



AVALIAÇÃO E COMPARAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE GESSOS COMERCIAIS E EXPERIMENTAIS

Assessment and comparison of mechanical and physical properties of commercial and experimental gypsums

Ana Paula Farina^[a], Marília Salomão Campos Cabrini Festuccia^[b],
Breno de Souza Nantes^[b], Lucas da Fonseca Roberti Garcia^[c],
Oswaldo Luiz Bezzon^[d], Fernanda de Carvalho Panzeri Pires-de-Souza^[e]

^[a]DDS, Graduate MsC Student, Departamento de Materiais Dentários e Prótese, Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto (USP), Ribeirão Preto, SP - Brasil.

^[b]Undergraduate Student, Departamento de Materiais Dentários e Prótese, Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto (USP), Ribeirão Preto, SP - Brasil.

^[c]DDS, Graduate PhD Student, Departamento de Odontologia Restauradora, Área de Materiais Dentários, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Piracicaba, SP - Brasil, e-mail: lucasgarcia@fop.unicamp.br

^[d]DDS, PhD, Professor, Departamento de Materiais Dentários e Prótese, Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto (USP), Ribeirão Preto, SP - Brasil.

^[e]DDS, PhD, Associate Professor, Departamento de Materiais Dentários e Prótese, Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto (USP), Ribeirão Preto, SP - Brasil.

Resumo

OBJETIVO: O objetivo deste estudo foi avaliar e comparar *in vitro* propriedades físicas e mecânicas (resistências à compressão e à tração diametral, tempo de presa, fidelidade de cópia e dureza) de gessos comerciais, cujas composições foram alteradas. **MATERIAL E MÉTODO:** Foram confeccionados 40 corpos-de-prova para cada tipo de gesso e submetidos aos testes citados (n=10). Os corpos-de-prova obtidos para verificação da resistência à tração foram antes submetidos à análise de dureza. Os tempos de presa foram analisados imediatamente após a manipulação dos materiais e os demais ensaios propostos foram realizados após 7 dias da obtenção das amostras. **RESULTADOS:** Os valores obtidos nos testes foram analisados estatisticamente (1-way ANOVA, Tukey, p<0.05); observou-se que Exp1 apresentou melhor reprodução de detalhes e Exp2 o menor tempo de presa em relação aos materiais comerciais (p<0.05). Nas demais propriedades, os gessos experimentais apresentaram comportamentos semelhantes aos comerciais. **CONCLUSÕES:** Concluiu-se que as alterações na composição dos gessos contribuíram para a melhoria na reprodução de detalhes no grupo Exp1, e diminuição no tempo de presa no grupo Exp2.

Palavras-chave: Gesso odontológico. Propriedades físicas. Materiais dentários.

Abstract

OBJECTIVE: The purpose of this study was to evaluate and to compare *in vitro* mechanical and physical properties (compression and diametral tensile strength, setting time, loyalty to copy and hardness) of commercial and experimental gypsums (Exp1 and Exp2), whose compositions were altered. **MATERIAL AND METHOD:** Forty specimens were obtained for each type of gypsum ($n=10$). The specimens obtained to verify tensile strength were submitted to hardness analysis before. The setting time were analysed immediately after the manipulation of materials and the other tests were conducted 7 days after the specimens were obtained. **RESULTS:** The values were analyzed statistically (1-way ANOVA, Tukey, $p < 0.05$) and it was observed that Exp1 showed better reproduction of details and Exp2 presented lesser setting time than commercial materials ($p < 0.05$). As regards to other properties, experimental gypsums showed similar behavior to commercial gypsums. **CONCLUSION:** It was concluded that alterations in gypsum composition contributed to the improvement in reproduction of details in Exp1 group, and promoted a decrease in setting time in Exp2.

Keywords: Dental gypsum. Physical properties. Dental materials.

