

VLADIMIR NUNES DE BRITO, C. D.

**ESTUDO COMPARATIVO DA CAPACIDADE DE ATIVAÇÃO
DAS MOLAS ESPIRAIS FECHADAS, DETERMINADA POR
CARREGAMENTO AXIAL DE TRAÇÃO**

Orientador: Prof. SIMONIDES CONSANI

Tese apresentada à Faculdade de
Odontologia de Piracicaba, da
Universidade Estadual de Campi-
nas, para obtenção do título de
Mestre em Odontologia - Área
de Ortodontia.

PIRACICABA, SP
1981

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

À minha esposa,

Edclêe.

Aos meus pais,

Ayrton e
Doralice.

Aos Professores Titulares da Área de
Materiais Dentários da Faculdade de
Odontologia de Piracicaba, Universi-
dade Estadual de Campinas,

Dr. Simonides Consani, a quem devemos
dedicação, colaboração e segura orien-
tação deste trabalho, e

Dr. Luiz Antonio Ruhnke, pelas inesti-
máveis sugestões e cálculos estatísti-
cos efetuados.

A G R A D E C I M E N T O S

Nossos agradecimentos a todos que direta ou in diretamente contribuíram para que a realização deste trabalho fosse possível e, muito em especial

- À Universidade Federal da Paraíba, personificada naqueles que pelos seus estímulos constantes apoiam todos quantos se dedicam ao ensino e à pesquisa;
- Ao Prof. Dr. Norberto Nogueira de Castro, Diretor do Centro de Ciências da Saúde;
- Ao Prof. Dr. João Carlos Ayres, Titular da Disciplina de Ortodontia e Odontopediatria;
- Ao Prof. Dr. Robinson Peregrino Montenegro, Coordenador do Curso de Odontologia;
- À Prof.^a Dr.^a Olicélia Viegas de Oliveira, Assistente da Disciplina de Ortodontia;
- Ao Sr. Ottoni Figueiredo Melo, Diretor de Divisão de Material;
- À Pró-Reitoria para Assuntos de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal da Paraíba, pela concessão da bolsa de estudos do Plano Institucional de Capacitação Docente (PICD);

À Prof.^a Dr.^a Sônia Vieira, Titular da Área de Bioestatística da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, pelo assessoramento durante a confecção da análise estatística;

Ao Prof. Dr. Manoel Carlos Muller de Araujo, Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Ortodontia, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, pelos ensinamentos que serviram para ampliar os nossos conhecimentos universitários;

Aos docentes do Curso de Pós-Graduação em Ortodontia, Dr.^s Darcy Flávio Nouer, Maria Helena Castro Almeida, Everaldo Oliveira Santos Bacchi e Norma Sabino Prates, pela nossa valiosa formação cultural e profissional;

Ao Sr. Rui Rodrigues, funcionário das indústrias Itelpa S/A, pela colaboração na realização dos ensaios de laboratório;

Aos Sr. Pedro de Oliveira Miguel e Sr.^{as} Maria Scagnolato F. da Silva, Joselena Casati Lodi e Philomena dos Santos Orcini, funcionários da Área de Ortodontia, pelo apoio e solidariedade oferecidos à minha pessoa.

Í N D I C E

	Pág.
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA	5
PROPOSIÇÃO	13
MATERIAIS E MÉTODOS	15
RESULTADOS OBTIDOS	20
DISCUSSÃO	35
CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
APÊNDICE	47
RESUMO	55

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

A movimentação dos dentes no tratamento ortodôntico é o propósito fundamental da correção da maloclusão. Por essa razão, na prática ortodôntica são usados dispositivos com a finalidade de imprimir movimentos contínuos ao dente.

A força induzida pelos dispositivos é transmitida ao tecido de sustentação, o qual permite a movimentação do dente graças ao complexo mecanismo de reabsorção óssea que se estabelece nas áreas de compressão. Consequentemente, completando o mecanismo, uma neoformação óssea ocorre nas zonas onde existe esforço de tração.

A movimentação deve ser efetuada sem que ocorra dor ou mobilidade do dente, o que implicaria não só na adequada noção técnica como também no conhecimento das diferentes tensões que deverão ser aplicadas ao sistema.

O esforço ideal para a movimentação dos dentes, se causar danos aos tecidos, tem sido motivo para inúmeras pesquisas, como as desenvolvidas por HALDERSON, JOHNS e MOYERS⁶ (1952) ; LEE¹⁰ (1965) ; FASTLICHT⁵ (1973) ; e, ARBUCKLE & SON-DHI¹ (1980).

