

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO MATERIAIS DENTÁRIOS – MESTRADO

**LEONARDO DE CESERO**

**INFLUÊNCIA DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO NA RUGOSIDADE,  
TRAÇÃO DIAMETRAL E COMPRESSÃO DE GESSOS  
ODONTOLÓGICOS**

Porto Alegre

2012

LEONARDO DE CESERO

**INFLUÊNCIA DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO NA RUGOSIDADE,  
TRAÇÃO DIAMETRAL E COMPRESSÃO DE GESSOS  
ODONTOLÓGICOS**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para obtenção título de Mestre em Odontologia, do Curso de Pós-Graduação em Odontologia, Faculdade de Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, área de concentração: Materiais Dentários.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Gonçalves Mota

Porto Alegre

2012

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C421i      Cesero, Leonardo de  
              Influência do tempo de armazenamento na rugosidade,  
              tração diametral e compressão de gessos odontológicos /  
              Leonardo de Cesero. – Porto Alegre, 2012.  
              61 f.

              Diss. (Mestrado em Odontologia) – Fac. de Odontologia -  
              PUCRS.  
              Orientador: Prof. Dr. Eduardo Gonçalves Mota.

              1. Gesso Dentário. 2. Propriedades Físicas. 3. Materiais  
              Dentários. 4. Modelos Dentários (Odontologia). I. Mota,  
              Eduardo Gonçalves. II. Título.

CDD 617.695

**Ficha Catalográfica elaborada por  
Vanessa Pinent  
CRB 10/1297**

Dedico este trabalho aos meus pais Maria Helena Cappelletti De Cesero e Ézio Luis De Cesero que sempre foram exemplos de conduta e perseverança, ao meu avô Dionísio e avó Ivone Cappelletti que deixaram muitos ensinamentos e saudades.

A minha namorada Thayse Brandalise da Silva pela sua compreensão nos momentos de ausência, companheirismo nos momentos difíceis e amor sempre. Ao GADU pela luz constante na minha evolução.

Ao meu amigo e orientador Eduardo Gonçalves Mota, com quem tive o privilégio de conviver e aprender muito nesta etapa. Exemplo de colega, professor e pessoa.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Faculdade de Odontologia da PUCRS, em nome do coordenador da Pós-Graduação José Antônio Poli de Figueiredo, por me oportunizar o ingresso, o convívio e o conhecimento durante essa etapa.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos junto a PUCRS.

Aos professores da Pós-Graduação de Materiais Dentários da PUCRS, Hugo Mitsuo Silva Oshima, Luciana Hirakata e Eduardo Gonçalves Mota pelos ensinamentos.

Aos amigos e colegas de mestrado Édio Giacomelli, Juliana Doncatto Bettinelli, Fernando Scalco, Lígia Maria Nogarett Pibernat, Lisiane Fracasso e Tanara Paludo.

Ao professor Eduardo Gonçalves Mota pelo incentivo no começo do mestrado e por me aceitar como seu orientado.

Ao amigo de décadas, irmão, colega de profissão e sócio no consultório Ronaldo César Corso, pela tolerância nas ausências, companheirismo e longa e leal amizade.

A professora Ana Maria Spohr, coordenadora do laboratório de Materiais Dentários da PUCRS, pela liberação do mesmo para realização dos testes.

A todas as pessoas que ajudaram tornar esse trabalho uma realidade, o meu sincero agradecimento.

## RESUMO

O tempo de espera para a remoção dos modelos de gesso dos moldes em relação a sua resistência mecânica é controverso. O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do tempo de armazenamento na rugosidade, tração diametral e compressão de gessos tipo IV. Foram confeccionadas 270 amostras, sendo 90 para cada marca comercial (Durone, Fuji Rock e Tuff Rock). Os testes de rugosidade, tração diametral e compressão para os tempos de armazenagem de 1 hora, 24 horas e 7 dias foram realizados. Para os testes de rugosidade superficial e tração diametral amostras de 6 mm de diâmetro por 3 mm de altura foram confeccionadas. Para o teste de compressão amostras de 3 mm de diâmetro por 6 mm de altura foram utilizadas. Foi utilizado um rugosímetro, para a medição da rugosidade média de superfície (Ra). Os corpos de prova foram montados na máquina de ensaio universal e posteriormente realizados os testes de tração diametral e compressão nos respectivos tempos. Os resultados foram submetidos ao modelo linear geral e teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). Os valores de rugosidade registrados para os diferentes tipos de gesso variaram de 0,30  $\mu\text{m}$  (Durone 1 hora) à 0,64  $\mu\text{m}$  (Tuff Rock 7 dias). Os valores de tração diametral registrados para os diferentes tipos de gesso variaram de 3,94 MPa (Tuff Rock 1 hora) à 9,20 MPa (Durone 7 dias). Os valores de compressão registrados para os diferentes tipos de gesso variaram de 26,67 MPa (Durone 1 hora) à 65,14 MPa (Fuji Rock 7 dias). Concluímos que houve um aumento estatisticamente significativo para o fator tempo em relação a rugosidade ( $p=0,005$ ), tração diametral ( $p=0,001$ ) e compressão ( $p=0,001$ ). O fator marca comercial influenciou significativamente na rugosidade ( $p=0,001$ ), tração diametral ( $p=0,004$ ) e compressão ( $p=0,001$ ). O gesso Tuff Rock apresentou maior rugosidade, os gessos Durone e Fuji Rock apresentaram o maior valor à tração diametral e o gesso Fuji Rock o maior valor a compressão.

**Palavras-chave:** Gesso Dentário. Propriedades Físicas. Materiais Dentários. Modelos Dentários.

## ABSTRACT

The post pouring time to remove dental stone from impression is controversial regardless to strength and roughness. The aim of this study was evaluate the influence of post pouring time in the surface roughness, compressive and diametral tensile strength (DTS) of type IV dental stone. Two hundred and seventy dental stone samples were made from three commercial brands (Durone, Fuji Rock and Tuff Rock). Surface roughness, compressive and diametral tensile strength tests were performed 1 hour, 24 hours and 7 days after pouring. Samples of 6 mm in diameter and 3 mm in height were produced for roughness and DTS tests. Samples of 3 mm in diameter and 6 mm in height were used for compressive strength. Results were submitted to the general linear model and Tukey test ( $\alpha=0.05$ ). The surface roughness (Ra) registered to different types of dental stone vary from 0.30  $\mu\text{m}$  (Durone 1 hour) to 0.64  $\mu\text{m}$  (Tuff Rock 7 days). The diametral tensile strength (MPa) ranged from 3.94 (Tuff Rock 1 hour) to 9.20 (Durone 7 days). For compressive strength (MPa), data vary from 26.67 MPa (Durone 1 hour) to 65.14 MPa (Fuji Rock 7 days). There was a significant increase of surface roughness ( $p=0.005$ ), diametral tensile strength ( $p=0.001$ ) and compressive strength ( $p=0.001$ ) as time passes after pouring. Commercial brand factor influenced roughness ( $p=0.001$ ), diametral tensile strength ( $p=0.004$ ) and compressive strength ( $p=0.001$ ). Tuff Rock showed the highest surface roughness. The highest DTS was recorded for Durone and Fuji Rock. Fuji Rock showed the highest compressive strength.

**Key-words:** Calcium Sulfate. Physical Properties. Dental Materials. Dental Models.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Materiais utilizados na pesquisa .....	22
Tabela 2 – Médias da variável tempo de armazenagem em relação aos testes mecânicos .....	27
Tabela 3 - Médias da variável marca comercial em relação aos testes mecânicos..	27
Tabela 4 - Valores médios de rugosidade, desvio padrão e categoria estatística dos gessos em relação ao tempo de armazenagem .....	28
Tabela 5 - Valores médios de tração diametral, desvio padrão e categoria estatística dos gessos em relação ao tempo de armazenagem .....	29
Tabela 6 - Valores médios de compressão, desvio padrão e categoria estatística dos gessos em relação ao tempo de armazenagem .....	31

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Matriz perfurada de silicone para o teste de compressão .....	23
Figura 2: Dimensões da amostra para o teste de compressão .....	23
Figura 3: Matriz perfurada de silicone para os testes de rugosidade e tração diametral.....	24
Figura 4: Dimensões da amostra para os testes de rugosidade e tração diametral .	24
Figura 5: Distribuição das médias e desvio padrão dos grupos testados para rugosidade .....	28
Figura 6: Distribuição das médias e desvio padrão dos grupos testados para tração diametral.....	30
Figura 7: Distribuição das médias e desvio padrão dos grupos testados para compressão .....	31

## LISTA DE ABREVIATURAS e SIGLAS

**ANOVA** análise de variância

**cm** centímetro

**D** diâmetro

**g** grama

**GLM** Modelo Linear Geral

**Hz** hertz (ciclos por segundo)

**Kg/f** kilograma força

**ml** mililitros

**mm** milímetro

**mm/min** milímetro por minuto

**MPa** Megapascal

**N** Newton

**n** número de amostras

**P** carga máxima

**p** nível de significância

**PUCRS** Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

**R** raio

**Ra** rugosidade média de superfície

**t** espessura

**X** aumento

**µm** micrometro

## LISTA DE SÍMBOLOS

% por cento

< menor que

= igual

> maior que

± mais ou menos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
<b>4 MATERIAIS E MÉTODO.....</b>	<b>22</b>
4.1 Confeção das Amostras.....	22
4.2 Rugosidade.....	25
4.3 Tração Diametral.....	25
4.4 Compressão.....	26
4.5 Análise dos Resultados.....	26
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>27</b>
5.1 Rugosidade.....	27
5.2 Tração Diametral.....	29
5.3 Compressão.....	30
<b>6 DISCUSSÃO.....</b>	<b>32</b>
<b>7 CONCLUSÕES.....</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXO A - Carta de Aprovação do Comitê de Ética da Faculdade de Odontologia da PUCRS.....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXO B - Artigo Submetido.....</b>	<b>39</b>
<b>ANEXO C - Confirmação da Submissão do Artigo.....</b>	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os gessos dentários se caracterizam pela versatilidade na utilização em várias áreas da odontologia, principalmente na prótese dentária e na ortodontia. Eles também possuem uma relevância importante no diagnóstico, pois reproduzem a partir da moldagem, modelos de estudos que levam as situações clínicas extra-oralmente, facilitando tanto o diagnóstico, plano de tratamento e execução de alguns trabalhos odontológicos (HARRIS; HOYER; LINDQUIST; STANDFORD, 2004).

Na obtenção de modelos, o gesso odontológico é o material mais utilizado, principalmente por ser bastante estudado (SCHWEDHELM; LEPE, 1997; ABDELAZIZ; COMBE; HODGES, 2002; CASEMIRO; HAMIDA; PANZERI; PIRES-DE-SOUZA, 2006; LUCAS; RIBEIRO; BUTIGNON, 2009; SUNITA; SRIDEVI; KALAVATHY, 2010; PAES-JUNIOR *et al.*, 2010; MICHALAKIS *et al.*, 2012). É um material que apresenta grande evolução, mas ainda conserva propriedades negativas como: baixas resistências ao impacto, à abrasão (LINDQUIST *et al.*, 2002) e instabilidade dimensional (DIAS, 2007).

