível de 5%).

Observa-se que a maior média de dureza foi encontrada com a resina Z 100, que diferiu significativamente de Herculite e de Charisma, e

essas duas últimas também diferiram entre si, ao mesmo nível de significância, sendo que Charisma teve a menor média de dureza.

Os resultados da análise de variância e do teste de Tukey, relativos à dureza das resinas, após a imersão em meio ácido, são apresentados na tabela 7.

TABELA 7 - Resultados da análise de variância e do teste de Tukey, sobre os valores de dureza das resinas, após a imersão em meio ácido.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALORES DE F.
Resinas	2	27753.81	13876.80	2487.15*
Ácidos	2	4765.88	2382.94	427.10*
Res * Ácidos	4	775.99	194.00	34.77*
Resíduo	36	200.86	5.58	
Total	44	33496.34		

Valores F críticos (g.l. 2) = 3,266

(g.l. 4) = 2,642

Tukey - D.M.S. = 2.11020

(\*) significantes ao nível de 5%

Diante destes resultados, uma vez que os valores de F encontrados foram significantes, ao nível de 5%, foi aplicado o teste de Tukey que indicou quais as médias que diferiam entre si, o que está demonstrado na tabela 8.

TABELA 8 - Médias de dureza Knoop das resinas, depois da imersão em ácidos.

ÁCIDOS	RESINAS	MÉDIA DE DUREZA
Acético	Z 100	74.7240 a
	Herculite XRV	30.3560 b
	Charisma	25.7560 c
Lático	Z100	104.3799 a
	Herculite XRV	57.9440 b
	Charisma	35.1680 c
Propiônico	Z 100	78.5320 a
	Herculite XRV	29.4000 b
	Charisma	25.2960 c

( Em cada grupo, médias seguidas por letras distintas diferem entre si, ao nível de 5%)

Os resultados para as medidas de dureza Knoop, depois da imersão em ácidos, mostram que a resina Z 100 continua apresentando a maior média de dureza, em todos os ácidos utilizados no experimento, diferindo significativamente das demais resinas. Herculite e Charisma, por sua vez, também apresentam diferenças significativas entre si, em todos os ácidos considerados. Sendo assim, de uma forma geral, observou-se que as três resinas diferem significativamente entre si, na presença de quaisquer dos ácidos, sendo a maior média de dureza encontrada com a resina Z 100 e a menor média de dureza encontrada com a resina Charisma.

Os resultados da análise de variância e do teste de Tukey, relativos aos dados de dureza obtidos antes e depois da imersão em ácidos, são apresentados na tabela 9.

As figuras 2, 3 e 4 também ilustram estes resultados.

TABELA 9 - Resultados da análise de variância e do teste de Tukey, sobre os valores de dureza das resinas, obtidos antes e após a imersão em meio ácido.

CAUSAS DA VARIÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALORES DE F
Resinas	2	524.46	262.23	32.34*
Ácidos	2	3422.38	1711.19	211.04*
Resinas * Ácidos	4	1741.15	435.29	53.68*
Resíduo	36	291.90	8.11	
Total	44	5979.89		

Valores Fcríticos (g.l. 2) = 3,266 (\*) significantes a nível de 5%.

(g.l. 4) = 2,642

Tukey - D.M.S. = 2,54389

Diante destes resultados, uma vez que os valores de F encontrados foram significantes, ao nível de 5%, foi aplicado o teste de Tukey, que indicou quais as médias que diferiam entre si, o que está demonstrado nas tabelas 10 e 11.

TABELA 10 - Médias das diferenças de dureza Knoop das resinas, de acordo com os diferentes meios ácidos em que foram imersas, quando comparadas as situações "antes" e "depois".

ÁCIDOS	RESINAS	MÉDIAS DE DUREZA DAS RESINAS
Acético	Z 100	29.251999 a
	Herculite XRV	27.052002 a
	Charisma	26.972003 a
Lático	Charisma	16.291998 a
	Z 100	0.668000 b
	Herculite XRV	0.488000 b
Propiônico	Herculite XRV	29.832001 a
	Z 100	27.116000 a
	Charisma	25.664001 a

(Em cada grupo, médias seguidas por letras distintas diferem entre si, ao nível de 5%).

TABELA 11 - Médias de dureza Knoop das resinas, quando comparadas as situações "antes" e "depois" de sua imersão em diferentes meios ácidos.

RESINAS	ÁCIDOS	MÉDIAS DE ÁCIDOS
Z 100	Acético	29.25199 a
	Propiônico	27.11600 a
	Lático	0.66800 b
Herculite XRV	Propiônico	29.832001 a
	Acético	27.052002 a
	Lático	0.488000 b
Charisma	Acético	26.972003 a
	Propiônico	25.664001 a
	Lático	16.291998 b

(Em cada grupo, médias seguidas por letras distintas diferem entre si, a nível de 5%).

Comparando-se os dados de dureza Knoop, obtidos antes e depois da imersão em ácidos, foram encontradas diferenças significativas entre as resinas, somente na presença do ácido láctico, onde observou-se que a resina Charisma apresentou maior média de diferenças do que a resina Z 100 e a resina Herculite, diferindo significativamente destas duas últimas, e essas, por sua vez, não diferiram entre si. Deve ser esclarecido que a maior das diferenças, neste caso, significa que o valor médio de dureza, antes da imersão

no ácido, foi muito maior do que o valor médio de dureza obtido depois da imersão em ácido.

Dado o interesse na verificação da existência, ou não, de diferenças significantes entre todos os valores de dureza das resinas, obtidos antes e depois da imersão nos três ácidos, os dados iniciais foram submetidos ao teste "t de Student", de comparação entre médias, ao nível de significância de 5%.

O valor crítico de t, para 24 graus de liberdade, é de 2,064.

Os resultados desta análise encontram-se na tabela 12.

TABELA 12 - Resultados da aplicação do teste t, aos dados originais, relativos à dureza das resinas, comparadas as situações "antes" e "depois" da imersão das mesmas em meio ácido.

ACIDOS	RESINAS	VALORES DE t ENCONTRADOS
Acético	Z 100	19,76 *
	Herculite XRV	55,20*
	Charisma	37,46 *
Lático	Z 100	0,75
	Herculite XRV	0,94
	Charisma	34,70 *
Propiônico	Z 100	21,19 *
	Herculite XRV	44,59 *
	Charisma	35,64 *

(\*) significante ao nível de 5%.

Os valores acima vêm confirmar os resultados obtidos através da análise de variância, ou seja, que as resinas Z 100 e Herculite, quando imersas no ácido láctico, não perderam sua dureza.

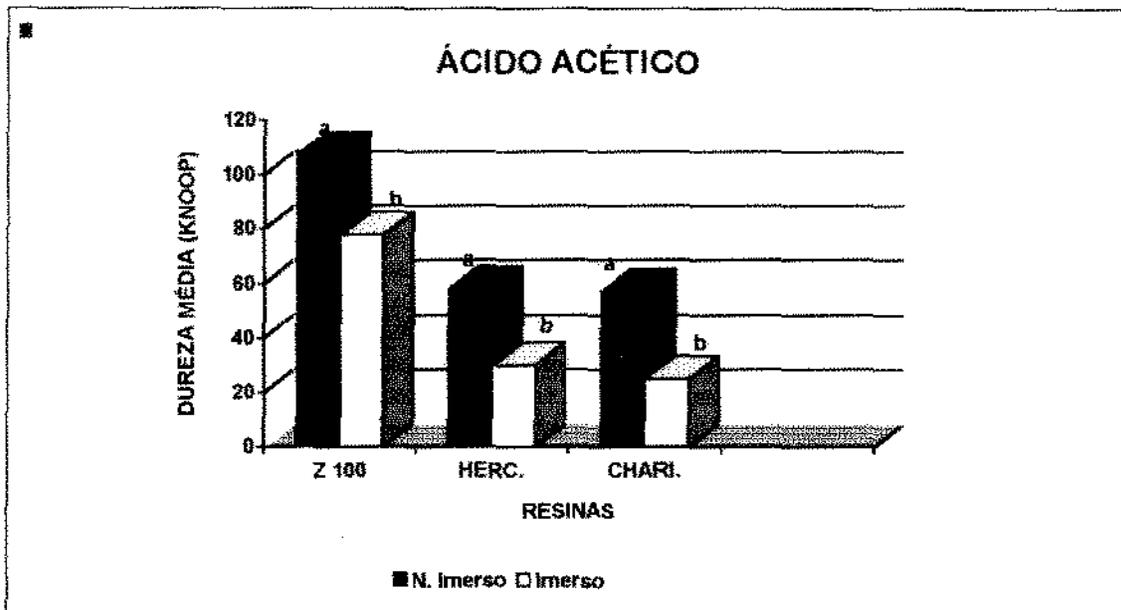


Figura 2 - Comparação gráfica da dureza média dos compósitos (Knoop), antes e após a imersão em ácido acético.

(As letras, colocadas na parte superior das colunas, indicam, quando distintas, a existência de diferenças significativas entre as médias nas duas situações - Teste de Tukey ao nível de 5%).

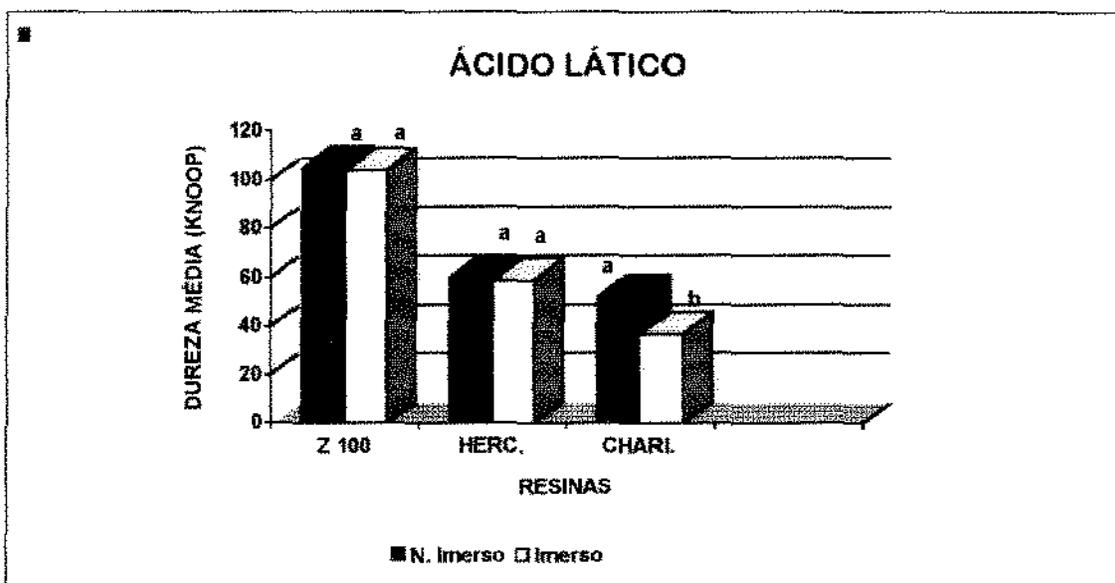


Figura 3 - Comparação gráfica da dureza média dos compósitos (Knoop), antes e após a imersão em ácido láctico.

(As letras, colocadas na parte superior das colunas, indicam, quando distintas, a existência de diferenças significativas entre as médias nas duas situações - Teste de Tukey ao nível de 5%).

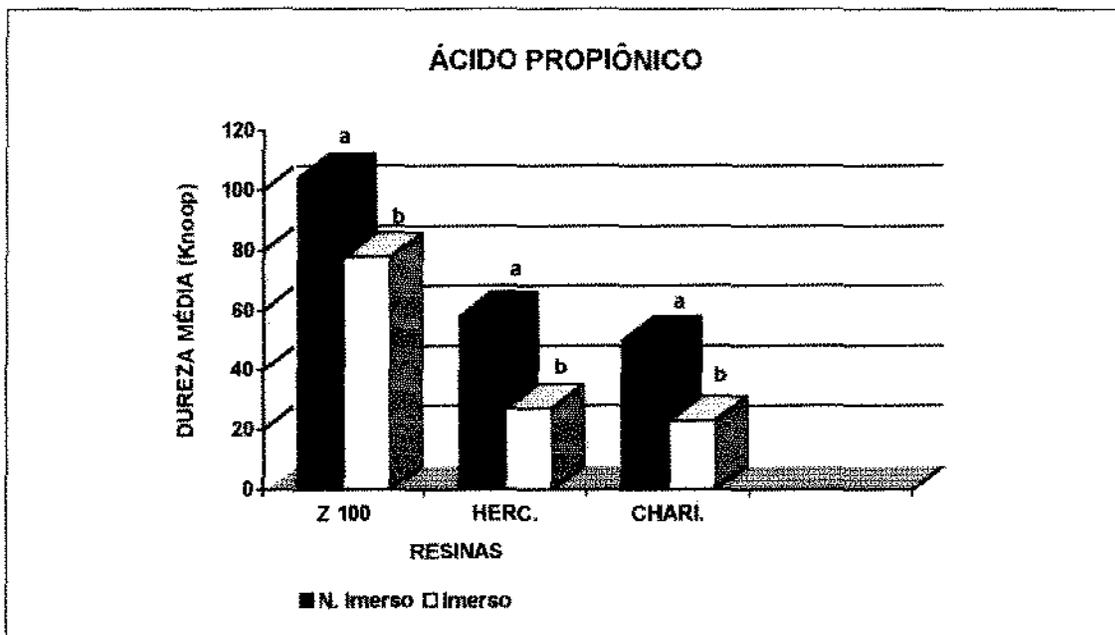


Figura 4 - Comparação gráfica da dureza média dos compósitos (Knoop), antes e após a imersão em ácido propiônico.

(As letras, colocadas na parte superior das colunas, indicam, quando distintas, a existência de diferenças significativas entre as médias nas duas situações - Teste de Tukey ao nível de 5%).

**6.2. Rugosidade superficial (em  $\mu\text{m}$ ) dos corpos de prova, antes e após a imersão em meio ácido.**

A tabela 13 apresenta os valores de rugosidade média de todas as resinas submetidas ou não, à imersão em ácidos.

TABELA 13 - Rugosidade média e desvio padrão de resinas, antes e depois da imersão dos corpos de provas em ácidos.

