

MATERIAIS PARA MODELAGEM: AVALIAÇÃO DOS TEMPOS DE PRESA, DAS RESISTÊNCIAS À TRAÇÃO E COMPRESSÃO E DAS PARTÍCULAS (MEV)

MATERIALS FOR MOLDING: ASSESSING THE SETTING TIME, TENSILE AND COMPRESSIVE STRENGTHS, AND PARTICLES (SEM)

Casemiro, Luciana Assirati*
Hamida, Hisham Mohamad**
Panzeri, Heitor***
Pires-de-Souza, Fernanda de Carvalho****

RESUMO

Este trabalho comparou os tempos de presa inicial e final e as resistências à tração diametral e compressão de gessos utilizados em odontologia (natural, sintético e reforçado com resina). Os ensaios mecânicos foram realizados nos tempos de 1h e 24h 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. Observou-se que o gesso natural possui propriedades mecânicas superiores e maior tempo de presa que os demais. As partículas do mesmo material se apresentaram maiores que as dos outros gessos, sendo as do gesso reforçado com resina as menores de todas. Conclui-se que há relação direta entre o tamanho das partículas e as propriedades avaliadas, como pode ser observado, por exemplo, para o gesso natural (maiores partículas e maiores valores nos testes realizados).

UNITERMOS: gesso; modelos; resistência à compressão; resistência a tração; microscopia eletrônica de varredura.

SUMMARY

This study compared the initial and final setting times and the diametral tensile and compressive strengths of dental plasters (natural, synthetic and resin-reinforced). The mechanical assays took place 1h and 24h after mixing, and the results were submitted to statistical analysis (Anova two way – Tukey with a level of significance of 95%). The particles were analyzed by scanning electron microscopy, aiming to establish correlations with the assessed properties. The natural plaster showed superior mechanical properties and a higher setting time than the others. The particles and crystals of the natural plaster were larger than that of the other plasters, and the resin-reinforced plaster had the smallest of them all. We conclude there is a straight correlation between particle size and the assessed properties, as we observed, for instance, for the natural plaster (larger particles and greater values on the tests).

UNITERMS: Dental stone, model, compressive strength, tensile strength, scanning electron microscopy.

* Professora Doutora do Curso de Odontologia, UNIFRAN. Pós-doutoranda, FORP-USP.

** Mestrando em Reabilitação Oral, FORP-USP.

*** Professor Titular do Departamento de Materiais Dentários e Prótese, FORP-USP.

**** Professora Doutora do Departamento de Materiais Dentários e Prótese, FORP-USP.

INTRODUÇÃO

Os gessos são um dos materiais mais utilizados em odontologia. Entretanto, possuem desvantagens como a baixa resistência à fratura^{17,18}, a pequena estabilidade dimensional, a sensibilidade da técnica de manipulação e a reduzida resistência à abrasão^{3,7}.

Gessos naturais são obtidos pelo aquecimento do sulfato de cálcio diidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), que se converte em sulfato de cálcio hemidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$), com a perda de 1,5 mol de H_2O ^{2,5}. Condições de temperatura, pressão e umidade são responsáveis pelas propriedades físicas e mecânicas dos produtos obtidos¹³. Sais e colóides podem também ser incorporados para acelerar a presa^{8,11} ou retardá-la¹⁴.

Entretanto, é possível se produzir o α e o β -hemidrato a partir de subprodutos da fabricação do ácido fosfórico, que resultam no chamado gesso sintético⁵. Usualmente mais caros que os naturais, suas propriedades igualam-se ou excedem àquelas dos gessos convencionais¹⁶. Encontra-se no mercado outro tipo de gesso, o resinado, cuja lisura superficial equivale à apresentada pelas resinas epóxicas⁶.

Atualmente, estes materiais são classificados em cinco tipos^{4,10}, com composições químicas semelhantes. Eles diferem entre si principalmente pela forma dos cristais de sulfato de cálcio hemidratado, que estão relacionadas com as propriedades físicas e mecânicas dos materiais em questão⁸.

Diante da importância dos materiais de modelagem no contexto odontológico, este trabalho avaliou o tempo de presa inicial e final, a resistência à tração diametral e a resistência à compressão de gessos odontológicos, em dois tempos distintos (1h e 24h após a manipulação). Foi realizada também a análise das partículas dos materiais em microscópio eletrônico de varredura.