Sistemas alternativos foram propostos para obtenção de modelos mais precisos e duráveis, dentre eles a metalização de troqueis, o gesso sintético e a resina epóxica (PEREIRA, 2010). A principal razão para seu uso diversificado é que os materiais a base de gesso são de natureza única e suas propriedades podem facilmente ser modificadas por meios físicos e químicos (CRAIG; POWERS; WATAHA, 2002).

Na obtenção da excelência nos procedimentos odontológicos o estudo dos diferentes tipos e marcas comerciais de gessos e suas propriedades físico-mecânicas assumem um papel importante, visto que eles participam ativamente na precisão de muitos processos, juntamente com os materiais de moldagem.

As propriedades importantes dos produtos de gesso incluem qualidade, fluidez no momento de vazar, o tempo de presa, a expansão linear de presa (MICHALAKIS *et al.*, 2012), resistência a compressão, resistência a tração, dureza,

resistência a abrasão, e a reprodução de detalhes (CRAIG; POWERS; WATAHA, 2002).

Existem vários tipos e marcas de gessos odontológicos com diferentes indicações de utilização. O critério para a seleção de qualquer produto de gipsita em particular depende de seu uso e das propriedades físicas necessárias para sua utilização. Não existe um produto de gipsita que se enquadre em todas as situações requeridas (ANUSAVICE, 2005). Nesse sentido, é possível se produzir o  $\alpha$  e o  $\beta$ -hemidrato a partir de subprodutos da fabricação do ácido fosfórico, que resultam nos chamados gessos sintéticos. O produto sintético é geralmente muito mais dispendioso do que a produção a partir da gipsita natural, mas quando o produto é produzido de forma adequada, suas propriedades são iguais ou excedem aquelas dos gessos naturais (CRAIG, 2006; ANUSAVICE, 2005).

Novos materiais para modelos a base de resina epóxica e materiais de modelos modificados por resina estão sendo lançados. No mercado, o advento desses novos materiais traz dúvidas a respeito de suas propriedades, entretanto espera-se que possuam as mesmas propriedades que o gesso mineral (MOTA; OSHIMA; PIRES, 2006).

Um dos pontos importantes na utilização dos gessos dentários é o tempo decorrido a partir de sua espatulação, pois as propriedades mecânicas se alteram conforme aumenta o tempo de espera para sua utilização nos procedimentos odontológicos e laboratoriais. Os valores de resistência aumentam quando as amostras de gessos tornam-se secas, podendo ser duplicadas em uma semana (ANUSAVICE, 2005). Existe uma diferença marcante na resistência úmida e seca dos produtos a base de gesso. Em geral, a resistência seca é em torno de duas vezes maior que a resistência úmida (VAN NOORT, 2004).

Não está definido na literatura o tempo de armazenagem para a remoção do gesso dos moldes a partir de sua espatulação, para posterior confecção dos trabalhos odontológicos, em relação as suas propriedades mecânicas. Uma vez que a variável tempo de espera é um fator importante nesse processo.

Portanto, a justificativa do trabalho está sedimentada no fato que atualmente não existe um estudo comparando as diversas propriedades mecânicas dos gessos odontológicos em relação ao tempo de armazenamento, a partir de sua espatulação, nem a comparação entre marcas comerciais de gessos, alguns inseridos a poucos anos no mercado odontológico. As hipóteses testes do estudo são a possível influência positiva do tempo de armazenagem no aumento das propriedades mecânicas assim como uma possível diferença no comportamento mecânico das diferentes marcas comerciais de gessos.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o comportamento mecânico de diferentes tipos de gessos odontológicos.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Comparar diferentes marcas comerciais de gessos tipo IV de origem mineral e sintética;
- b) Avaliar e comparar a rugosidade, tração diametral e compressão de gessos odontológicos;
- c) Avaliar a influência do tempo de armazenagem nas propriedades mecânicas.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

Schwedhelm e Lepe (1997) avaliaram a resistência a fratura de quatro gessos em diferentes intervalos de tempo. Trabalharam com dois tipos de gesso tipo IV (Silky-Rock e Resin-Rock) e dois tipos de gesso tipo V (Prima-Rock e Hard-Rock). No total 80 modelos de gesso foram preparados, separados e testados em 30 minutos, 1, 12 e 24 horas para medir a resistência a fratura. Os gessos foram espatulados manualmente por 15 segundos e depois misturados a vácuo por mais 30 segundos. Diferenças significativas de resistência a fratura nos diferentes tipos de gesso foram observadas em todos os intervalos de tempo exceto em 24 horas. Concluíram que é recomendado esperar pelo menos 12 a 24 horas para separar os modelos das moldagens para evitar fraturas nos modelos.

Duke, Moore, Haug e Andres (2000) compararam as propriedades de três novos materiais e dois gessos convencionais tipo IV. Dimensão linear, reprodução de detalhes, rugosidade superficial, resistência a abrasão e tração diametral de dois gessos modificados por resina (ResinRock, Milestone), uma resina epóxica (Epoxy-Die) e dois tipos de gesso tipo IV (Silky-Rock, Die-Stone) foram estudados. Os gessos modificados por resina não foram significativamente superiores aos gessos tipo IV. No geral a resina epóxica exibiu as melhores propriedades entre os materiais estudados.

Soares e Ueti (2001) estudaram a textura superficial e resistência a compressão de troquéis de gesso submetidos desinfecção química por imersão durante 30 minutos em solução de hipoclorito de sódio a 1% e glutaraldeído alcalino 2,2% e pela adição de glutaraldeído alcalino a 2,2 % e hipoclorito de sódio a 5% na manipulação dos gessos tipo IV (Vel-mix) e tipo V (Exadur V). As amostras foram submetidas à experimentação 1 hora depois do início da espatulação e as análises foram feitas 24 horas após os ensaios experimentais. Concluíram que a desinfecção química não provocou alteração dimensional significativa nos troquéis de gesso, determinou alterações na textura superficial dos troquéis conforme o método de desinfecção utilizado e tanto a imersão por 30 minutos como adição de solução

desinfetante a mistura de gesso determinaram redução na resistência a compressão dos troquéis.

Abdelaziz, Combe e Hodges (2002) avaliaram os efeitos da incorporação de desinfetantes no líquido de gessos odontológicos em relação às propriedades mecânicas. Dois tipos de gesso tipo III e V foram misturados com soluções de hipoclorito de sódio, glutaraldeído, povidine iodado e água como controle. Foram realizados os testes de compressão e tração diametral depois de 1 hora e 7 dias do início da mistura. Os desinfetantes reduziram o valor das propriedades mecânicas dos dois tipos de gesso. Concluíram que os desinfetantes químicos reduziram as propriedades mecânicas dos gessos odontológicos quando usado como substitutos da água.

Hersek, Canay, Akça e Çiftçi (2002) avaliaram a resistência a tração diametral de cinco tipos de gessos odontológicos produzidos em diferentes intervalos de tempo usando forno de microondas durante 10 minutos para secagem e secagem no ambiente. Os gessos usados foram o Moldano, Amberok, Herastone, Shera-Sockel e Fuji Rock. Dez corpos de prova de cada gesso foram testados passados 30, 60 e 120 minutos após a secagem. Em todos os intervalos de tempo os valores da tração diametral dos gessos dentários secados em forno de microondas foram de em média 2,99 MPa e os valores dos corpos de prova secados no ambiente foi de em média 2,53 MPa, uma diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,01$ ). Concluíram que a secagem em forno de microondas causou um efeito positivo na tração diametral nos cinco tipos de gessos odontológicos.

Lindquist, Standford, Mostafavi e Xie (2002) estudaram os valores de resistência a abrasão de três tipos de gessos. Os gessos avaliados foram: gesso tipo III (Microstone), gesso convencional tipo IV (Silky Rock) e um gesso impregnado por resina tipo IV (Resin Rock). As amostras foram testadas 24 horas ( $n=15$ ) e 7 dias ( $n=15$ ) após o início da mistura. O gesso tipo III em 24 horas apresentou perda significativamente maior em relação ao gesso tipo IV em 24 horas e 7 dias. O gesso tipo III exibiu maior perda de massa em 24 horas do que em 7 dias. Não houve diferença significativa na resistência a abrasão no gesso tipo IV em 24 horas e 7 dias. Concluíram que não houve diferença significativa na resistência a abrasão

entre as amostras de gesso com resina impregnada e gesso convencional tipo IV, embora o primeiro exibiu a menor perda de material.

Twomey, Abdelaziz, Combe e Anderson (2003) realizam um estudo na tentativa de desenvolver um gesso com propriedades de desinfecção, resistência a compressão e a tração diametral adequados. O hipoclorito de cálcio, em solução aquosa, em concentrações de 0 a 1,5% foi testada como um aditivo de desinfecção de um gesso tipo V. Os valores de resistência a compressão e tração diametral dos gessos foram medidos (MPa), utilizando uma máquina de ensaios universal. Em geral, o efeito da adição do desinfetante para o gesso foi uma diminuição dos resultados de resistência a compressão e tração diametral. As exceções foram a resistência a compressão a seco, para o qual havia um aumento significativo a 0,5%, e a resistência a compressão e tração diametral úmida, que não mostrou nenhuma diferença significativa entre os 1,5% e os de controle. Em concentrações de 0,3% e superior o hipoclorito de cálcio foi capaz de desinfetar os modelos de gesso. É possível preparar um tipo de pedra V dental que contém um desinfetante, com propriedades mecânicas adequadas reduzindo o número de microorganismos residuais. O gesso misturado com água contendo 0,5% de hipoclorito de cálcio preenche estes critérios.

Harris, Hoyer, Lindquist e Stanford (2004) avaliaram a micro dureza superficial (Knoop) de quatro tipos de gessos. Utilizaram um gesso tipo III (Microstone) e três gessos resinosos (Die-Keen, Silky-Rock e Resin Rock). A mensuração da dureza Knoop foi realizada 3, 12 e 24 horas após a espatulação. A micro dureza não variou entre 3 e 24 horas em todos os materiais. O gesso Microstone teve uma dureza superficial significativamente menor do que os gessos resinosos. Concluíram que os três tipos de gesso resinosos não tiveram resultados significativamente diferentes na micro dureza superficial.

Mota, Oshima e Pires (2006) avaliaram a resistência a tração diametral entre gessos tipo IV mineral e sintético. Os materiais utilizados foram o Vel Mix (Kerr), Tuff Rock (Talladium) e Fuji Rock (GC Europe). Todos os materiais foram manipulados manualmente de acordo com as especificações dos fabricantes. Após a manipulação dos materiais para modelo, estes foram vazados na matriz sob

vibração e os corpos de prova armazenados durante 24 horas. A seguir os testes de tração diametral foram realizados com velocidade de carregamento de 0,5 mm/min., no sentido de compressão até ocorrer a ruptura. Os resultados obtidos foram: Fuji Rock (8,48 MPa), Tuff Rock (7,91 MPa) e Vel Mix (5,09 MPa). A menor resistência a tração diametral foi verificada no grupo Vel Mix; já os grupos Tuff Rock e Fuji Rock apresentaram as maiores médias, no entanto não diferiram estatisticamente.