RUGOSIDADE MÉDIA			
ÁCIDOS	RESINAS	ANTES DA IMERSÃO	DEPOIS DA IMERSÃO
Acético	Charisma	0.0660 ( $\pm$ 0.0051)	0.0660 ( $\pm$ 0.0024)
	Herculite XRV	0.0640 ( $\pm$ 0.0024)	0.0620 ( $\pm$ 0.0020)
	Z 100	0.0600 ( $\pm$ 0.0045)	0.0560 ( $\pm$ 0.0024)
Lático	Charisma	0.0620 ( $\pm$ 0.0020)	0.0600 ( $\pm$ 0.0055)
	Herculite XRV	0.0600 ( $\pm$ 0.0000)	0.0600 ( $\pm$ 0.0000)
	Z 100	0.0560 ( $\pm$ 0.0024)	0.0560 ( $\pm$ 0.0024)
Propiônico	Charisma	0.0620 ( $\pm$ 0.0020)	0.0640 ( $\pm$ 0.0024)
	Herculite XRV	0.0560 ( $\pm$ 0.0024)	0.0560 ( $\pm$ 0.0024)
	Z 100	0.0620 ( $\pm$ 0.0020)	0.0620 ( $\pm$ 0.0020)

Os dados da tabela 13, que representam a rugosidade média de cinco corpos de prova de um mesmo material, foram submetidos à análise de variância, ao nível de 5%.

Os resultados desta análise, relativa à rugosidade das resinas, antes da imersão em meio ácido, são apresentados na tabela 14.

TABELA 14 - Resultados da análise de variância, sobre os valores de rugosidade das resinas, antes da imersão em meio ácido.

CAUSAS DA VARIÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR DE F
Resinas	2	0.00014	0.0000689	1.58
Resíduo	42	0.00182	0.0000435	
Total	44	0.00196		

Valor Crítico (g.l. 2) = 3,22

A análise de variância demonstrou que não houve diferenças significativas entre as médias de rugosidade com as três resinas estudadas. Assim sendo, não houve necessidade da aplicação do teste de Tukey, que tem por objetivo detectar onde se encontram as diferenças, quando estas são significantes.

Os resultados da análise de variância para as medidas de rugosidade, depois da imersão dos corpos de prova em ácidos, estão apresentados na tabela 15.

TABELA 15 - Resultados da análise de variância, sobre os valores de rugosidade das resinas, depois da imersão em meio ácido.

CAUSAS DA VARIACÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALORES DE F
Resinas	2	0.00023	0.00012	3.0588
Ácidos	2	0.00058	0.00003	0.7647
Resinas * Ácidos	4	0.00025	0.00006	1.6471
Resíduo	36	0.00136	0.00004	
Total	44	0.00190		

Valores Fcríticos (g.l. 2) = 3.266

(g.l. 4) = 2.642

A análise de variância demonstrou que não houve diferenças significativas entre as médias de rugosidade com as três resinas estudadas. Assim sendo, não houve necessidade da aplicação do teste de Tukey.

Os resultados da análise de variância, para as medidas de rugosidade, obtidos antes e depois da imersão em ácidos, estão apresentados na tabela 16.

TABELA 16 - Resultados da análise de variância, sobre os valores de rugosidade das resinas, obtidos nas situações "antes" e "depois" da imersão em meio ácido.

CAUSAS DA VARIACÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALORES DE F
Resinas	2	0.0000133	0.0000067	0.3158
Ácidos	2	0.0000533	0.0000267	1.2632
Resinas * Ácidos	4	0.0000533	0.0000133	0.6316
Resíduo	36	0.0007600	0.0000211	
Total	44			

Valores F críticos (g.l. 2) = 3.266

(g.l. 4) = 2.642

A análise de variância demonstrou que não houve diferenças significativas entre as médias de rugosidade com as três resinas estudadas, quando comparados os resultados obtidos na situação "antes" e na situação "depois". Assim, não houve necessidade da aplicação do teste de Tukey.

As figuras 5, 6 e 7 também ilustram estes resultados.

Como as análises de variâncias efetuadas sobre os dados de rugosidade das resinas, tanto na situação "antes" da imersão em meio ácido, quanto na situação "depois", e, ainda, na comparação entre as duas situações, não evidenciaram a existência de diferenças significantes entre as médias, não foi aplicado, a estes valores, o teste "t de Student".

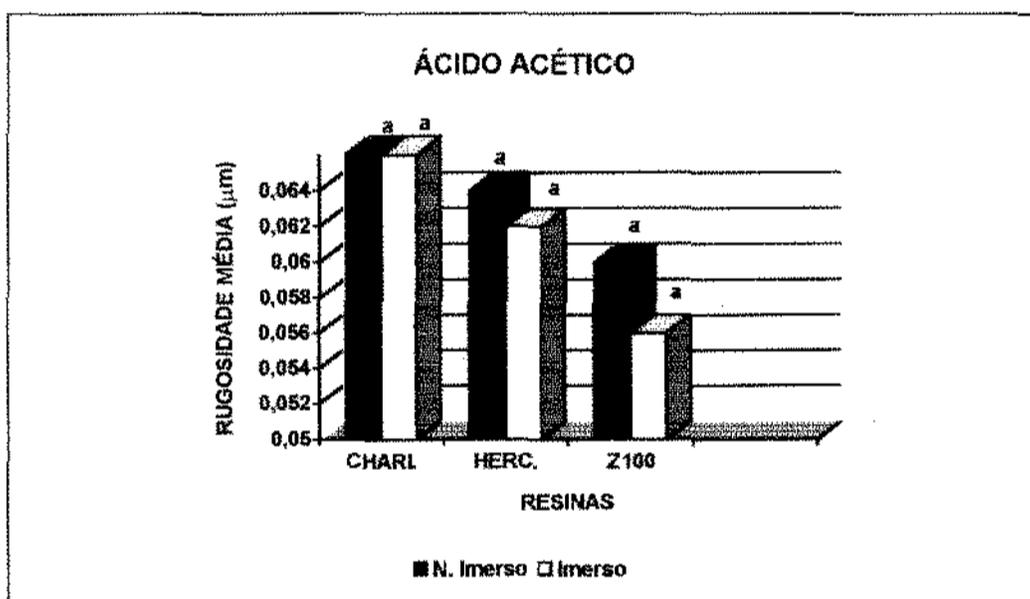


Figura 5 - Comparação gráfica da rugosidade média (em  $\mu\text{m}$ ) dos compósitos, antes e após a imersão em ácido acético.

(As letras, colocadas na parte superior das colunas indicam, quando iguais, a inexistência de diferenças significativas entre as médias nas duas situações - análise de variância, ao nível de 5%).

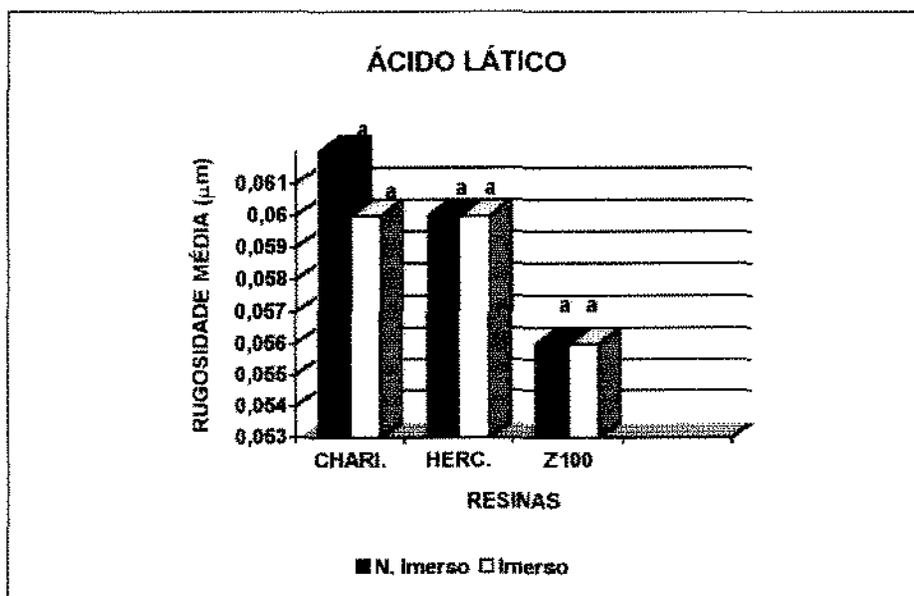


Figura 6 - Comparação gráfica da rugosidade média (em  $\mu\text{m}$ ) dos compósitos, antes e após a imersão em ácido láctico.

(As letras, colocadas na parte superior das colunas indicam, quando iguais, a inexistência de diferenças significativas entre as médias nas duas situações - análise de variância, ao nível de 5%).

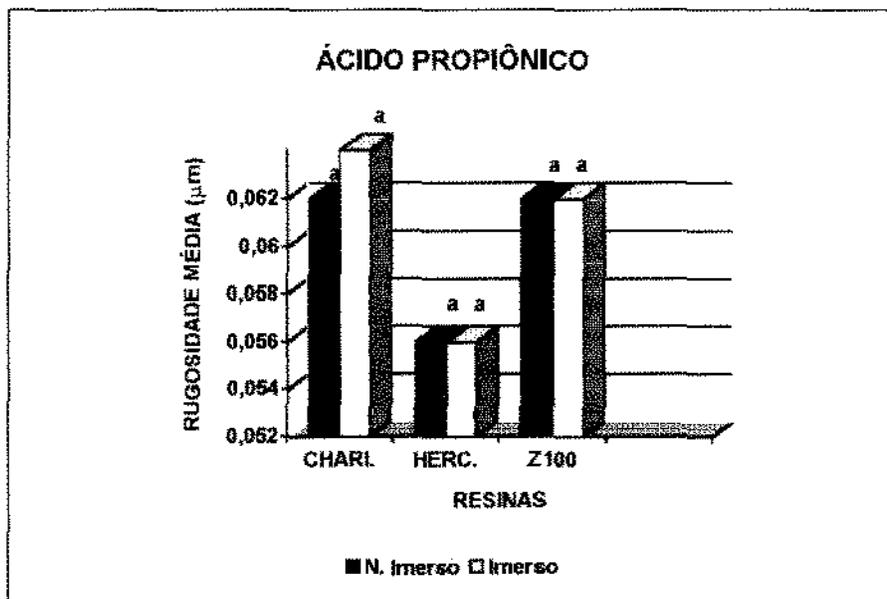


Figura 7 - Comparação gráfica da rugosidade média (em  $\mu\text{m}$ ) dos compósitos, antes e após a imersão em ácido propiônico.

(As letras, colocadas na parte superior das colunas indicam, quando iguais, a inexistência de diferenças significativas entre as médias nas duas situações - análise de variância, ao nível de 5%).

### 6.3. Espectrometria no Infravermelho

Nas páginas seguintes, são apresentados os espectros, no infravermelho, de cada um dos materiais em estudo, obtidos antes e após a imersão dos corpos de prova em diferentes meios ácidos.

Cada uma das bandas que constitui o espectro corresponde a um grupo funcional específico da molécula em análise. Assim, a banda a  $1724,6\text{cm}^{-1}$  (fig. 12) corresponde à absorção do grupo carbonila ( $\text{C} = \text{O}$ ). A banda a  $1634,9\text{cm}^{-1}$ , da mesma figura, corresponde a uma dupla ligação entre átomos de carbono ( $\text{C} = \text{C}$ ). A consulta de uma tabela própria, em que são apresentados os números de ondas com os respectivos compostos, permite a interpretação do espectro de um material desconhecido<sup>41</sup>.

Os químicos costumam dizer que o espectro, no infravermelho, de um composto é a sua impressão digital. Através dele, torna-se fácil identificar ou, mesmo, detectar alterações de um dado material submetido a tratamentos diversos<sup>33,41</sup>.

Em nosso trabalho, lançamos mão dessa espectrometria para verificar se os compósitos, uma vez imersos em ácidos, reagiam com os mesmos.

O estudo comparativo dos espectros, obtidos antes e após a imersão dos corpos de prova em ácido, permite-nos afirmar que são bem semelhantes. Caso as resinas reagissem com os ácidos, seus espectros assumiriam configurações bem diferentes: desapareceriam e/ou surgiriam bandas características dos novos produtos formados, o que não ocorreu. Desse modo, descartamos a hipótese de que os ácidos tenham sido capazes de reagir com o polímero, determinando a sua hidrólise.

Pequenas alterações podem ser observadas nos espectros de nº 9 e 10, quando comparados com o de nº 8 (amostra controle). A sobreposição dos mesmos permite-nos afirmar que houve uma ligeira diminuição da banda a  $1653,2\text{cm}^{-1}$  com aumento correspondente da banda a  $2926,4\text{cm}^{-1}$ . Tal fato revela um grau maior de polimerização destas amostras em relação à controle pois, como já foi dito anteriormente, a banda a  $1653,2\text{cm}^{-1}$  corresponde a um estiramento da dupla ligação entre átomos de carbono; já, a banda a  $2926,4\text{cm}^{-1}$  corresponde a um estiramento da ligação simples, C-H. Essa mudança indica ruptura da ligação dupla C=C e formação de novas ligações C-H.

Alguns espectros, comparados ao controle correspondente (figs. 11, 15, 17 e 18), evidenciam uma redução da banda a  $3568,7\text{cm}^{-1}$ , o que vale dizer que diminuiu o número de hidroxilas associadas por meio de ligações hidrogênio, após a imersão dos corpos de prova em ácidos.

As alterações dos espectros de nº 13 e 19 são decorrentes da maior concentração do polímero nas amostras em análise.

Todas estas alterações, aqui relatadas, em nada sugerem hidrólise ácida.

