RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (POR COMPRESSÃO DIAMETRAL) EM GÊSSOS ODONTOLÓGICOS: INFLUÊNCIA DA ESPESSURA DOS CORPOS DE PROVA

Professor Léo Werner Süffert

Professor Catedrático de Materiais
Dentários da Faculdade de Odonto-
logia, UFRGS; Chefe do Departa-
mento de Materiais Dentários.

Professor Ennio Pessoa

Professor Adjunto de Materiais Den-
tários da Faculdade de Odontologia,
UFRGS.

SINOPSE

Verificou-se a influência de diferentes espessuras em corpos de prova de gesso (mantendo-se o diâmetro igual) sobre a sua resistência à tração, pelo método de compressão diametral¹¹, observando-se que a variabilidade na repetição dos ensaios, ou seja, a reprodutibilidade dos ensaios é maior, nos corpos de prova de menor espessura, devendo-se, por este motivo, dar preferência aos mesmos neste tipo de ensaio. Correlacionou-se ainda, os valores de resistência à compressão, com os da resistência à tração, observando-se que a diferença entre as duas, diminui à medida que aumenta a espessura dos corpos de prova sub-

metidos à compressão diametral, quando os resultados forem expressos em esforço. (kg/cm²)

1. INTRODUÇÃO

Qualquer ensaio mecânico em qualquer material de uso odontológico, seja de emprêgo bucal ou no laboratório, possuirá realmente valor, somente se houver uma correlação entre o ensaio e a performance do material quando em uso.

Um dos ensaios mais comumente realizados com materiais odontológicos é o da resistência à compressão. Sabemos, no entanto, que tanto as pressões (ou compressões) exercidas durante a mastigação sobre os mate-

riais restauradores, quanto as pressões (ou compressões) exercidas sobre os materiais de uso laboratorial (como é o caso da prensagem na elaboração de dentaduras, por exemplo), trazem como resultante a indução de esforços de cisalhamento e esforços de tração.

Os diversos métodos sugeridos para ensaios de tração (1), por sua vez, são passíveis de discussões e apresentam inconvenientes, particularmente em relação aos materiais carentes de plasticidade.

Desde o surgimento do método Lobo Carneiro (2), minuciosamente analisado por Peltier (3) e, frequentemente referido na literatura internacional como «brazilian test», (6) em muitas investigações relacionadas com materiais Dentários (4,5,6,7,8), se tem utilizado a «compressão diametral» na verificação da resistência à tração. Inclusive, a mais recente modificação da Especificação Nº 1 da American Dental Association (9), para Ligas para Amálgamas Odontológicos, em seu requisito 3.4 estipula um valor mínimo para a resistência à tração das referidas ligas, por compressão diametral.

Na quase totalidade das investigações relacionadas com ensaios de tração por compressão diametral, os corpos de prova utilizados, apresentam forma e dimensões idênticas às normalmente empregadas em ensaios para a verificação de resistência à compressão. Isto, no entanto, não ocorre na investigação de Earnshaw e Smith (10), os quais para ensaios de compressão diametral utilizaram discos circulares com diâmetro de 1,0 polegada

(25,4 mm) e espessura de 0,5 polegadas (12,7 mm).

Este fato levou-nos ao objetivo principal do presente trabalho, qual seja o de: 1º) **Verificar a influência de diferentes espessuras em corpos de prova de gesso (mantendo-se o diâmetro igual) sobre sua resistência à tração, pelo método de compressão diametral (11).**

2º) **Verificar a relação entre a resistência à tração assim obtida e a correspondente resistência à compressão.**

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizamos dois tipos de gessos: um gesso tipo pedra (marca HERODENT, fabricação Herman Josias S. A. Ind. e Com., Rio de Janeiro) e um gesso tipo «especial» (marca VEL-MIX, fabricação Kerr Dental Mfg. Company, Detroit, Michigan, USA).

Estes gessos foram selecionados por serem dos tipos pedra e especial, os mais empregados pelo cirurgião-dentista brasileiro.

A relação água/pó utilizada, foi aquela correspondente à «consistência para ensaios», segundo as normas propostas para «Produtos à base de gypsum» pela Associação Dentária Americana (12), sendo respectivamente para o Gesso HERODENT = 0,40 e para o Gesso VELMIX = 0,25.

A técnica de espatulação utilizada foi a mecânico-manual, correspondendo à 50 voltas da manivela, executadas em 20 segundos.