Casemiro, Hamida, Panzeri e Pires-de-Souza (2006) analisaram as resistências a tração diametral e compressão de gessos utilizados em Odontologia (natural, sintético e reforçados com resina). Os ensaios mecânicos foram realizados nos tempos de 1 hora e 24 horas após a manipulação, sendo os resultados submetidos à análise estatística (Anova two-way, Tuckey,  $p < 0,05$ ). As partículas foram analisadas em microscópio eletrônico de varredura, procurando-se estabelecer correlações com as propriedades avaliadas. Os gessos utilizados foram o Fuji Rock, Tuff Rock e Rock Plus V. Concluíram que em relação à resistência a tração e a compressão os materiais podem ser classificados na seguinte ordem decrescente: GC Fuji Rock, Tuff Rock e Rock Plus V. O gesso natural possui partículas maiores que o sintético e o resinado.

Ablullah (2006) avaliou a resistência a compressão em modelos de gesso tipo III e tipo IV melhorado (Excalibur) desinfetados com solução contendo hipoclorito de sódio a 0,5% em comparação com um grupo controle que utilizaram água destilada. Os corpos de prova foram testados 24 horas após a espatulação com secagem em temperatura ambiente. Concluíram que a imersão tanto do gesso tipo III e IV em solução de hipoclorito de sódio causam pequena ou nenhum efeito sobre a força de compressão dos gessos.

Dias *et al.* (2007) avaliaram rugosidade superficial dos gessos odontológicos tipo IV (Tuff Rock) e tipo V (Exadur) e de uma resina epóxica pura e uma carregada com zirconita após 24 horas da sua espatulação. Foram divididos em quatro grupos com 10 corpos de provas, comparando os gessos a uma resina epóxica pura e uma carregada com silicato de zircônia. Concluíram que quando comparadas aos gessos tipo IV e V a resina epóxica possibilita a obtenção de modelos com superior lisura superficial e a adição de silicato de zircônia não compromete a lisura superficial.

Azer, Kerby e Knoblock (2008) avaliaram o efeito dos diferentes tipos de gessos com diferentes métodos de mistura em relação às propriedades físicas de quatro tipos de gesso. Dois gessos tipo IV (Silky-Rock e Snap-Stone), um tipo V de alta expansão (Die Keen) e um recente gesso introduzido no mercado tipo V especial (HandiMix). Foram submetidos aos testes de compressão, tração diametral e rugosidade superficial. Os gessos foram espatulados manualmente e a vácuo. Os corpos de prova foram analisados em 1 hora e 24 horas depois da espatulação do gesso em grupos de 10 elementos. Concluíram que os métodos de mistura não influenciaram significativamente as propriedades físicas dos gessos estudados.

Rodriguez, Curtis e Bartlett (2009) analisaram a rugosidade superficial de gessos odontológicos através de um perfilômetro a laser sem contato. Três gessos tipo IV (Fuji Rock, Moonstone, Super Rock) foram utilizados para mensurar os valores de rugosidade superficial expressos em Ra. Os resultados apresentaram significativa diferença entre os valores de rugosidade entre os gessos estudados, variando de Ra = 0,87  $\mu\text{m}$  e 0,99  $\mu\text{m}$ . A digitalização de materiais dentários com o perfilômetro foi afetado pela cor e transparência.

Lucas, Ribeiro e Butignon (2009) analisaram as possíveis alterações promovidas pela incorporação de agentes desinfetantes na resistência a compressão e resistência a tração diametral de modelos de gesso. As amostras foram confeccionadas em gesso pedra tipo III (Herodent/Vigodent) divididas em quatro grupos adicionando diferentes quantidades de hipoclorito de cálcio no gesso. Baseado nos resultados obtidos pode se observar uma influência negativa da incorporação do hipoclorito nos valores de resistência a tração diametral e resistência a compressão no gesso estudado. Concluíram que a incorporação do hipoclorito de cálcio acarreta uma diminuição da resistência dos modelos de gessos e não pode ser utilizado como solução de escolha na confecção de modelos biologicamente estáveis livres de infecção.

Sunitha, Sridevi e Kalavathy (2010) avaliaram as propriedades de gessos tipo III e IV misturados com soluções desinfetantes. As soluções usadas foram uma solução de hipoclorito de sódio de 0,525% e uma solução de glutaraldeído de 2%. Os gessos foram testados depois de 1 hora e 7 dias do início da mistura, nos testes

de compressão e tração diametral. Concluíram que as soluções desinfetantes reduziram os valores de compressão e tração diametral dos gessos estudados.

Pereira *et al.* (2010) avaliaram o comportamento mecânico de uma resina de poliuretano Quartz-die (Zermack) comparando-a com o gesso tipo IV (Durone), espatulado manualmente. Oito corpos de prova com 12 mm de altura em 6 mm de diâmetro de cada material foram submetidos ao ensaio de compressão na máquina de ensaio universal EMIC DL 200 com célula de carga de 2000 Kgf e velocidade de 0,5 mm/min. Dentro dos parâmetros adotados neste estudo, concluíram que a resina de poliuretano apresentou menor resistência a compressão que o gesso tipo IV.

Paes-Junior *et al.* (2010) avaliaram a influência da posição do modelo durante fase de presa do gesso tipo IV (Durone) sobre a propriedade de rugosidade entre dois grupos de 6 corpos de prova na forma de pastilhas, onde um cristalizou-se com o dispositivo voltado para cima (N) e outro voltado para baixo (E). Após a remoção, os corpos de prova ficaram armazenados 48 horas sob temperatura ambiente para posterior análise da rugosidade. Foram realizadas três medições para cada corpo de prova com um rugosímetro de precisão de 0,01  $\mu\text{m}$ . Os resultados da rugosidade (N – 0,67, desvio padrão = 0,17; E – 0,74, desvio padrão = 0,13) submetidos ao teste t-Student (5%) revelou que não houve diferenças estatisticamente significantes. Concluíram que a posição do molde/modelo não influenciou estatisticamente significativamente na rugosidade durante presa dos gessos.

Michalakis *et al.*, (2012) avaliaram as alterações dimensionais de cinco diferentes gessos de alta resistência depois de expô-los a duas condições diferentes de armazenamento durante um período de 3 semanas. Três gessos Tipo IV (Fuji Rock, Vel-Mix, Suprastone) e dois gessos Tipo V (Hard Rock, Jade Stone) foram testados. Uma matriz de aço circular cônica com um diâmetro de 66 mm e uma altura de 10 mm foi utilizada. Os gessos foram misturados com água e espatulados a vácuo. As amostras (n = 20) foram separadas da matriz uma hora após o vazamento. Metade dessas amostras (controle) foram armazenadas em uma incubadora a  $22 \pm 1$  °C com umidade relativa de  $50 \pm 5\%$ , enquanto que o resto das amostras foram colocadas em uma incubadora a  $40 \pm 1$  °C e umidade relativa de < 20%. As alterações dimensionais foram registradas em intervalos de tempo com um

microscópio durante um período de 3 semanas. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA), revelando diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,001$ ) entre os diferentes tipos de gessos IV e V, tempos e condições de armazenamento. Todos os fatores analisados (tipo de gesso, tempo de armazenamento e condição) afetaram significativamente os resultados de alteração dimensional.

## 4 MATERIAIS E MÉTODO

Os materiais utilizados no experimento estão descritos na Tabela 1 com sua respectiva classificação, proporção e seu fabricante.

Tabela 1 - Materiais utilizados na pesquisa

Marca comercial	Classificação	Lote	Proporção	Tempo de espatulação	Fabricante
Durone	Tipo IV Mineral	2188178	100g/ 19 ml	40 segundos	Dentsply, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
Tuff Rock	Tipo IV Sintético	0325111	100g/ 21 ml	40 segundos	Talladium, Valencia, Califórnia, EUA
Fuji Rock	Tipo IV Sintético	B-3001	100g/ 20 ml	30 segundos	Gc Europe, Leuven, Bélgica

Fonte: Autor da pesquisa, 2012.

### 4.1 Confeção das Amostras

Foram confeccionadas 270 amostras, sendo 90 amostras para o gesso Durone, 90 amostras para o gesso Fuji Rock e 90 amostras para o gesso Tuff Rock. Para cada gesso foram realizados os testes de rugosidade, tração diametral e compressão para os tempos de armazenagem de 1 hora, 24 horas e 7 dias a partir da espatulação dos mesmos.

Para isso foram utilizadas duas matrizes especiais de silicone perfuradas, mostradas nas Figuras 1 e 3. As amostras que foram submetidas ao teste de rugosidade e tração diametral, os corpos de prova possuem medidas de 6 mm de largura por 3 mm de altura, como mostrado na Figura 4. Para as amostras que foram submetidas ao teste de compressão, os corpos de prova possuem medidas de 3 mm de largura e 6 mm de altura, como mostrado na Figura 2.

Figura1: Matriz perfurada de silicone para o teste de compressão

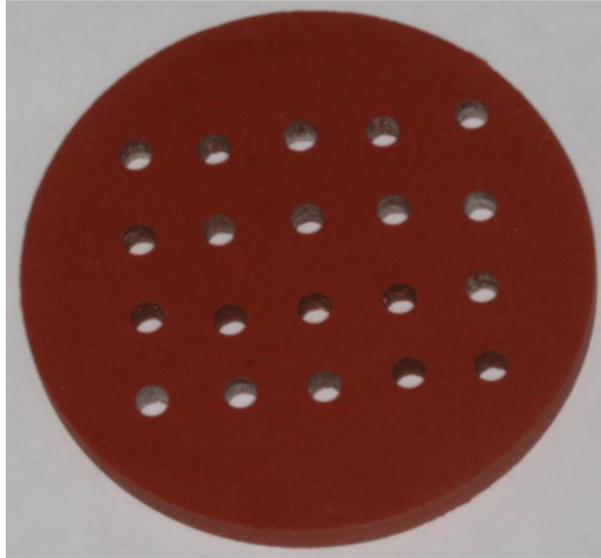


Figura 2: Dimensões da amostra para o teste de compressão

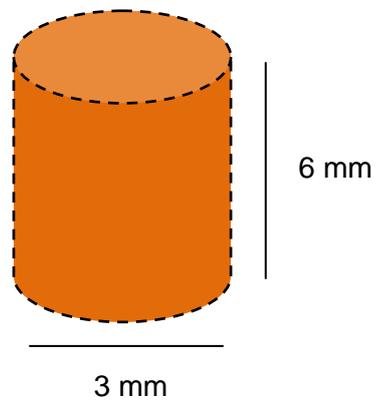


Figura 3: Matriz perfurada de silicone para os testes de rugosidade e tração diametral

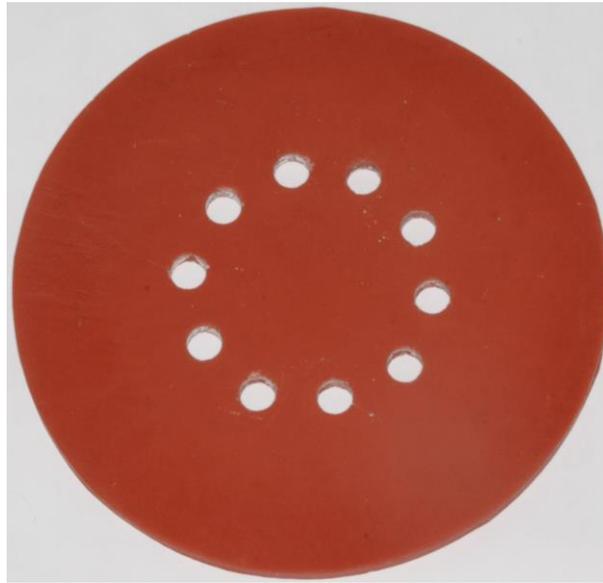
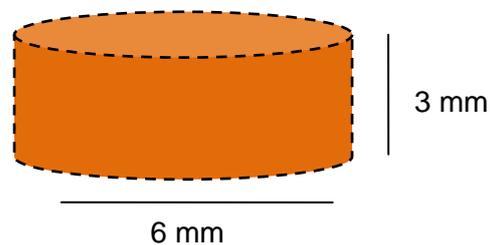


Figura 4: Dimensões da amostra para os testes de rugosidade e tração diametral



O proporcionamento dos gessos foi realizado com auxílio de uma balança de precisão GAMA Professional digital EC-301 SL (Bolonha, Itália) conforme recomendação dos fabricantes. Foi utilizada água destilada e a dosagem realizada através de uma pipeta de vidro Satelit de 10 ml (Jundiaí, São Paulo, Brasil). Os gessos foram espatulados à vácuo na máquina Polidental de 60 Hz (Cotia, São Paulo, Brasil), conforme o tempo recomendado pelos fabricantes (Tabela 1). A massa do gesso foi vazada com auxílio de um vibrador VH (Araraquara, São Paulo, Brasil) em pequenas quantidades através de um pincel número 2. Uma laje de vidro colocada na parte inferior e outra na parte superior das matrizes auxiliaram na planificação das amostras.