101

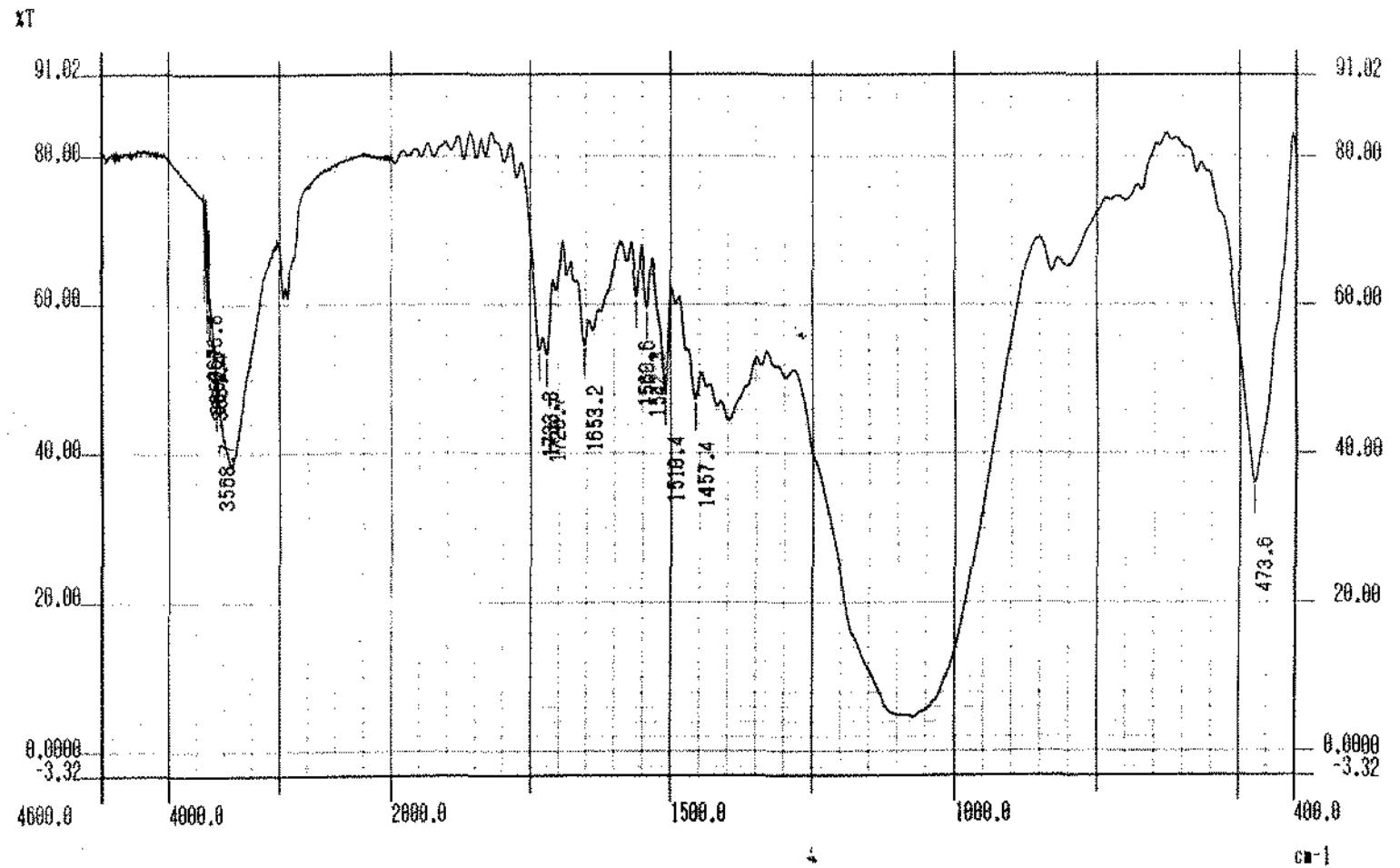


Figura 8 - Espectro no infravermelho do compósito Herculite XRV (controle) em KBr.

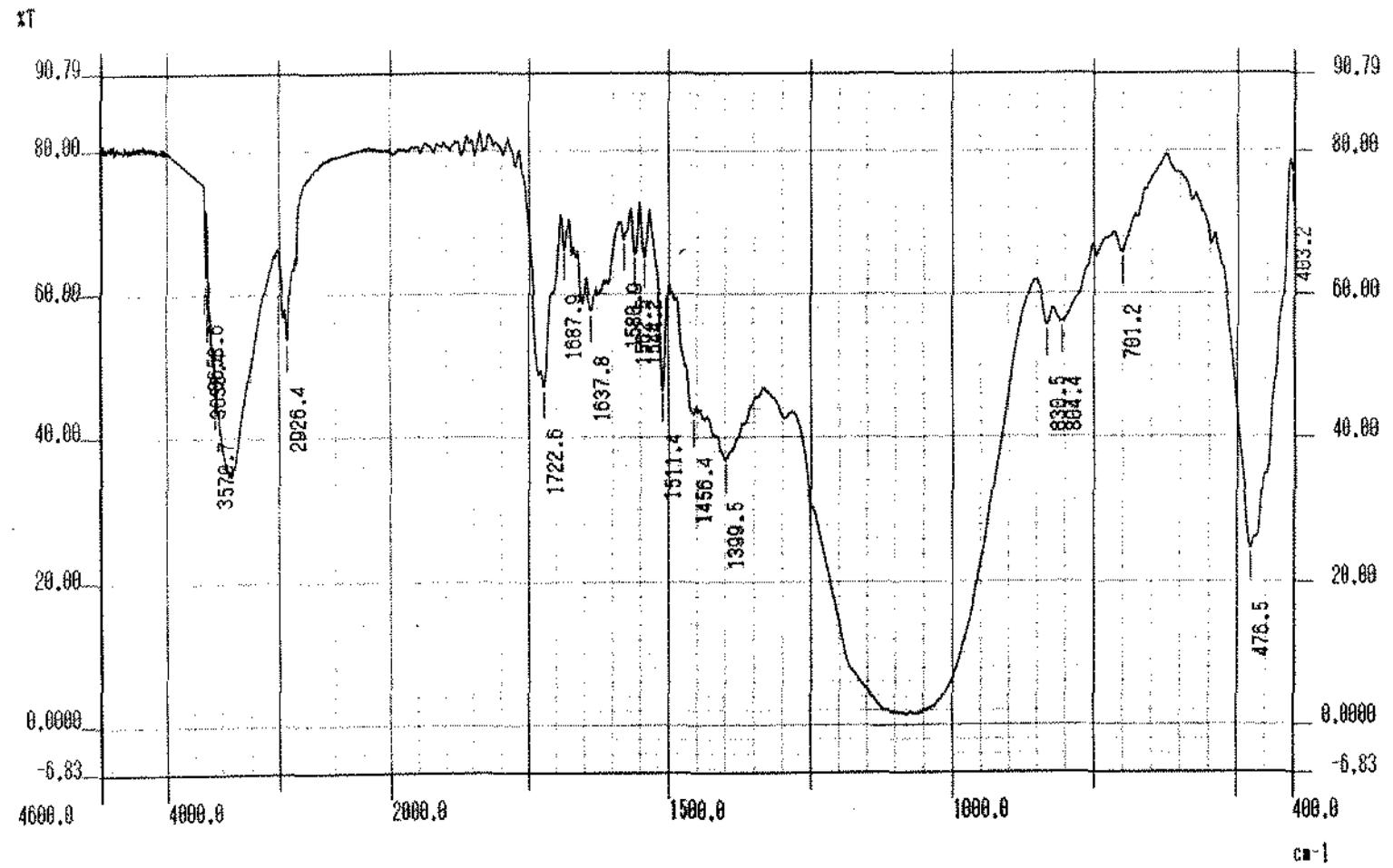


Figura 9 - Espectro no infravermelho do compósito Herculte XRV, em Kbr, após imersão em ácido acético.

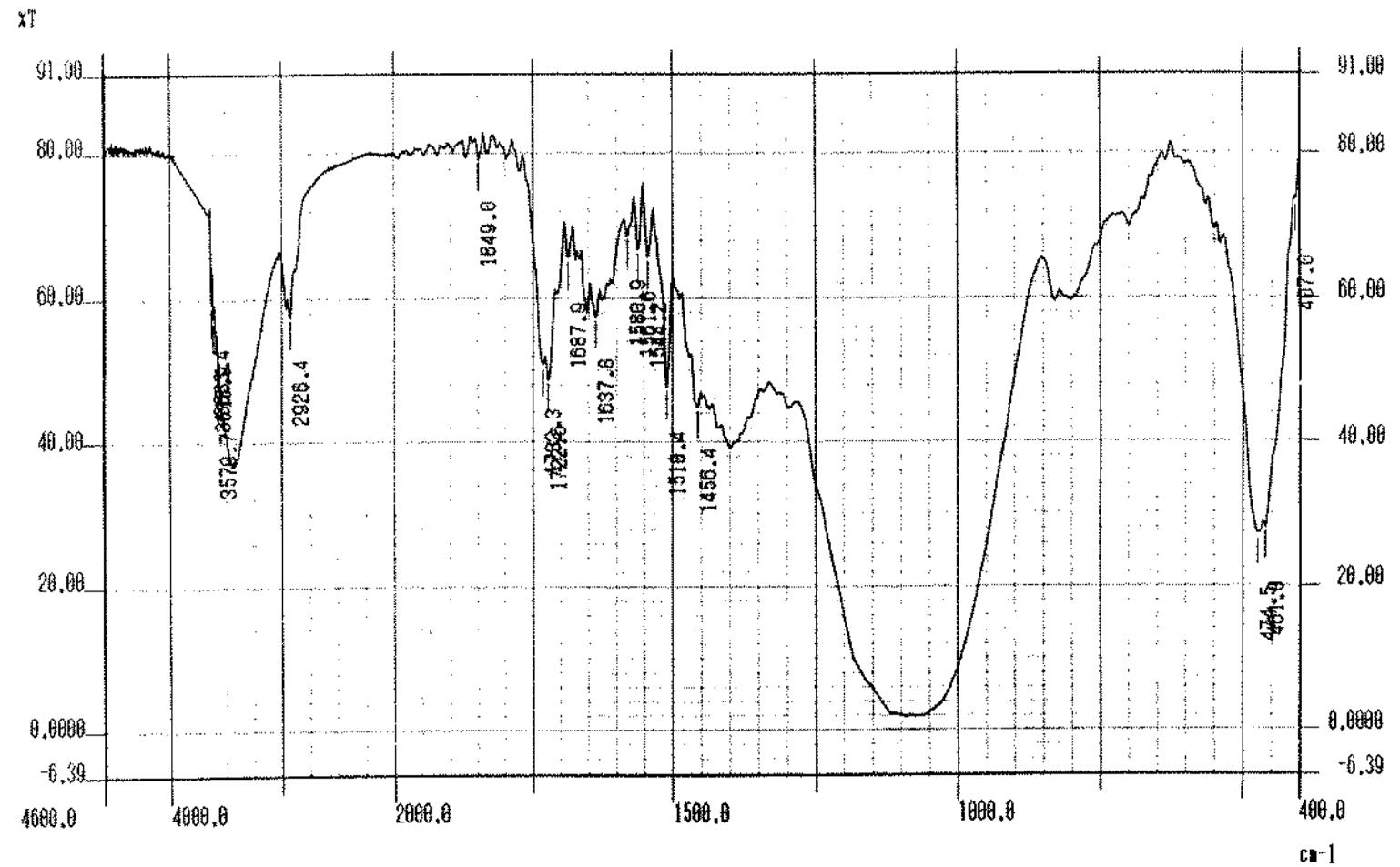


Figura 10 - Espectro no infravermelho do compósito Herculite XRV, em Kbr, após imersão em ácido láctico.

104

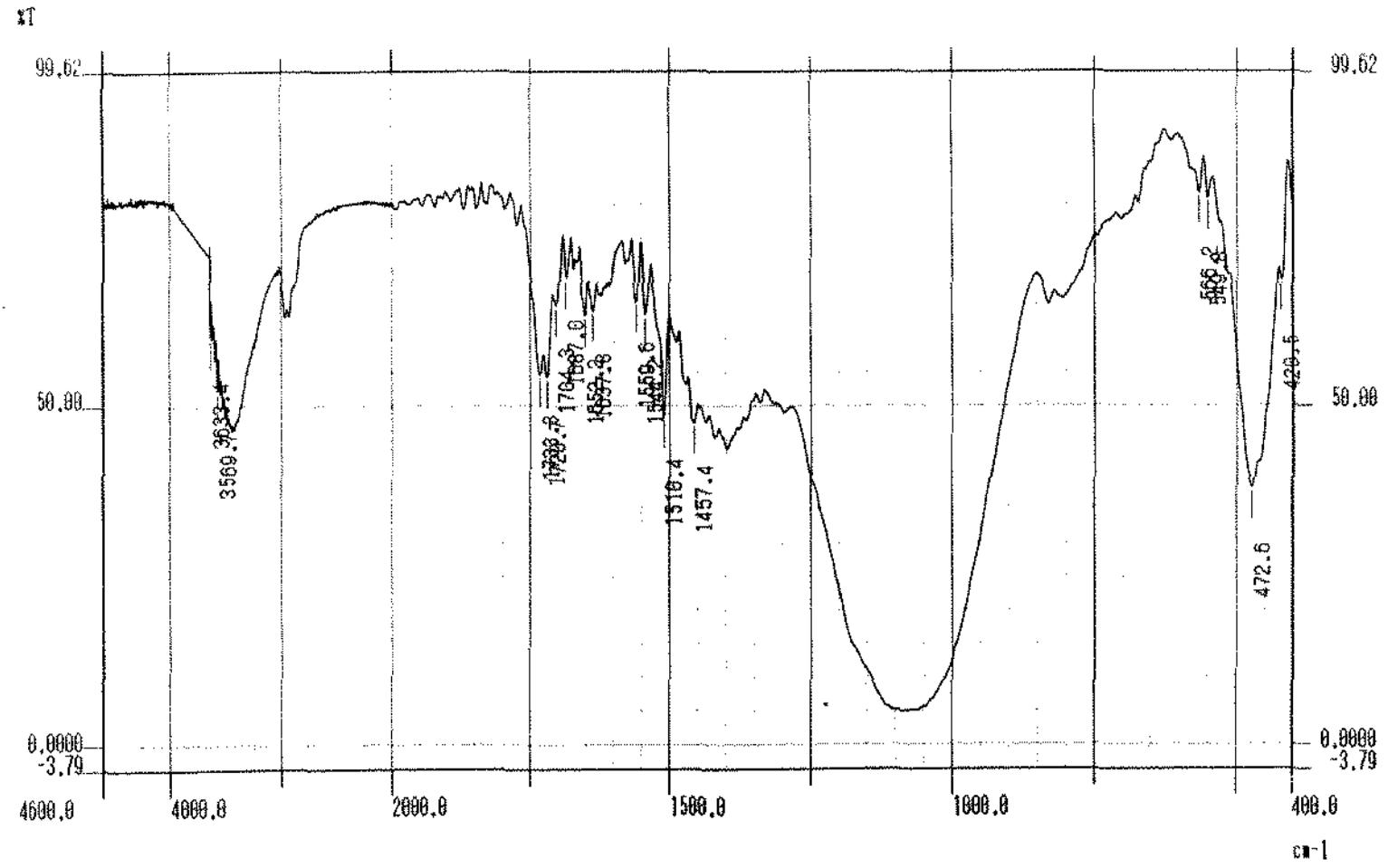


Figura 11 - Espectro no infravermelho do composto Herculite XRV, em Kbr, após imersão em ácido propiônico.