A força máxima requerida na retração do canino superior foi determinada por STOREY & SMITH¹⁴ (1952) e SMITH & STOREY¹² (1952), como sendo de 150 a 200 gramas. Em estudos posteriores, REYTAN¹¹ (1957) descreveu que um movimento contínuo do canino seria efetutado com uma força máxima de 250 gramas,

sendo que para BURSTONE & GROVES³ (1960), a força de tração para os dentes anteriores seria menor do que a utilizada para o canino, alcançando um índice de 50 a 75 gramas.

Dentre os dispositivos empregados na prática ortodôntica, a mola espiral fechada (*) tem sido utilizada com relativa frequência na movimentação dos dentes. Anteriormente, acreditava-se que se obtinha a tensão necessária quando a mola espiral fechada era distendida de 1/3 a 1/2 do comprimento original. Confirmando esse conceito, BELL² (1951), utilizando cargas adicionais de 50 gramas, concluiu que a mola espiral fechada seria ativada quando sofresse uma elongação correspondente a metade do tamanho original.

Mais recentemente, KOBAYASHI & MURAMATSU⁹ (1972), estudando o mecanismo de ação da mola espiral fechada, relataram que a curva representativa da força de distensão é uma linha reta até o momento em que a carga atingiu 500 gramas, para apresentar, em seguida, uma deformação permanente. No mesmo campo de investigação, WEBB, CAPUTO e CHACONAS¹⁵ (1978) também determinaram a força produzida pela ativação das molas espirais fechadas, sob carga de tensão de até 400 gramas.

Assim sendo, as pesquisas anteriormente referenciadas demonstraram fatos que envolvem variações de forças ob-

(*) tipo "coil spring"

tidas e divergências de métodos aplicados com o objetivo de alterar essas mesmas forças, quer pela modificação da espessura do fio, quer pelo diâmetro da mola, ou ainda, pelo número de espirais da mola.

As razões anteriormente expostas, a nosso vêr, foram suficientes para que este estudo fosse elaborado a fim de determinar a força de tração, quando as molas espirais fechadas são ativadas por meio de carregamento axial de tração, até atingir o limite de deformação permanente.

REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

A exposição do assunto que ora estudamos foi possível graças a bibliografia colocada ao nosso alcance, que nos permitiu a referenda dos trabalhos científicos relatados a seguir:

Em 1951, BELL² determinou a quantidade da força de tração aplicada no uso do elástico e da mola espiral fechada. Cada amostra foi submetida a cargas adicionais de 50 gramas, considerando-se a quantidade de força para cada milímetro de alongação. Concluiu que se obtém uma boa ativação da mola espiral fechada quando ela é comprimida ou estirada aproximadamente a metade do tamanho original.

No ano seguinte, HALDERSON, JOHNS e MOYERS⁶ desenvolveram um trabalho no qual relatam que, teoricamente, a maneira fisiológica ideal de movimentar um dente é usar uma força menor do que a pressão sanguínea capilar, movendo menos que 1 mm de distância. Segundo os autores, isto pode ser mostrado experimentalmente, mais é uma prática clínica impossível. Assim a grande maioria dos movimentos ortodônticos são possíveis por meio de uma resposta tecidual patológica. Alguns dispositivos como a mola espiral mantêm o peso da força relativamente constante permitindo uma recuperação da membrana periodontal.

Ainda em 1952, STOREY & SMITH¹⁴ desenvolveram um estudo no qual analisaram o comportamento do canino durante o movimento de distalização. Concluíram que existe uma

escala ótima de valores de força, a qual seria usada para produzir um movimento máximo do canino sem nenhum movimento da ancoragem. Essa escala de força situa-se aproximadamente entre 150 a 200 gramas. Pelo aumento de força acima da escala considerada ótima, a proporção do movimento do dente decresce e finalmente aproxima-se de zero, quando uma movimentação da ancoragem começa a ocorrer. Uma eficiente retração pode ser obtida com aplicação de forças leves e contínuas.

No mesmo ano de 1952, SMITH & STOREY¹² concluíram que um movimento do canino ocorre rapidamente quando o valor da força aplicada foi da ordem de 150 a 250 gramas. Existe uma escala ótima de pressão sobre a interface dente-alvéolo, a qual produz um nível máximo de movimento do dente.

