

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO  
CURSO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS**



**Trabalho de Conclusão de Curso**

**COMPÓSITO À BASE DE EPÓXI E POLIURETANA PARA O DESENVOLVIMENTO  
DE MODELOS ODONTOLÓGICOS**

**Ricardo Marques e Silva**

Pelotas, 2014.

**Ricardo Marques e Silva**

**COMPÓSITO À BASE DE EPÓXI E POLIURETANA PARA O DESENVOLVIMENTO  
DE MODELOS ODONTOLÓGICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao curso de Engenharia de Materiais da  
Universidade Federal de Pelotas, como  
requisito parcial à obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia de Materiais.

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Aulo Ogliari  
Coorientador: MSc. Tatiana da Silva Ramos

Pelotas, 2014.

**Ricardo Marques e Silva**

**COMPÓSITO À BASE DE EPÓXI E POLIURETANA PARA O DESENVOLVIMENTO  
DE MODELOS ODONTOLÓGICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado, como requisito parcial, para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 07/02/2014

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Fabrício Aulo Ogliari (Orientador)  
Doutor em Odontologia pela Universidade Federal de Pelotas

---

Prof. Dr. Neftalí Lenin Villareal Carreño  
Doutor em Química pela Universidade Federal de São Carlos

---

Prof. Dr. Cesar Antonio Oropesa Avellaneda  
Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade de São Paulo

## **Agradecimentos**

Aos meus pais, por todo exemplo de vida e pela formação que me proporcionaram;

Ao meu irmão, Lucas, por ser o meu melhor amigo;

À minha namorada, Natália Marins, por toda a compreensão, apoio, amor e carinho;

Ao meu orientador, Fabrício Ogliari, pela orientação, confiança e amizade;

À minha coorientadora, Tatiana Ramos, pelo apoio e amizade;

À Universidade Federal de Pelotas, pela oportunidade de estudar Engenharia de Materiais;

Aos professores do curso de Engenharia de Materiais, por todo o conhecimento transmitido e por terem contribuído na minha formação acadêmica, principalmente ao professor Neftalí Carreño;

Aos meus colegas, que estiverem presentes nessa jornada;

Ao meu amigo, Bruno Noremberg, pela parceria nas pesquisas.

## **Resumo**

SILVA, Ricardo Marques e. **Compósito à base de epóxi e poliuretana para o desenvolvimento de modelos odontológicos.** 2014. 47f. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

Os materiais de moldagem são substâncias usadas para criar uma impressão ou reprodução negativa dos dentes e das arcadas dentárias, a fim de se obter um modelo para um melhor estudo de cada caso. A moldagem é uma das etapas que ocorre até a confecção do modelo final, sendo definida como o ato de produzir em negativo uma determinada área utilizando moldeiras com material específico, geralmente gesso, com propriedades características para tal finalidade. Após a secagem do material, a etapa posterior é a confecção dos moldes e tróqueis, a qual é de suma importância na realização de um trabalho protético e reabilitador. Neste trabalho avaliou-se a possibilidade de aplicação das resina epóxi e poliuretana como material de moldagem, adicionando diferentes porcentagens de partículas de quartzo como reforço e avaliando suas propriedades conforme a ISO-14233-2003. Os ensaios e testes realizados foram: dureza superficial, resistência à flexão – modulo, estabilidade dimensional e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

**Palavras chaves:** Materiais de moldagem; resistência mecânica

## **Abstract**

SILVA, Ricardo Marques e. **Compósito à base de epóxi e poliuretana para o desenvolvimento de modelos odontológicos.** 2014. 47f. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

Molding materials are substances that are used to create an impression or a negative reproduction of the teeth and dental arches, in order to obtain a better model for the study of each case. The molding is one of the steps that occur until the confection of the final model, defined as the act of producing a negative area using trays with specific material, usually plaster, with features for such purpose properties. After drying the material, the subsequent step is the fabrication of molds and dies, which is of paramount importance in achieving a prosthetic and rehabilitation work. In this paper was evaluated the possibility of application of epoxy resin and polyurethane as a molding material, adding different percentages of quartz particles as reinforcement and evaluating their properties according to ISO 14233-2003. Tests and trials were conducted: hardness, flexural strength - modulus, dimensional stability and Scanning Electron Microscopy (SEM).

**Key words:** Impression materials; strength.

## Sumário

<b>1 Introdução .....</b>	<b>7</b>
<b>2 Objetivo .....</b>	<b>8</b>
<b>3 Revisão da literatura .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1 Moldagem.....</b>	<b>9</b>
<b>3.2 Resinas Epóxi.....</b>	<b>9</b>
<b>3.2.1 Resinas Líquidas / Multifuncionais .....</b>	<b>10</b>
<b>3.3 Agentes de Cura / Endurecedores .....</b>	<b>11</b>
<b>3.4 Solventes .....</b>	<b>11</b>
<b>3.5 Funcionamento do Sistema de Bicomponente.....</b>	<b>12</b>
<b>3.6 Poliuretano.....</b>	<b>12</b>
<b>3.7 Cargas Minerais.....</b>	<b>13</b>
<b>3.7.1 Quartzo.....</b>	<b>15</b>
<b>4 Metodologia .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1 Matéria prima .....</b>	<b>16</b>
<b>4.2 Manipulação.....</b>	<b>16</b>
<b>4.3 Ensaio de dureza superficial .....</b>	<b>17</b>
<b>4.3.1 Método Knoop .....</b>	<b>18</b>
<b>4.4 Ensaio de Flexão .....</b>	<b>18</b>
<b>4.4.1 Resistência a Flexão Três Pontos.....</b>	<b>19</b>
<b>4.5 Estabilidade dimensional .....</b>	<b>20</b>
<b>4.6 Microscopia Eletrônica de Varredura .....</b>	<b>21</b>
<b>5 Resultados e Discussão .....</b>	<b>23</b>
<b>5.1 Ensaio de Dureza.....</b>	<b>23</b>
<b>5.2 Ensaio de Flexão .....</b>	<b>24</b>
<b>5.3 Estabilidade dimensional .....</b>	<b>27</b>
<b>5.4 Microscopia Eletrônica de Varredura .....</b>	<b>28</b>
<b>6 Conclusões .....</b>	<b>39</b>
<b>Referências .....</b>	<b>40</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>43</b>

## 1 Introdução

Atualmente, o principal objetivo dos protesistas tem sido desenvolver próteses de precisão e com boa trabalhabilidade, que possibilitem ao paciente a normalidade fisiológica funcional e estética. Para isto, vários fatores são importantes, tais como: dominar as técnicas de preparação e manuseio como também a escolha correta dos materiais necessários para esta reabilitação.

É fundamental conhecer todas as propriedades e características existentes nestes materiais, com a finalidade de controlá-los e usufruir o máximo que os mesmos possam proporcionar.

O material utilizado para modelos e troquéis tem uma importância fundamental neste contexto. Portanto, este deve ser o mais fiel possível na reprodução da cavidade oral, pois é através desta “cópia” que os trabalhos protéticos são realizados (SCOZ, 1999).

Segundo Phillips (1984), outras propriedades relevantes são a resistência mecânica e a estabilidade dimensional. É necessária uma determinada resistência mecânica para que o material seja manipulado e retirado do molde sem que o mesmo sofra deformações quando submetido a esforços e também boa estabilidade dimensional, visto que o mesmo não possa apresentar variação dimensional após a moldagem. De acordo com Scoz (1999, p. 8) “existem vários materiais disponíveis para confecção de modelos e troqueis, mas o mais utilizado atualmente ainda é o gesso”.

Os principais fatores responsáveis pelo sucesso desse material são: a facilidade de manipulação, conforto para o paciente e principalmente o baixo custo. No entanto, a pouca retenção destes materiais às moldeiras de estoque podem ocasionar alterações na estabilidade dimensional das moldagens obtidas. Por isso tem-se estudado outros materiais com objetivo de substituir o gesso odontológico.

## **2 Objetivo**

- a) avaliar as propriedades do epóxi com adição de quartzo visando aplicação como material de moldagem;
- b) avaliar as propriedades da poliuretana com adição de quartzo visando aplicação como material de moldagem.

### 3 Revisão da literatura

#### 3.1 Moldagem

De acordo com Frasca (1994) uma reabilitação protética só terá bons resultados caso o profissional siga com rigor todas as diferentes etapas necessárias à sua elaboração. Seguindo este pensamento, a moldagem dos dentes suportes e das estruturas vizinhas destacam-se pelos valores estratégicos, pois representam a passagem da situação clínica para a bancada de laboratório.

Segundo Todescan (1996) as fases que compreendem a escolha e manipulação do material de moldagem são: preenchimento adequado da moldeira, introdução desta na boca do paciente, posicionamento final em relação ao arco a ser moldado e espera do tempo necessário para que atinja a consistência desejada. O molde é representado pela cópia em negativo do arco dental e tecidos adjacentes.

Sendo assim, de acordo com Kulczynski, (1994, p. 6) “a moldagem é o procedimento que visa à obtenção do molde”.

#### 3.2 Resinas Epóxi

Os sistemas de resina epóxi ou epoxídicas são misturas feitas de quantidades variáveis de muitos componentes, sendo os principais a resina epóxi e o agente reticulante (também conhecido como endurecedor). Outros componentes do sistema são: solventes, diluentes reativos e cargas.

As resinas epoxídicas consistem em uma família de resinas sintéticas, incluindo produtos que variam de líquidos a sólidos e são formadas pela reação de qualquer diol de alto peso molecular com epicloridrina. As resinas mais comuns são produzidas pela reação da epicloridrina com o bisfenol A ou bisfenol F. As estruturas das moléculas citadas são mostradas abaixo de acordo com a figura 1. (HUNSTMAN, 2010, p. 4).

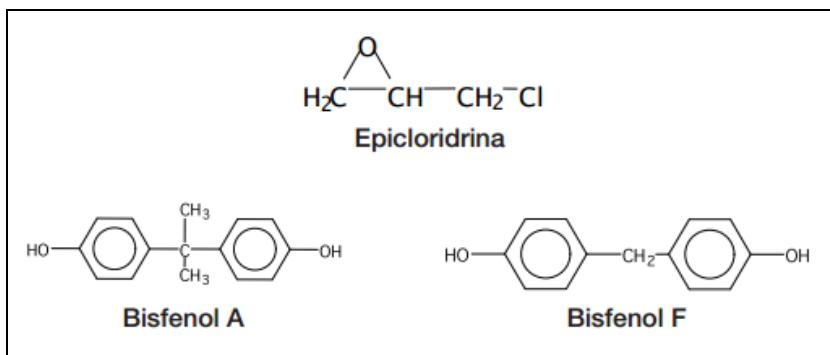


Figura 1 - Moléculas de Epichloridrina, Bisfenol A e Bisfenol F.

Fonte: Silaex.

Tipicamente, as moléculas de epichloridrina e bisfenol A reagem de acordo com a figura 2 ou a molécula de bisfenol F reagem juntas para formar a epóxi.

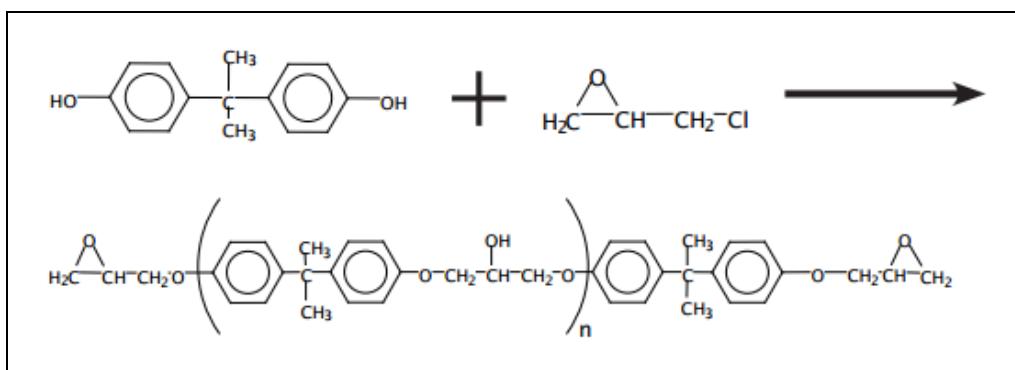


Figura 2 - Reação do Bisfenol A com Epichloridrina para formação do epóxi.