INTRODUÇÃO

Gessos odontológicos são amplamente utilizados na Odontologia, especialmente na área de prótese, para a obtenção de modelos das estruturas bucais e maxilofaciais, envolvidas na obtenção de peças indiretas. Desde o advento dos materiais elastoméricos, a utilização de técnicas de fabricação de restaurações protéticas indiretas tornou-se ainda mais difundida dadas as características de boa reprodução de detalhes e estabilidade dimensional desses materiais (1-4). Entretanto, enquanto os materiais de moldagem realizam reproduções precisas, os gessos ainda apresentam limitações, havendo necessidade de aprimorá-los para que possam atingir excelentes propriedades (5, 6)

Os gessos odontológicos são forma de sulfato de cálcio hemi-hidratado ($\text{Ca SO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) e, segundo a Especificação nº 25 da American Dental Association - ADA (7), podem ser classificados em 5 tipos: Tipo I) para moldagem; Tipo II) gesso comum; Tipo III) gesso pedra; Tipo IV) gesso pedra melhorado, com alta resistência e baixa expansão e Tipo V) gesso pedra melhorado, com alta resistência e alta expansão. Apesar de apresentarem composições químicas semelhantes, eles diferem entre si pela forma dos cristais de sulfato de cálcio hemi-hidratado e isso se reflete sobre as propriedades físicas e mecânicas desses materiais (8). Embora os gessos tipo IV sejam os mais utilizados e com sucesso comprovado por

muitos anos, eles tem sido alvo de estudos (2), em que tentativas foram feitas para desenvolver um material com melhores propriedades (9).

Procedimentos clínicos que exigem precisão de moldes e modelos, como a reprodução de pilares de implantes, são cada vez mais requisitados na Odontologia (10-13) e propriedades como resistência à fratura, dureza superficial e resistência à abrasão, assumiram grande importância clínica (14, 15). A incorporação de aditivos na composição destes materiais tornou-se frequente, resultando em produção de gessos com propriedades mecânicas superiores (2, 6).

O objetivo deste estudo foi avaliar e comparar *in vitro* as propriedades físicas e mecânicas (resistências à tração por compressão diametral, compressão, tempo de presa, reprodução de detalhes e dureza) entre gessos comerciais e experimentais, com composições modificadas, respectivamente pela incorporação de plastificantes e modificação em sua granulometria.

MATERIAL E MÉTODO

Para realização deste estudo foram utilizados três gessos comerciais e dois experimentais, respectivamente: gesso tipo IV Durone™ (Dentsply, Petropolis RJ, Brasil); gesso tipo V Exadur™ (Polidental, Cotia SP, Brasil); gesso tipo IV resinoso Fujirock™ (GC Europe,

Leuven, Bélgica); gesso tipo IV com plastificante Exp1 (Polidental, Cotia, SP, Brasil) e gesso tipo IV com menor tamanho de partículas Exp2 (Polidental, Cotia, SP, Brasil). A granulometria do gesso Exp2 está descrita na Tabela 1.

TABELA 1 - Granulometria do gesso Exp2

Peneira	Abertura (mm)	Tamanho das partículas (%)
# 100	0,15	0,00
# 170	0,09	15,3
# 320	0,045	45,2
#400	0,038	20,8
Pas # 400	<0,038	18,7
Total		100

As propriedades físicas e mecânicas avaliadas no presente estudo foram: dureza de superfície, fidelidade de cópia, resistência à compressão, resistência à tração diametral e tempo de presa. Para cada um dos três primeiros ensaios, foram obtidos 10 corpos-de-prova de cada material (n=10). Para o ensaio de resistência à tração diametral, foram utilizados os mesmos corpos-de-prova obtidos para verificação da dureza de superfície.

Os materiais foram dosados e manipulados a vácuo (Incluser A300TM, Polidental, Cotia, SP, Brasil) de acordo com as recomendações dos fabricantes quanto à relação água/pó e tempo de manipulação de 40 s. Em seguida, o gesso foi vazado na matriz apropriada para cada teste realizado, utilizando espátula n° 7 e vibrador (DCLTM, Campinas, SP, Brasil). Após 1 hora, os corpos-de-prova foram separados das matrizes; os ensaios mecânicos foram aplicados somente após sete dias.

Dureza de superfície

Obtiveram-se os corpos de prova por uma matriz de PVC com 15 mm de altura e 20 mm de diâmetro; foram submetidos ao teste de dureza Rockwell 1S-T, com esfera de 1/16 polegadas. Os corpos-de-prova foram posicionados na plataforma do durômetro (Wolpert SussenTM tipo testor HT-1, São Paulo SP, Brasil) e submetidos à pré-carga de 3 kg; em seguida, à carga de 15 kg. Aguardou-se a estabilização do equipamento para leitura da dureza.