MATERIAIS E MÉTODO

Condições de temperatura e umidade ambiental foram controladas e utilizada água deionizada para evitar a interferência de minerais nela dissolvidos nos resultados¹⁵.

Preparo dos corpos-de-prova para os ensaios de Resistência à Compressão e à Tração

Os materiais avaliados (Rock Plus V, Polidental, São Paulo, SP, Brasil; GC Fuji Rock EP, Leuven,

Bélgica; Tuff Rock, Talladium Inc., Curitiba, PR, Brasil) foram dosados (Rock Plus e GC Fuji Rock – 20:100; Tuff Rock – 21:100) e misturados à vácuo (Turbomix, EDG, São Carlos, SP, Brasil) por 60s (Rock Plus), 40s (Tuff Rock) ou 45s (GC Fuji Rock). A seguir, foram vertidos em matrizes cilíndricas de PVC (4,0 × 2,0 cm) seccionadas em seu longo eixo, com auxílio de vibrador automático (VH Grupo Midas Dental Products Ltda, Araraquara, SP, Brasil). Após 1h, os corpos-de-prova (20 de cada material) foram separados das matrizes.

Verificação do 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, respectivamente¹⁴. A extremidade da agulha menor foi colocada em contato e perpendicularmente à superfície dos gessos manipulados. Seu peso foi liberado sucessivamente, até que não resultasse em marcações^{1,4}. Após a definição do tempo de presa inicial, foi obtido o tempo de presa final, igualmente. Para cada material, os tempos foram tomados por 10 vezes.

Avaliação da Resistência à Compressão e Resistência à Tração

Foram realizados na Máquina Universal de Ensaios DL2000 (EMIC, São José dos Pinhais, PR, Brasil, célula de carga de 2000 kgF e velocidade constante de deslocamento de 5 mm/min). *Ensaio de compressão*: as amostras foram posicionadas verticalmente na de modo que a força incidisse em seu longo eixo. *Ensaio de tração*: as amostras foram posicionados horizontalmente (ensaio de tração por compressão diametral)^{1,4}. Como a resistência do gesso aumenta após a presa inicial¹⁶, foi avaliada também a resistência seca. Assim, os ensaios foram realizados 1h e 24h após a manipulação dos gessos, num total de 10 corpos-de-prova por material para cada tempo. Os resultados foram submetidos à análise estatística (Anova two-way-Tuckey, $p < 0,05$).

Microscopia Eletrônica de Varredura

A análise foi realizada em microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM7500 (Tokyo, Japão). Após o posicionamento das amostras em *stubs* e metalização com ouro (Denton Vacuum, mod. Desk 11, Moorestown, NJ, EUA), observou-se, com aumentos de 500 a 3500 vezes, as partículas dos gessos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificação do tempo de presa (Tabela 1)

Considera-se como tempo de presa inicial aquele obtido quando o escoamento do material se limita e há perda de brilho na superfície do gesso¹³. Dentre os materiais avaliados, esse tempo foi menor para o gesso contendo resina. Consequentemente, o tempo de trabalho, no qual se pode manipular e vaziar o modelo com facilidade^{2,8}, foi proporcionalmente menor para este material. Uma vez que o escoamento diminuiu rapidamente, sugere-se a necessidade de maior habilidade por parte do operador para confecção de modelos com este material. O gesso resinado também apresentou menores valores para o tempo de presa final, que indica o estado mínimo de dureza e resistência à abrasão do material⁸. Nesse caso, esse menor tempo representa uma vantagem clínica e laboratorial. Os outros gessos (natural e sintético) apresentaram tempos de presa inicial e final maiores, porém dentro das especificações^{1,4}. Comparando-se as marcas avaliadas, os tempos de presa (tanto inicial quanto final) diferiram estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

TABELA 1 – Média dos valores obtidos para o ensaio de tempo de presa inicial e final.