Fonte: Calixto, 2008, p. 2194.

As condições de reação, incluindo a quantidade e proporção dos materiais iniciais, determinarão o valor de “n”. As três classes gerais de resinas epóxi são líquida, sólida e líquida modificada.

### 3.2.1 Resinas Líquidas / Multifuncionais

De acordo com Huntsman (2010, p. 5), “as resinas líquidas apresentam pesos moleculares baixos, possuem propriedade muito viscosa e característica de material pegajoso”. Apresentam tipicamente um valor de n menor que 3. As resinas multifuncionais são líquidas ou sólidas, contendo mais que duas funcionalidades epóxi na mesma molécula.

### 3.3 Agentes de Cura / Endurecedores

O intuito do agente de cura ou endurecedor é juntar ou formar uma ligação cruzada com grupos reativos (funcionais) para compor um polímero com reação completa ou curado. Existe uma variedade de agentes de cura que geralmente fornecem características aos produtos finais. No caso das resinas a base de epóxi, as aminas são os agentes de cura mais utilizados, dentro deste grupo estão várias famílias compostas desta molécula, que incluem as aminas alifáticas, aminas cicloalifáticas e aminas aromáticas. Os anidridos são outra classe de agentes de cura bastante utilizados. Algumas estruturas típicas são mostradas na tabela 1(HUNSTMAN, 2010, p. 6).

Tabela 1 - Estruturas típicas de agente de cura.

Amina Alifática	$\text{NH}_2\text{R}^\circ$
<b>Amina cicloalifática</b>	
<b>Amina aromática</b>	
<b>Anidrido</b>	

Fonte: HUNSTMAN, 2010, p. 6.

### 3.4 Solventes

“Os solventes podem estar presentes no sistema de resina epóxi ou podem ser usados como agentes de limpeza para o equipamento. Os exemplos de solventes tipicamente usados nos sistemas de resina epóxi são metiletilcetona (MEK), tolueno, xileno, éteres glicol e álcoois” (HANTSMAN, 2010, p. 6).

### **3.5 Funcionamento do Sistema de Bicomponente**

Os sistemas de resina epóxi são compostos por dois ou mais componentes. Os bifásicos são constituídos por: resina principal e endurecedor. Para a utilização do produto final, ambos componentes são misturados, conforme uma proporção prescrita pelo fabricante, e reagem formando uma ligação química do tipo cruzada (Huntsman, 2010).

### **3.6 Poliuretano**

Define-se poliuretano (PU) como qualquer polímero que compreende uma cadeia de unidades orgânicas unidas por ligações uretânicas. Este polímero é amplamente usado em espumas rígidas e flexíveis, em elastômeros duráveis e também utilizado como adesivos de alto desempenho. Tratando-se da reação de produção dos poliuretanos, apresentam como principal reagente um diisocianato, encontrado nas formas alifáticas ou aromáticas, e um poliol (como o etileno glicol, 1-4 butanodiol, dietileno glicol, glicerol ou trimetiol propano) ou um poliol poliéster, na presença de catalisador e de materiais para o controle da estrutura das células (surfactantes), no caso de espumas. Em termo de propriedades, o poliuretano pode ter uma variedade de densidades e de durezas, as quais mudam de acordo com o tipo de monômero usado e de acordo com a adição ou não de substâncias modificadoras de propriedades, como, por exemplo, cargas e aditivos, que também podem melhorar outras propriedades. Embora as propriedades do poliuretano possam ser determinadas principalmente pela escolha do poliol, o diisocianato também exerce alguma influência. A taxa de cura por sua vez é influenciada pela reatividade do grupo funcional e a funcionalidade é influenciada pelo grupo de isocianato. As propriedades mecânicas são influenciadas pela funcionalidade e pela forma da molécula. A escolha do diisocianato também afeta a estabilidade do poliuretano à exposição à luz. Os poliuretanos feitos com diisocianato aromáticos amarelam-se à exposição à luz, enquanto aqueles feitos com diisocianatos alifáticos são estáveis (ROSA, 2002).

### 3.7 Cargas Minerais

As cargas minerais são inorgânicas, compostas por grãos pouco flexíveis que são incorporados à massa de polímeros (ROTHON, 1995) ou à fibras de celulose. Os polímeros, por sua vez, são substâncias orgânicas elaboradas a partir da polimerização de compostos orgânicos, sendo constituídos por cadeias carbônicas flexíveis e moldáveis (CANEVAROLO, 2002).

Segundo Lima (2007) geralmente a utilização de cargas em materiais poliméricos tem por finalidade proporcionar ao polímero um enchimento ou reforço. O emprego de cargas minerais como enchimento, normalmente, é realizado para a redução de custos, visto que estas cargas apresentam um preço extremamente baixo devido a abundância dos mesmos na natureza e a fácil extração que ocorre de forma contínua. Por outro lado, as cargas de reforços são empregadas para modificar as propriedades mecânicas dos materiais poliméricos como, por exemplo, resistência à compressão, abrasão e ao impacto. Ainda, segundo Lima (2007), dentre as cargas minerais mais utilizadas em polímeros estão o talco, muscovita, pirofilita, caulinita, wolastonita, quartzo, calcita e barita. Estes minerais diferem entre si devido a sua composição química e estrutura cristalina e estes fatores são determinantes nas propriedades de cada um. As estruturas cristalinas dos principais minerais utilizados como carga nos polímeros estão representados na figura 3. As composições químicas, sistemas cristalinos, grupos espaciais e principais propriedades físicas destes minerais são apresentados na tabela 2.

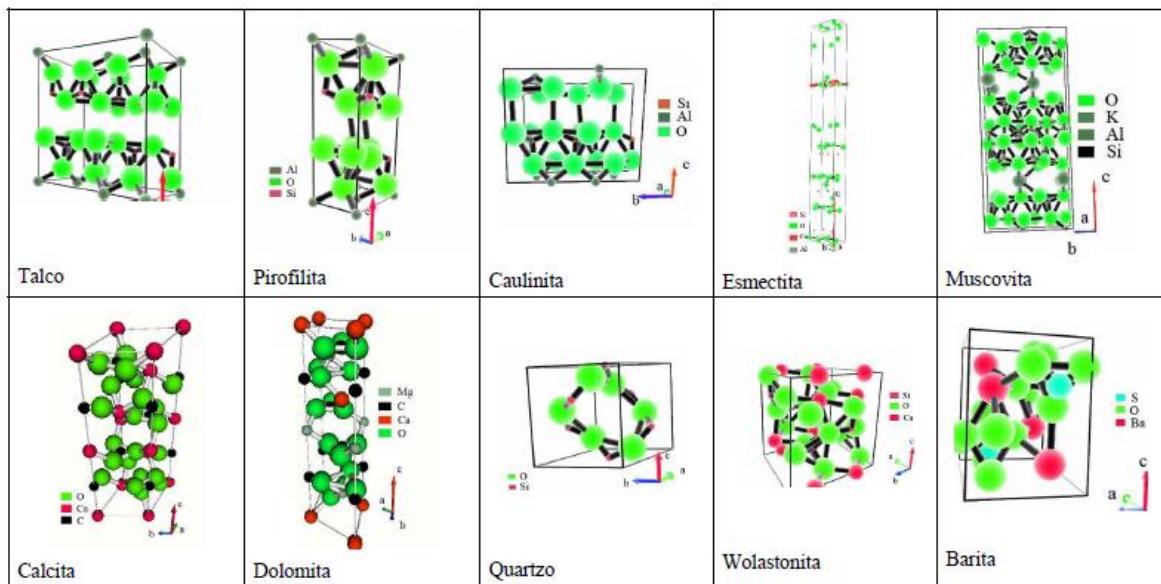


Figura 3 - Estrutura cristalina dos principais minerais usados como carga em polímeros, no Brasil.

Fonte: ICSD (2003), banco de dados de estruturas cristalinas de compostos inorgânicos.

Tabela 2 – Principais características físicas e químicas de minerais usados como carga em polímeros.

	Talco	Pirofilita	Caulinita	Esmectita	Muscovita	Calcita	Dolomita	Quartzo	Wolastonita	Barita
Fórmula química	$Mg_6(Si_8O_{20})(OH)_4$	$(Si_4O_{10})Al_2(OH)_2$	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	$(Mg,Ca)O Al_2O_3 Si_2O_10 nH_2O$	$K Al_2 Si_3 AlO_{10} (OH, F)_2$	$CaCO_3$	$CaMg(CO_3)_2$	$SiO_2$	$CaSiO_3$	$BaSO_4$
Composição	31,8 MgO 63,3 SiO <sub>2</sub> 4,7 H <sub>2</sub> O	28,3% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 66,7% SiO <sub>2</sub> , 5,0% H <sub>2</sub> O	39,5% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 46,5% SiO <sub>2</sub> , 14% H <sub>2</sub> O	0,6 K <sub>2</sub> O 2,3 Na <sub>2</sub> O 2,1 CaO 39,0 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 45,9 SiO <sub>2</sub> 9,1 H <sub>2</sub> O	11,8% K <sub>2</sub> O, 38,3% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 45,2% SiO <sub>2</sub> , 4,2% H <sub>2</sub> O	53,0% CaO, 44,0% CO <sub>2</sub>	30,4% CaO, 21,7% MgO, 47,7% CO <sub>2</sub>	46,7% Si, 53,2% O	48,2 % CaO, 51,7 % SiO <sub>2</sub>	34,4% SO <sub>3</sub> , 65,7% BaO
Sistema cristalino	pseudo-hexagonal	monoclínico	pseudo-hexagonal	monoclínico	pseudo-hexagonal	trigonal	trigonal	trigonal	triclinico	ortorrômbico
Propriedades ópticas	biaxial -	biaxial -	biaxial -	biaxial -	biaxial -	uniaxial -	uniaxial -	uniaxial +	biaxial -	biaxial +
Hábito	micáceo	prismático	micáceo	massas micro e criptocristalinas	micáceo	prismático, escalenoédrico, romboédrico	romboédrico	granular, prismático, compacto	tabular ou maciço	tabular, prismático
Clivagem	Perfeita em (001)	perfeita (001)	perfeita em (001)	perfeita (001)	perfeita em (001)	perfeita (10-11)	perfeita (10-11)	imperfeita (1011) ou (0111)	perfeita em (100), boa em (001)	perfeita em (001), boa em (110), imperfeita em (010)
Dureza Mohs	1	1 a 2	2 a 2,5	1 a 2	2 a 2,5	3	3 a 4	7	5,5	3 a 3,5
Densidade	2,7	2,8	2,6	2 a 2,7	2,7 a 3,1	2,7	2,8	2,6	2,8 a 2,9	4,3 a 4,6
Brilho	perláceo	perláceo	terroso	lustroso	perolado		vitreo a nacarado	vitreo	vitreo a nacarado	vitreo
Cor	verde pálido, amarelo	branco, verde, cinza	branco, variando em função da impureza	branco, cinza	incolor, transparente	branco, cinza, vermelho	róseo, branco	incolor, preto, branco, leitoso, púrpura	incolor a branco cinzento	branco, amarelo, marrom

Fonte: (DANA, 1974, BETEJTN, 1977)

### 3.7.1 Quartzo

Dentre os minerais mais comuns podemos destacar o quartzo, um mineral utilizado como carga em polímeros na forma de pó, fibra ou ainda esfera oca. O quartzo utilizado na confecção de moldes é normalmente na forma de pó branco, inodoro e insolúvel em água. Isso proporciona ao compósito final uma boa resistência à abrasão e compressão. Outro ponto importante da utilização de quartzo como reforço é que, por se tratar de um material cerâmico, o mesmo apresenta alta estabilidade dimensional e térmica, proporcionando melhorias na matriz polimérica como, boas propriedades térmicas e dimensionais.

Tratando-se da composição, o quartzo é constituído de silício e oxigênio e difere da sílica amorfa pela sua estrutura cristalina, onde o quartzo apresenta uma ordem de longo alcance, enquanto que o vidro não apresenta esta ordem. Os átomos de silício e oxigênio se organizam na forma de tetraedro como representado na figura 4.

Os tetraedros de sílica estão ligados pelos vértices, através do compartilhamento de um átomo de oxigênio por dois átomos de silício. Os quatro átomos de oxigênio de um tetraedro podem ser compartilhados com quatro outros tetraedros formando uma rede tridimensional, caracterizando um arranjo de longo alcance (AKERMAN, 2000).