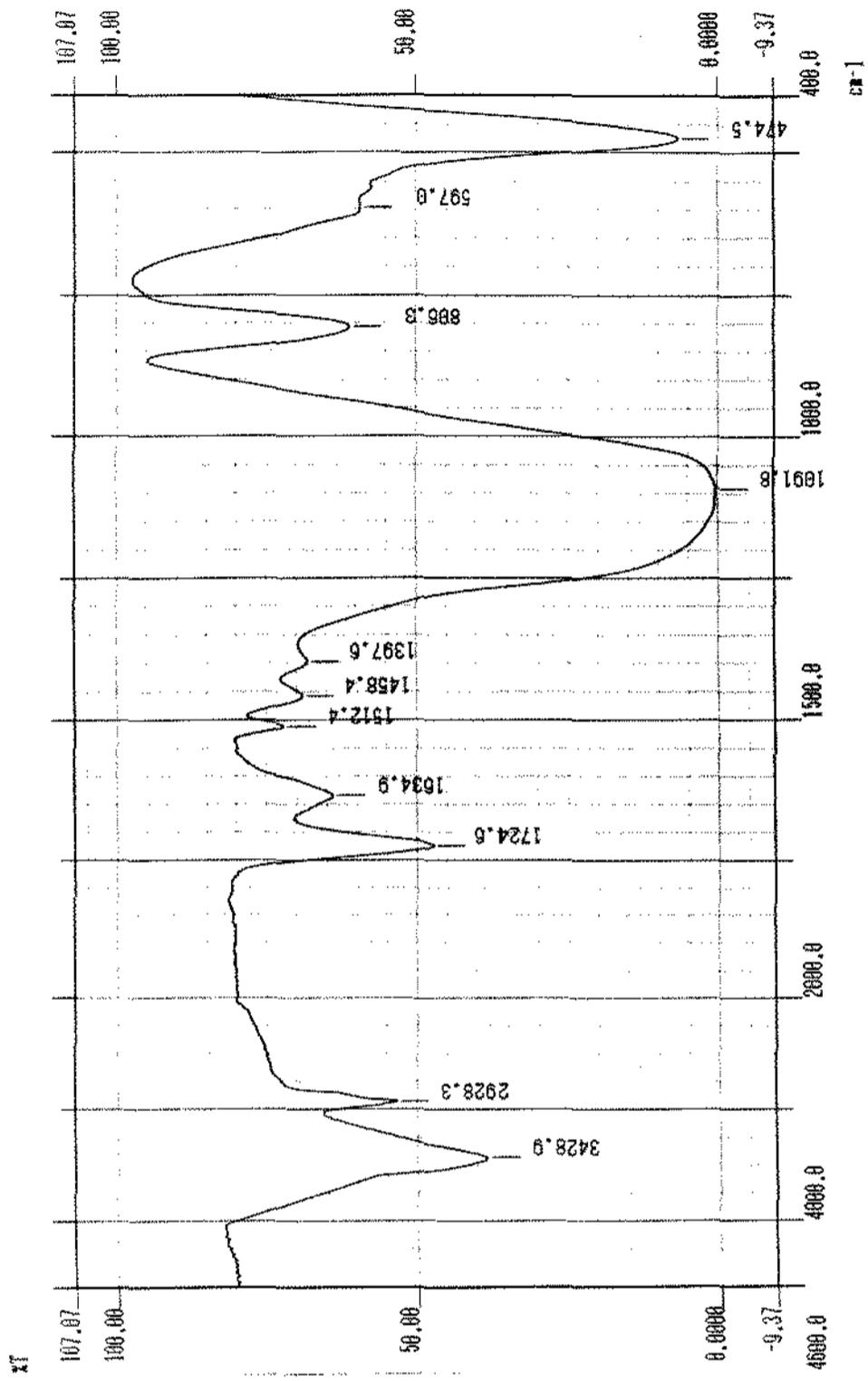


Figura 12 - Espectro no infravermelho do composto Z 100 (controle) em Kbr.

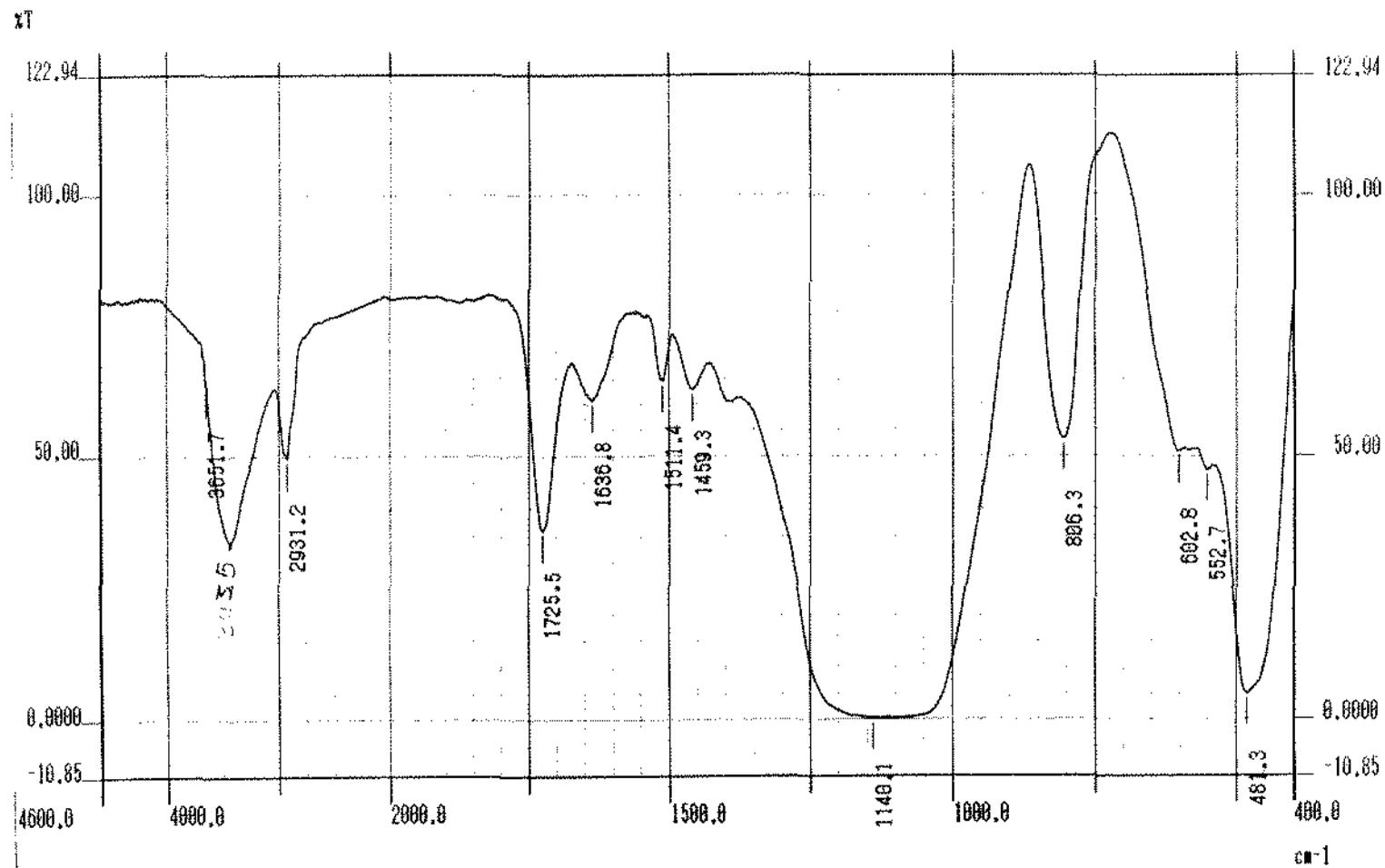


Figura 13 - Espectro no infravermelho do compósito Z 100, em Kbr, após imersão em ácido acético.

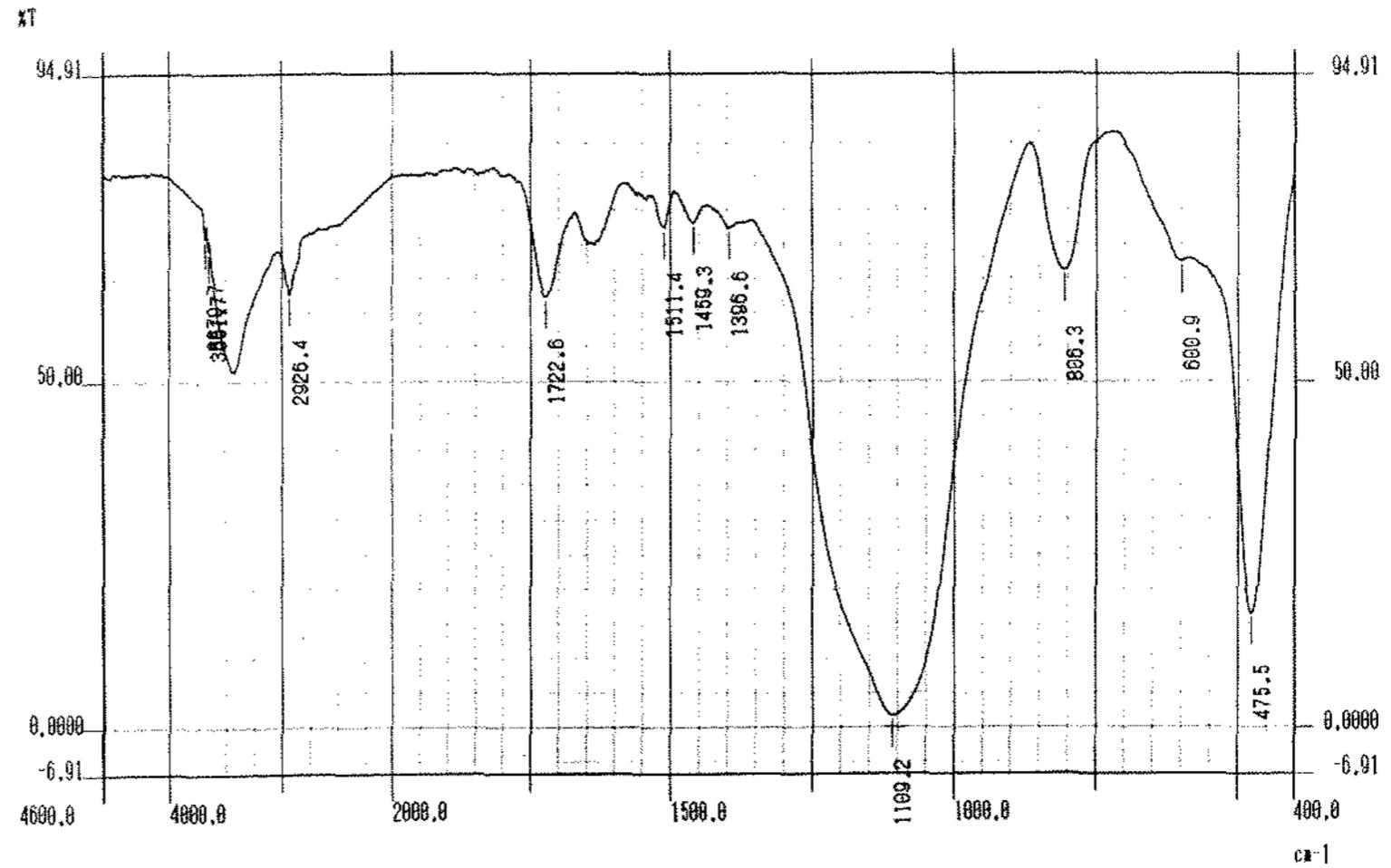


Figura 14 - Espectro no infravermelho do compósito Z 100, em Kbr, após imersão em ácido láctico.

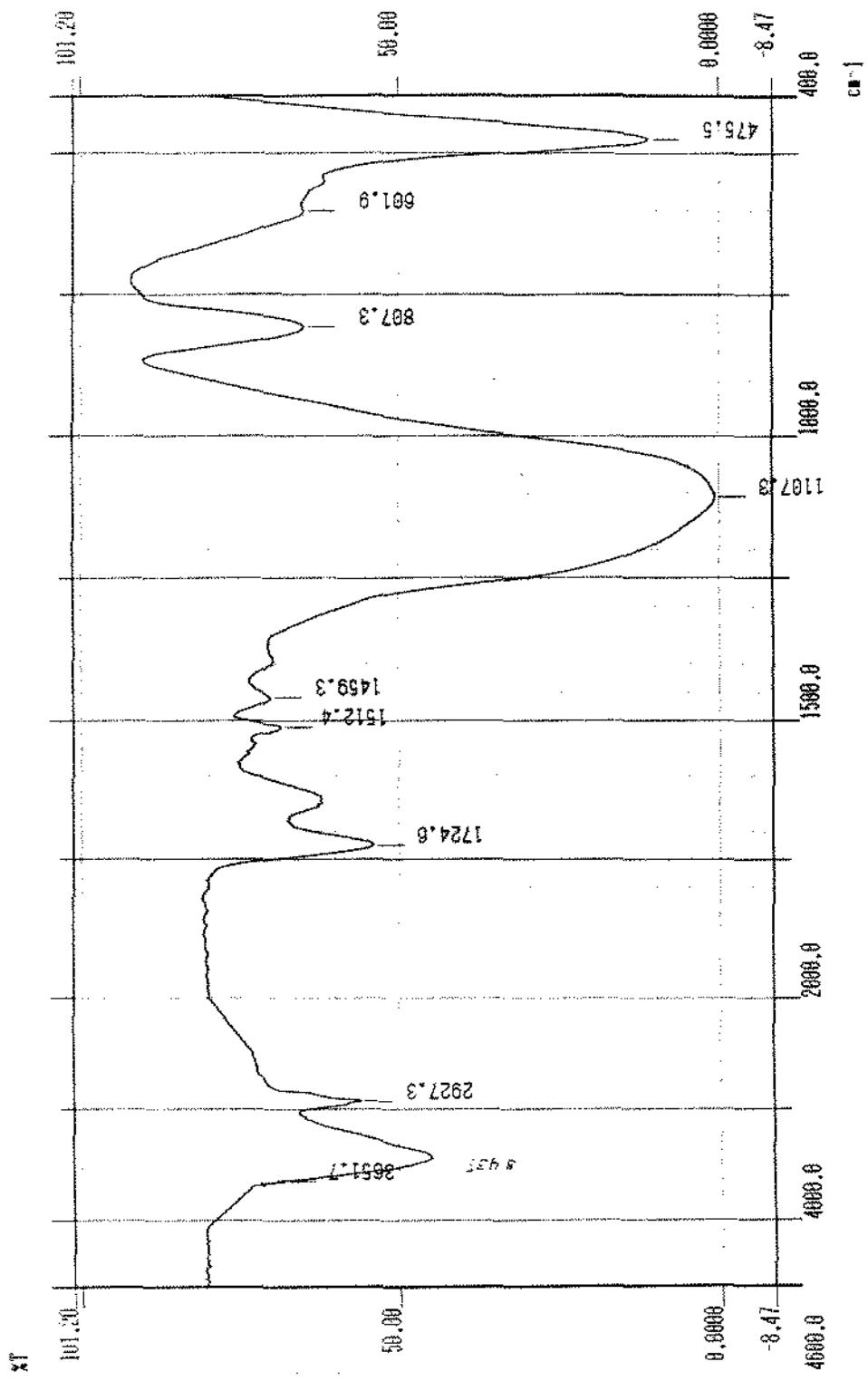


Figura 15 - Espectro no infravermelho do composto Z 100, em Kbr, após imersão em ácido propiónico.