Marca comercial	Presa inicial	Presa final
Rock Plus V	7'50" ($\pm 0,64$)	11'30" ($\pm 0,97$)
GC Fuji Rock EP	11'20" ($\pm 0,89$)	14'40" ($\pm 1,21$)
Tuff Rock	16'30" ($\pm 1,05$)	19'40" ($\pm 0,85$)

O tempo de espatulação guarda relação com a velocidade da reação de presa do material⁸. A espatulação rompe os cristais recém-formados e acelera a formação de novos núcleos de cristalização, que aceleram a reação de presa⁵. Entretanto, o aumento excessivo desse tempo tem efeito contrário, uma vez que esses cristais serão quebrados, havendo um menor entrelaçamento inter-cristalino no produto final resultante¹⁵. Os tempos de espatulação adotados neste trabalho foram de 60s (Rock Plus), 40s (Tuff Rock) e 45s (GC Fuji Rock). Segundo o fabricante do GC Fuji Rock, esse tempo pode variar de 30s a 60s; optou-se por utilizar um valor médio de 45s. Os dados obtidos foram concordantes com as afirmações anteriormente realizadas^{5,8,15}, sendo os tempos de presa inicial e final menores para o material com tempo de espatulação maior (Rock Plus).

Evitando a interferência de fatores externos nos tempos de presa dos gessos⁸, foram obedecidas as relações água-pó recomendada pelos fabricantes. Além disso, a padronização da temperatura ambiental e da água (22°C) eliminou a influência desse fator na velocidade da reação de presa (as solubilidades relativas do sulfato de cálcio diidratado e sulfato de cálcio hemididratado se alteram em função do calor)⁸. Uma vez que a umidade pode acelerar ou retardar a presa dos gessos, em função da deposição do sulfato de cálcio diidratado em pequenas ou grandes quantidades, respectivamente^{2,14}, as amostras dos gessos utilizadas foram removidas de embalagens recém-abertas.

Avaliação da Resistência à Compressão (Tabela 2) e Resistência à Tração (Tabela 3)

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão e resistência à tração estão apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

TABELA 2 – Valores e desvio padrão de tensão de compressão (MPa) dos gessos avaliados.

Marca comercial	Tempo	
	1h	24h
Rock Plus V	28,48 ($\pm 0,65$)	38,90 ($\pm 0,41$)
GC Fuji Rock EP	49,79 ($\pm 0,34$)	59,59 ($\pm 1,02$)
Tuff Rock	29,30 ($\pm 1,21$)	39,64 ($\pm 0,90$)

Para o tempo de 1h, os gessos Rock Plus V e Tuff Rock apresentaram valores de tensão de compressão estatisticamente semelhantes. Os dois materiais diferiram do GC Fuji Rock EP ($p < 0,05$), cuja média foi maior que a dos demais. Isso foi observado também no tempo de 24h. Comparando-se os tempos de 1h e 24h, observa-se que todos os materiais apresentaram aumento estatisticamente significativo nos valores de tensão de compressão.

TABELA 3 – Valores e desvio padrão da tensão de tração (MPa) dos gessos avaliados.

Marca comercial	Tempo	
	1h	24h
Rock Plus V	2,46 ($\pm 0,40$)	2,64 ($\pm 0,51$)
GC Fuji Rock EP	3,68 ($\pm 0,34$)	3,88 ($\pm 0,36$)
Tuff Rock	3,07 ($\pm 0,21$)	3,26 ($\pm 0,57$)

Sobre os valores de tensão de tração, observa-se que todos os materiais diferiram entre si consi-

derando-se um mesmo tempo ($p < 0,05$), 1h ou 24h. Entretanto, para uma mesma marca, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os dois tempos avaliados, 1h e 24h.

Freqüentemente, se observa que a resistência de um gesso é citada como úmida ou seca. A resistência seca é geralmente duas a três vezes maior que a úmida^{5,8,9,16}. Neste trabalho, observou-se o aumento da resistência à compressão e tração com o tempo (Tabelas 2 e 3), porém não na proporção citada.

Um material com alto valor de resistência compressiva é mais friável, sendo sua resistência à tração proporcionalmente menor¹⁴. Uma vez que as fraturas dos modelos de gesso ocorrem, na sua maioria, em tração, esta propriedade reflete mais aproximadamente a resistência à fratura destes modelos. O teste de resistência à tração também tem especial importância, pois guarda relação com a dureza superficial do modelo^{5,18}. O gesso GC FujiRock apresentou os maiores valores no ensaio de tração, seguido pelo Tuff Rock e depois pelo Rock Plus V.