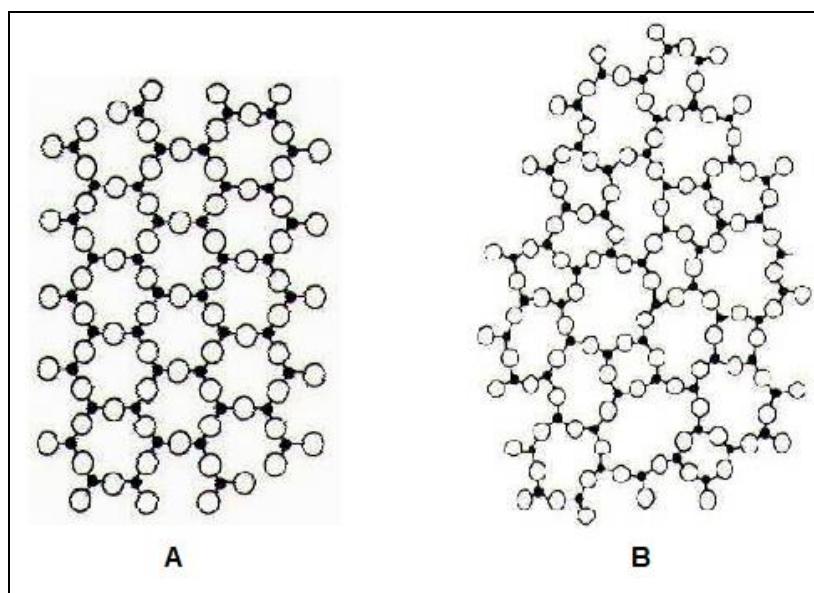


Figura 4 - (A) estrutura cristalina do quartzo; (B) estrutura cristalina do vidro.

Fonte: LIMA, 2007, p. 10.

## 4 Metodologia

### 4.1 Matéria prima

As amostras de resina epóxi (EP) a base de epicloridrina e de bisfenol-A (DGEBA) GENOPOXY 190 foram curadas com agente reticulante contendo mercaptanas (CAPTURE 3-800). As amostras de resina de poliuretana (PU) Easy Flo 60 a base de diisocianato e baixo peso molecular foram curadas utilizando agente reticulante. Para alterar as propriedades e características das resinas citadas anteriormente foram inseridas cargas de quartzo (malha 100), nas proporções de 10, 20 e 30% em peso e foram realizados testes prévios para a utilização destas proporções. As amostras foram nomeadas conforme tabela 3.

Tabela 3 – Nomenclatura dos corpos de prova.

Sigla	Matriz	Quartzo (%)
E0	Epóxi	0
E1	Epóxi	10
E2	Epóxi	20
E3	Epóxi	30
P0	Poliuretana	0
P1	Poliuretana	10
P2	Poliuretana	20
P3	Poliuretana	30

### 4.2 Manipulação

Para a etapa de espatulação utilizou-se espátula metálica e tigela de acrílico para a mistura bicomponente das resinas. Como o tempo de espatulação afeta a resistência, todas as amostras foram preparadas respeitando o tempo de 45 segundos. As cargas de quartzo de malha 100 foram pesadas utilizando uma balança analítica de precisão (marca BEL Engineering).

As misturas foram realizadas em um ambiente extremamente limpo, porém algumas falhas podem ter ocorrido durante a etapa de manipulação. A contaminação, por exemplo, que pode mudar o tempo de presa e ocasionar

distorções e falhas nos moldes (BRUMMAN, 1997). Desta maneira, foram utilizadas diferentes espátulas e tigelas para as diferentes resinas. O epóxi empregado apresenta tempo de mistura, tempo de trabalho e tempo de presa de 3 minutos, conforme informando pelo fabricante. De acordo com Pereira (2010), para a Poliuretana o tempo de espatulação é de 1 minuto.

#### **4.3 Ensaio de dureza superficial**

Dureza é a medida de resistência de um material (no estado sólido) à deformação de sua superfície por indentação ou por abrasão (CALLISTER, 2008). Também expressa sua resistência a deformações permanentes e está diretamente relacionada com a força de ligação dos átomos. O termo dureza também pode ser associado à resistência à flexão, risco, abrasão ou corte.

A dureza não é uma propriedade intrínseca do material, ditada por definições precisas em termos de unidades fundamentais de massa, comprimento e tempo. Um valor da propriedade de dureza é o resultado de um procedimento específico de medição (Gale et al., 1999).

As amostras foram preparadas conforme a ISO 14233:2013 e polimerizadas dentro de uma matriz conforme anexo 1. Após 24 horas, as amostras foram retiradas da matriz e polidas superficialmente utilizando lixas d'água de especificações granulométricas de 600 e 1200 durante 20 minutos antes de serem levadas ao microdurômetro.

A leitura de dureza de superfície do material foi realizada através de 5 pontos dessemelhantes em 3 amostras distintas para cada porcentagem de carga, com uma ponta de diamante do tipo Knoop, com parâmetros de carga de 25g de peso por 30 segundos (Micro Hardness Tester FM 700, Future-Tech Corp, Tóquio, Japão), conforme figura 5. As leituras foram realizadas após 24 horas.



Figura 5 – Microduremetro Micro Hardness Tester FM 700, Future-Tech Corp, Tóquio, Japão.

#### 4.3.1 Método Knoop

De acordo com Ganime (2008) o método Knoop é utilizado para a medição de microdureza e é realizado através de um penetrador de diamante, com formato piramidal, o qual é pressionado contra uma superfície devidamente polida. A dureza Knoop é dada pela equação 1:

$$H_K = (P/A) = (P/C_p \cdot L^2) \quad (1)$$

Onde:

P: carga aplicada (kgf);

A: área superficial de impressão ( $\text{mm}^2$ );

L: comprimento da impressão ao longo do maior eixo (mm);

$C_p$ : fator de correção relacionado ao formato do penetrador (idealmente 0,070279).

#### 4.4 Ensaio de Flexão

Consiste na aplicação de uma carga crescente em determinados pontos de uma barra geometricamente padronizada. A carga aplicada parte de um valor inicial igual a zero e aumenta lentamente até a ruptura do corpo-de-prova. Dentre os tipos

de ensaios de flexão, o ensaio em três pontos é descrito como uma barra bi apoiada com aplicação de uma carga no centro da distância entre os apoios, ou seja, existem três pontos de carga. Os principais resultados dos ensaios são: módulo de ruptura na flexão, módulo de elasticidade, módulo de resiliência e módulo de tenacidade.

Os resultados fornecidos podem variar com a temperatura, a velocidade de aplicação da carga, os defeitos superficiais e, principalmente, com a geometria da seção transversal da amostra (DALCIN, 2007).

#### 4.4.1 Resistência a Flexão Três Pontos

A resistência de ruptura à flexão em três pontos foi realizada sobre o dispositivo 25,4/12,7mm, com 25,4mm de distância entre os apoios inferiores ( $L$ ), conforme a figura 6. Os ensaios foram realizados utilizando uma máquina de ensaio universal (marca EMIC, modelo DL500) munida de uma célula de carga com capacidade de 100kgf (Figura 7). Os corpos de prova foram confeccionados utilizando uma matriz metálica, conforme anexo 2. Os ensaios foram realizados com uma velocidade constante de 0,5mm/min. A figura 6 também faz uma representação esquemática do corpo de prova para realização do ensaio de flexão em 3 pontos. Para calcular a tensão de ruptura utilizou-se a equação 2:

$$\sigma_R = (3PL) / (2bw^2) \quad (2)$$

Onde:

P: carga máxima aplicada (N);

L: distância entre os apoios (mm);

B: largura do corpo de prova (mm);

W: altura do corpo de prova (mm).

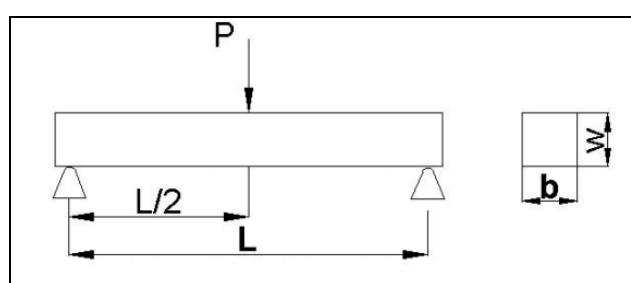


Figura 6 - Representação esquemática e cotas importantes para o cálculo de tensão de flexão.



Figura 7 - Máquina Universal de Ensaios.

#### 4.5 Estabilidade dimensional

É definida como a capacidade que um material possui de manter suas dimensões essenciais ou originais durante a sua utilização para o fim ao qual se destina. A moldagem assume um papel fundamental, pois significa a transferência da situação clínica para um modelo devidamente articulado com seu antagonista (MEZZOMO; FRASCA, 1994). A reprodução imprecisa das dimensões reais das estruturas dentárias moldadas tem como consequência a confecção de restaurações protéticas com algum grau de desajuste. O conhecimento das características dos materiais e técnicas de moldagem orienta o profissional na seleção do material, em função das diferentes situações clínicas que se apresentam.

Os materiais elastoméricos apresentam diferentes características quanto à estabilidade dimensional. No entanto, esta limitação pode ser compensada desde que seja respeitado o tempo de vazamento prescrito pelo fabricante. A moldagem é uma das etapas do tratamento restaurador, onde nem sempre todos os princípios são seguidos rigorosamente. A fidelidade dos materiais é comprometida pela manipulação, pela técnica empregada e pela demora no vazamento do modelo (SHILINGBURG, 1998).

Existe uma série de fatores que podem atuar na estabilidade dimensional, são eles: conservação antes do uso, proporcionamento correto do material,

manipulação, tempo e local de armazenagem do molde. Uma vez observados estes fatores, é possível obter resultados satisfatórios (PIERRI, 1991). Segundo Marcinak (1980) o volume do material de moldagem, o tempo de residência que permanece na boca, o seu módulo de elasticidade, a temperatura durante a moldagem, a umidade durante o armazenamento, o tempo decorrido entre a remoção da impressão e o vazamento do modelo são fatores que podem promover alterações dimensionais no material.

Para a devida análise, um modelo padrão feito de cano de PVC e silicone foi elaborado (Figura 8). As dimensões da matriz utilizada estão representadas no anexo 3. A forma cilíndrica foi adotada em razão de favorecer a precisão das mensurações realizadas sobre os modelos. Foram realizados 24 impressões, sendo 3 impressões por grupo nas diferentes proporções de cargas. A mistura bicomponente foi manipulada durante 45 segundos e, logo após, inserida no molde com auxílio de uma seringa. O excesso de material foi retirado utilizando uma placa de vidro e os moldes foram removidos da matriz após 5 minutos e mantidos a temperatura ambiente durante 24 horas para uma nova aferição das medidas.

As medições dos modelos foram realizadas com a utilização de um paquímetro digital de precisão (marca Mitutoyo) em duas áreas distintas de cada cilindro: diâmetro e comprimento.



Figura 8 - Molde padrão feito de cano de PVC e silicone.

#### 4.6 Microscopia Eletrônica de Varredura

As caracterizações morfológicas e microestrutural foram realizadas com auxílio da técnica de microscopia, utilizando um microscópio eletrônico de varredura

(modelo SSX-550, marca Shimadzu, Tóquio, Japão), conforme a figura 9. As imagens foram realizadas utilizando o sistema de elétrons secundário (SE). As amostras analisadas foram as mesmas rompidas no ensaio de flexão em três pontos, visando observar a aderência da carga na matriz na zona fraturada. Para a preparação das amostras foram utilizados porta-amostras de alumínio e fita dupla face de carbono, devido a necessária condutividade. A fita dupla face de carbono foi fixada sob a superfície plana do porta-amostra e posteriormente depositou-se uma nanocamada de ouro (em torno de 50 nm). Para este último processo utilizou-se um Sputtering (modelo Quick Coater, marca Sanyu Electron), conforme a figura 10, para que a superfície analisada possa conduzir os elétrons emitidos pelo microscópio.



Figura 9 - Microscópio Eletrônico de Varredura, Shimadzu – SSX-550.



Figura 10 - Sputtering Sanyu Electron – Quick coater.