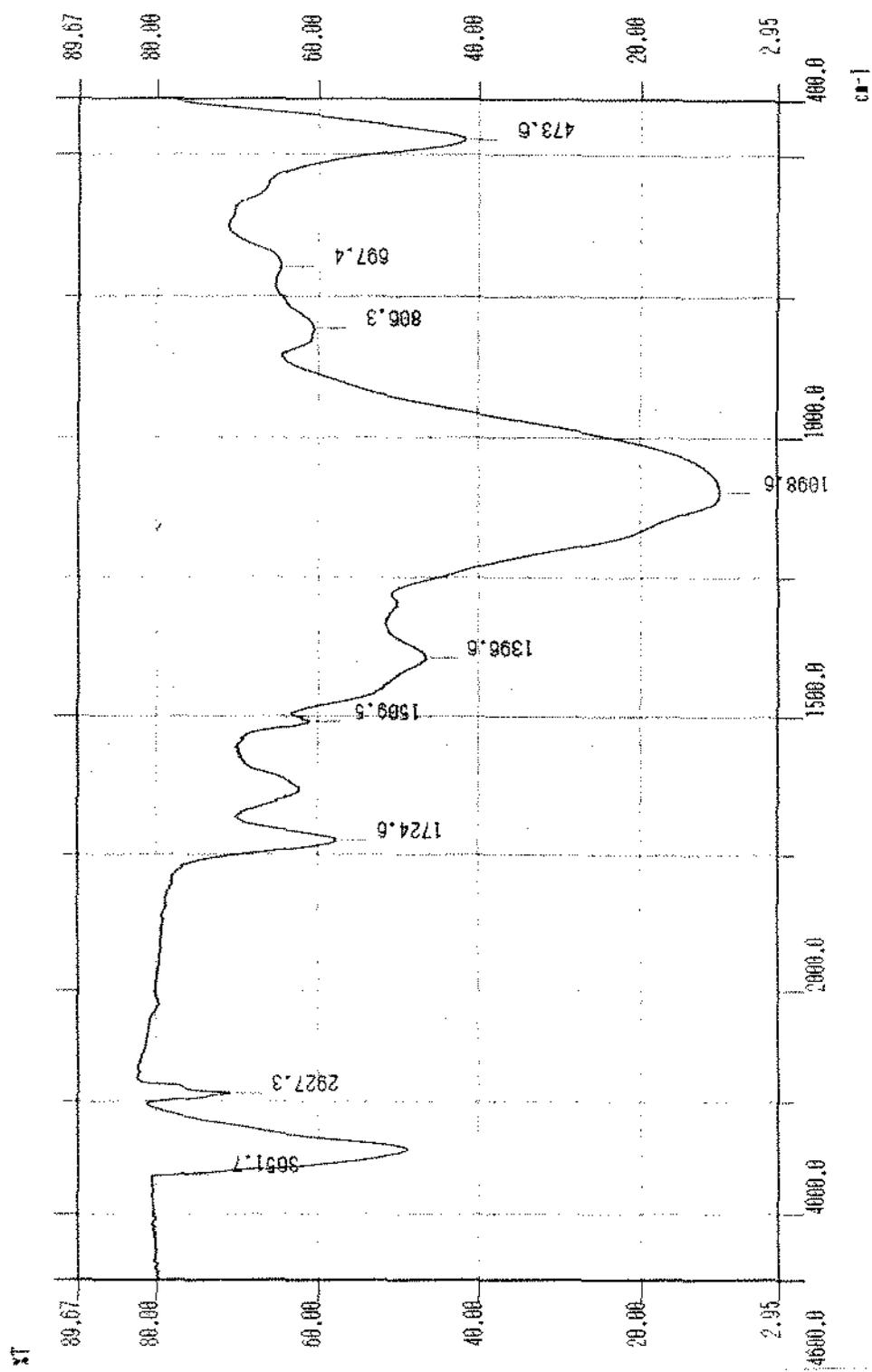


Figura 16 - Espectro no infravermelho do compósito Charisma (controle) em KBr.

110

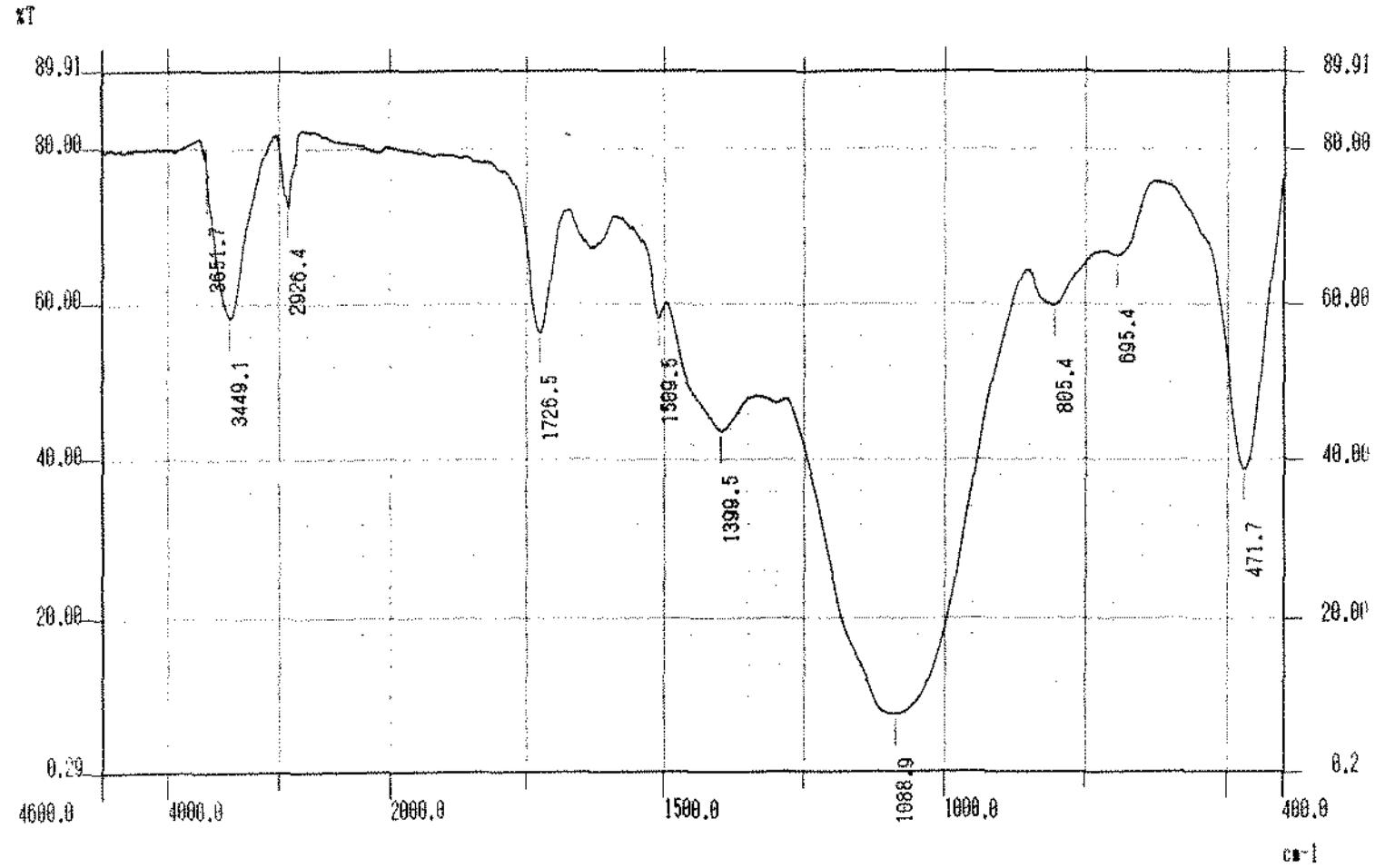


Figura 17 - Espectro no infravermelho do compósito Charisma, em Kbr, após imersão em ácido acético.

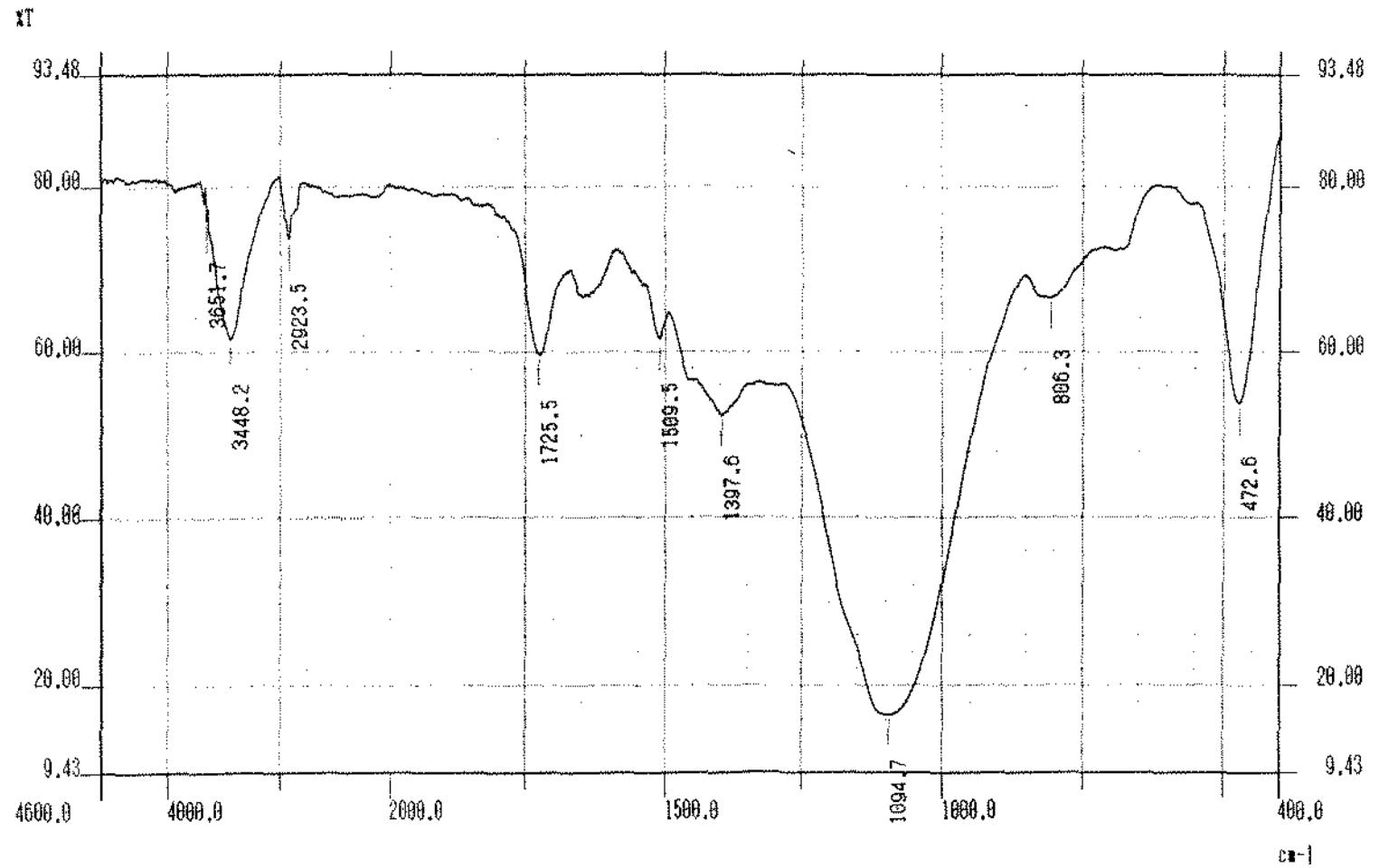


Figura 18 - Espectro no infravermelho do compósito Charisma, em Kbr, após imersão em ácido láctico.