O preenchimento dos moldes era

executado sob vibração padronizada por uma técnica que reduzisse ao mínimo a possibilidade de formação de bôlhas ou poros nos corpos de prova resultantes.

Os corpos de prova consistiam, con-

forme se pode observar pela Fig. N° 1, cilindros de três tipos, com diâmetros idênticos (2,515 cm) e espessuras (ou alturas) diferentes e aos quais passamos a denominar respectivamente de:

Fig. 1

Três comprimentos distintos de Corpos de Prova utilizados nos ensaios de tração, por compressão diametral: C.P. Longos, C.P. Médios e C.P. Curtos

	DIÂMETRO	ESPESSURA
CURTOS	2,515 cm $\pm$ 0,005 cm	1,235 cm $\pm$ 0,024 cm
MÉDIOS	2,515 cm $\pm$ 0,005 cm	2,425 cm $\pm$ 0,059 cm
LONGOS	2,515 cm $\pm$ 0,005 cm	3,591 cm $\pm$ 0,046 cm

Nos ensaios para o relacionamen- utilizamos corpos de prova com as
to com a resistência à compressão, seguintes dimensões:

DIÂMETRO

1,350 cm $\pm$ 0,004 cm

ESPESSURA

2,521 cm $\pm$ 0,011 cm

As condições de **temperatura ambiente** e **umidade relativa**, durante a elaboração dos corpos de prova

e ruptura dos mesmos, foram as seguintes:

UMIDADE RELATIVA:

59 $\pm$ 9 %

TEMPERATURA AMBIENTE:

25 $\pm$ 3 ° C

Como nosso objetivo era o de verificar a resistência seca dos gessos nos diversos ensaios e queríamos evitar a influência de variações (ainda que pequenas) de umidade relativa e temperatura ambientes, colocávamos os corpos de prova, tão logo atingiam a sua présa final, numa estufa à 37 ° C, onde permaneciam pelo espaço de 24 horas, permitindo-se sua volta à temperatura

ambiente imediatamente antes da realização dos ensaios.

A comprovação de que o espaço de tempo de 24 horas era suficiente para a eliminação do excesso de água das misturas, foi obtida através pesagens sucessivas, nos diversos corpos de prova que permaneciam por tempos diferentes na estufa à 37 ° C, conforme se pode observar na Tabela N° 1

TABELA N° 1

PESAGENS SUCESSIVAS DOS CORPOS DE PROVA DE GESSO APÓS PERMANÊNCIA NA ESTUFA A 37°C, POR DIFERENTES ESPAÇOS DE TEMPO. (Resultados em gramas)

	Início	1 Hora	5 Horas	24 Horas	96 Horas
CURTOS	10,9615	10,4070	9,3850	9,3485	9,3470
	10,9745	10,3820	9,3690	9,3600	9,3580
	11,1270	10,5570	9,5360	9,5080	9,5070
MÉDIOS	21,6105	20,8075	18,9440	18,3530	18,3500
	21,2190	20,3665	18,4515	18,0300	18,0275
	21,6110	20,7235	18,7655	18,3680	18,3660
LONGOS	32,1910	31,2240	28,6800	27,4155	27,4120
	32,0500	31,2540	28,4800	27,4900	27,4880

Os ensaios de resistência à tração por (compressão diametral) bem como os ensaios de resistência à compressão foram realizados numa máquina de Ensaio Universal Modelo «LOS», Losenhausenwerk, Düsseldorf Maschinenbau A. G., tipo UHP/ZHP 2, sendo a velocidade de aplicação de carga de 225 kg/min e os resultados que adiante apresentamos,

constituem média de no mínimo 20 ensaios para cada variável. Os resultados foram submetidos à análise de variância.

O cálculo para os esforços, nos ensaios de tração, foram realizados, segundo a representação esquemática da Fig. 2, em que T = esforço em kg/cm²; D = diâmetro em cm e t = espessura ou altura em cm.

Fig. 2

Representação esquemática do ensaio de tração por compressão diametral. T = esforço em Kg/cm²; D = diâmetro em cm; t = espessura ou altura em cm.

A Fig. 3, mostra um corpo de prova do tipo MÉDIO, sendo submetido ao ensaio de tração, por compressão diametral.

Na Fig. 4, podemos observar rup-

turas típicas, dos três tipos de corpos de prova, LONGOS, MÉDIOS e CURTOS, submetidos ao referido ensaio.