## 5 Resultados e Discussão

### 5.1 Ensaio de Dureza

Inicialmente, foram confeccionados dois grupos de compósitos com matrizes poliméricas diferentes com porcentagens de 10%, 20% e 30% de carga, respectivamente, e um grupo sem carga (controle). Após a preparação dos corpos-de-prova, as amostras foram submetidas ao ensaio de dureza Knoop visando a obtenção dos valores de microdureza (Gráfico 1).

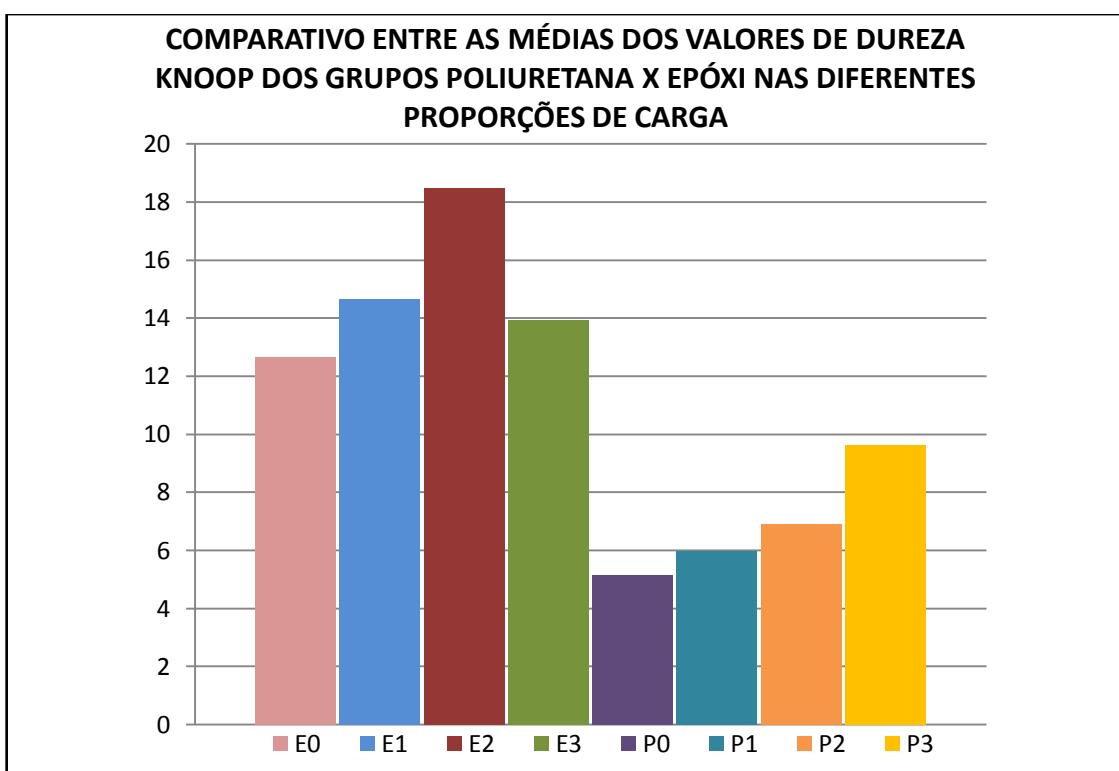


Gráfico 1 - Comparativo entre as médias dos valores de dureza Knoop dos grupos poliuretana x epóxi nas diferentes proporções de carga.

É possível observar no gráfico 1 que os valores mais elevados de dureza pertencem aos compósitos com matriz de epóxi. Os valores de dureza foram superiores até mesmo para o grupo E0, que não possuía carga em comparação com os compósitos de matriz de poliuretana. Também, pode-se avaliar o comportamento distinto de ambos compósitos em relação às diferentes proporções de carga. Verificou-se que ocorreu uma saturação em relação à matriz de epóxi com cargas acima de 20%, ocasionando um decréscimo de dureza, enquanto que na matriz de

poliuretana os valores de dureza cresceram conforme aumento da proporção de carga.

Este decréscimo nos resultados de dureza do grupo epóxi pode ser explicado por Lima (2007), que afirma que ao misturar uma carga mineral em pó muito fino com algum polímero pode haver uma propensão desta carga não se dispersar homogeneamente na matriz polimérica, aglomerando-se em flocos e, por consequência, fazendo com que o compósito tenha esses valores reduzidos quando comparados aos mesmos valores destas mesmas propriedades do polímero puro.

## 5.2 Ensaio de Flexão

Após confecção dos corpos de prova utilizando matrizes poliméricas de epóxi e poliuretana, ambas apresentando porcentagens de 10%, 20% e 30% de carga e também um grupo controle. Os resultados obtidos foram tratados estatisticamente visando obter as médias de cada um dos resultados distintos. Além disso, para aplicação deste teste é necessário que os desvios padrões apresentem valores próximos.

Os espécimes referentes ao grupo da matriz epoxídica obtiveram valores de resistência à flexão com médias mais elevadas em comparação ao grupo da matriz contendo poliuretana. A estatística descritiva da resistência à flexão de cada grupo está contida na tabela 4. Tratando-se de força, pode-se observar o resultado final entre as médias de todos os grupos testados e também o comportamento distinto entre as diferentes matrizes poliméricas com adição de carga de quartzo ilustradas no gráfico 2.

Tabela 4 - Estatística Descritiva Ensaio de Flexão.

PROPRIEDADE	E0	E1	E2	E3	P0	P1	P2	P3
Força Média (N)	82,78	114,93	72,76	42,83	7,84	23,30	23,31	34,474
Tensão (MPa)	71,8	68,2	61	51	11,60	29,00	19,2	27,6
Módulo (MPa)	2471,5	2577,9	3508,3	2303,3	436,0	1034,1	842,3	1303,8
Desvio Padrão (DP)	2,25	0,96	0,74	1,75	0,317	0,55	1,401	0,18
Coeficiente de Variação (%)	26,64	8,19	10,00	40,13	38,33	23,23	17,39	5,08

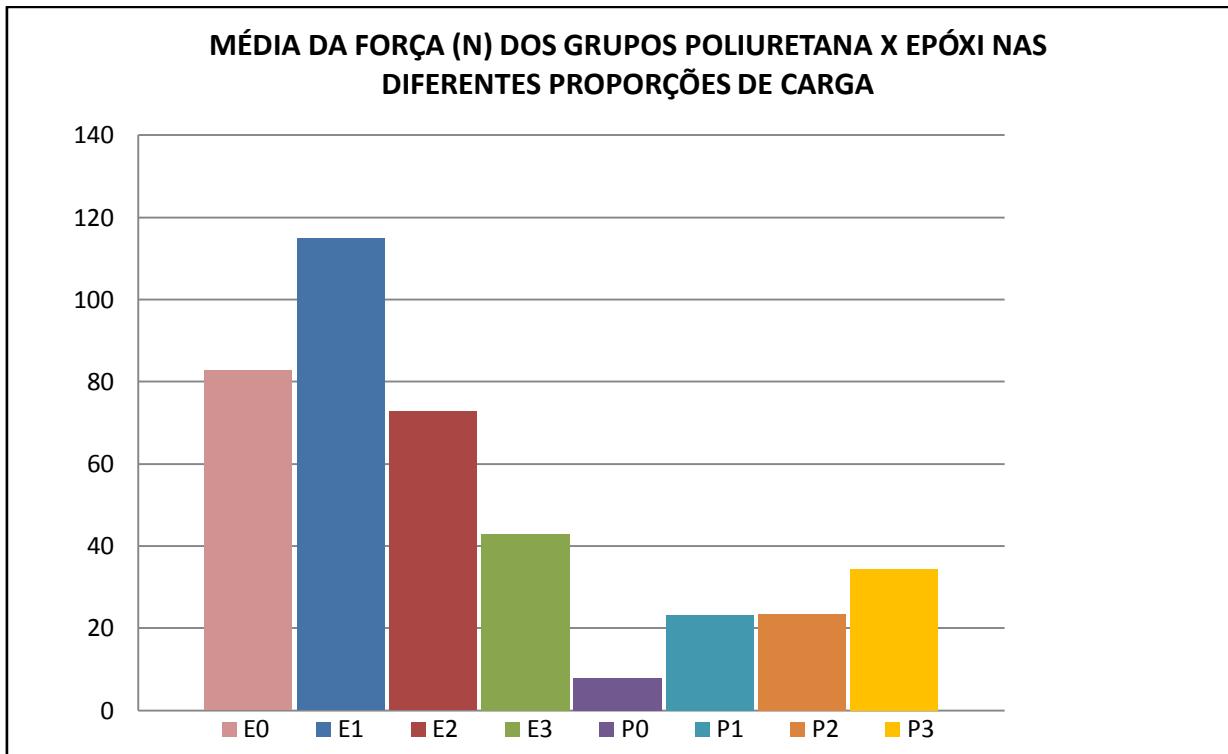


Gráfico 2 - Média da Força (N) dos grupos poliuretana x epóxi nas diferentes proporções de carga

Pode-se notar que, se tratando de matriz epoxídica, ocorreu um aumento significativo de força até 10% de carga, mas o aumento da proporção de carga ocasionou um decréscimo de força. No entanto, quando utilizado matriz de poliuretana os valores de força aumentaram com o aumento da proporção de carga.

As resinas indiretas, compostas por uma grande quantidade de carga, são materiais que têm se mostrado superiores em comparação às resinas diretas e este progresso está principalmente atribuído a melhoria de suas propriedades como, por exemplo, o módulo de elasticidade<sup>1</sup>, conforme comparativo entre as matrizes testadas. O gráfico 3 compara o módulo de elasticidade dos materiais citados, que é baseado nos dados obtidos no ensaio de tração em 3 pontos (KAWANO et al, 2001; GIANNINI, 2004).

<sup>1</sup> É a razão entre a tensão aplicada e a deformação sofrida pelo corpo quando a deformação é totalmente elástica; também é uma medida de rigidez de um material (CALLISTER, 2008).

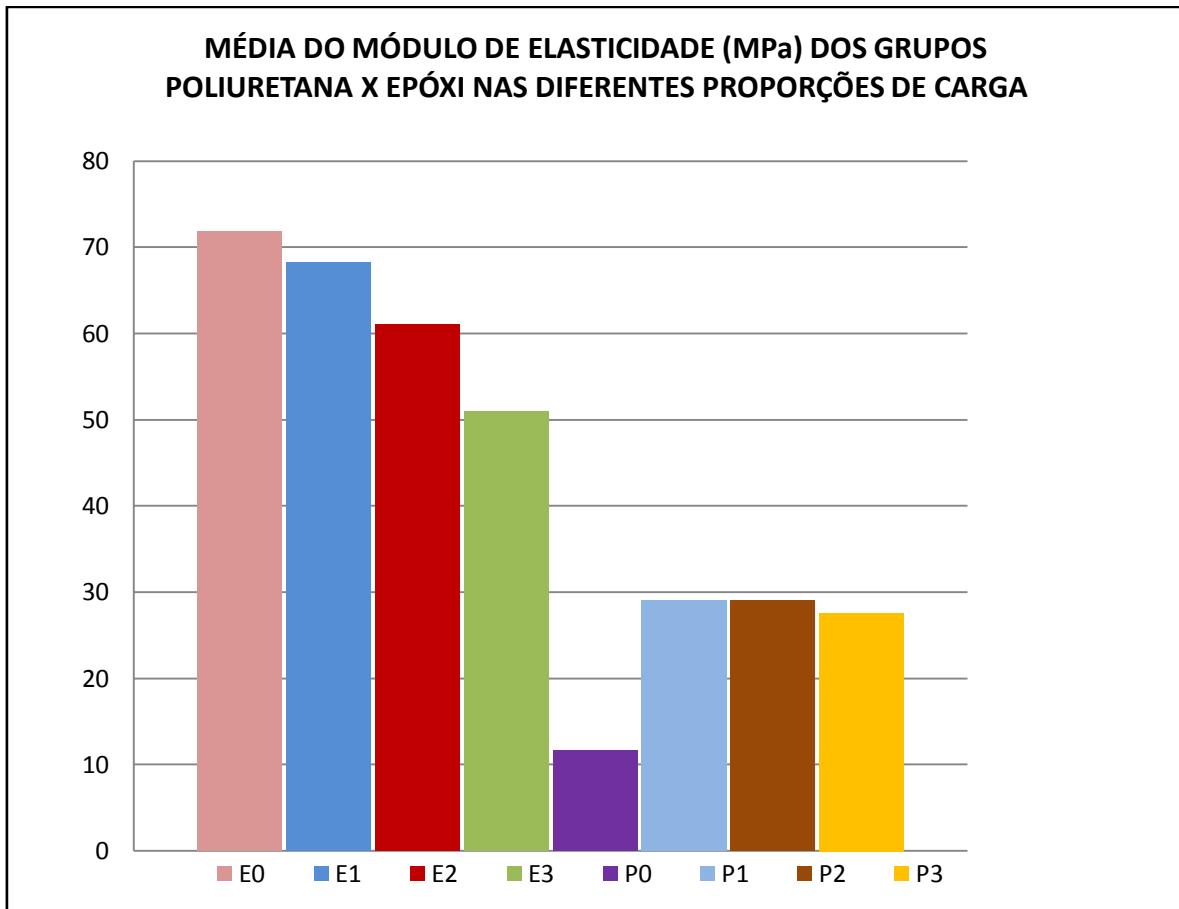


Gráfico 3 - Média do módulo de elasticidade dos grupos poliuretana x epóxi nas diferentes proporções de carga.