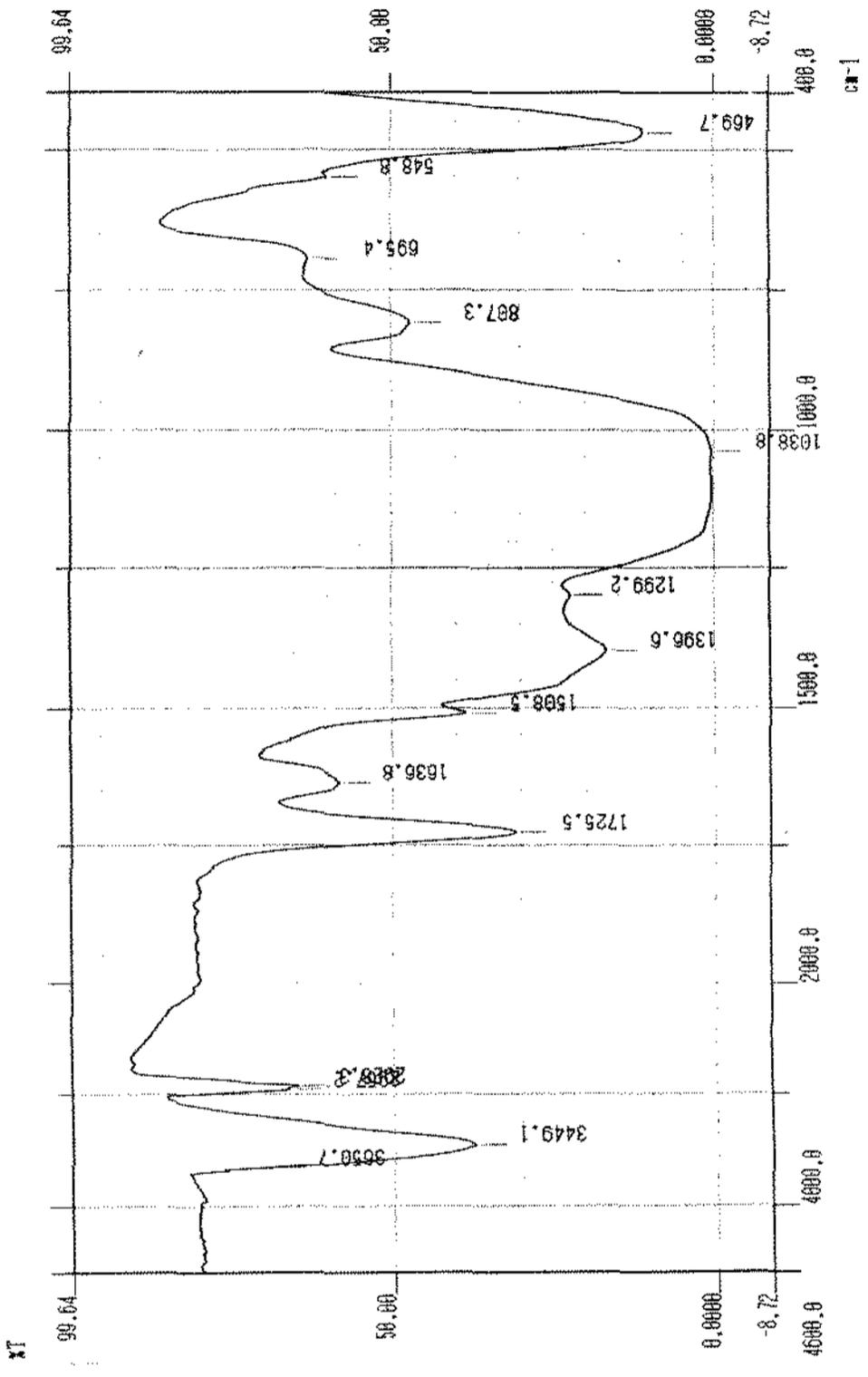


Figura 19 - Espectro no infravermelho do composto Charisma, em Kbr, após imersão em ácido propiônico.

## **7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

## 7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Dos materiais empregados em nosso estudo, o que apresentou maior dureza inicial foi o Z 100. Segundo **CRAIG**<sup>12</sup>, a dureza de um compósito depende, dentre outros fatores, do tipo e da quantidade de carga inorgânica nele presentes. Resinas que apresentam em sua composição, partículas inorgânicas numerosas e em dimensões variáveis exibem valores de dureza mais elevados. Ainda, como o compósito é um material de natureza múltipla, a variável em questão - dureza - depende, também, do maior ou menor grau de polimerização da resina-matriz.

De acordo com dados fornecidos pela Indústria 3M<sup>1</sup>, o constituinte inorgânico da resina Z 100 é um mineral sintético, à base de zircônia/silica, que se apresenta sob a forma esférica e em dimensões variáveis (0,01 - 3,5 $\mu$ m). Disso resulta a possibilidade de incorporar ao material orgânico uma alta porcentagem de carga inorgânica (71% em volume), o que lhe assegura melhores propriedades, dureza principalmente.

O restaurador Herculite XRV, cujo componente orgânico é o mesmo do Z 100 (BIS-GMA/TEGDMA), exibiu dureza inicial bem menor, com diferença estatisticamente significativa. Suas partículas inorgânicas, constituídas por vidros de bário, assemelham-se às do Z 100, no que se refere ao tamanho médio, porém sua forma e distribuição são totalmente diferentes. Partículas irregulares, pontiagudas, distribuídas numa faixa estreita de tamanho, determinam vazios entre elas que são preenchidos pela resina-matriz, bem mais mole que a carga inorgânica, fato altamente relevante na explicação do comportamento dos materiais estudados.

Como já mencionado anteriormente, a dureza dos compósitos também depende do grau de conversão do monômero. A padronização dos procedimentos técnicos, em nosso trabalho, certamente contribuiu para que esta variável pudesse ser, ao menos em parte, controlada, conferindo aos materiais um grau de polimerização mais ou menos similar.

Todos os corpos de prova, representativos dos diferentes materiais testados, apresentaram, num primeiro momento, rugosidade superficial similar, não diferente estatisticamente. Tal fato decorreu devido aos procedimentos técnicos usados na obtenção das amostras. Assim, sempre que corpos de prova são polimerizados sob pressão e em contato com superfícies extremamente lisas (tiras de poliéster, por exemplo), ótimos resultados de lisura superficial são alcançados. Na camada externa, superficial do compósito predomina a resina-matriz que, a depender do grau de fluidez, reproduz com maior ou menor precisão a lisura da superfície contra a qual é polimerizada. As cargas inorgânicas, que poderiam conferir ao material restaurador uma maior rugosidade, frente às pressões que lhes são impostas no ato da polimerização, são conduzidas às camadas subjacentes, onde efetivamente desempenham a função de reforço<sup>23</sup>.

Estudos conduzidos por **RUYTER** e **SVENDSEN**<sup>40</sup> demonstraram que o grau de conversão dos monômeros pode afetar, sobremaneira, as propriedades dos compósitos, inclusive torná-los mais suscetíveis a degradação no meio bucal. Vinte e quatro horas após o início da polimerização, o resíduo percentual de grupos metacrilatos não reagidos pode variar de 25 a 48%.

No presente estudo, cuidados especiais foram tomados, visando assegurar aos compósitos um máximo grau de polimerização. Neste

particular, as orientações do **COUNCIL ON DENTAL MATERIALS, INSTRUMENTS AND EQUIPMENT**<sup>10</sup> foram de grande valia, permitindo a padronização dos procedimentos técnicos, sem o quê variáveis inerentes ao processo não poderiam ser controladas.

Portanto, o uso de resinas com mesma tonalidade de cor (claras)<sup>17,49</sup>, matrizes não metálicas, translúcidas<sup>10</sup>, técnica incremental<sup>49</sup>, fotopolimerizador com potência de 450mW/cm<sup>2</sup> e, ainda, a polimerização do material contra uma placa de vidro, na ausência do oxigênio<sup>13</sup>, foram medidas adotadas no sentido de permitir aos compósitos alcançar um máximo grau de conversão do monômero. Assim, se a polimerização não se deu em sua plenitude, podemos supor que outros fatores, inerentes ao material (composição e coeficiente de transmissão), tiveram sua contribuição.

O coeficiente de transmissão ou fator de atenuação de um compósito é um indicativo da redução da intensidade da luz que atravessa a massa do material. As resinas com microcarga, por causa da maior dispersão de luz provocada pelas partículas inorgânicas menores, exibem coeficientes de transmissão mais baixos e, normalmente, menor profundidade de cura<sup>10</sup>.

Dos materiais empregados em nosso estudo, o que, provavelmente, apresenta um menor coeficiente de transmissão ou fator de

atenuação deve ser o Z100. Tal fato decorre do predomínio de partículas finas (menores que 0,1µm de diâmetro) ou micropartículas em sua composição<sup>1</sup>. Assim supondo, este produto, quando comparado ao demais - Herculite XRV e Charisma - deveria ter apresentado um menor grau de polimerização, demonstrado, indiretamente, por valores de dureza Knoop mais baixos, o que não ocorreu. O menor conteúdo de resina-matriz no restaurador Z100, bem como o uso de um tempo de exposição à luz adequado (40s para cada camada de 1mm do material) podem ter neutralizado os efeitos antagônicos das dimensões das cargas no processo de cura<sup>9,35,49</sup>.

A composição dos materiais pôde realmente ter influenciado o seu grau de polimerização. Sob este aspecto, tendo controlado quase todas as variáveis que pudessem intervir no processo de cura dos materiais, podemos reconhecer a superioridade da resina Z100 em relação a Herculite XRV e Charisma.

A molécula de BIS-GMA (constituente básico da maioria dos compósitos odontológicos) apresenta, em seus extremos, ligações duplas que, na presença de ativadores, rompem-se, dando origem a radicais livres. Os radicais livres de uma molécula se ligam aos da molécula vizinha, resultando numa cadeia maior. À medida que a reação se processa, a cadeia aumenta de tamanho e a mistura se torna viscosa, o que dificulta a difusão do monômero

residual. O trietileno-glicol-dimetacrilato (TEGDMA), um comonômero de estrutura semelhante ao BIS-GMA, é muitas vezes adicionado a ele para manter a mistura, por um período de tempo maior, não muito viscosa, possibilitando aos monômeros residuais um máximo grau de conversão. Também permite a incorporação de um maior conteúdo de carga inorgânica à resina sem, contudo, comprometer as propriedades de manuseio do material<sup>29</sup>.

O TEGDMA, além da função de diluente, atua também como agente reticulador, promovendo ligações cruzadas entre cadeias poliméricas adjacentes<sup>34</sup>. Quanto mais ligações cruzadas o polímero possuir, mais duro ele será<sup>52</sup>.

Durante a confecção das amostras, o manuseio dos diferentes materiais utilizados permitiu constatar que a resina Z100, quando comparada às demais, exibiu maior grau de fluidez, sugerindo a presença do monômero diluente (TEGDMA) em proporções elevadas.

Há trabalhos indicando que quanto maior o conteúdo de TEGDMA na mistura do monômero original, maior será o seu grau de conversão e, conseqüentemente, maior a dureza<sup>6</sup>. Talvez isto explique, em parte, a maior dureza do compósito Z100 em relação a Herculite XRV e Charisma.

De maneira geral, podemos constatar que pelo menos dois dos ácidos empregados em nosso estudo (acético e propiônico) exerceram um efeito amolecedor sobre os compósitos testados. Três hipóteses podem ser levantadas, na tentativa de elucidar o fenômeno: 1 - o ácido pode ter reagido com a resina e determinado a quebra da molécula monomérica (hidrólise ácida); 2 - dissolução; 3 - inchamento.

A semelhança dos espectros, obtidos antes e após a imersão dos corpos de prova em ácido, permitiu-nos descartar a primeira hipótese. Se houvesse alguma reação entre ácido/resina, com formação de novos produtos, os espectros assumiriam configurações bem diferentes: desapareceriam e/ou surgiriam bandas características dos produtos formados, o que não ocorreu.

A segunda hipótese, a de que o ácido tenha sido capaz de solubilizar a resina, é defendida por **ASMUSSEN**<sup>6</sup>. Este pesquisador também estudou a ação de ácidos orgânicos, produzidos pela placa bacteriana, sobre a dureza de compósitos à base de BIS-GMA/TEGDMA. Os resultados por nós obtidos são semelhantes aos apresentados por ASMUSSEN, isto é, os ácidos acético e propiônico exerceram um efeito amolecedor sobre as resinas em estudo, enquanto o lático não. Na ocasião, a hipótese levantada para o fenômeno seria de que tanto as resinas como os ácidos acético e propiônico

apresentavam parâmetros de solubilidade dentro de uma mesma faixa, próximos uns dos outros, o que possibilitava a dissolução. Já, o ácido láctico e a água, por apresentarem parâmetros de solubilidade dentro de uma outra faixa, não exerciam ação nenhuma sobre a dureza dos compósitos.

Embora tenhamos obtido resultados semelhantes aos de ASMUSSEN, discordamos da hipótese por ele levantada para explicar o fenômeno. A dissolução implicaria em perda de material do polímero para o sistema, com conseqüente alteração da rugosidade superficial do corpo de prova. O fato de não termos obtido valores de rugosidade estatisticamente diferentes para as duas situações estudadas - anterior e posterior à imersão dos corpos de prova em ácido - leva-nos a descartar a hipótese de dissolução.

As moléculas de um polímero interagem entre si, através de ligações denominadas forças de Van der Waals (ligações secundárias), relativamente mais fracas que a ligação covalente. Estas ligações conferem ao polímero uma menor mobilidade das moléculas e, conseqüentemente, maior dureza<sup>37,52</sup>.

A ação de um solvente sobre um polímero é muitas vezes semelhante à do calor. Um solvente apropriado pode adentrar o polímero, substituir as ligações secundárias entre as cadeias e separá-las, promovendo a sua dissolução<sup>37</sup>.

Uma ligação secundária entre o polímero e o solvente não é capaz de vencer uma ligação covalente do polímero<sup>37</sup>. Portanto, polímeros com ligações cruzadas, como é o caso dos compósitos odontológicos<sup>29,34</sup>, não são solúveis em quaisquer solventes, embora possam absorvê-los<sup>3,37</sup>. O grau de absorção é uma medida da maior ou menor afinidade da resina pelo solvente. Um polímero com poucas ligações cruzadas intumescerá substancialmente, quando em contato com o solvente. Já, num polímero fortemente cruzado, o inchamento será imperceptível, uma vez que a rede, pouco elástica, não cede às pressões que lhe são impostas. Assim, o solvente apenas preenche os vazios entre as cadeias<sup>3,37</sup>.

Até agora, parece-nos que nenhuma das duas hipóteses comumente levantadas para explicar o amolecimento dos compósitos por ácidos orgânicos (hidrólise ácida e dissolução) parece correta.

A terceira hipótese (inchamento) pareceria mais lógica. É algo que lembra muito o processo de dissolução, porém as ligações que se estabelecem entre o solvente e a resina não são fortes o bastante para determinar a separação dos constituintes do soluto<sup>37</sup>. As regras de solubilidade, descritas anteriormente<sup>39</sup>, também se aplicam ao fenômeno do inchamento.

De acordo com **TRELOAR**<sup>51</sup>, a maior ou menor facilidade com que um líquido é absorvido pelo polímero depende da semelhança química entre ambos e também da estrutura física do polímero (se amorfo ou cristalino).

Os compósitos odontológicos são polímeros cruzados e amorfos.

Nos polímeros amorfos, a presença de um grande número de grupos ou cadeias pendentas dificulta o emparelhamento das macromoléculas e, desse modo, determina o aparecimento de vazios entre elas. Quando comparados aos cristalinos, absorvem bem mais líquido<sup>8</sup>. Entretanto, o ingressar do líquido no interior do polímero não está na dependência somente da existência de vazios. É preciso que haja afinidade entre ambos. Esta afinidade é consequência direta da semelhança entre soluto e solvente<sup>39</sup>. Isto explica, perfeitamente, porque a água não exerce ação nenhuma sobre a dureza de compósitos à base de BIS-GMA<sup>6</sup>. A resina à base de BIS-GMA, por apresentar uns poucos grupos polares (apenas hidroxila e carbonila) e uma cadeia relativamente grande de carbono e hidrogênio, tende mais a apolar. Já, a água é um composto altamente polar. Estas diferenças entre soluto e solvente determinam a repulsa entre ambos e impedem ou dificultam o ingresso da água no interior do polímero.