Após 1 hora, a partir da espatulação dos gessos, foram separadas as amostras das matrizes de silicone. Em seguida, as amostras foram analisadas com auxílio de uma lupa estereoscópica (10x) quanto a sua qualidade, descartando aquelas que apresentaram algum defeito, como bolhas, imperfeições ou fraturas. As amostras selecionadas foram armazenadas aleatoriamente conforme os tempos previstos no estudo em condições de temperatura e umidade do ambiente para posterior execução dos testes.

#### 4.2 Rugosidade

Foi utilizado um Rugosímetro SJ 201 Mitutoyo (Kawasaki, Kanagawa, Japão), para a medição da rugosidade média de superfície (Ra). Foi realizada uma leitura por corpo de prova no centro de cada peça. Para determinar o centro das peças, utilizou-se um paquímetro digital Mitutoyo (Kawasaki, Kanagawa, Japão). Com formato de agulha, a ponta palpadora percorreu a superfície dos corpos de prova com um deslocamento limitado de 2,5 mm. Os resultados foram registrados digitalmente em micrometros ( $\mu\text{m}$ ). O rugosímetro foi acoplado a uma base metálica, a fim de eliminar vibrações indesejadas, garantindo, desse modo, a fidelidade das leituras.

#### 4.3 Tração Diametral

Após os respectivos tempos de armazenamento, os corpos de prova foram montados na máquina de ensaio universal Emic DL 2000 (São José dos Pinhais, SP, Brasil) com célula de carga de 500N com velocidade de carregamento de 0,5mm/min. para a realização do teste. Os resultados foram obtidos em Newton (N) e convertidos para megapascal (MPa) de acordo com a fórmula descrita (ANUSAVICE, 2005):

$$\text{Tração Diametral} = \frac{2 P}{\pi \times D \times t}$$

Onde, P é a carga máxima (N), D o diâmetro (mm) e t a espessura (mm).

#### 4.4 Compressão

O teste a compressão foi realizado de acordo com as especificações da ADA nº 25, para gessos odontológicos. Após os respectivos tempos de armazenamento os corpos de prova foram montados na máquina de ensaio universal Emic DL 2000 (São José dos Pinhais, SP, Brasil) com célula de carga de 2000N com velocidade de carregamento de 1 mm/min para a realização do teste. Os resultados foram obtidos em Newton (N) e convertidos para megapascal (MPa) de acordo com a fórmula descrita (ANUSAVICE, 2005):

$$\text{Compressão} = \frac{P}{\pi \times R^2}$$

Onde, P é a carga máxima (N) e R o raio da secção transversal da amostra.

#### 4.5 Análise dos Resultados

Os dados deste estudo foram tabulados e analisados através do *software* SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences Version 8.0 for Windows*, SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Os valores médios, o número de corpos de prova e o desvio padrão dos testes de rugosidade (Ra), tração diametral (MPa) e compressão (MPa) foram determinados para os grupos Durone, Tuff Rock e Fuji Rock nos tempos de 1 hora, 24 horas e 7 dias e estão apresentados nas Figuras 5, 6 e 7 e nas Tabelas 4, 5 e 6.

Os resultados foram, inicialmente, submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov o qual apresentou distribuição normal para os respectivos testes ( $p > 0,01$ ). Em seguida os dados foram submetidos ao teste de Modelo Linear Geral (GLM) e teste de Tukey ao nível de significância de 5%, tendo como fatores fixos os tempos (1 hora, 24 horas e 7 dias), as marcas de gessos (Durone, Tuff Rock, Fuji Rock) e os ensaios mecânicos (rugosidade, tração diametral e compressão).

## 5 RESULTADOS

Houve diferença estatisticamente significativa para o fator tempo em relação à rugosidade ( $p=0,005$ ), tração diametral ( $p=0,001$ ) e compressão ( $p=0,001$ ). Da mesma forma o fator tipo de gesso influenciou significativamente na rugosidade ( $p=0,001$ ), tração diametral ( $p=0,004$ ) e compressão ( $p=0,001$ ). A análise de comparação múltipla de Tukey para as variáveis tempo e marca comercial de gessos estão apresentadas nas Tabelas 2 e 3 respectivamente.

Tabelas 2 – Médias da variável tempo de armazenagem em relação aos testes mecânicos

	Rugosidade	Tração Diametral	Compressão
1 hora	0,39(b)	4,96(b)	33,65(c)
24 horas	0,44(ab)	7,57(a)	48,52(b)
7 dias	0,47(a)	8,50(a)	58,05(a)

\* Letras distintas dispostas em colunas apresentam diferença estatisticamente significativa ao teste de Tukey ao nível de 5%.  
Fonte: Autor da pesquisa, 2012.

Tabelas 3 – Médias da variável marca comercial em relação aos testes mecânicos

	Rugosidade	Tração Diametral	Compressão
Durone	0,39(b)	7,68(a)	42,30(b)
Fuji Rock	0,37(b)	7,11(ab)	56,75(a)
Tuff Rock	0,53(a)	6,24(b)	41,17(b)

\* Letras distintas dispostas em colunas apresentam diferença estatisticamente significativa ao teste de Tukey ao nível de 5%.

Fonte: Autor da pesquisa, 2012.

### 5.1 Rugosidade

Os valores de rugosidade registrados para os diferentes tipos de gesso variaram de 0,30  $\mu\text{m}$  (Durone 1 hora) à 0,64  $\mu\text{m}$  (Tuff Rock 7 dias). Ao submeter os dados à ANOVA e Tukey, foi possível observar diferenças estatisticamente significantes entre os materiais e tempos testados ( $p < 0,01$ ), que estão apresentadas na Tabela 4 e Figura 5.

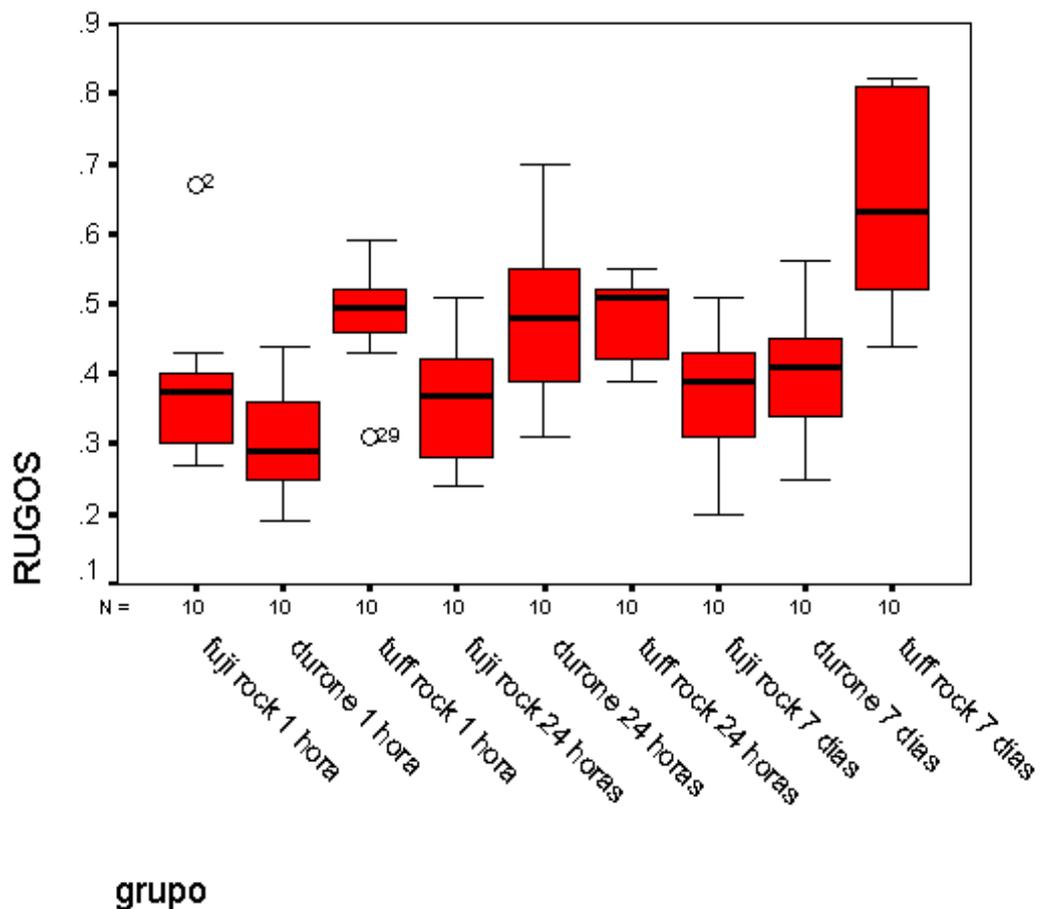
Tabela 4 - Valores médios de rugosidade, desvio padrão e categoria estatística dos gessos em relação ao tempo de armazenagem

Material	Tempo	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Desvio padrão	Categoria Estatística*
Durone	1h	0,30	0,08	c
	24h	0,48	0,11	b
	7 dias	0,41	0,09	bc
Fuji Rock	1h	0,38	0,11	bc
	24h	0,36	0,09	bc
	7 dias	0,37	0,08	bc
Tuff Rock	1h	0,48	0,07	b
	24h	0,48	0,05	b
	7 dias	0,64	0,15	a

\* Letras distintas apresentam diferença significativa ao teste de Tukey ao nível de 5%.

Fonte: Autor da pesquisa, 2012.

Figura 5: Distribuição das médias e desvio padrão dos grupos testados para rugosidade



Fonte: Autor da pesquisa, 2012.