Observa-se que, em termos de módulo de elasticidade, ambos compósitos apresentaram comportamentos diferentes. Os resultados de matriz epoxídica apresentaram um decréscimo linear conforme a adição de carga, ou seja, ficaram menos rígidos. Mesmo os resultados sendo decrescentes é importante à inserção das cargas para a redução de custos. Por outro lado, a matriz de poliuretana com valores de 20 e 30% de carga apresentou uma saturação entre polímero/carga, ocasionando um pequeno decréscimo no valor do módulo.

Adicionalmente, o aumento do tamanho e da quantidade de partículas inorgânicas melhora algumas propriedades de resistência, entre elas a resistência ao desgaste do compósito, a qual diminui a contração de polimerização e, em contrapartida diminui o brilho e o polimento, desfavorecendo assim a estética (DENTAL ADVISOR, 2000; KILDAL Et al, 1997).

### 5.3 Estabilidade dimensional

Neste ensaio, avaliou-se o comprimento e o diâmetro dos 8 grupos (Poliuretana x Epóxi) nas diferentes proporções de carga os quais foram transformados em percentuais. Segundo a ISO 14233-2003 todas as medidas devem apresentar uma variação dimensional inferior a 1%. Cada grupo foi constituído de 3 corpos de prova com medidas em duplicata, conforme gráfico 4.

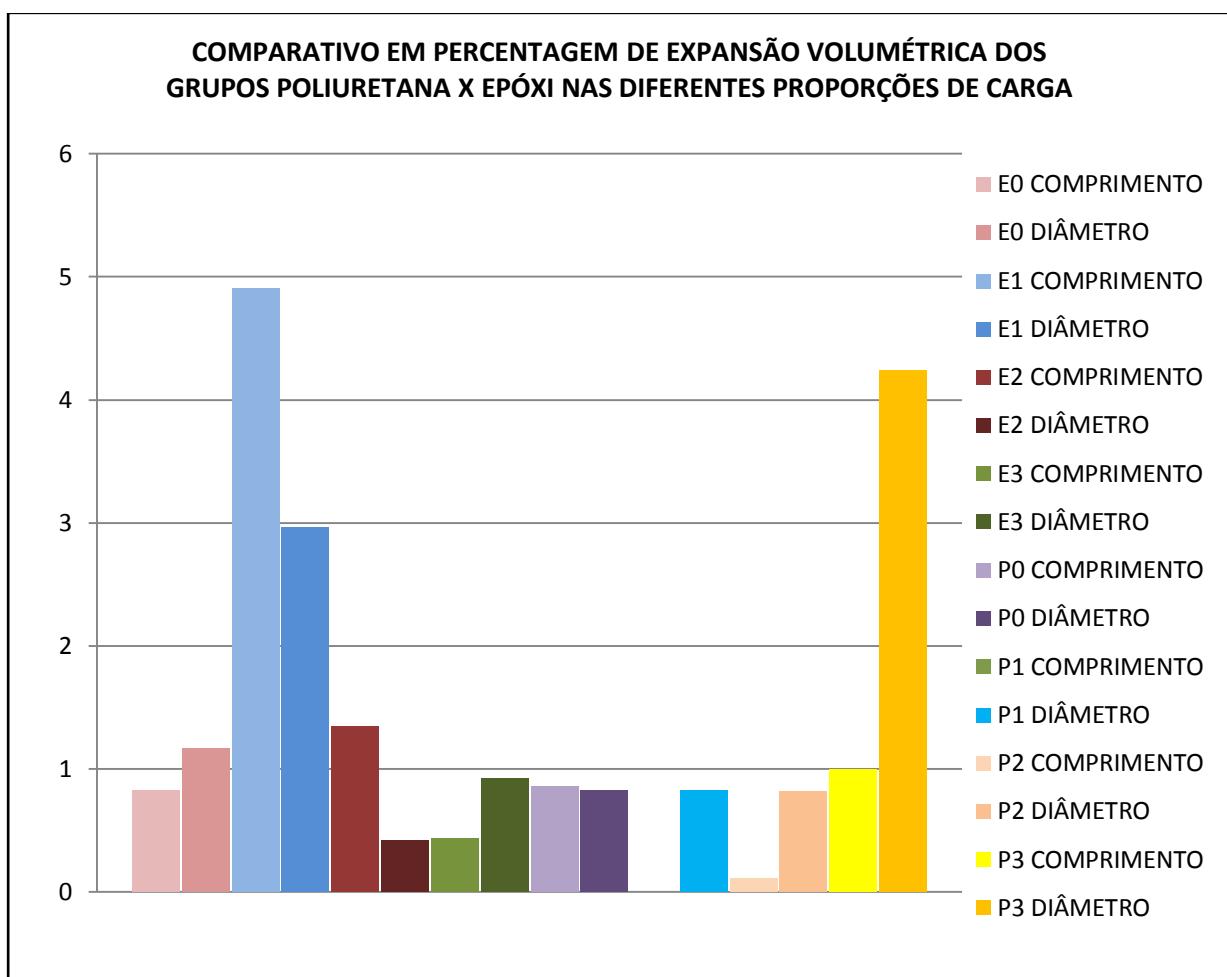


Gráfico 4 - Distribuição das médias para ambas as distâncias (em percentagens).

Em função dos resultados obtidos e dentro das condições estabelecidas neste experimento, pode-se concluir que as amostras de poliuretana sem carga e com cargas de 10% e 20% apresentaram expansão inferior a 1%, tanto como as amostras de matriz epoxídica com carga de 30%.

De acordo com Reisbick (1973), existem alguns motivos para que ocorra essa alteração dimensional entre os corpos de prova como, por exemplo, o tipo de material e carga utilizados, viscosidade, tempo decorrido para o vazamento do modelo. Segundo Pratter (1991) outro motivo que altera o dimensionamento das peças é a hidrofilia dos materiais e conforme Shen (2005) a perda de subproduto, contração de polimerização, contração térmica em virtude da alteração da temperatura, recuperação elástica incompleta também alteram as dimensões finais.

#### **5.4 Microscopia Eletrônica de Varredura**

A morfologia das amostras nos diferentes materiais (Epóxi x Poliuretana) submetidas ao ensaio de flexão em 3 pontos foi avaliada por fractografia. Esta análise teve como objetivo avaliar a adesão da carga de quartzo nas diferentes matrizes poliméricas, observar as características da microestrutura e a disposição das cargas de quartzo nos diferentes compósitos, assim como análise da superfície dos controles e do reforço de quartzo.

A figura 11 mostra o tamanho e geometria das partículas de quartzo.

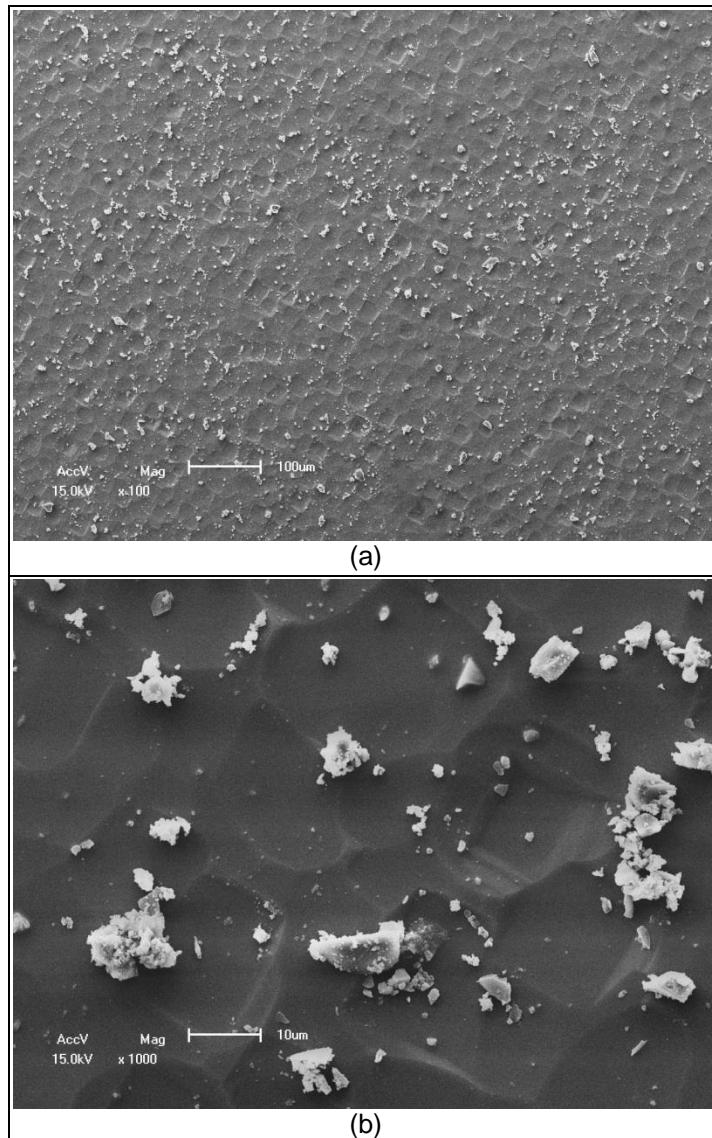


Figura 11 - Micrografia da carga de quartzo onde em (a) ampliação de 100x e (b) ampliação de 1000x.

Na figura 12 observa-se a morfologia da amostra de Poliuretana sem adição de carga de quartzo, apresentando uma superfície homogênea e porosa, conforme material de baixa viscosidade.

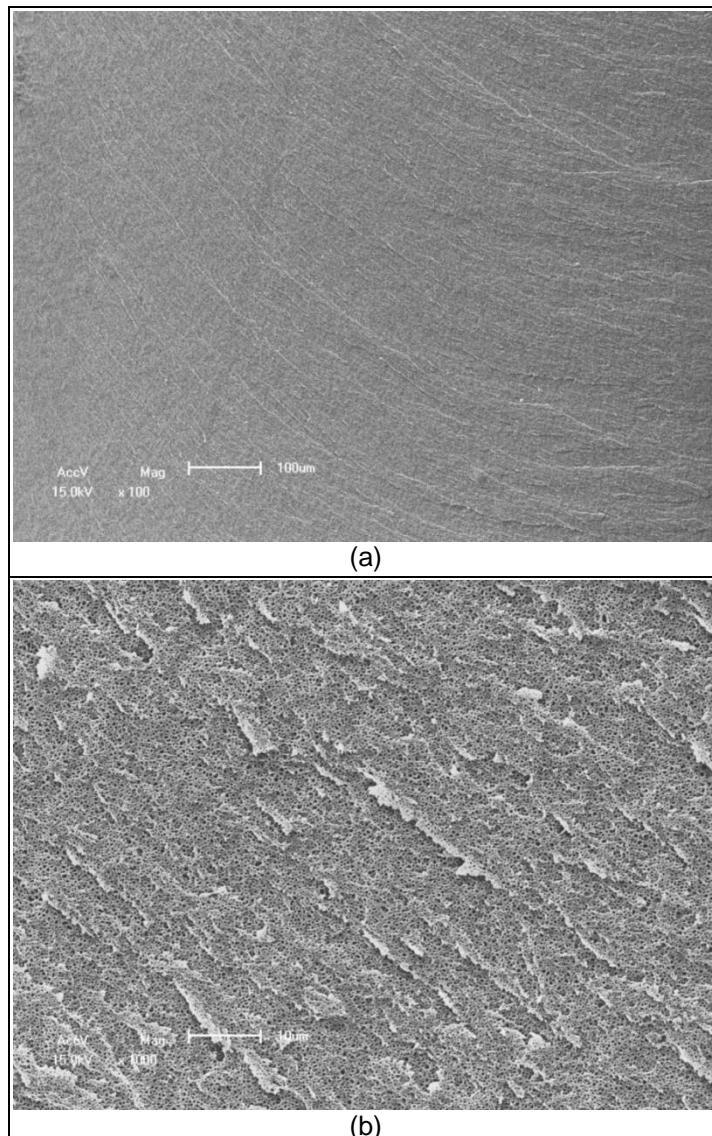


Figura 12 - Micrografia da matriz poliuretana sem adição sem carga onde em (a) superfície de falha com ampliação de 100x e (b) superfície de falha com ampliação de 1000x.