Vários fatores influenciam na resistência dos gessos. A proporção água/pó tem efeito pronunciado na resistência à compressão^{2,5,8,13,14,18}, sendo que seu aumento provoca porosidades que enfraquecem o material^{8,12}. Além disso, haverá uma menor quantidade de cristais por unidade de volume, para um determinado peso de hemidrato. Neste trabalho, foram respeitadas as relações determinadas pelos fabricantes e realizada a vibração dos gessos após espatulação e durante o vazamento dos corpos-de-prova, para eliminação de bolhas de ar porventura incorporadas. Os valores de resistência obtidos para o gesso natural, maiores que os demais, são coerentes com a menor relação água/pó apresentada por estes materiais^{5,16,18}. Maiores tempos de espatulação também são relacionados com menores valores de resistência, uma vez que o rompimento de cristais recém-formados resulta num menor entrelaçamento intercrystalino do sulfato de cálcio diidratado¹⁵. Neste trabalho, os menores valores de resistência foram obtidos para o gesso resinado, justamente o que possui maior tempo de espatulação.

Microscopia Eletrônica de Varredura

Partículas menores com formas prismáticas e cubóides foram observadas no gesso resinado (Figura 1). As maiores partículas foram observadas para o gesso natural, clivadas em forma de prisma (Figura 2). O gesso sintético apresentou partículas de tamanho intermediário, irregulares e compactas.

partículas (Figura 3). Considerando que quanto menor a partícula do hemidrato mais rápida será a reação de presa, os resultados desse trabalho (Tabela 1) são concordantes com a literatura² (menor tempo de presa para o gesso resinado). Nas três imagens verificou-se a presença de partículas finas, normalmente presentes nesses materiais².

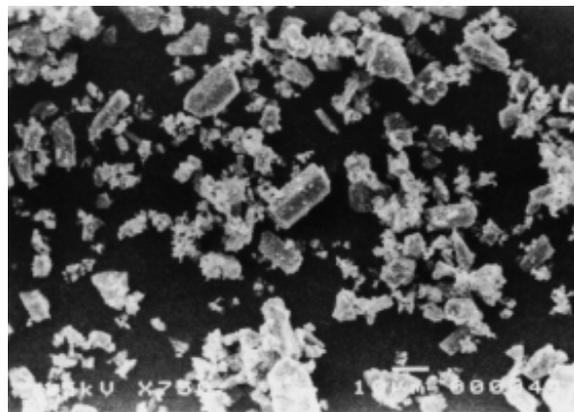


Figura 1 – MEV no gesso resinado: partículas menores com formas prismáticas e cubóides.

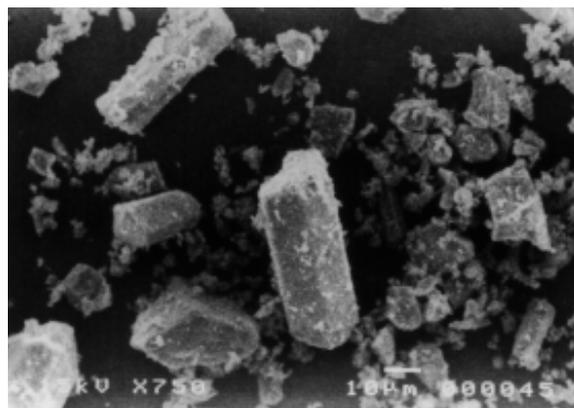


Figura 2 – MEV no gesso natural: partículas maiores com formas prismáticas.

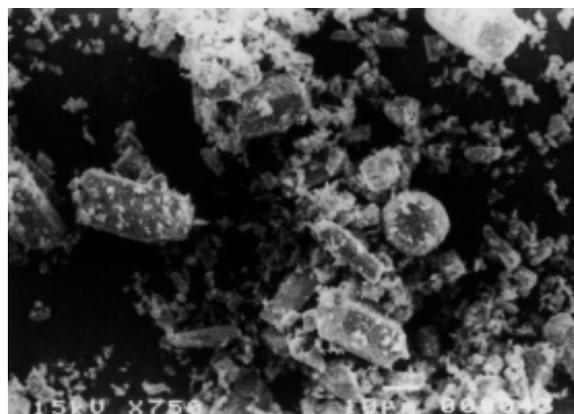


Figura 2 – MEV no gesso sintético: partículas de tamanho intermediário, com formas irregulares e compactas.