## 5.2 Tração Diametral

Os valores de tração diametral registrados para os diferentes tipos de gesso variaram de 3,94 MPa (Tuff Rock 1 hora) à 9,20 MPa (Durone 7 dias). Ao submeter os dados à ANOVA e Tukey, foi possível observar diferenças estatisticamente significantes entre os materiais e tempos testados ( $p < 0,01$ ) que estão apresentadas na Tabela 5 e Figura 6.

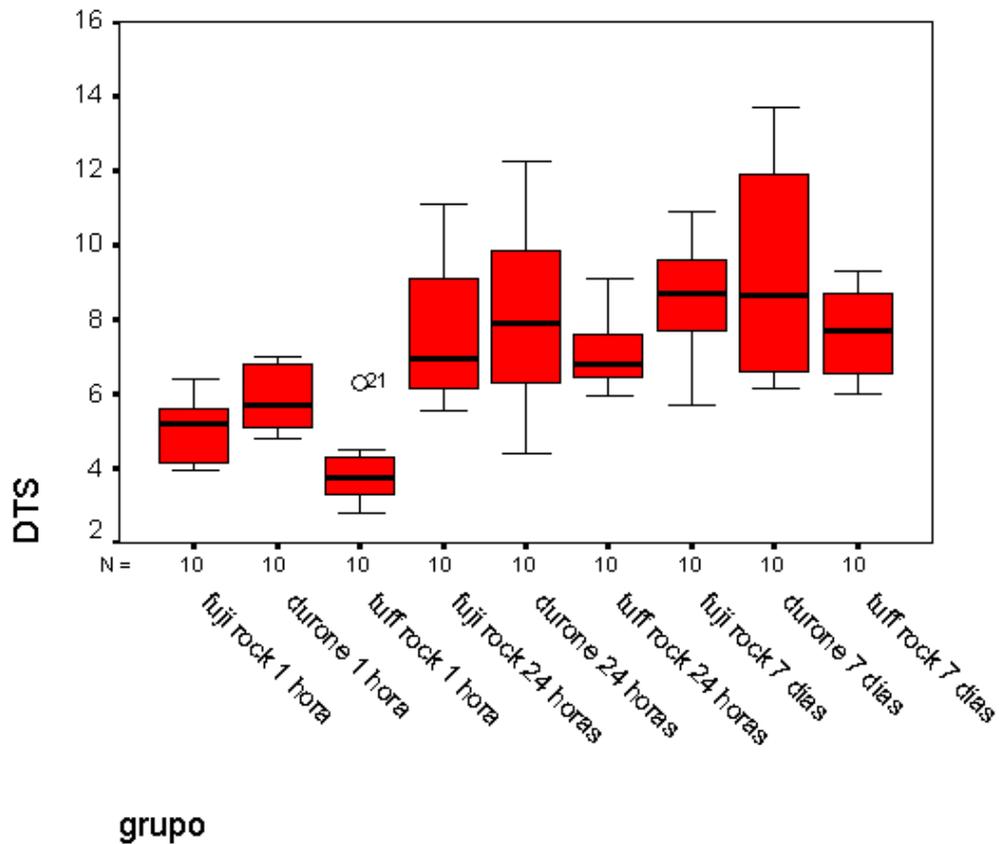
Tabela 5 - Valores médios de tração diametral, desvio padrão e categoria estatística dos gessos em relação ao tempo de armazenagem

Material	Tempo	MPa	Desvio padrão	Categoria Estatística*
Durone	1h	5,82	0,81	bcd
	24h	8,01	0,02	ab
	7 dias	9,20	0,02	a
Fuji Rock	1h	5,13	0,85	cd
	24h	7,60	0,02	ab
	7 dias	8,59	0,01	a
Tuff Rock	1h	3,94	0,99	d
	24h	7,09	0,97	abc
	7 dias	7,70	0,01	Ab

\* Letras distintas apresentam diferença significativa ao teste de Tukey ao nível de 5%.

Fonte: Autor da pesquisa, 2012.

Figura 6: Distribuição das médias e desvio padrão dos grupos testados para tração diametral



Fonte: Autor da pesquisa, 2012.

### 5.3 Compressão

Os valores de compressão registrados para os diferentes tipos de gesso variaram de 26,67 MPa (Durone 1 hora) à 65,14 MPa (Fuji Rock 7 dias). Ao submeter os dados à ANOVA e Tukey, foi possível observar diferenças estatisticamente significantes entre os materiais e tempos testados ( $p < 0,01$ ) que estão apresentadas na Tabela 6 e Figura 7.

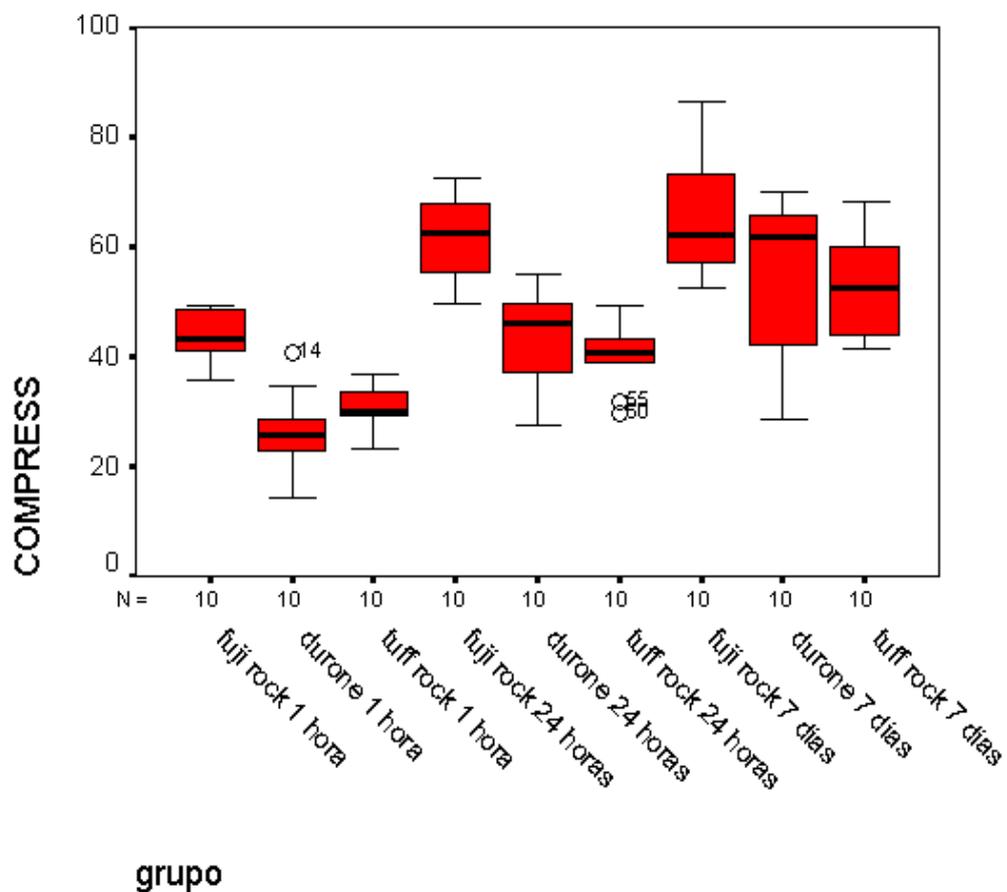
Tabela 6 - Valores médios de compressão, desvio padrão e categoria estatística dos gessos em relação ao tempo de armazenagem

Material	Tempo	MPa	Desvio padrão	Categoria Estatística*
Durone	1h	26,67	0,07	F
	24h	43,79	0,08	Cd
	7 dias	56,44	0,14	Ab
Fuji Rock	1h	43,45	0,04	Cd
	24h	61,66	0,08	Ab
	7 dias	65,14	0,10	A
Tuff Rock	1h	30,84	0,03	Ef
	24h	40,12	0,05	De
	7 dias	52,57	0,08	BC

\* Letras distintas apresentam diferença significativa ao teste de Tukey ao nível de 5%.

Fonte: Autor da pesquisa, 2012.

Figura 7: Distribuição das médias e desvio padrão dos grupos testados para compressão



Fonte: Autor da pesquisa, 2012.

## 6 DISCUSSÃO

Confirma-se a primeira hipótese teste a qual afirma que o tempo de armazenagem dos gessos odontológicos aumenta significativamente as propriedades mecânicas dos gessos. Quanto maior o tempo transcorrido entre sua espatulação e sua utilização, melhor foram suas propriedades de tração diametral (HERSEK; CANAY; AKÇA; ÇIFTÇI, 2002; AZER; KERBY; KNOBLOCH, 2008) e compressão (AZER; KERBY; KNOBLOCH, 2008) ( $p < 0,05$ ). Há diferença no comportamento mecânico das diferentes marcas comerciais de gessos, confirmando a segunda hipótese teste.

Existe diferença estatisticamente significativa de rugosidade entre as três marcas comerciais e nos diferentes tempos de armazenagem estudados ( $p < 0,05$ ). O gesso que mostrou melhor desempenho foi o Durone 1 hora (0,30  $\mu\text{m}$ ) em comparação ao gesso Tuff Rock 7 dias (0,64  $\mu\text{m}$ ). Rodriguez, Curtis e Bartlett (2009) encontraram resultado de rugosidade maior para o gesso Fuji Rock, 0,94  $\mu\text{m}$  na média em comparação a 0,37  $\mu\text{m}$  na média encontrados neste estudo. No gesso Durone houve uma diferença estatisticamente significativa na rugosidade nos tempos de 1 hora e 24 horas, porém sem diferença entre 24 horas e 7 dias. Soares e Ueti (2001) estudando o gesso Vel-Mix (tipo IV) encontraram resultado de rugosidade em 24 horas de 0,73  $\mu\text{m}$  diferentemente de 0,48  $\mu\text{m}$  registrado neste estudo. Dias *et al.* (2007) estudaram a rugosidade do gesso Tuff Rock em 24 horas, encontraram resultado de 0,85  $\mu\text{m}$ , diferentemente de 0,48  $\mu\text{m}$  obtidos neste estudo. No gesso Tuff Rock não houve diferença estatisticamente significativa nos tempos de 1 hora e 24 horas, já nos tempos de 24 horas e 7 dias houve diferença significativa. No gesso Fuji Rock não houve influência do tempo nos resultados de rugosidade.

Existe diferença estatisticamente significativa da tração diametral entre as três marcas comerciais e nos diferentes tempos estudados ( $p < 0,05$ ). Quanto maior o tempo de armazenagem após a espatulação, maior foram os resultados da tração diametral dos gessos. O gesso mais resistente a tração diametral foi o Durone 7 dias (9,20 MPa) em relação ao Tuff Rock 1 hora (3,94 MPa). Azer, Kerby e Knoblock

(2008) observaram um aumento da tração diametral do gesso Snap-Stone (tipo IV) entre 1 hora e 24 horas. A média registrada para o Fuji Rock 1 hora 5,13 MPa difere de 3,16 MPa apresentada em estudo prévio (HERSEK; CANAY; AKÇA; ÇİFTÇİ, 2002). Casemiro, Hamida, Panzeri e Pires-de-Souza (2006) estudaram a tração diametral dos gessos Fuji Rock e Tuff Rock nos tempos de 1 hora e 24 horas, encontraram resultados para o Fuji Rock de 3,68 MPa e 3,88 MPa em comparação a 5,13 ( $\pm 0,85$ ) MPa e 7,60 ( $\pm 2,07$ ) MPa nos tempos de 1 hora e 24 horas e para o Tuff Rock de 3,07 MPa e 3,26 MPa em comparação a 3,94 ( $\pm 0,99$ ) MPa e 7,09 ( $\pm 0,97$ ) MPa nos tempos de 1 hora e 24 horas. Mota, Oshima e Pires (2006) estudaram a tração diametral de três marcas comerciais de gesso em 24 horas e encontraram os seguintes resultados: 5,09 MPa (Vel-Mix), 7,91 MPa (Tuff Rock) e 8,48 MPa (Fuji Rock), estando de acordo com o presente estudo. Twomey, Abdelaziz, Combe e Anderson (2003) estudaram a tração diametral de um gesso tipo V (Die Keen) e encontraram resultados de 6,80 ( $\pm 0,82$ ) MPa depois de 1 hora e 13,41 ( $\pm 1,24$ ) depois de 24 horas do vazamento.