Na superfície da amostra com adição de 10% de carga, conforme figura 13, ocorre o surgimento de bolhas (vazios) por motivos que podem vir a ser desde a maneira da espatulação sem auxílio de um ambiente a vácuo, até mesmo pela inserção das partículas de carga.

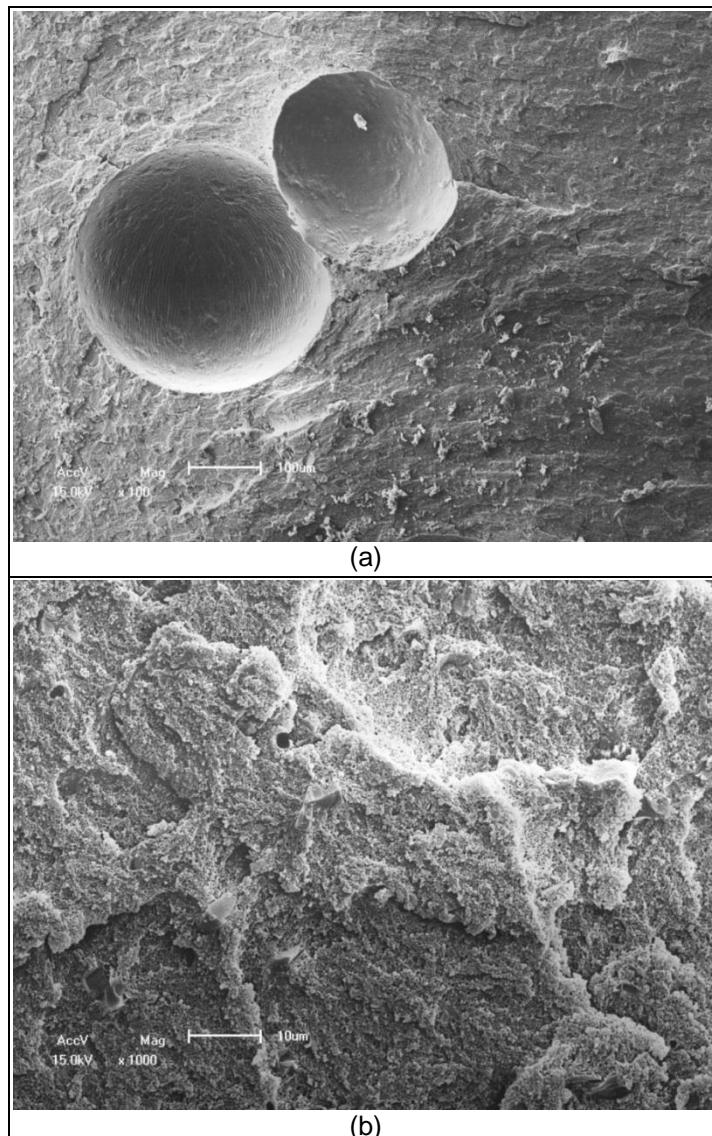


Figura 13 - Micrografia da matriz poliuretana com adição de 10% carga de quartzo, onde em (a) superfície de falha com ampliação de 100x e (b) superfície de falha com ampliação de 1000x.

Na figura 14 observa-se maior quantidade de partículas de carga como foi proposto no trabalho e também nota-se melhor a estrutura cristalina trigonal composta por tetraedros de sílica (dióxido de silício,  $\text{SiO}_2$ ) das cargas na superfície, bem como o surgimento de bolhas.

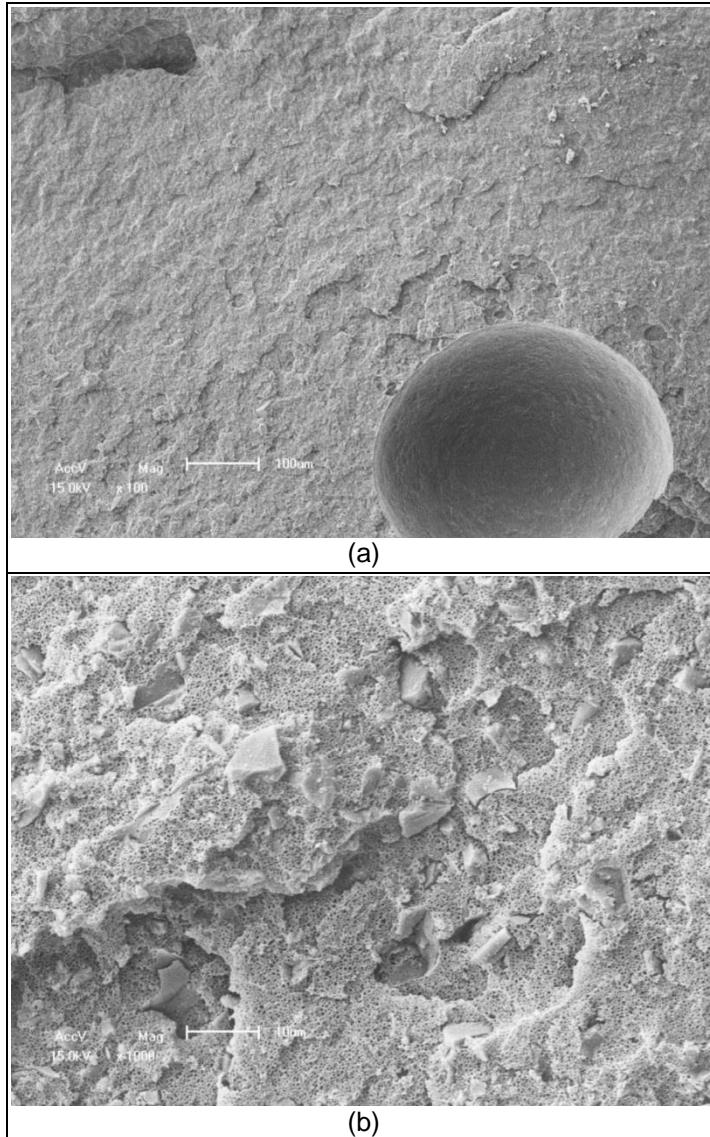


Figura 14 - Micrografia da matriz poliuretana com adição de 20% carga de quartzo, onde em (a) superfície de falha com ampliação de 100x e (b) superfície de falha com ampliação de 1000x.

Na figura 15 é possível observar o grande acúmulo de partículas de quartzo aderidas na matriz de poliuretano. Apesar da quantidade de bolhas nos compósitos utilizando carga, o resultado de resistência de flexão em 3 pontos apresentou valores mais elevados comparados com a matriz sem carga. Isto pode ter ocorrido devido ao fato da capacidade do quartzo de absorver energia, compensando assim, a presença destas bolhas. Quanto maior o percentual de carga na matriz, maior a quantidade de bolhas no interior do compósito. Outro fator que indica esse aparecimento de bolhas é a má aderência entre matriz/reforço. Isso ocorre, possivelmente, devido à alta tensão interfacial existente entre os componentes, o que torna a interface com baixa resistência (GUPTA, 1985). Quando ocorre molhamento eficiente carga/matriz, este remove o ar inclusivo e cobre todas as

protuberâncias. Para o determinado molhamento dependerá das tensões superficiais dos componentes (RABELO, 2000). Por apresentar muitas protuberâncias, a carga de quartzo pode não ter tido um molhamento eficaz, devido, a alta tensão superficial desta carga, não apresentando uma boa aderência (SANTOS, 2007).

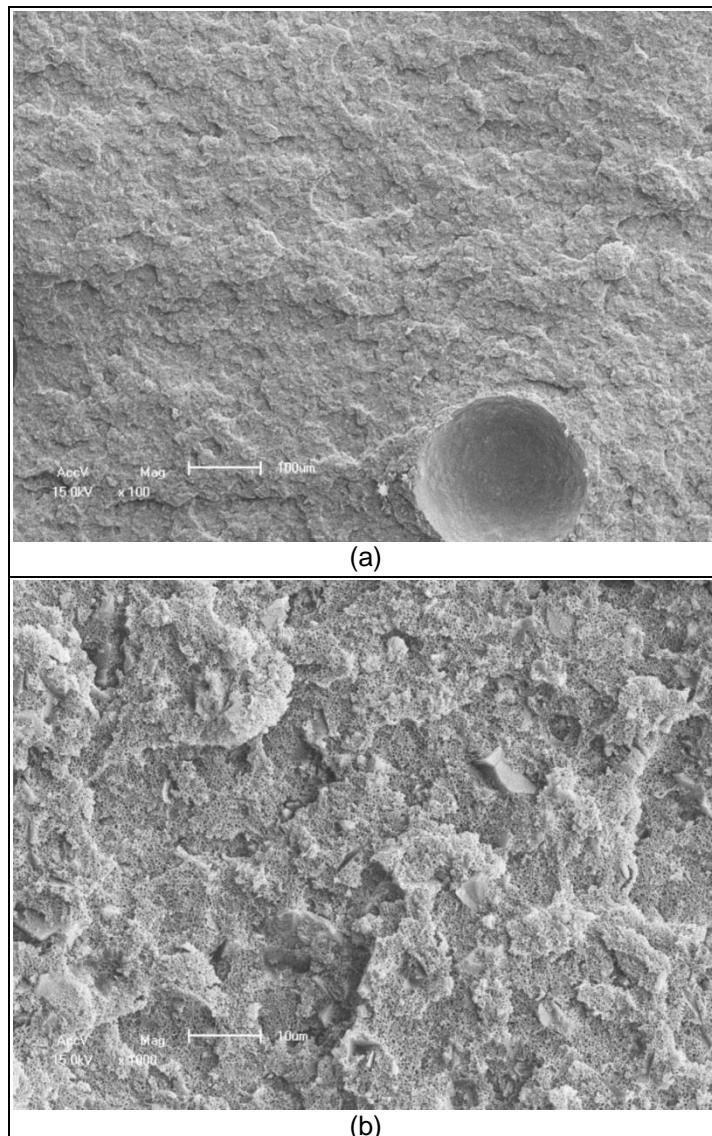


Figura 15 - Micrografia da matriz poliuretana com adição de 30% carga de quartzo, onde em (a) superfície de falha com ampliação de 100x e (b) superfície de falha com ampliação de 1000x.

A figura 16 permite visualizar a superfície de fratura do material epóxi sem adição de carga, apresentando uma clivagem unidirecional de superfície lisa, comparando com as superfícies das amostras com diferentes proporções de cargas.