Fidelidade de cópia

Para análise da reprodução de detalhes, utilizou-se matriz de vinil acoplada a um anel de PVC, que foi moldada com silicona por adição (AdsilTM Vigodent, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) pela técnica da dupla impressão. Manipulou-se a pasta pesada e foi colocada sobre um anel de PVC perfurado, que permitiu acondicionar o material como uma moldeira. Na outra extremidade do anel adaptou-se um êmbolo de madeira com interior liso, que permitiu padronizar a espessura do material de moldagem. Para a utilização da pasta pesada da silicona, adaptou-se - sobre a matriz de vinil - um alívio em resina acrílica quimicamente ativada (ClássicoTM, São Paulo, SP, Brasil). Após a presa da pasta pesada, removeu-se o alívio e moldou-se com a pasta leve; vazou-se os gessos, após adaptar sobre a moldeira um anel de PVC liso, para permitir adequada altura e espessura do modelo de gesso.

Para verificação da fidelidade de cópia, avaliou-se a rugosidade de superfície da matriz de vinil por meio de três leituras em Rugosímetro MitutoyoTM (SJ - 201P, Kanagawa, Japan) com *cut-off* ajustado para 2,5 mm. Considerou-se a rugosidade média após três leituras. A rugosidade da matriz serviu de padrão para análise da superfície dos gessos, de forma que quanto mais próximos dos valores de rugosidade da matriz de vinil, os modelos apresentavam maior fidelidade de cópia da superfície dos gessos.

Resistência à compressão

Obtiveram-se corpos de prova em gesso por uma matriz de PVC de 30 mm de altura por 15 mm de diâmetro. As amostras foram acopladas à Máquina Universal de Ensaios (DL2000TM, EMIC, São José dos Pinhais, PR, Brasil), com célula de carga de 2000 kgf. Posicionadas verticalmente, as amostras foram submetidas a forças de compressão em cada corpo de prova, em velocidade constante de deslocamento de 5 mm/min, até ocorrer fratura.

Resistência à tração diametral

Para este teste, utilizaram-se os mesmos corpos-de-prova da avaliação de dureza. As amostras foram acopladas à Máquina Universal de Ensaios,

com célula de carga de 2000 kgf. As amostras foram posicionadas horizontalmente, aplicando-se força de compressão em cada corpo-de-prova, em velocidade constante de deslocamento de 5 mm/min, ocorrer fratura.

Tempo de presa

Os tempos de presa inicial e final foram medidos com agulha menor (100,0 g) e maior (450,0 g) de Gillmore, respectivamente (7). Colocou-se extremidade da agulha menor perpendicularmente à superfície dos gessos após manipulação. Seu peso foi sendo liberado gradativamente, até não resultar em marcações; assim, estabeleceu-se o tempo de presa inicial dos gessos. Para estabelecer o tempo de presa final, utilizou-se a agulha maior, com a mesma técnica utilizada para determinação do tempo de presa inicial. Visando resultados mais precisos, efetuaram-se 10 medições para cada tipo de gesso analisado.

Os resultados obtidos em cada ensaio foram submetidos à análise de variância (1-way ANOVA - Tukey, $p < 0.05$).

RESULTADOS

Dureza de superfície

Os resultados obtidos para dureza são apresentados na Tabela 2. O gesso Fujirock™ apresentou valores de dureza maiores do que os gessos Exp1 e Exp2, com diferença estatística significativa ($p < 0.05$), apresentando, com isso, menor possibilidade de sofrer abrasão. Porém, não diferiram estatisticamente ($p > 0.05$) dos gessos Exadur™ e Durone™. É provável que este aumento de dureza tenha ocorrido pela presença de um componente resinoso em sua formulação, a qual proporcionou maior dureza a este gesso. O gesso Exp1 apresentou valores de dureza inferiores aos demais gessos, com diferença estatística significativa ($p < 0.05$), podendo sofrer maior quantidade de desgaste. O gesso Exp2 apresentou valores intermediários de dureza diferindo estatisticamente ($p < 0.05$) dos gessos Exp1 e Fujirock™, porém não diferindo dos gessos Exadur™ e Durone™, que foram semelhantes entre si ($p > 0.05$).