Existe diferença estatisticamente significativa na compressão entre as três marcas comerciais e nos diferentes tempos estudados ( $p < 0,05$ ). Quanto maior o tempo de armazenagem, maior foram os resultados de compressão dos gessos. A resistência a compressão de amostras de gessos secas (7 dias) apresentaram aproximadamente o dobro da obtida para amostras de gessos úmidas (1 hora) (DUKE *et al.*, 2000; VAN NORT, 2004; ANUSAVICE, 2005). Tal comportamento também foi observado neste estudo, como registrado para Durone 1 hora (26,6 MPa) em comparação ao Durone 7 dias (56,4 MPa). O gesso mais resistente a compressão foi o Fuji Rock 7 dias (65,1 MPa) em comparação com o Durone 1 hora (26,6 MPa). O aumento da compressão entre 1 hora e 24 horas para o gesso Snap Stone (tipo IV) foi observado em estudo prévio (AZER; KERBY; KNOBLOCH, 2008). Abdullah (2002) obteve valores de compressão do gesso Excalibur (tipo IV) de 38,27 MPa em 24 horas, assim como Soares e Ueti (2001) registraram 51,93 MPa para o Vel-Mix (tipo IV) semelhante ao Durone (tipo IV) de 43,79 ( $\pm 8,89$ ) MPa registrado neste estudo. Casemiro, Hamida, Panzeri e Pires-de-Souza (2006) estudaram a compressão dos gessos Fuji Rock e Tuff Rock, encontrando resultados semelhantes a este estudo, para o Fuji Rock de 49,79 MPa e 59,59 MPa em comparação a 43,45 MPa e 61,66 MPa e no Tuff Rock de 29,30 MPa e 39,64 MPa em comparação a

30,84 MPa e 40,12 MPa nos tempos de 1 hora e 24 horas respectivamente. Twomey, Abdelaziz, Combe e Anderson (2003) estudaram a compressão de um gesso tipo V (Die Keen) e encontraram resultados de 42,63 ( $\pm 6,13$ ) MPa depois de 1 hora e 67,85 ( $\pm 6,28$ ) depois de 24 horas do vazamento. No gesso Durone houve um aumento dos valores de compressão de 1 hora a 24 horas e de 24 horas a 7 dias. No gesso Fuji Rock houve um aumento dos valores de compressão de 1 hora a 24 horas, mas não ocorreu entre 24 horas e 7 dias. No gesso Tuff Rock não houve um aumento dos valores de compressão de 1 hora a 24 horas, mas houve um aumento de 24 horas para 7 dias.

Portanto, quando da utilização dos gessos odontológicos na obtenção de modelos de trabalho, devemos manusear os mesmos pelo menos 24 horas após sua espatulação, minimizando os riscos de fraturas, trincas ou desgastes, devido ao aumento dos valores de compressão e tração diametral. Para a rugosidade superficial dos gessos testados, os resultados mostram que não há diferença relevante clinicamente nos tempos estudados, tendo pouca variabilidade (0,30  $\mu\text{m}$  a 0,64  $\mu\text{m}$ ), podendo ser usados em qualquer dos tempos. Diante das limitações do presente estudo, sugerimos experimentos com outras marcas comerciais e outros tipos de gessos odontológicos, submetendo-os a testes que investiguem outras propriedades mecânicas como a capacidade de reprodução de detalhes, dureza superficial e resistência a abrasão.

## 7 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos e nas análises estatísticas empregadas podemos concluir que:

- a) Houve um aumento estatisticamente significativo para o fator tempo em relação à rugosidade superficial ( $p=0,005$ ), tração diametral ( $p=0,001$ ) e compressão ( $p=0,001$ ).
- b) O fator marca comercial influenciou significativamente na rugosidade superficial ( $p=0,001$ ), tração diametral ( $p=0,004$ ) e compressão ( $p=0,001$ ).
- c) O gesso Tuff Rock apresentou maior rugosidade superficial, os gessos Durone e Fuji Rock apresentaram à maior resistência a tração diametral e o gesso Fuji Rock à maior resistência a compressão.

## REFERÊNCIAS

ABDELAZIZ, K.M.; COMBE, E.C.; HODGES, J.S. The Effect of disinfectants on the properties of dental gypsum: 1. mechanical properties. **Journal Prosthodontics**, v. 11, p. 161-67, 2002.

ABDULLAH, M.A.A. Surface Detail, compressive strenght and dimensional accuracy of gypsum casts after repeared immersion in hipochlorite solution. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 95, n. 6, p. 462-68, 2006.

AMERICAN DENTAL ASSOCIATION. Specification N° 25 for dental Gypsum Products. **Journal American Dental Association**, v. 102, p. 351, 1981.

ANUSAVICE, K.J. **Phillips Science of dental materials**. 11<sup>th</sup> ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 2005.

AZER, S.S.; KERBY, R.E.; KNOBLOCH, L.A. Effect of mixing methods on the physical properties of dental stones. **Journal Dentistry**, v. 36, p. 736-44, 2008.

CASEMIRO, L.A.; HAMIDA, H.M.; PANZERI, H.; PIRES-DE-SOUZA, F.C. Materiais para moldagem: avaliação dos tempos de presa, das resistências à tração e das partículas (MEV). **Revista Odonto Ciência**, v. 21, n. 53, p. 207-11, 2006.

CRAIG, R.G. **Restorative dental materials**. 12<sup>th</sup> ed. Mosby: St. Louis; 2006.

CRAIG, R.G.; POWERS, J.M.; WATAHA, J.C. **Materiais dentários – propriedades e manipulação**. 7. ed. São Paulo: Editora Santos, 2002.

DIAS, S.C.; ÁVILA, G.B.; PANZERI, H.; MOYSES, M.R.; REIS, A.C.; AGNELLI, J.A.M. Rugosidade de diferentes tipos de gesso e dois tipos de resina epóxica utilizados como materiais de vazamento e análise da compatibilidade das resinas com materiais de moldagem. **Revista de Odontologia da UNESP**, v. 36, n. 1, p. 1-8, 2007.

DUKE, P.; MOORE, B.K.; HAUG, S.P.; ANDRES, C.J. Study of the physical properties of type IV gypsum, resin-containing, and epoxy die materials. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 83, p. 466-73, 2000.

HARRIS, P.E.; HOYER, S.; LINDQUIST, T.J.; STANDFORD, C.M. Alteration of surface hardenss with gypsum die hardness. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 92, p. 35-8, 2004.

HERSEK, N.; CANAY, S.; AKÇA, K.; ÇİFTÇİ, Y. Tensile strenght of type IV stones dried in a microwave oven. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 87, n. 5, p. 499-02, 2002.

LINDQUIST, T.J.; STANDFORD, C.M.; MOSTAFAVI, H.; XIE, X.J. Abrasion resistance of a resin-impregnated type IV gypsum in comparison to conventional products. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 87, p. 319-22, 2002.

LUCAS, M.G.; RIBEIRO, J.G.R.; BUTIGNON, L.E. Efeito da incorporação de hipoclorito de cálcio em gesso tipo III sobre a estabilidade dimensional, resistência à tração diametral e a compressão. **Ciência Odontológica Brasileira**, v. 12, n. 1, p. 63-9, 2009.

MICHALAKIS, K.X.; ASAR, V.; KAPSAMPELI, V.; MAGKAVALI-TRIKKA, P.; PISSIOTIS, A.L.; HIRAYMA, H. Delayed linear dimensional changes of five high strength gypsum products used for the fabrication of definitive casts. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 108, p. 189-95, 2012.

MOTA, E.G.; OSHIMA, H.M.S.; PIRES, L.A.G. Comparação da resistência à tração diametral de gesso tipo IV mineral e reforçado por resina. **Revista de Passo Fundo**, v. 11, n. 1, p. 61-4, 2006.

PAES-JUNIOR, T.J.A.; MAEGI, B.; TANGO, R.N.; NASCIMENTO, W.F.; BORGES, A.L.S.; KIMPARA, E.T. Propriedades do gesso tipo IV em função da variação no posicionamento molde/modelo durante a fase de presa. **RGO**, v. 58, n. 1, p. 65-9, 2010.

PEREIRA, P.H.; DIAS, S.C.; ÁVILA, G.B.; RIBEIRO, J.C.R.; MOYSÉS, M.R.; AGNELLI, J.A.M.; PEREIRA, L.J. Avaliação do comportamento mecânico de modelos odontológicos obtidos em resina de poliuretano. **Arquivos em Odontologia** v. 46, p. 1, 2010.

RODRIGUEZ, J.M.; CURTIS, R.V.; BARTLETT, D.W. Surface roughness of impression materials and dental stone scanned by non-contacting laser profilometry. **Journal Dentistry**, v. 25, p. 500-5, 2009.

SCWEDHELM, E.R.; LEPE, X. Fracture strength of Type V die stone as a function of time. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 78, n. 6, p. 554-59, 1997.

SOARES, C.R.; UETI, M. Influência de diferentes métodos de desinfecção química nas propriedades físicas de troquéis de gesso tipo IV e V. **Pesquisa Odontológica Brasileira**, v. 15, n. 4, p. 334-40, 2001.

SUNITA, M.R.; SRIDEVI, J.; KALAVATHY, N. An evaluation of the mechanical properties of type III and type IV gypsum mixed with two disinfectant solutions. **Indian Journal Dentistry Restorative**, v. 21, n. 3, p. 374-79, 2010.

TWOMEY, J.O.; ABDELAZIZ, K.M.; COMBE, E.C.; ANDERSON, D.L. Calcium hypochlorite as a disinfecting additive for dental stone. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 90, p. 282-8, 2003.

VAN NOORT, R. **Materiais dentários**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

**ANEXO A - Carta de Aprovação do Comitê de Ética da Faculdade de  
Odontologia da PUCRS**



*Comissão Científica e de Ética  
Faculdade da Odontologia da PUCRS*

---

Porto Alegre 14 de Dezembro de 2011

**O Projeto de: Dissertação**

**Protocolado sob nº:** 0078/11

**Intitulado:** Influência do tempo de armazenamento na rugosidade e resistência a compressão e tração diametral de gessos odontológicos.

**Pesquisador Responsável:** Prof. Dr. Eduardo Gonçalves Mota

**Pesquisadores Associados:** Leonardo de Cesero

**Nível:** Dissertação / Mestrado

Foi *aprovado* pela Comissão Científica e de Ética da Faculdade de Odontologia da PUCRS em 14 de Dezembro de 2011.