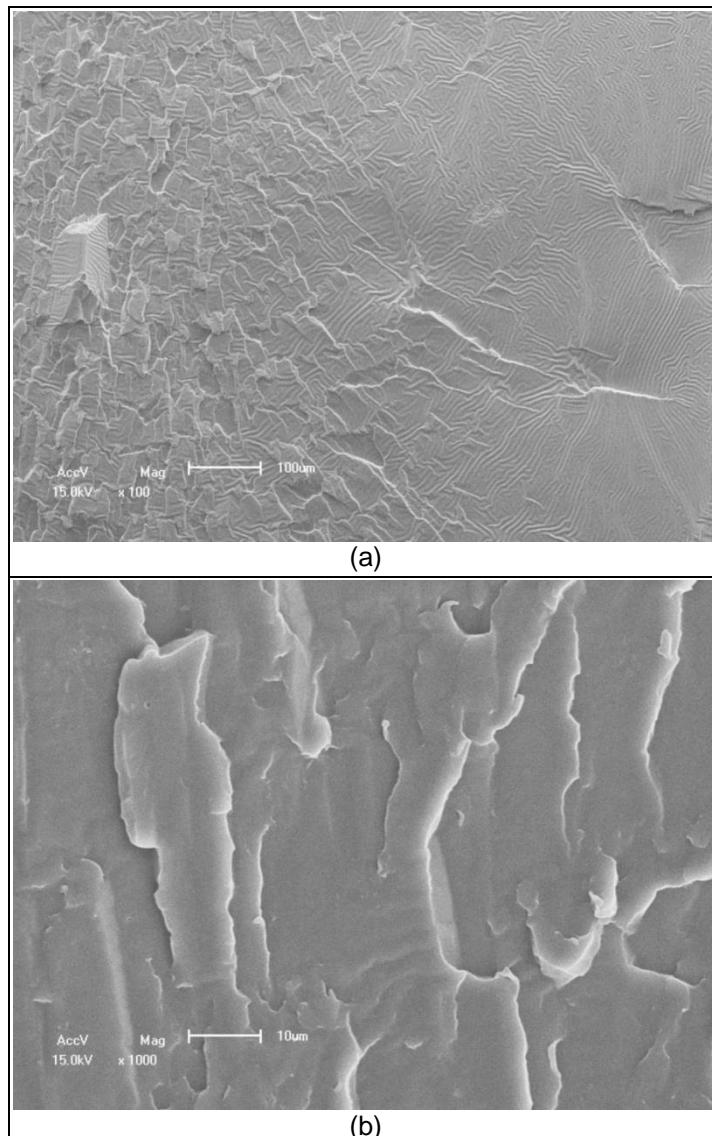


Figura 16 - Micrografia da matriz de epóxi sem adição de carga, onde em (a) superfície de falha com ampliação de 100x e (b) superfície de falha com ampliação de 1000x.

Na figura 17 pode-se observar a presença de vazios sobre a superfície da amostra junto à presença das partículas de quartzo. Podemos associar esses vazios à adição dessas partículas junto à mistura física da resina epóxi sem a utilização de um ambiente á vácuo.

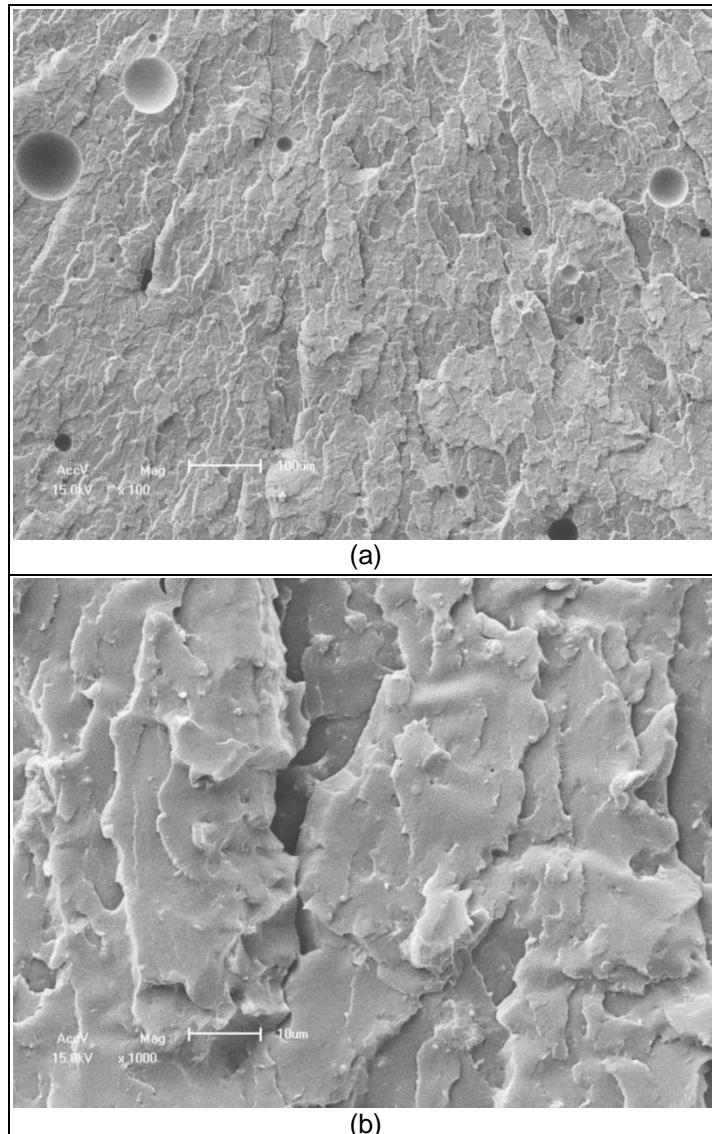


Figura 17 - Micrografia da matriz de epóxi com adição de 10% carga de quartzo, onde em (a) superfície de falha com ampliação de 100x e (b) superfície de falha com ampliação de 1000x.

Na figura 18 é possível notar o aumento das bolhas (vazios) na superfície da amostra. Isto pode ser explicado pelo aumento da viscosidade da mistura, que dificultou a retirada das bolhas (vazios) do interior do compósito. Também nota-se a distribuição uniforme das partículas de quartzo sobre a superfície da matriz epoxídica.

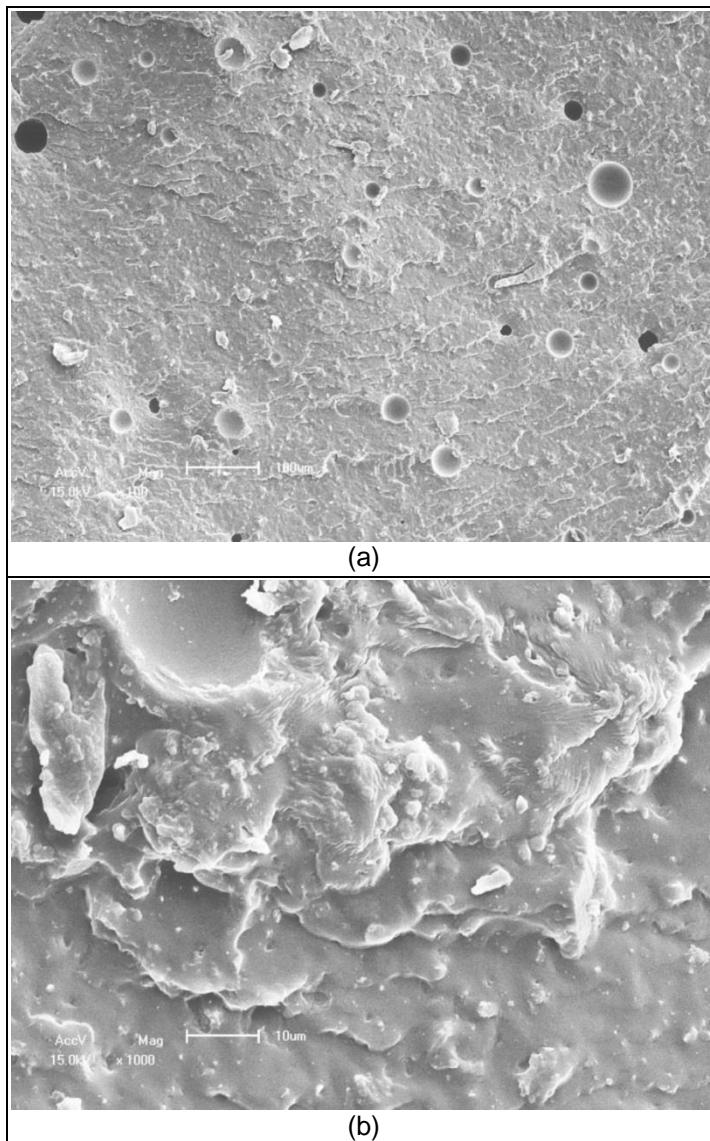


Figura 18 - Micrografia da matriz de epóxi com adição de 20% carga de quartzo, onde em (a) superfície de falha com ampliação de 100x e (b) superfície de falha com ampliação de 1000x.

Na figura 19 pode-se observar a morfologia do compósito com a presença de vazios e a distribuição homogênea das partículas de carga. Porém, como o resultado do ensaio de flexão em 3 pontos apresentou resultados de resistência inferiores em comparação as amostras com percentual de 10% de carga, pode-se dizer que a interação da carga/matriz não apresentou boa aderência. A falta de interação matriz/carga ocasionou a presença destes vazios na interface, o que causa à formação de trincas, as quais se propagam resultando baixa resistência mecânica (FOLKES, 1995). Este comportamento é comum no caso de partículas inorgânicas adicionadas a polímeros. Nestes casos, a interação partícula/polímero

pode ser melhorada com agentes de acoplamento como os silanos (SANTOS, 2007).

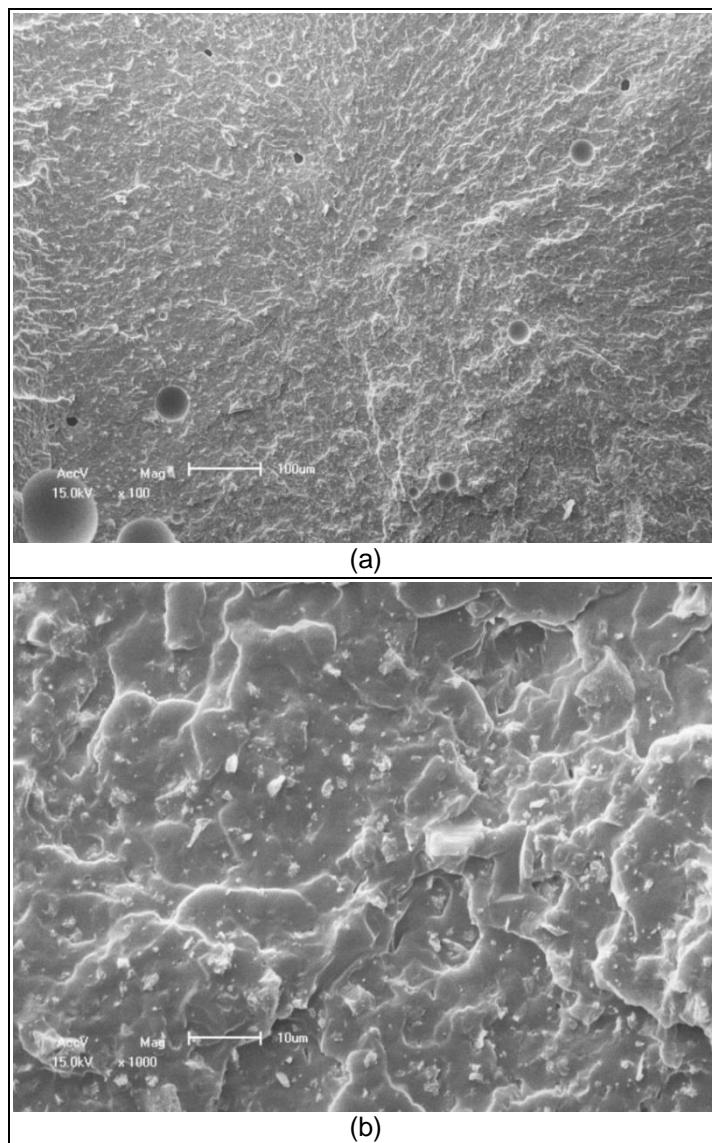


Figura 19 - Micrografia da matriz de epóxi com adição de 20% carga de quartzo, onde em (a) superfície de falha com ampliação de 100x e (b) superfície de falha com ampliação de 1000x.

## 6 Conclusões

Durante a preparação das amostras notou-se o aumento da viscosidade conforme a adição de carga adicionada, o que dificultou o fluxo da resina e, por consequência, o aumento de vazios e densidade do compósito, ocasionando o aumento de peso do compósito final. Estes vazios apresentados na superfície das amostras, assim como a distribuição das cargas na matriz, foram observados pela técnica de microscopia eletrônica de varredura, que também mostrou a falta de interação matriz/carga do compósito. Com os resultados obtidos pelas demais caracterizações, foi possível avaliar algumas propriedades finais dos compósitos estudados como, por exemplo, os valores de dureza superficial, onde os valores mais elevados de dureza pertencem aos compósitos com matriz epoxídica, em comparação aos compósitos contendo matriz de poliuretana, incluindo o grupo E0, que não possuía carga de quartzo. Os resultados apresentados pelo ensaio de flexão em 3 pontos foram semelhantes com os de dureza, ou seja, os compósitos de matriz epoxídica apresentaram maiores valores de força em comparação aos compósitos utilizando matriz de poliuretana, dando ênfase aos resultados de alto valor médio dos corpos de prova E1 e aos resultados dos corpos de prova P3, pelo qual apresentaram valores próximos aos corpos de prova E3, ou seja, com proporções em peso de 30% ambos compósitos possuem valores de resistência próximos. Os ensaios de estabilidade dimensional foram obtidos dentro das condições estabelecidas neste experimento, apresentando valores inferiores de expansão volumétrica os corpos de prova P0, P1, P2 e E3.