TABELA 2 - Valores médios (desvio-padrão) de dureza

	Exadur	Exp1	Exp2	Durone	Fujirock
Dureza	48,27	31,75	46,87	53,46	56,82
Rockwell	(7,01) ^{ac}	(8,91) ^b	(7,37) ^a	(7,43) ^{ac}	(7,75) ^c

Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significantes ($p < 0.05$)

Fidelidade de cópia

Os valores de rugosidade de superfície dos modelos foram comparados à rugosidade de superfície da matriz de vinil. Quanto mais próximos os valores, maior a fidelidade de cópia do gesso. Os resultados encontrados podem ser visualizados na Tabela 3. Os gessos Exadur™ e Durone™ foram os que apresentaram menor fidelidade de cópia, com valores médios de rugosidade com diferença quando comparados aos demais gessos; porém, não diferiram entre si ($p > 0.05$). O gesso que apresentou melhor fidelidade de cópia foi Exp1, cujos valores mais se aproximaram da rugosidade da matriz; porém, esses valores não apresentaram diferença em relação aos gessos Exp2 e Fujirock™, que também apresentaram excelente fidelidade. Esse grau de fidelidade de cópia apresentado pelo gesso Exp1 pode ter sido influenciada pela adição de plastificante à sua composição, o que pode ter aumentado seu escoamento, permitindo maior reprodução de detalhes do molde obtido (12, 16, 17). O gesso Exp2 apresentou resultados semelhantes ao Exp1.

TABELA 3 - Valores médios (desvio-padrão) de rugosidade de superfície

Matriz	Exadur	Exp1	Exp2	Durone	Fujirock
Rugosidade média (μm)	6,12 ^a	5,62 (0,51) ^b	5,95 (0,17) ^{ab}	5,88 (0,23) ^{ab}	5,57 (0,30) ^b
					5,78 (0,22) ^{ab}

Letras diferentes indicam resultados estatisticamente diferentes ($p < 0,05$)

Resistência à compressão

Não houve diferença na resistência à compressão dos diferentes tipos de gessos testados (Tabela 4).

TABELA 4 - Valores médios (desvio-padrão) de resistência à compressão

	Exadur	Exp1	Exp2	Durone	Fujirock
Resistência à compressão (MPa)	4949 (678,5) ^a	5384 (1559) ^a	4429 (1396) ^a	5548 (1794) ^a	5833 (984,7) ^a

Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significantes ($p < 0.05$)

Resistência à tração diametral

A resistência à tração diametral dos corpos-de-prova foi registrada individualmente, obtendo os valores médios indicados na Tabela 5.

O gesso FujirockTM apresentou a maior resistência à tração por compressão diametral, resultado estatisticamente diferente ($p < 0.05$) somente em relação ao gesso ExadurTM, que apresentou a menor resistência. Entretanto, esse valor não diferiu ($p > 0.05$) dos demais gessos.

TABELA 5 - Valores médios (desvio-padrão) da resistência à tração diametral

	Exadur	Exp1	Exp2	Durone	Fujirock
Resistência à tração diametral (MPa)	6,21 (1,06) ^a	6,51 (1,36) ^{ab}	6,78 (0,92) ^{ab}	6,92 (1,44) ^{ab}	7,91 (1,37) ^b

Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significantes ($p < 0.05$)

Tempo de presa

Os resultados (Tabela 6) e a análise dos valores demonstraram que os gessos ExadurTM, Exp1 e FujirockTM apresentaram os maiores tempos de presa ($p > 0.05$), porém diferindo dos demais ($p < 0.05$). O gesso Exp2 apresentou o menor tempo de presa entre os demais gessos analisados ($p < 0.05$). O gesso DuroneTM apresentou valores intermediários de tempo de presa, diferindo ($p < 0.05$) dos demais gessos.

TABELA 6 - Tempos de presa finais

	Exadur	Exp1	Exp2	Durone	Fujirock
Tempo de presa final médio (min)	24,3 (1,86) ^a	24,9 (0,96) ^a	12,8 (0,91) ^b	17,1 (0,96) ^c	22,8 (0,57) ^a

Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significantes ($p < 0.05$)

DISCUSSÃO

O gesso é amplamente utilizado devido à sua facilidade de manipulação, baixo custo e compatibilidade com a maioria dos materiais de moldagem (18). No entanto, as desvantagens são facilidade de fratura quando submetido à determinada força, baixa estabilidade dimensional (19) e baixa resistência à abrasão (15). Esta elevada abrasão pode causar deficiente adaptação marginal da peça protética confeccionada sobre o modelo, fator clinicamente inaceitável (18). O ensaio de dureza tem por objetivo prever o desgaste que os materiais odontológicos poderão sofrer (18, 20-23). Para que haja aumento da dureza e redução desse desgaste, é importante que o gesso possua, após a presa, pequeno espaço intercrystalino, que leva à menor sorção de líquidos e menor perda de material entre os cristais (18, 21, 23).