**Prof. Dra. Ana Maria Spohr**  
Presidente da Comissão Científica e de Ética da  
Faculdade de Odontologia da PUCRS

**ANEXO B - Artigo Submetido****The influence of post pouring time in roughness, compressive and diametral tensile strength of dental stone**

Leonardo De Cesero, DDS, MDS<sup>a</sup>

Eduardo Gonçalves Mota, DDS, MDS, PhD<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Graduate Program, Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul

<sup>b</sup> Clinical Department, Pontifical Catholic University of Rio Grande do Sul

Corresponding author:

Dr. Eduardo Gonçalves Mota

Av. Ipiranga, 6681 - Porto Alegre

Rio Grande do Sul, Brazil

ZIP CODE: 90619-900

55 51 3320.3500

eduardo.mota@puers.br

## ABSTRACT

Statement of problem: The post pouring time to remove dental stone from impression is controversial regardless to strength and roughness. Differences of setting times and commercial brands are relevant variables in making dental works. Purpose: Evaluate the influence of post pouring time in the surface roughness, compressive and diametral tensile strength (DTS) of type IV dental stone. Materials and methods: 270 dental stone samples were made from three commercial brands (Durone, Fuji Rock and Tuff Rock). Surface roughness, compressive and diametral tensile strength tests were performed 1 hour, 24 hours and 7 days after pouring. Samples of 6 mm in diameter and 3 mm in height were produced for roughness and DTS tests. Samples of 3 mm in diameter and 6 mm in height were used for compressive strength. Results were submitted to the general linear model and Tukey test ( $\alpha=0.05$ ). Results: The surface roughness (Ra) registered to different types of dental stone vary from 0.3  $\mu\text{m}$  (Durone 1 hour) to 0.64  $\mu\text{m}$  (Tuff Rock 7 days). The diametral tensile strength (MPa) ranged from 3.94 (Tuff Rock 1 hour) to 9.20 (Durone 7 days). For compressive strength (MPa), data vary from 26.67 MPa (Durone 1 hour) to 65.14 MPa (Fuji Rock 7 days). Conclusions: There was a significant increase of surface roughness ( $P=0.005$ ), diametral tensile strength ( $P=0.001$ ) and compressive strength ( $P=0.001$ ) as time passes after pouring. Commercial brand factor influenced roughness ( $P=0.001$ ), diametral tensile strength ( $P=0.004$ ) and compressive strength ( $P=0.001$ ). Tuff Rock showed the highest surface roughness. The highest DTS was recorded for Durone and Fuji Rock. Fuji Rock showed the highest compressive strength. Clinical Implication: it is recommended to manipulate type IV dental stone models 24 hours after pouring, minimizing the risks of fracture, cracks or abrasion, due to the increase of compressive and diametral tensile strength. To the surface roughness of the tested materials have shown no clinical relevant difference at different studied times.

## **The influence of post pouring time in roughness, compressive and diametral tensile strength of dental stone**

### **INTRODUCTION:**

Dental stone are characterized by its versatile use. This material has a relevant importance to produce precise die models that represent clinical situations extra orally. It makes easier the diagnosis, treatment plan and indirect dental work manufacture.

When obtaining models, dental stone is the most used material, as largely described in literature.<sup>2-4</sup> There are many different types of die materials with different use indications.<sup>5,6</sup> The criteria to select its use depends on its mechanical properties as surface roughness<sup>7,8</sup>, diametral tensile strength (DTS)<sup>2,9-11</sup>, compressive strength<sup>2,8,10</sup>, wear resistance<sup>11,12</sup>, surface hardness<sup>1,10,11</sup> and details reproduction.<sup>4,12</sup>

The point of discussion, when using dental stone materials, relies upon the final setting time to use in clinical and laboratorial procedures, because mechanical properties alter as time passes accordingly to the literature previously described.<sup>1-3, 9-12</sup>

It is not established how post pouring time until remove dental stone models from impressions influences its mechanical properties considering that the waiting time variable is an important factor in this process. Furthermore, commercial brand can determine a distinct mechanical behavior, seen the manufacture technology applied and different cost among them.

The purpose of this study is to evaluate the influence of post pouring time in surface roughness, DTS and compressive strength of type IV dental stone. The hypothesis tests of the study are the potential influence of post pouring time in the increase of mechanical properties as well as a potential difference in the mechanical behavior of different commercial brands.

## MATERIALS AND METHODS

Two hundred and seventy samples were made divided in three commercial brands (Durone, Fuji Rock and Tuff Rock, n=90). Surface roughness, diametral tensile and compressive strength were performed to each material in 1 hour, 24 hours and 7 days after pouring.

The materials used in the experiment are described in table I with its respective classification, proportion and manufacturer.

< insert table I >

For surface roughness and DTS, cylindrical silicon moulds with 6 mm of inner diameter and 3 mm high were used. Compressive strength samples were made in cylindrical silicon moulds with 3 mm of inner diameter and 6 mm high.

The dental stone powder was weight (g) with a digital scale EC-301 SL (Gama, Bologna, Italy). Distilled water was measure with a glass pipette of 10 ml (Satelit, Jundiaí, SP, Brazil). The mechanical mixture was performed under vacuum for 60 Hz (Polidental, Cotia, SP, Brazil), according to manufactures recommendations time (table I). The mixture was poured under vibration (VH, Araraquara, SP, Brazil) in small amounts using a number 2 brush. Glass plates were placed under and in the top part of the mould in order to produce flat samples.

After 1 hour of pouring, the samples were separated from the moulds. Thereafter, the samples were analyzed with stereoscopic microscope (10x) eliminating those with voids and cracks. Approved samples were randomly divided in 1 hour, 24 hours and 7 days groups. One hour group was immediately tested while 24 hours and 7 days samples were stored at  $25 \pm 2$  °C.

### **Surface Roughness**

The surface roughness (Ra) of each specimen was measured in central diametral line established by a digital caliper. A 2.5 mm length reading was performed using a SJ 201 Surface Roughness Tester (Mitutoyo, Kawasaki, Japan). The results (Ra) were digitally registered in micrometers.

### **Diametral Tensile Strength (DTS)**

After the respective storage time, samples were mounted in a Universal Testing Machine Emic DL 2000 (Emic, São José dos Pinhais, SP, Brazil), with 0.5 mm/min cross-head speed and 500N load cell.

### **Compressive Strength**

The compression test was performed according to the #25 ADA specifications to dental plasters. After the respective post pouring time, each sample was mounted the Universal Testing Machine Emic DL 2000 (Emic, São José dos Pinhais, SP, Brazil), with 1 mm/min cross-head speed and 2000N load cell.

### **Results Analysis**

Data were tabulated and analyzed through SPSS software (Statistical Package for the Social Sciences Version 13.0 for Windows, SPSS Inc., Chicago, IL, USA). The average and standard deviation of surface roughness (Ra), diametral tensile strength (MPa) and compressive strength (MPa) were recorded for Durone, Fuji Rock and Tuff Rock at 1 hour, 24 hours and 7 days after pouring and are presented in the tables IV, V and VI. Data were submitted to the Kolmogorov-Smirnov normality test which presented normal distribution to the respective tests ( $P > 0.01$ ). Furthermore, the data were compared using the three-way

ANOVA and Tukey test ( $\alpha=0.05$ ). The post pouring time (1 hour, 24 hours and 7 days), dental stone brand (Durone, Fuji Rock, Tuff Rock) and mechanical test (surface roughness, DTS and compressive strength) were established as fixed factors.

## RESULTS

There were significant differences to the post pouring time factor in relation to surface roughness ( $P=0.005$ ), DTS ( $P=0.001$ ) and compressive strength ( $P=0.001$ ). Likewise, the dental stone brand influenced significantly the roughness ( $P=0.001$ ), DTS ( $P=0.004$ ) and compression ( $P=0.001$ ). The averages and Tukey multiple comparison analysis are presented in tables II and III.

<insert table II>

<insert table III>

### Surface Roughness

The surface roughness averages registered to the different dental stone brands vary from 0.3  $\mu\text{m}$  (Durone 1 hour) to 0.64  $\mu\text{m}$  (Tuff Rock 7 days). When data were submitted to ANOVA and Tukey, it was possible to observe differences statistically significant between tested materials and times ( $P < 0.05$ , Table IV).

<insert table IV>

### Diametral Tensile Strength (DTS)

The DTS average values registered to the different brands vary from 3.94 MPa (Tuff Rock 1 hour) to 9.20 MPa (Durone 7 days). When data were submitted to ANOVA and Tukey, it was possible to observe differences statistically significant between tested materials and times ( $P < 0.05$ , Table V).

<insert table V>

### Compressive Strength

The compressive strength averaged registered to the different dental stone brands ranged from 26.67 MPa (Durone 1 hour) to 65.14 MPa (Fuji Rock 7 days). When data were

submitted to ANOVA and Tukey, it was possible to observe differences statistically significant between tested materials and times ( $P < 0.05$ , Table VI).

<insert table VI>

## DISCUSSION

The tested hypothesis is confirmed. Post pouring time of dental stone increase significantly the mechanical properties. The greater the time passes after pouring, the higher were the diametral tensile strength<sup>9,10</sup> and compressive strength<sup>10</sup> ( $P<0.05$ ). There are differences in the mechanical behavior of different dental stone commercial brands, confirming the second hypothesis tested.

There were statistically significant differences in the surface roughness between the three commercial brands and the different post pouring times studied ( $P<0.05$ ). The dental stone with the smoother surface was Durone 1 hour (0.30  $\mu\text{m}$ ) in comparison to Tuff Rock after 7 days (0.64  $\mu\text{m}$ ). Rodrigues, Curtis and Bartlett<sup>7</sup> registered higher roughness for Fuji Rock, 0.94  $\mu\text{m}$  in comparison to 0.37  $\mu\text{m}$  recorded in this study. For Durone, there was a significant difference of roughness between 1 and 24 hours, however it was not significant between 24 hours and 7 days. Soares and Ueti<sup>8</sup> studying the Vel-Mix (type IV dental stone), recorded an average of 0.73  $\mu\text{m}$  after 24 hours, differently from 0.48  $\mu\text{m}$  registered in this study. For Tuff Rock there was no significant difference in the times of 1 and 24 hours, although between 24 hours and 7 days there was a significant difference. The surface roughness of Fuji Rock dental stone was not influenced during time. The technology applied to obtain small and shaped particles and source of hemihydrates (natural from gypsum or artificial from a chemical reactions) are possible explanations to the variable behavior recorded.

There is statistically significant difference in the diametral tensile strength between the commercial brands and in the different times studied ( $P<0.05$ ). The greater the storage time after pouring, the greater was the strength. The most resistant dental stone was Durone 7 days (9.20 MPa) in comparison to Tuff Rock 1 hour (3.94 MPa). Azer, Kerby and Knoblock<sup>10</sup> observed an increase in the DTS of Snap-Stone plaster (type IV) between 1 hour and 24

hours. The average registered to Fuji Rock 1 hour 5.13 MPa is different from 3.16 MPa presented in the previous study.<sup>9</sup> Casemiro, Hamida, Panzeri and Pires-de-Souza<sup>2</sup> have studied the DTS of Fuji Rock and Tuff Rock in the times of 1 hour and 24 hours. At this study, it was recorded 3.68 MPa for Fuji Rock after 1 hour and 3.88 MPa after 24 hours<sup>2</sup> differently to 5.13 MPa and 7.60 MPa recorded at the same period of storage. For Tuff Rock, averages of 3.07 MPa and 3.26 MPa after 1 and 24 hours were recorded in previous study<sup>2</sup> in comparison to 3.94 MPa and 7.09 MPa.