Eventualmente algum resultado,

apresentava-se totalmente discrepante dos demais. As linhas de ruptura não acompanhavam os diâmetros dos corpos de prova, mas eram tortuosas ou curvas. Nestas oportunidades, constatávamos, invariavelmente, a existência de bôlhas de ar, para onde se dirigiam as rupturas, conforme podemos observar na

Fig. de N° 5. Quando a discrepância ultrapassava o valor máximo estipulado, segundo o item 4.3.5.1 da Especificação N° 11 aceita pelo Grupo Brasileiro de Materiais Dentários (13) o corpo de prova era detidamente examinado e, constatadas as bôlhas existentes, era eliminado.

Fig. 3

Corpo de Prova de comprimento Médio, sendo submetido ao ensaio de tração por compressão diametral.

Fig. 4

Rupturas típicas dos C.P. submetidos aos ensaios de tração pelo Método de Lobo Carneiro.

Fig. 5

Corpos de Prova defeituosos, submetidos aos ensaios de tração por compressão diametral. Valores totalmente discrepantes de cargas de ruptura indicavam, quase que sistematicamente, a presença de enormes bolhas no interior dos C.P., semelhantes as que se podem observar na figura.

3. RESULTADOS

Os resultados obtidos e, expressos em valores de esforços, podem ser observados no Gráfico de Nº I e Tabela Nº 2.

Uma outra expressão destes mesmos resultados, ou seja através cargas de ruptura, é apresentada no

Gráfico de Nº II e Tabela Nº 3.

A diferença de variabilidade dentro dos ensaios à que submetemos os corpos de prova CURTOS, MÉDIOS e LONGOS dos gessos HERODENT e VEL-MIX, poderá ser observada no Gráfico III, cujos resultados foram submetidos à análise estatística, segundo Tabela Nº 4.

Gráfico I

Resistência à tração de duas marcas de Gesso Pedra, pelo método Lobo Carneiro (Compressão Diametral) em função de diversos comprimentos de Corpos de Prova. Ao lado, para fins de comparação, as respectivas resistências à compressão.

Gráfico II

Cargas de ruptura de Corpos de Prova Curtos, Médios e Longos, correspondentes aos ensaios representados no Gráfico I.

Gráfico III

Representação gráfica da Análise da Variância dos experimentos correspondentes ao Gráfico II, em que se observa a **MENOR** variabilidade nos ensaios dos C. P. Curtos, quando comparados com os Médios e Longos. A diferença é estatisticamente significativa ao nível de 1%.

TABELA N° 2

E S F Ó R Ç O (Kg/cm²)

V E L - M I X

	Curtos	Médios	Longos	Compressão
$\bar{x}$	87	54	42	535
s^2	131,94	274,58	238,05	5.523,42
s	11,48	16,57	15,43	74,32
CV	7,50%	30,68%	36,74%	13,89%
e	1,039	3,71	3,45	16,62

H E R O D E N T

	Curtos	Médios	Longos	Compressão
$\bar{x}$	62	36	25	287
s^2	21,63	163,05	95,31	1.742,31
s	4,651	12,769	9,763	41,74
CV	7,50%	35,47%	39,05%	14,54%
e	1,039	2,855	2,182	9,333

TABELA N° 3

CARGAS DE RUPTURA (Kg)

VEL - MIX

	Curtos	Médios	Longos	Compressão
$\bar{x}$	432	508	596	758
s^2	3.503,22	24.229,68	46.306,37	12.054,00
s	59,18	155,66	215,19	109,79
CV	13,70%	30,64%	36,10%	14,48%
e	13,58	34,80	48,12	24,55

HERODENT

	Curtos	Médios	Longos	Compressão
$\bar{x}$	296	345	347	405
s^2	818	14.938	18.477	4.006
s	28,60	122,20	135,93	63,30
CV	9,66%	35,42%	39,17%	15,63%
e	6,395	27,33	30,39	14,15

TABELA N° 4

HERODENT — RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (ESFÓRÇO: kg/cm²)
ANÁLISE DA VARIÂNCIA (Gráfico I e Tabela 2)

FONTE	SQ	GL	QM	F _c
Tratamento	14.343	k-1 = 2	7.171	76,837
Erro	5.320	n-k = 57	93	
TOTAL	19.663	n-1 = 59		

VEL-MIX — RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (ESFÓRÇO: kg/cm²)
ANÁLISE DA VARIÂNCIA (Gráfico I e Tabela 2)

FONTE	SQ	GL	QM	F _c
Tratamento	21.235	k-1 = 2	10.617	49,152
Erro	12.115	n-k = 56	216	
TOTAL	33.350	n-1 = 58		