O BIS-GMA é um éster e os ésteres são hidrófobos, repelem a água.

Os ácidos acético e propiônico, empregados em nosso estudo, são excelentes solventes, pois possuem uma parte hidrofílica e uma cadeia hidrofóbica pequena. Desse modo, dissolvem-se tanto em compostos orgânicos apolares (benzeno, tetracloreto de carbono, etc) como também em polares (água). O ácido láctico, diferentemente dos ácidos acético e propiônico, apresenta dificuldades para se dissolver em compostos orgânicos. Por ser mais polar que os outros dois (dado à presença de mais uma hidroxila), tem afinidade maior por compostos do mesmo tipo (polares). Sua afinidade pela água é grande, chegando a ser higroscópico<sup>22</sup>.

Estas informações permitem explicar porque os ácidos acético e propiônico exerceram efeito amolecedor sobre todas as resinas em estudo e o láctico apenas sobre a resina Charisma.

A tabela 2 (p. 67) fornece a concentração dos ácidos, por nós utilizados, para a condução do experimento. De todos eles, o que apresentava menor concentração era o láctico, o que vale dizer que uma maior quantidade de água estava presente na solução. Dado à afinidade que tem pela água que, por sua vez, é repelida pela molécula monomérica, torna-se

muito difícil para o ácido láctico adentrar a rede polimérica e interagir com suas moléculas.

Somado a isso, dos ácidos empregados, o láctico é o que apresenta maior peso molecular. Segundo MCKINNEY e WU<sup>30</sup>, o poder de difusão do penetrante está ligado ao seu peso molecular. Quanto maior o peso molecular do penetrante, menor o seu poder de difusão.

Apesar do ácido láctico ter exercido algum efeito amolecedor sobre a resina Charisma, verificamos que não foi tão acentuado quanto o promovido pelos ácidos acético e propiônico. Provavelmente, esta resina, cujo monômero diluente difere do das demais, apresenta estrutura mais aberta, menos entrelaçada e permite, então, o ingresso de pequena quantidade de ácido láctico.

Os polímeros são materiais orgânicos primariamente covalentes e que apresentam forças de Van der Waals entre as moléculas. A estrutura eletrônica dos átomos que compõem estes materiais se torna estável mediante o compartilhamento de pares de elétrons. Como os elementos que se ligam nem sempre são os mesmos, por apresentarem eletronegatividades diferentes, ocorre, dentro da molécula, um desbalanceamento elétrico. O par de elétrons compartilhados passa a circundar mais eficazmente o núcleo positivo do átomo mais eletronegativo e, com isso, forma-se um dipolo com

uma extremidade positiva e outra negativa. Os dipolos resultantes originam forças de atração secundárias entre as moléculas (forças de Van der Waals). A extremidade positiva de um dipolo é atraída pela negativa de outro<sup>42,52</sup>. Quanto mais fortes as ligações que se estabelecem entre os átomos e as moléculas de um material, mais duro ele será<sup>52</sup>.

A ação dos ácidos acético, lático e propiônico sobre as resinas está fundamentada na interação solvente-polímero.

Os ácidos, ao penetrarem no polímero, substituem as ligações secundárias entre as macromoléculas (pontes de hidrogênio), diminuem a interação entre as mesmas, fazem com que uma molécula do polímero deixe de "perceber" a outra e, com isso, há uma queda da dureza do material.

Se tivéssemos que eleger um dos compósitos para uso em dente posterior, o Z100 seria, sem dúvida, o mais indicado. Não que tenha se comportado melhor do que os outros em meio ácido. À exceção do ácido lático, os outros dois (acético e propiônico) determinaram igual índice de dureza das resinas (sem diferença estatística). Elegeríamos, então, o Z100 pelo fato de apresentar, tanto no início do experimento quanto ao término, maiores valores de dureza.

Os ácidos, empregados no experimento, são também produzidos por bactérias da placa<sup>31</sup>. Embora não estejam presentes em concentrações tão elevadas na boca, é possível que possam se acumular no interior das restaurações a compósito, uma vez que a difusão para o meio externo se dá em velocidade bem menor que o fenômeno oposto (penetração de ácidos no interior da resina)<sup>6</sup>.

A placa bacteriana se forma mais facilmente sobre superfícies ásperas ou rugosas<sup>24,27,43,44,55,56,57</sup>.

Há dados na literatura<sup>55</sup> indicando que nenhum dos materiais restauradores existentes é capaz de reproduzir a textura superficial do esmalte. O problema se torna mais relevante para as restaurações a compósito que, com frequência, exigem um acabamento final.

Os procedimentos de acabamento e polimento, por melhor que sejam executados, acabam deixando a superfície da restauração rugosa se comparada àquela obtida apenas pelo uso da tira-matriz<sup>21</sup>.

Não bastasse isso, os procedimentos de acabamento e polimento podem também comprometer a integridade das camadas subjacentes<sup>36,54</sup>. Desse modo, a placa bacteriana, aí, encontra um bom local para se instalar e, pelas fendas criadas durante os procedimentos de acabamento e polimento, os ácidos - produtos do metabolismo bacteriano -

atingem níveis mais profundos da restauração, determinando o seu amolecimento. Uma vez amolecido, o desgaste do material, por agentes físicos (escovação, antagonista), torna-se mais fácil.

Mesmo que em algumas situações os procedimentos de acabamento e polimento sejam dispensados, o alto grau de lisura da superfície, obtido através da tira-matriz, não assegura ao compósito um comportamento muito melhor em meio ácido<sup>19,23</sup>. Apesar da superfície lisa dificultar a retenção da placa bacteriana, os ácidos produzidos podem adentrar o polímero. O fato do material se polimerizar sob tensão, exercida pela tira-matriz, impediria o perfeito arranjo das moléculas. Esta tensão aumenta a atividade dos átomos na superfície, na tentativa de se acomodarem e, por conseguinte, cria espaços facilitando a penetração dos ácidos<sup>19</sup>.

Diante dos resultados obtidos, o clínico deveria ser mais criterioso ao indicar os compósitos para a restauração de dentes posteriores.

## **8. CONCLUSÃO**

## 8. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho permitiram-nos concluir que:

1. Os ácidos acético e propiônico exerceram efeito amolecedor sobre as resinas Z100, Herculite XRV e Charisma, com níveis de dureza com diferença estatisticamente significativa quando comparadas com o grupo controle;
  - o ácido láctico determinou o amolecimento somente da resina Charisma;

2. A rugosidade superficial dos corpos de prova, representativos dos três materiais em estudo, mostrou-se sem diferença estatisticamente significativa após a imersão em quaisquer dos ácidos;
  
3. A semelhança dos espectros obtidos antes e após a imersão dos corpos de prova nos meios ácidos sugere que nenhuma reação química ocorreu entre a resina e o ácido.

## **9 - APÊNDICE**

## **9. APÊNDICE**

### **9.1. Dureza (Knoop) antes e após a imersão dos corpos de prova (c) em ácidos**

**Resina Z100**

**ANTES**

**APÓS**

**(C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> - imersão em ácido acético)**

C<sub>1</sub> - 109,6

C<sub>2</sub> - 107

C<sub>3</sub> - 97,12

C<sub>4</sub> - 100,56

C<sub>5</sub> - 105,6

C<sub>1</sub> - 76,48

C<sub>2</sub> - 74,3

C<sub>3</sub> - 77,08

C<sub>4</sub> - 71,46

C<sub>5</sub> - 74,3

**(C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub> - imersão em ácido láctico)**

C<sub>6</sub> - 102,34

C<sub>7</sub> - 100,7

C<sub>8</sub> - 103,3

C<sub>9</sub> - 111,2

C<sub>10</sub> - 107,6

C<sub>6</sub> - 99,04

C<sub>7</sub> - 101,26

C<sub>8</sub> - 105

C<sub>9</sub> - 108,4

C<sub>10</sub> - 108,2

**(C<sub>11</sub>-C<sub>15</sub> - imersão em ácido propiônico)**

C<sub>11</sub> - 101,82

C<sub>12</sub> - 104

C<sub>13</sub> - 104,3

C<sub>14</sub> - 103,92

C<sub>15</sub> - 114,2

C<sub>11</sub> - 76,82

C<sub>12</sub> - 79,38

C<sub>13</sub> - 80,42

C<sub>14</sub> - 76,3

C<sub>15</sub> - 79,74

## Resina Herculite XRV

**ANTES**

**APÓS**

**(C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> - imersão em ácido acético)**

C<sub>1</sub> - 58,86

C<sub>1</sub> - 31,5

C<sub>2</sub> - 57,5

C<sub>2</sub> - 29,88

C<sub>3</sub> - 55,62

C<sub>3</sub> - 28,98

C<sub>4</sub> - 57,82

C<sub>4</sub> - 31,2

C<sub>5</sub> - 57,24

C<sub>5</sub> - 30,22

**(C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub> - imersão em ácido láctico)**

C<sub>6</sub> - 57,28

C<sub>6</sub> - 56,2

C<sub>7</sub> - 54,9

C<sub>7</sub> - 52,96

C<sub>8</sub> - 60,6

C<sub>8</sub> - 61,24

C<sub>9</sub> - 60,78

C<sub>9</sub> - 59,34

C<sub>10</sub> - 58,7

C<sub>10</sub> - 59,98

**(C<sub>11</sub>-C<sub>15</sub> - imersão em ácido propiônico)**

C <sub>11</sub> - 59,0	C <sub>11</sub> - 26,38
C <sub>12</sub> - 60,12	C <sub>12</sub> - 28,9
C <sub>13</sub> - 61,6	C <sub>13</sub> - 31,48
C <sub>14</sub> - 58,26	C <sub>14</sub> - 30,36
C <sub>15</sub> - 55,18	C <sub>15</sub> - 29,88

**Resina Charisma**

**ANTES**

**APÓS**

**(C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> - imersão em ácido acético)**

C <sub>1</sub> - 51,0	C <sub>1</sub> - 22,76
C <sub>2</sub> - 54,38	C <sub>2</sub> - 25,18
C <sub>3</sub> - 52,76	C <sub>3</sub> - 26,24
C <sub>4</sub> - 53,42	C <sub>4</sub> - 26,34
C <sub>5</sub> - 52,08	C <sub>5</sub> - 28,26

**(C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub> - imersão em ácido láctico)**

C<sub>6</sub> - 52,38

C<sub>6</sub> - 37,62

C<sub>7</sub> - 53,04

C<sub>7</sub> - 35,78

C<sub>8</sub> - 50,2

C<sub>8</sub> - 34,52

C<sub>9</sub> - 50,2

C<sub>9</sub> - 32,76

C<sub>10</sub> - 52,28

C<sub>10</sub> - 35,86

**(C<sub>11</sub>-C<sub>15</sub> - imersão em ácido  
propiônico)**

C<sub>11</sub> - 49,42

C<sub>11</sub> - 24,46

C<sub>12</sub> - 49,68

C<sub>12</sub> - 25,1

C<sub>13</sub> - 52,14

C<sub>13</sub> - 24,2

C<sub>14</sub> - 51,04

C<sub>14</sub> - 25,54

C<sub>15</sub> - 52,52

C<sub>15</sub> - 27,18

\* OBS.: Todos estes dados correspondem à média de cinco endentações (leituras de dureza Knoop)

**9.2. Rugosidade superficial (Ra, em  $\mu\text{m}$ ) dos corpos de prova antes e após a imersão em ácidos.**

**Resina Z100**

**ANTES**

**APÓS**

**(C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> - imersão em ácido acético)**

C<sub>1</sub> - 0,06

C<sub>1</sub> - 0,06

C<sub>2</sub> - 0,05

C<sub>2</sub> - 0,05

C<sub>3</sub> - 0,07

C<sub>3</sub> - 0,06

C<sub>4</sub> - 0,05

C<sub>4</sub> - 0,05

C<sub>5</sub> - 0,07

C<sub>5</sub> - 0,06

**(C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub> - imersão em ácido láctico)**

C<sub>6</sub> - 0,06

C<sub>6</sub> - 0,06

C<sub>7</sub> - 0,06

C<sub>7</sub> - 0,06

C<sub>8</sub> - 0,05

C<sub>8</sub> - 0,05

C<sub>9</sub> - 0,06

C<sub>9</sub> - 0,06

C<sub>10</sub> - 0,05

C<sub>10</sub> - 0,05

**(C<sub>11</sub>-C<sub>15</sub> - imersão em ácido propiônico)**

C<sub>11</sub> - 0,07

C<sub>11</sub> - 0,07

C<sub>12</sub> - 0,06

C<sub>12</sub> - 0,06

C<sub>13</sub> - 0,06

C<sub>13</sub> - 0,06

C<sub>14</sub> - 0,06

C<sub>14</sub> - 0,06

C<sub>15</sub> - 0,06

C<sub>15</sub> - 0,06

### **Resina Herculite XRV**

**ANTES**

**APÓS**

**(C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> - imersão em ácido acético)**

C<sub>1</sub> - 0,07

C<sub>1</sub> - 0,07

C<sub>2</sub> - 0,06

C<sub>2</sub> - 0,06

C<sub>3</sub> - 0,06

C<sub>3</sub> - 0,06

C<sub>4</sub> - 0,07

C<sub>4</sub> - 0,06

C<sub>5</sub> - 0,06

C<sub>5</sub> - 0,06

**(C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub> - imersão em ácido láctico)**

C<sub>6</sub> - 0,06

C<sub>6</sub> - 0,06

C<sub>7</sub> - 0,06

C<sub>7</sub> - 0,06

C<sub>8</sub> - 0,06

C<sub>8</sub> - 0,06

C<sub>9</sub> - 0,06

C<sub>9</sub> - 0,06

C<sub>10</sub> - 0,06

C<sub>10</sub> - 0,06

**(C<sub>11</sub>-C<sub>15</sub> - imersão em ácido  
propiónico)**

C<sub>11</sub> - 0,06

C<sub>11</sub> - 0,06

C<sub>12</sub> - 0,06

C<sub>12</sub> - 0,06

C<sub>13</sub> - 0,05

C<sub>13</sub> - 0,05

C<sub>14</sub> - 0,06

C<sub>14</sub> - 0,06

C<sub>15</sub> - 0,05

C<sub>15</sub> - 0,05

## Resina Charisma

**ANTES**

**APÓS**

**(C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> - imersão em ácido acético)**

C<sub>1</sub> - 0,08

C<sub>1</sub> - 0,07

C<sub>2</sub> - 0,07

C<sub>2</sub> - 0,07

C<sub>3</sub> - 0,05

C<sub>3</sub> - 0,06

C<sub>4</sub> - 0,06

C<sub>4</sub> - 0,06

C<sub>5</sub> - 0,07

C<sub>5</sub> - 0,07

**(C<sub>6</sub>-C<sub>10</sub> - imersão em ácido láctico)**

C<sub>6</sub> - 0,06

C<sub>6</sub> - 0,05

C<sub>7</sub> - 0,06

C<sub>7</sub> - 0,06

C<sub>8</sub> - 0,07

C<sub>8</sub> - 0,08

C<sub>9</sub> - 0,06

C<sub>9</sub> - 0,05

C<sub>10</sub> - 0,06

C<sub>10</sub> - 0,06

(C<sub>11</sub>-C<sub>15</sub> - imersão em ácido  
propiónico)

C<sub>11</sub> - 0,07

C<sub>11</sub> - 0,07

C<sub>12</sub> - 0,06

C<sub>12</sub> - 0,07

C<sub>13</sub> - 0,06

C<sub>13</sub> - 0,06

C<sub>14</sub> - 0,06

C<sub>14</sub> - 0,06

C<sub>15</sub> - 0,06

C<sub>15</sub> - 0,06

OBS.: Todos estes dados correspondem à média de três leituras de rugosidade superficial.