Os gessos ExadurTM, Exp1 e Exp2 contêm agentes plastificantes que proporcionam melhor fluidez do material. Essa fluidez permite melhor fidelidade de cópia, como demonstrado na Tabela 3. Porém, estes plastificantes também podem causar redução das ligações existentes entre as moléculas cristalinas do gesso (2, 16, 17, 24). Estas ligações proporcionam ao gesso características de alta rigidez. O plastificante, porém, é capaz de diminuir esta força, pela redução da atração intercrystalina, consequentemente aumentando a maciez do material. Com isso, propriedades do produto final da reação, tais como dureza, podem sofrer alterações, como visto neste estudo (4, 13, 16, 17, 25).

Segundo Anusavice (25), resistência à compressão é a capacidade do material em absorver determinada tensão sem sofrer fratura

ou deformação plástica. Vários fatores podem influenciar na resistência à compressão do material, como a relação água/pó (a alteração da proporção correta pode causar porosidades que levam ao enfraquecimento do material) (8, 26).

Fator que interfere negativamente na resistência a compressão é o aumento do tempo de espatulação, pois rompe os cristais recém-formados, diminuindo o entrelaçamento inter-cristalino dos gessos (5, 25). No presente estudo, todas essas variáveis foram controladas. A ausência de diferença entre o comportamento dos materiais indica que as modificações na composição dos gessos experimentais não interferiram no seu comportamento mecânico.

O teste de tração uniaxial não foi aplicado neste estudo por causa da dificuldade de encaixe dos corpos-de-prova no aparelho de teste. Para compensar essa dificuldade, executou-se o teste de tração por compressão diametral, que consiste na aplicação de uma força compressiva na lateral do corpo-de-prova, em forma de cilindro, promovendo tensão de tração perpendicular ao plano vertical que passa no centro do cilindro no qual ocorre a fratura do material (25).

Apesar do gesso Fujirock™ ter apresentado os maiores valores de resistência à tração diametral, não apresentou diferença com relação aos outros gessos, com exceção do Exadur™ ($p < 0.05$). Importante notar que, da mesma forma como aconteceu para a resistência à compressão, as modificações ocorridas na composição dos gessos experimentais não causaram alteração nas propriedades mecânicas dos materiais.

No processo do tempo de presa, ocorrem três estágios importantes, como a perda de brilho, presa inicial e presa final do material (20, 25). Alguns fatores podem interferir no tempo de presa e devem ser controlados pelo operador. Além de respeitar rigorosamente a relação água/pó estipulada pelo fabricante, o tempo de espatulação, temperatura e umidade também foram controlados. O tempo de espatulação guarda relação com a velocidade de reação do material; assim, o aumento excessivo desse tempo pode romper os cristais pré-formados, resultando em menor entrelaçamento inter-cristalino no produto resultante final (20, 25). O tempo de espatulação adotado neste trabalho foi padronizado em 40 s. A temperatura ambiental e da água foi 22°C, eliminando a influência deste fator na velocidade de reação de presa (8). Como a umidade também é um

fator a ser controlado, pois pode acelerar ou retardar a presa (20), os gessos foram manipulados em ambientes de umidade controlada. Apesar do controle destas variáveis, o gesso Exp2 apresentou o menor tempo de presa e conseqüentemente o menor tempo de trabalho (8, 25) ($p < 0.05$). A diminuição no tempo de presa pode ter sido influenciada principalmente pelo tamanho das partículas desse gesso (Tabela 1), que são as menores comparadas aos outros. Quanto menores as partículas do hemi-hidrato, mais rápido será o endurecimento da mistura. Não somente a velocidade de dissolução será aumentada, mas também mais numerosa será a quantidade de formação dos núcleos de cristalização (25).

CONCLUSÕES

Com base na metodologia utilizada e nos resultados obtidos, pode-se concluir que as alterações na composição dos gessos contribuíram para a melhoria na fidelidade de cópia para o gesso Exp1 e para diminuição do tempo de presa para o gesso Exp2.