HERODENT — RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (CARGA DE RUPTURA: kg)
ANÁLISE DA VARIÂNCIA (Gráfico II e Tabela 3)

FONTE	SQ	GL	QM	F _c
Tratamento	33.613	k-1 = 2	16.806	1,472
Erro	650.424	n-k = 57	11.411	
TOTAL	684.037	n-1 = 59		

VEL-MIX — RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (CARGA DE RUPTURA: kg)
ANÁLISE DA VARIÂNCIA (Gráfico II e Tabela 3)

FONTE	SQ	GL	QM	F _c
Tratamento	261.675	k-1 = 2	130.837	5,221
Erro	1.403.243	n-k = 56	25.058	
TOTAL	1.664.918	n-1 = 58		

4. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 MÉDIAS

1. Considerando-se a resistência à tração expressa pela fórmula com-

pensada de Lobo Carneiro (2,3,11) e, submetidos à análise estatística os resultados obtidos com os corpos de prova CURTOS, MÉDIOS e LONGOS dos gessos HERODENT e VEL-MIX, conforme Gráfico I e Tabelas 2 e 4, observamos as seguintes diferenças:

1.1 HERODENT

1.1.1 CURTOS E MÉDIOS: diferença muito significativa (.01)

1.1.2 CURTOS e LONGOS: diferença muito significativa (.01)

1.1.3 MÉDIOS e LONGOS: diferença muito significativa (.01)

1.2 VEL-MIX

1.2.1 CURTOS e MÉDIOS: diferença muito significativa (.01)

1.2.2 CURTOS e LONGOS: diferença muito significativa (.01)

1.2.3 MÉDIOS e LONGOS: diferença significativa (.05)

2. Considerando-se a resistência à tração (por compressão diametral), expressa simplesmente por cargas de ruptura, conforme Gráfico II e Tabela 3 e 4, observamos que:

2.1 HERODENT: não há diferenças significativas entre as médias dos corpos de prova CURTOS, MÉDIOS e LONGOS.

2.2 VEL-MIX: há diferença significativa ao nível de 1%, apenas entre os corpos de prova CURTOS e LONGOS.

4.2 RELAÇÃO ENTRE A RESISTÊNCIA À TRAÇÃO E RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

1. Comparando-se a resistência à compressão com a resistência à tração dos gessos Herodent e Vel-Mix, computando os resultados de cargas de ruptura e esforços, conforme Gráficos I e II e Tabelas 2 e 3, encontramos as seguintes percentagens ou frações:

CARGAS DE RUPTURA

VEL-MIX

CURTOS: 56,99% (1/1,75)
MÉDIOS: 67,02% (1/1,49)
LONGOS: 78,63% (1/1,27)

HERODENT

CURTOS: 73,09% (1/1,37)
MÉDIOS: 85,18% (1/1,17)
LONGOS: 85,68% (1/1,17)

ESFÓRÇO

VEL-MIX

CURTOS: 16,26% (1/6,15)
MÉDIOS: 10,09% (1/9,91)
LONGOS: 7,85% (1/12,74)

HERODENT

CURTOS: (21,60% (1/4,63)
MÉDIOS: 12,54% (1/7,97)
LONGOS: 8,71% (1/11,48)

4.3 VARIÂNCIAS

1. A diferença de variabilidade na repetição dos ensaios entre os corpos de prova CURTOS, MÉDIOS e LONGOS, com os dois gessos pes-

quisados (HERODENT e VEL-MIX) foi por nós estudada através da ANÁLISE DA VARIÂNCIA, a partir das cargas de ruptura, conforme os dados do Gráfico III e Tabelas 3 e 4.

1.1 HERODENT

- 1.1.1 CURTOS e MÉDIOS: diferença muito significativa (.01)
- 1.1.2 CURTOS e LONGOS: diferença muito significativa (.01)
- 1.1.3 MÉDIOS e LONGOS: diferença não significativa

1.2 VEL-MIX

- 1.2.1 CURTOS e MÉDIOS: diferença muito significativa (.01)
- 1.2.2 CURTOS e LONGOS: diferença muito significativa (.01)
- 1.2.3 MÉDIOS e LONGOS: diferença não significativa

5. CONCLUSÕES

5.1 As diferenças das médias, entre os corpos de prova de diferentes espessuras, quando submetidos ao ensaio de tração por compressão diametral, são muito significativas, quando os resultados forem expressos em esforço. As diferenças não

são significativas (exceto num caso), quando os resultados forem expressos simplesmente em cargas de ruptura.