Para explicarmos os fenômenos de queda nos resultados de dureza e flexão 3 pontos, segundo Lima (2007), quando se mistura uma carga mineral em pó muito fino com algum polímero pode haver uma propensão de esta carga não se dispersar homogeneamente na matriz deste polímero. Então ela tenderá a se aglomerar em flocos fazendo com que o compósito tenha os valores de algumas ou de todas as suas propriedades físicas, químicas e físico-químicas minoradas quando comparadas aos mesmos valores destas mesmas propriedades do polímero puro.

Por fim, o corpo de prova que apresentou melhores resultados para fins de material de moldagem foi o compósito de matriz epoxídica contendo 30% de carga – E3.

## Referências

- AKERMAN, Mauro. **Natureza, Estrutura e Propriedades do Vidro.** CETEV - Centro Técnico de Elaboração do Vidro. Rio de Janeiro, 2000. 36 p.
- BETEJTIN, A. **Curso de Mineralogia.** Traduzido do russo por L. Vládov. 3 ed. Moscou: Editorial Mir, 1977. 739p.
- BRUMANN, P. A. et al. **Estudo do efeito de diferentes métodos de manipulação sobre a expansão e resistência à compressão de gessos tipo IV e V.** 1997. 6 f. Projeto de pesquisa integrado apresentado ao CNPQ – Universidade Federal de Santa Maria/ Universidade de São Paulo, Santa Maria, 1997.
- CALIXTO, C. M. F.; CERVINI, P.; CAVALHEIRO, É. T. G. Eletrodo compósito à base de grafite-araldite®: aplicações didáticas. **Quím. Nova**, São Paulo, v.31, n.8, p. 2194-2198, 2008.
- CALLISTER, William D. Jr. **Ciência e engenharia de materiais:** uma introdução. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 705 p.
- CANEVAROLO, Sebastião Vicente JR. **Ciência dos Polímeros:** um texto básico para tecnólogos e engenheiros. 2. ed. São Paulo: ArtLiber Editora, 2006. 280 p.
- DANA, J. D. **Manual de Mineralogia.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1974.
- DALCIN, Gabrieli Bortoli. **Ensaios dos Materiais:** Guia prático e didático. Santo Ângelo: Livros técnicos e científicos editora, 2007. 41 p.
- FRASCA, Luis C. F.; MEZZOMO, Élio. Moldagens em Prótese Parcial Fixa. In: MEZZOMO, E. et al. **Reabilitação Oral para o clínico.** São Paulo: Santos - Quintessencia, 1994. 500 p. Cap. 11, p. 388-403.
- FOLKES, M. J.; HOPE, P. S. **Polymer Blends and Alloys.** Blackie Academic and Professional, Glasgow, 1995.
- GALE, M. S.; DARVELL, B. W. Dentine permeability and tracer tests. **Journal of Dentistry**, Hong Kong. v. 27, n. 1, p. 1-11, 1999.
- GANIME, M. M.; GIORGI, M. C. C.; DIAS, C. T. S.; PAULILLO, L. A. M. S. Avaliação de dureza Knoop de resina composta ativada por diferentes fontes de luz. **Cienc Odontol Bras**, São Paulo, v.11, n.3, p. 74-80, 2008.
- GUPTA, A. K & Purwar, S. N. – J. Appl. Polym. Sci., v. 30, p. 1799 – 1814 (1985).
- GIANNINI, V.; BONDIOLI, I. R.; MESQUITA, A. M. M. Resinas Compostas de uso Laboratorial. In: MIYASHITA, E.; FONSECA, A. S. **Odontologia Estética – O Estado da Arte.** São Paulo: Artes Médicas, V. 1, p. 441-64, 2004.

HUNSTMAN. **Sistema de Resina Epóxi:** guia de manuseio seguro. São Paulo: 2010. 22 p.

ICSD, Inorganic Structure Database (Release 2003/2). NIST, National Institute of Standards and Technology. CD-ROM. 2003.

KAWANO et al. Influence of thermal cycles in water on flexural strength of laboratory – processed composite resin. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 28, p. 703-707, 2001.

KILDAL, K. K.; RUYTER, I. E. How different curing methods affect mechanical properties of composites for inlays when tested in dry and wet conditions. **Eur J Oral Sci**; v. 11, n. 3, p. 353-61, 1997.

LIMA, Antônio Bastos Torres. **Aplicação de cargas minerais em polímeros.** 2007. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Faculdade de Engenharia de Minas, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2007.

MARCIAK, C. F. et al. Linear Dimensional Changes i Elastic Impression Materials. **J. Dent. Res.**, v. 59, n. 7, p.1152-1155, 1980.

MEZZOMO, E.; FRASCA, L. C. F. Moldagens em Prótese Parcial Fixa. In: MEZZOMO, E. **Reabilitação Oral Para o Clínico**. Santos, Cap.11, p.383-426, 1994.

MORAES, R. R.; GONÇALVES, L. S.; LANCELOTTI, A. C.; CONSANI, S.; CORRER-SOBREIRO, L.; SINHORETI, M. A. Nanohybrid resin composites: nanofiller loaded materials or traditional microhybrid resins, **Oper Dent.**; v. 34, n. 5, p. 551-7, 2009.

PEREIRA, P. H.; DIAS, S. C.; ÁVILA, G. B.; RIBEIRO, J. C. R.; MOYSÉ, M. R.; AGNELLI, J. M.; PEREIRA, L. J. Avaliação do comportamento mecânico de modelos odontológicos obtidos em resina de poliuretano. Competência: Arquivos em odontologia, V. 46, n. 1, p. 17-22, 2010.

PIERRI, G.; LIBANORI, C. M. B; MATSON, E. Estudo da Estabilidade Dimensional de Moldagem com Siliconas em Função de Estocagem, Tempo de Armazenamento e Alívio na Silicona de Condensação. **R. Paul. Odontol.**, São Paulo, Duneden, v.13, n.4, p.8-16, 1991.

PHILLIPS, R. W. Materiais Dentários de Skinner. 8 ed. Rio de Janeiro: Ed. Interamericana, 1984. P. 45-55.

PHILLIPS, R. W. Materiais Dentários de Skinner. 9 ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 1993. P. 41-53.

PRATTEN, D. H.; NOVETSKY, M. Detail reproduction of soft tissue: a comparison of impression materials. **J Prosthet Dent**; v. 65, n. 2; p. 188-91, 1991.

RABELLO, M. **Aditivação de Polímeros.** São Paulo, Artliber editora, 2000.

REISBICK, M. H. Effect of viscosity on the accuracy and stability of elastic impression materials. **J Dent Res**; v. 52, n. 3; p. 407-17, 1973.

ROSA, Crystal Badra Fernandes; CORAT, Evaldo José; ANTUNES, Erica Freire; LOBO, Anderson de Oliveira. **Relatório Final de Projeto de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq/INPE)**: Tratamento térmico e modificação superficial de nanotubos de carbono. São Paulo. 2012. 33 p.

ROTHON, R. Particulate Filled Polymer Composites. **Scentific and Technical**, Londres: Longman, 1995.

SANTOS, Eyllisson André. **Compósitos de matriz de poliésteres com adição de cargas minerais e resíduos industriais**. 2007. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

SCOZ, Márcia Regina. **Cuidados Essenciais com os Gessos Odontológicos**. 1999. 63 f. Dissertação (Especialização em Prótese Dentária) - Departamento de Estomatologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

SHEN, C. Materiais de moldagem In: Phillips AK. **Materiais Dentários**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2005. p. 193-238.

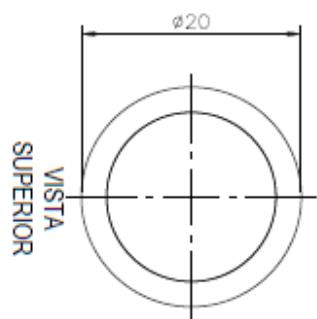
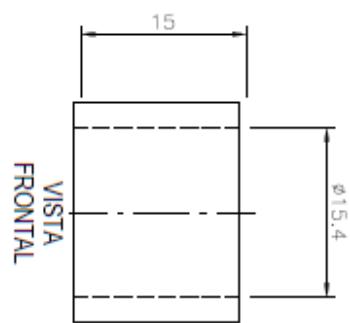
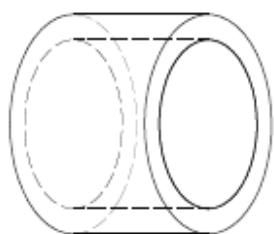
SHILINBURG Jr, H. T.; HOBO, S.; WHITSETT, L. D. Fundamentos de Prótese Fixa. Santos, 1998.

TODESCAN, Reynaldo; DA SILVA, Eglas Bernardes; DA SILVA, Odilon José. Moldagem em Prótese Parcial Removível. Fracassos em Prótese Parcial Removível. In: TODESCAN, Reynaldo; DA SILVA, Eglas Bernardes; DA SILVA, Odilon José. **Atlas de Prótese Parcial Removível**. São Paulo: Ed. Santos, 1996. 345 p. Cap. 12, p. 231-256, Cap. 2, p.16-17.

**Anexos**

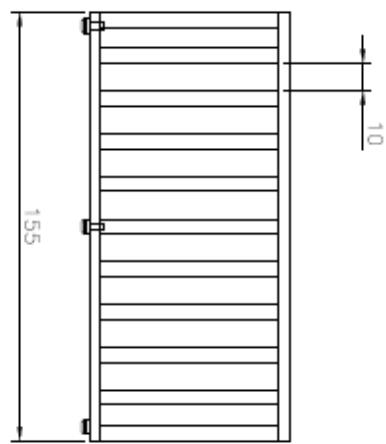
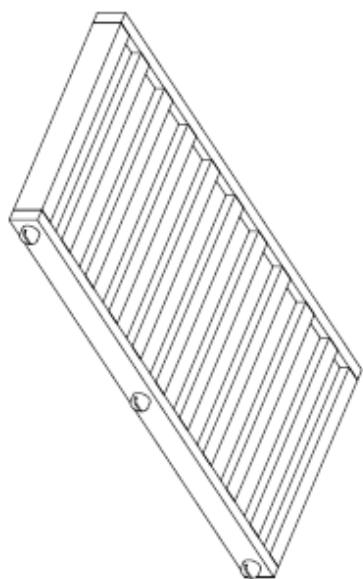
## ANEXO A

ESC.: 2:1 (PROJEÇÃO ORTOGONAL)

VISTA  
SUPERIORVISTA  
FRONTALISOMÉTRICO  
ESC.: 2:1

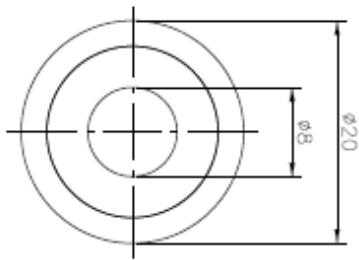
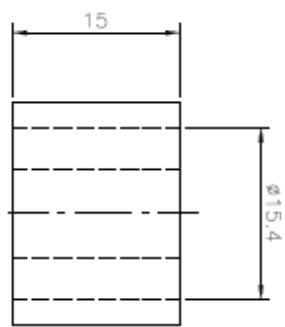
## ANEXO B

ESC.: 1:2 (PROJEÇÃO ORTOGONAL)

VISTA  
SUPERIORVISTA  
FRONTALVISTA  
LATERALISOMÉTRICO  
ESC.: 1:1

## ANEXO C

ESC.: 2:1 (PROJEÇÃO ORTOGONAL)

VISTA  
SUPERIORVISTA  
FRONTALISOMÉTRICO  
ESC.: 2:1