REFERÊNCIAS

1. Azizogli MA, Catania EM, Weiner S. Comparison of the accuracy of working casts made by the direct and transfer coping procedures. *J Prosthet Dent.* 1999;81(4):392-8.
2. 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(4):466-73.
3. German MJ, Carrick TE, McCabe JF. Surface detail reproduction of elastomeric impression materials related to rheological properties. *Dent Mater.* 2008;24(7):951-6.
4. Walker MP, Rondeau M, Petrie C, Tasca A, Williams K. Surface quality and long-term dimensional stability of current elastomeric impression materials after disinfection. *J Prosthodont.* 2007;16(5):343-51.
5. Peyton FA, Liebold JP, Ridgley GV. Surface hardness, compressive strength, and abrasion resistance of indirect die stones. *J Prosthet Dent.* 1952;2(3):381-9.

6. Sanad MEE, Combe EC, Grant AA. The use of additives to improve the mechanical properties of gypsum products. *J Dent Res*. 1982;61(6):808-10.
7. ADA - Council on Scientific Affairs. ANSI/ADA Specification n° 25, an adoption of ISSO Standard 6873: for Dental Gypsum Products; 1998.
8. Ferracane JL. *Materials in dentistry. Principles and applications*. 2nd ed. Philadelphia: JB Lippincott; 1995.
9. Koslowski T, Ludwig U. Retardation of gypsum plasters with citric acid: mechanisms and properties. In: Kuntze RA. *The chemistry and technology of gypsum - ASTM STP861*. Washington: American Society for Testing and Materials; 1984. p. 97-104.
10. Aiach D, Malone WFP, Sandrik J. Dimensional accuracy of epoxy resins and their compatibility with impression materials. *J Prosthet Dent*. 1984;52(4):500-04.
11. Al-Abidi K, Ellakwa A. The effect of adding a stone base on the accuracy of working casts using different types of dental stone. *J Contemp Dent Pract*. 2006;7(4):17-28.
12. Aramouni P, Millstein P. A comparison of the accuracy of two removable die systems with intact working casts. *Int J Prosthodont*. 1993;6(6):533-9.
13. Serrano JG, Lepe X, Townsend JD, Johnson GH, Thielke S. An accuracy evaluation of four removable die systems. *J Prosthet Dent*. 1998;80(5):575-86.
14. Combe EC, Smith DC. Some properties of gypsum plasters. *Brit Dent J* 1964;117(2):237-45.
15. Fan PL, Powers JM, Reid BC. Surface mechanical properties of stone, resin, and metal dies. *J Am Dent Assoc*. 1981;103(3):408-11.
16. Al-Johani A, Clark RK, Juszczak AS, Radford DR. Effect of surfactant on surface hardness of dental stone and investment casts produced from polyvinyl siloxane duplicating materials. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2008;16(2):77-80.
17. Tredwin CJ, Nesbit M, Butta R, Moles DR. Effect of a laboratory surfactant on compatibility of type IV dental stones with addition-cured silicone impression materials. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2008;16(2):73-6.
18. Lindquist TJ, Stanford CM, Knox E. Influence of surface hardener on gypsum abrasion resistance and water sorption. *J Prosthet Dent*. 2003;90(5):441-6.
19. Schwedhelm ER, Lepe X. Fracture strength of type IV and type V die stone as a function of time. *J Prosthet Dent*. 1997;78(6):554-9.
20. Craig R, Craig RG, Powers JM. *Restorative dental materials*. 11th ed. St. Louis:Elsevier; 2001.
21. Harris PE, Hoyer S, Lindquist TJ, Stanford CM. Alterations of surface hardness with gypsum die hardeners. *J Prosth Dent*. 2004;92(1):35-8.
22. Nakagawa H, Hiraguchi H. Scratch hardness of stone models-measuring conditions. *Dent Mater J*. 2004;23(4):447-52.
23. Sanad ME, Combe EC, Grant AA. Hardening of model and die materials by an epoxy resin. *J Dent*. 1980;8(2):158-62.
24. Mahler DB. Hardness and flow properties of gypsum materials. *J Prosthet Dent*. 1951;1(1-2):188-95.
25. Anusavice KJ, editor. *Phillip's science of dental materials*. 10th ed. Philadelphia: WB Saunders; 1996.
26. Lautenschlager EP, Corbin F. Investigation on the expansion of dental stone. *J Dent Res*. 1969;48(2):206-10.

Recebido: 15/05/2009

Received: 05/15/2009

Accepted: 17/07/2009

Accepted: 07/17/2009

Revisado: 26/11/2009

Reviewed: 11/26/2009