5.2 Relacionando os valores de resistência à compressão com os de resistência à tração, observamos que a diferença entre as duas, nos Gessos por nós pesquisados, diminui à

medida que aumenta a espessura dos corpos de prova submetidos à compressão diametral. (resultados expressos em esforço: kg/cm²).

5.3 A diferença de variabilidade na repetição dos ensaios, ou seja, a reprodutibilidade dos ensaios com os corpos de prova de diferentes espessuras, para a verificação da resistência à tração (por compressão diametral) indica que se deve dar preferência aos corpos de prova de menor espessura, ou seja, os mais curtos.

OBSERVAÇÃO: A explicação para a conclusão 5.3, em nosso entender, reside na ausência de homogeneidade dos materiais utilizados em Odontologia, os quais submetidos à compressão diametral apresentam em estudos de foto-elasticidade orientação das bandas de tensão totalmente diferente. No caso de gessos, nos corpos de prova de menor espessura, as possibilidades de bôlhas e

poros, durante a vibração e preenchimento dos moldes, seria bem menor.

SUMMARY

The influence of different specimen thicknesses on the tensile strenght (by diametral compression method 11) of dental stones has been studdied. It was observed that there was greater reproducibility of results as the thickness of the samples decreased. This leads us to recommend the latter type of samples, when conducting diametral compression tensile strenght tests.

A relationship between the compression strenght and tensile strenght was also studdied. It was found that the difference between the two strenghts decreases as the thickness of the diametral compression strenght samples increases. The results were expressed in stress values.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 — PETRUCCI, Eladio. **Ensaio de qualificação de cimento; determinação da resistência mecânica.** São Paulo, Ass. Bras. de Cimento Portland, 1959. 85p.
- 2 — CARNEIRO, F. L. & BARCELLOS, A. Tensile strenghts of concret. **R.I.L.E.M. Bull.**, 13: 97-107, Mar. 1953.
- 3 — PELTIER, R. Theoretical investigation of the Brazilian Test. **R.I. L.E.M. Bull.**, 19: 26-69, Nov. 1954.
- 4 — SWEENEY, W. T. & BURNS, C. L. Application of the diametral compression test to dental materials. **I.A.D.R. Abstracts**, 43: 122, Jul. 1965.
- 5 — RUDNICK, A. et alii — An analysis of the diametral compression test. **Matls. Res. & Standards.** Apr. 1963. p. 283.
- 6 — KORAN, A. & ASGAR, K. A comparison of dental amalgams made from a spherical alloy and from a comunited alloy. **J. Amer. Dent. Ass.**, Chicago, 75(4): 912-917, Oct. 1967.

- 7 — JOÃO, Mario & CHEVITARESE, Orlando. Relação entre a resistência à compressão e à resistência à tração de gesso. **Odont. Atual**, Rio de Janeiro, 1(1): 23-26, Dez. 1968.
- 8 — NAGAI, Kazuo et alii. Studies on the tensile strenght of dental amalgams by the application of diametral compression. **J. Nihon Univ. sch. Dent.**, Tokyo, 12(1): 9-24, Mar. 1970.
- 9 — COUNCIL ON DENTAL MATERIALS AND DEVICES. American Dental Association Specification n. 1, revised (Effective: june, 1970), **J. Amer. Dent. Ass.**, Chicago, 79: 1206-1209, nov. 1969.
- 10 — EARSHAN, R. & SMITH, D. C. The tensile and compressive strenght of plaster and stone. **Aust. D. J.**, Sidney, 11(6): 415-422, dec. 1966.
- 11 — ASTM STANDARDS. Tentative method of test for splitting tensile strenght of molded concret cylinders. ASTM designation C-496-64T, **ASTM STANDARDS**, 1964, part 10, p. 351.
- 12 — COUNCIL ON DENTAL MATERIALS AND DEVICES (ADA) Proposed A.D.A. Specification for dental Gypsum products. June, 1969, DMG, IADR.
- 13 — GRUPO BRASILEIRO DE MATERIAIS DENTÁRIOS, 11. Especificação para revestimentos para fundições de liga de ouro odontológicas, **GBMD**, Pôrto Alegre, RS, 1966. p. 1-5.
- 14 — LAUTENSCHLAGER, E. P. & HARCOURT, J. K. Photoelastic observation in diametral compression testing. **J. Dent. Res.**, Chicago, 49(1): 175, Jan.-Feb., 1970.