## **10. SUMMARY**

## **10. SUMMARY**

The purpose of this study was to investigate the effects of three organic acids (acetic, lactic and propionic) on the hardness and surface roughness of Z100, Herculite and Charisma composite representative samples.

A set of thirty-four 8mm diameter, 2mm thick samples was prepared for each studied material, using the incremental technique.

After being stored in stove for 24h, at 37C, 100% relative humidity, 15 samples were subjected to the hardness test. Another set of 15 samples was subjected to the surface roughness test. It was used as equipment

an HMW-2000/SHIMADZU for micro-hardness measurement and the SurfTest 211-Mitutoyo profilometer.

New (Knoop) hardness and surface roughness measurements were taken 48h after the immersion of the samples in acids.

Comparing data obtained before and after the immersion of the samples in acids, it can be concluded that: 1. acetic and propionic acids softened all the studied resins; nevertheless lactic acid softened only Charisma resin; 2. the surface roughness of all samples representing the three studied materials remained unchanged after immersion in any of the acids used.

The four remaining samples, subjected or not to the previously described treatments, were analysed through infrared spectrometry. The similarity among spectra, obtained before and after immersion in acidic medium, shows that no chemical reaction has taken place.

**KEY WORDS :** Organic acids

Polymeric composites

## **11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS\*

1. 3M. Restaurador 3M Z100: perfil técnico do produto. s.n.t. 34p.
2. ABEL, A.K., LEINFELDER, K.F., TURNER, D.T. Microscopic observations of the wear of a tooth restorative composite in vivo. J. Biomed. Mater. Res., New York, v. 17, p. 501-507, 1983.
3. ALFREY, T., GURNEE, E.F. Revisão introdutória. In: \_\_\_\_\_ Polímeros Orgânicos. SãoPaulo: Edgard Blücher, 1971. 134 p. p. 1-20.

---

\* De acordo com NBR 6023, de agosto de 1989, da Associação Brasileira de Normas Técnicas para Referências Bibliográficas e com as abreviaturas de periódicos do "Index to Dental Literature".

4. ASMUSSEN, E. Composite restorative resins. Composition versus wall - to - wall polymerization contraction. Acta Odontol. Scand., Oslo, v. 33, n. 6, p. 337-344, 1975.
5. \_\_\_\_\_. Factors affecting the quantity of remaining double bonds in restorative resin polymers. Scand. J. Dent. Res., Copenhagen, v. 90, n. 6, p. 490-496, Dec. 1982.
6. \_\_\_\_\_. Softening of BIS-GMA - based polymers by ethanol and by organic acids of plaque. Scand. J. Dent. Res., Copenhagen, v. 92, n.3, p. 257-261, June 1984.
7. ASMUSSEN, E., HANSEN, E.K. Surface discoloration of restorative resins in relation to surface softening and oral hygiene. Scand. J. Dent. Res., Copenhagen, v. 94, n. 2, p. 174-177, Apr. 1986.
8. BAIRD, R.J. Basic chemistry of polymers. In: \_\_\_\_\_. Industrial plastics. South Holland: Goodheart - Willcox, 1971. 320 p. p. 15-28.
9. CORRER SOBRINHO, L. Correlação intensidade de luz - tempo de exposição sobre a polimerização do compósito odontológico. Tese (Doutorado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 1995. 114p.
10. COUNCIL ON DENTAL MATERIALS, INSTRUMENTS, AND EQUIPMENT. Visible light-cured composites and activating units. J. Am. Dent. Ass., Chicago, v. 110, n. 1, p. 100-103, Jan. 1985.

11. COUNCIL ON DENTAL MATERIALS, INSTRUMENTS, AND EQUIPMENT.  
Status report: effect of acidulated phosphate fluoride on porcelain and composite restorations. J. Am. Dent. Ass., Chicago, v. 116, n. 1, p. 115, Jan. 1988.
12. CRAIG, R.G. Direct esthetic restorative materials. In: \_\_\_\_\_.  
Restorative dental material. 9 ed. St. Louis: Mosby, 1993. 581p. p. 248-282, 1993.
13. DE GEE, A.J., HAGENAAR, E.T.H., DAVIDSON, C.L. Color dye for identification of incompletely cured composite resins. J. Prosthet. Dent., St. Louis, v. 52, n. 5, p. 626-631, Nov. 1984.
14. DÉRAND, T., EHRNFORD, L. A long-term evaluation of abrasion of dental composite resins. J. Dent. Res., Washington, v. 59, n. 4, p. 721-723, Apr. 1980.
15. DERMANN, K., RUPP, N.W., BRAUER, G.M. Effect of hydrophilic diluents on the properties of cured composites. J. Dent. Res., Washington, v. 61, n. 11, p. 1250-1254, Nov. 1982.
16. EHRNFORD, L. Surface microstructure of composite resins after toothbrush-dentifrice abrasion. Acta Odontol Scand., Oslo, v. 41, n. 4, p. 241-245, Aug. 1983.
17. FRIEDMAN, J., HASSAN, R. Comparison study of visible curing lights and hardness of light-cured restorative materials. J. Prosthet. Dent., St. Louis, v. 52, n. 4, p. 504-506, Oct. 1984.

18. GOLDSTEIN, G.R., LERNER, T. The effect of tooth brushing on a hybrid composite resin. J. Prosthet. Dent., St. Louis, v. 66, n. 4, p. 498-500, Oct. 1991.
19. HACHIYA, Y. et al. Relation of finish to discoloration of composite resins. J. Prosthet. Dent., St. Louis, v. 52, n. 6, p. 811-814, Dec. 1984.
20. HENGCHANG, X., TONG, W., SHIQING, S. Wear patterns of composite resins in vivo: observations by scanning electron microscopy. J. Oral Rehabil., Oxford, v. 12, n. 5, p. 389-400, 1985.
21. HORTON, C.B. et al. An evaluation of commercial pastes for finishing composite resin surfaces. J. Prosthet. Dent., St. Louis, v. 37, n. 6, p. 674-679, 1977.
22. JAKUBKE, H.D., JESCHKEIT, H. Fachlexikon ABC chemie. 3 überarbeitete auflage. Frankfurt: Verlag Harri Deutsch, 1987. 1247 p.
23. KAO, E.C. Influence of food - simulating solvents on resin composites and glass-ionomer restorative cement. Dent. Mater., Washington, v. 5, p. 201-208, May 1989.
24. KARLSEN, K. Gingival reactions to dental restorations. Acta Odontol. Scand., Oslo, v. 28, p. 895-904, 1970.
25. KULA, K., NELSON, S., THOMPSON, V. In vitro effect of APF gel on three composite resins. J. Dent. Res., Washington, v. 62, n. 7, p. 846-849, July 1983.

26. KULA, K. et al. In vitro effect of acidulated phosphate fluoride gel on the surface of composites with different filler particles. J. Prosthet. Dent., St. Louis, v. 56, n. 2, p. 161-169, Aug. 1986.
27. LARATO, D.C. Influence of a composite resin restoration on the gingiva. J. Prosthet. Dent., St. Louis, v. 28, n. 4, p. 402-404, Oct. 1972.
28. LEINFELDER, K.F. et al. Clinical evaluation of composite resins as anterior and posterior restorative materials. J. Prosthet. Dent. St. Louis, v. 33, n. 4, p. 407-416, Apr. 1975.
29. MCCABE, F. Applied dental materials. 7 ed. London: Blackwell Scientific Publications, 1990.
30. MCKINNEY, J.E., WU, W. Chemical softening and wear of dental composites. J. Dent. Res., Washington, v. 64, n. 11, p. 1326-1331, Nov. 1985.
31. NEWBRUN, E. Cariologia. 2 ed. São Paulo: Santos, 1988, 326p.
32. NUTI SOBRINHO, A. et al. Estudo da ação do fluoreto sobre as resinas compostas através da microscopia eletrônica de varredura. Rev. Paulista Odontol., São Paulo, v. 6, n. 6, p. 4-16, 1984.
33. PAVIA, D.L., LAMPMAN, M.G., KRIZ, G.S. Introduction to organic laboratory techniques. 3 ed. Washington: Saunders, 1988, 754p.
34. PHILLIPS, R.W. Resinas restauradoras. In: \_\_\_\_\_. Materiais dentários de Skinner. 8 ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1984, 467 p. p. 155-177.

35. PIRES, J.A.F. et al. Effects of curing tip distance on light intensity and composite resin microhardness. Quintessence Int., Berlin, v. 24, n. 7, p. 517-521, 1993.
36. RATANAPRIDAKUL, K., LEINFELDER, K.F., THOMAS, J. Effect of finishing on the in vivo wear rate of a posterior composite resin. J. Am. Dent. Assoc., Chicago, v. 118, n. 3, p. 333-335, Mar. 1989.
37. ROSEN, S.L. Fundamental principles of polymeric materials. New York: John Wiley & Sons, 1982. 346 p.
38. ROULET, J.F., WÄLTI, C. Influence of oral fluid on composite resin and glass-ionomer cement. J. Prosthet. Dent., St. Louis, v. 52, n. 2, p. 182-189, Aug. 1984.
39. RUSSEL, J.B. Soluções. In: \_\_\_\_\_. Química Geral. São Paulo: McGraw-Hill, 1982. 897p. p. 343-390.
40. RUYTER, I.E., SVENDSEN, S.A. Remaining methacrylate groups in composite restorative materials. Acta Odontol. Scand., Oslo, v. 36, n. 2, p. 75-82, 1978.
41. SILVERSTEIN, R.M., BASSLER, G.C., MORRILL, T.C. Espectrometria no infravermelho. In: \_\_\_\_\_. Identificação espectrométrica de compostos orgânicos. 3 ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1979. 299p. p. 65-140.
42. SISTEROLLI, G. Química. Uberlândia, 1994. 172p.

43. SKJØRLAND, K.K., SØNJU, T. Effect of sucrose rinses on bacterial colonization on amalgam and composite. Acta Odontol. Scand., Oslo, v. 40, n. 4, p. 193-196, 1982.
44. SMALES, R.J. Plaque growth on dental restorative materials. J. Dent., Guildford, v. 9, n. 2, p. 133-140, 1981.
45. SÖDERHOLM, K.J. Degradation of glass filler in experimental composites. J. Dent. Res., Washington, v. 60, n. 11, p. 1867-1875, Nov. 1981.
46. \_\_\_\_\_. Leaking of fillers in dental composites. J. Dent. Res., Washington, v. 62, n. 2, p. 126-130, Feb. 1983.
47. \_\_\_\_\_. Hydrolytic degradation of dental composites. J. Dent. Res., Washington, v. 63, n. 10, p. 1248-1254, Oct. 1984.
48. \_\_\_\_\_. Filler leachability during water storage of six composite materials. Scand. J. Dent. Res., Copenhagen, v. 98, n. 1, p. 82-88, Feb. 1990.
49. SWARTZ, M.L., PHILLIPS, R.W., RHODES, B. Visible light-activated resins-depth of cure. J. Am. Dent. Assoc., Chicago, v. 106, n. 5, p. 634-637, May 1983.
50. THOMPSON, L.R., MILLER, E.G., BOWLES, W.H. Leaching of unpolymerized materials from orthodontic bonding resin. J. Dent. Res., Washington, v. 61, n. 8, p. 989-992, Aug. 1982.
51. TRELOAR, L.R.G. Water absorption and swelling. In: \_\_\_\_\_. Introduction to polymer science. London: Taylor & Francis, 1982. 179 p. p. 149-162.

52. VAN VLACK, L.H. Materiais orgânicos e suas propriedades. In: \_\_\_\_\_ . Princípios de ciência dos materiais. 8 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1988. p. 164-198.
53. VIEIRA, G.F., GARONE FILHO, W. Influência do álcool na estabilidade de cor das resinas compostas. Rev. APCD, São Paulo, v. 47, n. 3, p. 1065-1068, maio/jun. 1993.
54. VINHA, D., SANTOS, A., PANZERI, H. Resinas compostas - acabamento superficial x penetração de corantes. RGO, Porto Alegre, v. 35, n. 4, p. 323-325, ago. 1987.
55. VOLCHANSKY, A., JONES, P.C., RETIEF, D.H. Study of surface characteristics of natural teeth and restorations adjacent to gingivae. J. Prosthet. Dent., St. Louis, v. 31, n. 4, p. 411-421, Apr. 1974.
56. WAERHAUG, J. Effect of rough surfaces upon gingival tissue. J. Dent. Res., Washington, v. 35, n. 2, p. 323-325, Apr. 1956.
57. WEITMAN, R.T., EAMES, W.B. Plaque accumulation on composite surfaces after various finishing procedures. J. Am. Dent. Assoc., Chicago, v. 91, n. 1, p. 101-106, July 1975.
58. WU, W. et al. Subsurface damage layer of in vivo worn dental composite restorations. J. Dent. Res., Washington, v. 63, n. 5, p. 675-680, May 1984.
59. YAFFE, A., ZALKIND, M. The effect of topical application of fluoride on composite resin restorations. J. Prosthet. Dent., St. Louis, v. 45, n. 1, p. 59-62, Jan. 1981.