Estabelecendo uma relação sobre o tamanho das partículas e resistência dos gessos, observa-se que o material com maiores partículas apresentou os maiores valores de resistência à tração e compressão.

CONCLUSÕES

1. Os tempos de presa inicial e final foram menores para o gesso resinado (Rock Plus V) e maiores para o gesso natural (GC Fuji Rock EP).

2. Em relação à resistência à tração e à compressão, os materiais podem ser classificados na seguinte ordem decrescente: GC Fuji Rock, Tuff Rock e Rock Plus V.

3. O gesso natural possui partículas maiores que o sintético e o resinado.

REFERÊNCIAS

1. ADA Council on Scientific Affairs. ANSI/ADA Specification nº 25 (2000), an adoption of ISO Standard 6873: 1998 for Dental Gypsum Products. [Acesso em 28 set. 2004]. Disponível em <http://www.ada.org/prof/resources/positions/standards/denmat.asp>
2. Anusavice KJ. Phillips: Materiais dentários. 10ª ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan; 1996. p. 111-24.
3. Combe EC, Smith DC. Some properties of gypsum plasters. *Br Dent J*. 1964;117:37.
4. Council on Dental Materials, Instruments and Equipment: Revised American National Standards Institute/American Dental Association Specification nº 25 for dental gypsum products. *J Am Dent Assoc*. 1981;102:351.
5. Craig GC. Restorative Dental Materials. 10ª ed. Missouri: Mosby-Year Book Inc; 1997. p. 63-73.
6. Duke P. Study of the physical properties of type IV gypsum, resin containing, and epoxy die materials. *J Prosthet Dent*. 2000;83(4):466-73.
7. Fan PL, Powers JM, Reid BC. Surface mechanical properties of stone, resin, and metal dies. *J Am Dent Assoc*. 1981;103:408-11.
8. Ferracane JL. Materials in Dentistry. Principles and applications. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1995.
9. Harris PE, Hoyer S, Lindquist TJ, Stanford CM. Alterations of surface hardness with gypsum die hardeners. *J Prosthet Dent*. 2004;92(1):35-8.
10. International Organization for Standardization. Dental Gypsums – compressive strength # 6873: 1998 (E). Geneve: ISO; 1998.
11. Koslowski T, Ludwig U. Retardation of gypsum plasters with citric acid: mechanisms and properties. In: Kuntze RA, editor. The Chemistry and Technology of Gypsum ASTM STP861. Philadelphia: American Society for Testing and Materials; 1984. p. 97-104.
12. Lautenschlager EP, Corbin F. Investigation on the expansion of dental stone. *J Dent Res* 1969;48:206.
13. McCabe JF, Walls AWG. Applied dental materials. 8th ed. Cambridge: Blackwell Science; 1998.
14. O'Brien WJ. Dental materials and their selection. 2nd ed. Carol Stream: Quintessence Publishing Co. Inc; 1997.
15. Pereira T, Santos Júnior GC, Rubo JH, Valle AL. Gesso tipo IV: Influência das técnicas de manipulação. *Rev Fac Odontol Bauru*. 2002;10(3):150-5.
16. Phillips RW. Skinner: Materiais Dentários. 9ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1993. p. 40-53.
17. Schwedhelm R, Lepe X. Fracture strength of type IV and type V die stone as a function of time. *J Prosthet Dent*. 1997;78:554-9.
18. Van Noort R. Introduction to dental materials. London: Mosby; 1994.

Recebido para publicação em: 02/03/2006; aceito em: 19/06/2006.

Endereço para correspondência:

LUCIANA ASSIRATI CASEMIRO
Av. Caramuru, 2100 apto. 901 – Alto da Boa Vista
CEP 14030-000, Ribeirão Preto, SP, Brasil