There was a significant difference in the compressive strength between the three commercial brands at different times studied ( $P < 0.05$ ). The greater the post pouring time, the greater was the compressive strength of dental stones. The strength of dry samples presents approximately double obtained to samples tested 1 hour after the mixture.<sup>11</sup> Such behavior was also observed in this study, as registered to Durone 1 hour (26.6 MPa) in comparison to 7 days (56.4 MPa). The highest compressive strength registered was Fuji Rock 7 days (65.1 MPa) in comparison to the lowest Durone 1 hour (26.6 MPa). The increase of compressive strength between 1 hour and 24 hours to Snap Stone (type IV dental stone) was observed in a previous study.<sup>10</sup> Abdullah<sup>4</sup> obtained compressive strength for Excalibur (type IV) of 38.27 MPa in 24 hours, as well as Soares and Ueti<sup>8</sup> registered 51.93 MPa to Vel-Mix (type IV) similar to Durone of 43.79 ( $\pm 8.89$ ) MPa registered in this study. Casemiro, Hamida, Panzeri and Pires-de-Souza<sup>2</sup> have studied the compressive strength for Fuji Rock and Tuff Rock recording similar results to this study, 49.79 MPa (1 hour) and 59.59 MPa (24 hours) in comparison to 43.45 MPa and 61.66 MPa for Fuji Rock, respectively, and 29.30 MPa (1 hour) and 39.64 MPa (24 hours) in comparison to 30.84 MPa and 40.12 MPa for Tuff Rock respectively. For Durone, there was an increase of the compressive strength from 1 hour to 24 hours and from 24 hours to 7 days ( $P < 0.05$ ). A significant increase was observed for Fuji Rock from 1 hour to 24 hours, however it was not significant between 24 hours and 7 days.

Tuff Rock dental stone showed no increase of compressive strength from 1 hour to 24 hours, however there was a significant increase from 24 hours to 7 days.

Therefore, when using dental stone on production work models, it is recommended to manipulate them for at least 24 hours after pouring, minimizing the risks of fracture, cracks or abrasion, due to the increase of compressive and diametral tensile strength. To the surface roughness of the tested materials, the results have shown that there is no clinically relevant difference in the times studied, having little variability (0.30  $\mu\text{m}$  to 0.64  $\mu\text{m}$ ), which can be used in any of the times studied. It is suggested studies with other commercial brands of dental stone, submitting them to test which investigate other mechanical properties such as details reproduction, superficial hardness and wear resistance.

## CONCLUSION

Based on the results obtained and the statistical analysis used it is possible to conclude that: There was a significant increase of surface roughness ( $P=0.005$ ), diametral tensile strength ( $P=0.001$ ) and compression ( $P=0.001$ ) related to the post pouring time factor.

The commercial brand factor influenced significantly the surface roughness ( $P=0.001$ ), diametral tensile strength ( $P=0.004$ ) and compression ( $P=0.001$ ). Tuff Rock dental stone presented the highest roughness, Durone and Fuji Rock presented the highest diametral tensile strength Fuji Rock showed the highest compressive strength.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Harris PE, Hoyer S, Lindquist TJ, Standford CM. Alteration of surface hardness with gypsum die hardness. *J Prosthet Dent* 2004; 92: 35-8.
2. Casemiro LA, Hamida HM, Panzeri H, Pires-de-Souza FC. Materials for molding: assessing the setting time, tensile and compressive strengths, and particles (SEM). *Rev Odon Cien* 2006; 21: 207-11.
3. Schwedhelm ER, Lepe, X. Fracture strength of type IV and type V die stone as a function of time. *J Prosthet Dent* 1997; 78: 554-9.
4. Abdullah MA. Surface detail, compressive strength, and dimensional accuracy of gypsum casts after repeated immersion in hypochlorite solution. *J Prosthet Dent* 2002; 95: 462-8.
5. Anusavice KJ. *Phillips Science of dental materials*. 11<sup>th</sup> ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 2005.
6. Craig RG. *Restorative dental materials*. 12<sup>th</sup> ed Mosby: St. Louis; 2006.
7. Rodriguez JM, Curtis RV, Barlett DW. Surface roughness of impression materials and dental stone scanned by non-contacting laser profilometry. *J Dent* 2009; 25: 500-5.
8. Soares CR, Ueti M. Influence of different methods of chemical disinfection on the physical properties of dies made of gypsum type IV and V. *Pesqui Odontol Bras* 2001; 15: 334-40.
9. Hersek N, Canay S, Akça K, Çiftçi Y. Tensile Strength of type IV dental stone dried in a microwave oven. *J Prosthet Dent* 2002; 87: 499-502.
10. Azer SS, Kerby RE, Knobloch LA. Effect of mixing methods on the physical properties of dental stones. *J Dent* 2008; 36: 736-44.
11. Duke P, Moore BK, Haug SP, Andres CJ. Study of the physical properties of type IV gypsum, resin-containing, and epoxy die materials. *J Prosthet Dent* 2000; 83: 466-73.

12. Lindquist TJ, Standford CM, Mostafavi H, Xie XJ. Abrasion resistance of a resin-impregnated type IV gypsum in comparison to conventional products. *J Prosthet Dent* 2002; 87: 319-22.
13. American Dental association Specification No 25 for dental Gypsum Products. *J Am Dent Assoc* 1981; 102: 351.

Table I. Description of materials used in the study.

Commercial name	Type	Batch #	Powder/water Ratio	Mixing time	Manufacturer
Durone	Mineral	2188178	100g/ 19 ml	40 s	Dentsply, Rio de Janeiro, RJ, Brazil
Fuji Rock	Synthetic	B-3001	100g/ 20 ml	30 s	Gc Europe, Leuven, Belgium
Tuff Rock	Synthetic	0325111	100g/ 21 ml	40 s	Talladium, Valencia, California, USA

Table II. Surface roughness (Ra), diametral tensile strength (MPa) and compressive strength (MPa) averages for 1, 24 hours and 7 days after pouring.

	Surface roughness	Diametral tensile strength	Compressive strength
1 hour	0.39 <sup>b</sup>	4.96 <sup>b</sup>	33.65 <sup>c</sup>
24 hours	0.44 <sup>ab</sup>	7.57 <sup>a</sup>	48.52 <sup>b</sup>
7 days	0.47 <sup>a</sup>	8.50 <sup>a</sup>	58.05 <sup>a</sup>

Distinct letters presented in rows are statistically different when data was submitted to Tukey test at 5% level of significance.

Table III. Surface roughness (Ra), diametral tensile strength (MPa) and compressive strength (MPa) averages according to dental stone.

	Surface roughness	Diametral tensile strength	Compressive strength
Durone	0.39 <sup>b</sup>	7.68 <sup>a</sup>	42.30 <sup>b</sup>
Fuji Rock	0.37 <sup>b</sup>	7.11 <sup>ab</sup>	56.75 <sup>a</sup>
Tuff Rock	0.53 <sup>a</sup>	6.24 <sup>b</sup>	41.17 <sup>b</sup>

Distinct letters presented in rows are statistically different when data was submitted to Tukey test at 5% level of significance.

Table IV. Comparison of surface roughness (Ra) averages according to post pouring time and dental stone.

Material	Time	Ra ( $\mu\text{m}$ )	SD
Durone	1h	0.30 <sup>c</sup>	0.08
	24h	0.48 <sup>b</sup>	0.11
	7 days	0.41 <sup>bc</sup>	0.09
Fuji Rock	1h	0.38 <sup>bc</sup>	0.11
	24h	0.36 <sup>bc</sup>	0.09
	7 days	0.37 <sup>bc</sup>	0.08
Tuff Rock	1h	0.48 <sup>b</sup>	0.07
	24h	0.48 <sup>b</sup>	0.05
	7 days	0.64 <sup>a</sup>	0.15

Distinct letters presented in rows are statistically different when data was submitted to Tukey test at 5% level of significance.

Table V. Comparison of diametral tensile strength (MPa) averages according to post pouring time and dental stone.

Material	Time	MPa	SD
Durone	1h	5.82 <sup>bcd</sup>	0.81
	24h	8.01 <sup>ab</sup>	0.02
	7 days	9.20 <sup>a</sup>	0.02
Fuji Rock	1h	5.13 <sup>cd</sup>	0.85
	24h	7.60 <sup>ab</sup>	0.02
	7 days	8.59 <sup>a</sup>	0.01
Tuff Rock	1h	3.94 <sup>d</sup>	0.99
	24h	7.09 <sup>abc</sup>	0.97
	7 days	7.70 <sup>ab</sup>	0.01

Distinct letters presented in rows are statistically different when data was submitted to Tukey test at 5% level of significance.

Table VI. Comparison of compressive strength (MPa) averages according to post pouring time and dental stone.

Material	Time	MPa	SD
Durone	1h	26.67 <sup>f</sup>	0.07
	24h	43.79 <sup>cd</sup>	0.08
	7 days	56.44 <sup>ab</sup>	0.14
Fuji Rock	1h	43.45 <sup>cd</sup>	0.04
	24h	61.66 <sup>ab</sup>	0.08
	7 days	65.14 <sup>a</sup>	0.10
Tuff Rock	1h	30.84 <sup>ef</sup>	0.03
	24h	40.12 <sup>de</sup>	0.05
	7 days	52.57 <sup>bc</sup>	0.08

Distinct letters presented in rows are statistically different when data was submitted to Tukey test at 5% level of significance.

## ANEXO C - Confirmação da Submissão do Artigo

### Submission ConfirmationSubmission Confirmation

ees.jpd.0.1c5fc1.d6d5f5e9@eesmail.elsevier.com em nome de JPD

[JPD@georgiahealth.edu]

Enviado: sábado, 6 de outubro de 2012 17:45

Para: Eduardo Gonçalves Mota

Dear Dr. Eduardo Mota,

We have received your article "The influence of post pouring time in roughness, compressive and diametral tensile strength of dental stone" for consideration for publication in The Journal of Prosthetic Dentistry.

Your manuscript will be given a reference number once an editor has been assigned.

To track the status of your paper, please do the following:

1. Go to this URL: <http://ees.elsevier.com/jpd/>

2. Enter these login details:

Your username is: \*\*\*\*\*

Your password is: \*\*\*\*\*

3. Click [Author Login]

This takes you to the Author Main Menu.

4. Click [Submissions Being Processed]

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Elsevier Editorial System

The Journal of Prosthetic Dentistry

\*\*\*\*\*

Please note that the editorial process varies considerably from journal to journal. To view a sample editorial process, please click here:

[http://ees.elsevier.com/eeshelp/sample\\_editorial\\_process.pdf](http://ees.elsevier.com/eeshelp/sample_editorial_process.pdf)

For further assistance, please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>. Here you can search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions and learn more about EES via interactive tutorials. You will also find our 24/7 support contact details should you need any further assistance from one of our customer support representatives.