Em 1957, REYTAN¹¹ analisou os principais fatores envolvidos no sistema de correção ortodôntica. Para isso, foram discutidos a variação individual na reação tecidual, os tipos de força aplicados e os princípios mecânicos envolvidos. Concluiu que a duração de um processo de reabsorção é influenciado pelo comprimento da raiz. Forças intermitentes de 70 a 100 gramas podem produzir áreas de hialinização no lado de pressão do dente, mas de duração mais curta que no movimento contínuo do dente. A quantidade de força aplicada pode variar consideravelmente de acordo com o tipo de movimento requerido; aproximadamente 250 gramas durante o estágio final do movimento contínuo do corpo do canino, e somente 25 gramas, no movimento de extrusão de um dente anterior.

BURSTONE & GROVES³, em 1960, verificaram os valores das forças contínuas aplicadas na retração de dentes anteriores. A relação entre a magnitude da força e o índice de movimentação do dente também foi estudado. Molas helicoidais foram empregadas para retrair dentes anteriores em protusão, em crianças com idade média de 9 anos. O valor inicial da força de tensão da mola variou de 25 a 150 gramas por quadrante, com um índice médio de 13 gramas por milímetro. O grau de movimentação do dente foi determinado a partir de placas laterais a cabeça e calibradores desenhados especialmente para uso intra-oral. Um índice ótimo de movimentação do dente foi observado quando foram aplicadas forças de 50 a 75 gramas. O aumento de magnitude da força não produziu nenhum aumento no índice de movimentação do dente. Uma correlação positiva foi observada entre magnitude de força, dor e mobilidade do dente. A quantidade total do movimento do dente durante um período de 27 dias variou de 0 a 33 mm.

Em 1961, BURSTONE, BALDWIN e LAWLESS⁴ analisaram os princípios biomecânicos das forças contínuas aplicadas em Ortodontia. A fim de utilizar dispositivos ortodônticos, relatam que devem ser considerados numa mola as seguintes características: 1) relacionamento entre força e deformação; 2) a carga em que ocorre deformação permanente; e 3) a escala de ativação dentro do limite elástico. As molas que possuem altos pesos de trabalho permitido e baixa proporção carga-deformação têm altas escalas de ativação. A natureza mecâ

nica do fio usado no sistema ortodôntico pode alterar a proporção e o peso permitido de uma mola. Assim, a proporção peso-deformação pode ser diminuída reduzindo-se a espessura do fio.

HOTZ⁷, em 1964, desenvolveu um trabalho abordando os fatores que influenciam a elasticidade de fios ortodônticos. Considerou que a elasticidade do fio é baseada em três propriedades: dureza, carga permitida e escala de ativação. Os fatores que influenciam a elasticidade compreendem a fórmula e propriedades físicas da liga, configuração, desenho e dimensões do fio. O autor também demonstrou que a resistência de um material a uma determinada força de tensão pode ser observada graficamente. A primeira porção da curva é uma linha reta e indica que a tensão é diretamente proporcional a deformação, isto é, a proporção entre tensão e deformação é constante. Concluiu que a força realizada deveria ser constante através da escala de ativação do fio.

Em 1965, LEE¹⁰ investigou a movimentação do canino superior em grupos de pacientes masculinos de 12 a 14 anos. Os movimentos de inclinação e do corpo do dente foram comparados simultaneamente. Uma força de 450 gramas foi aplicado em cada canino pela ativação de uma mola de torção helicoidal. O autor concluiu que a quantidade ótima de força situa-se na escala de 150 a 260 gramas.

No ano de 1966, JACOBSON⁸, analisando a biomecânica das forças ortodônticas, relatou que o peso permitido é o peso que pode ser aplicado à mola sem que ocorra defor

mação permanente. Por outro lado, se pesos sucessivos foram adicionados à mola, um ponto é atingido onde ocorre a deformação permanente. Após esse ponto, a mola não retorna ao comprimento primitivo, atingindo o seu limite elástico. A escala de ativação dentro do limite elástico é a distância que a mola pode ser defletida antes que ocorra a deformação permanente. Esta escala está intimamente relacionada com o peso ou a carga. Pequenas modificações no diâmetro ou espessura de um fio redondo afetam marcadamente sua dureza ou resistência ao dobramento.

STOLLER¹³, em 1971, descreveu os fatores que reduzem a quantidade da força da mola espiral, como sendo: menor espessura do fio, maior diâmetro da mola, grande número de espirais e menor distância de ativação (expansão ou contração).

Em 1972, KOBAYASHI & MURAMATSU⁹ desenvolveram uma teoria para o mecanismo da mola espiral. Os autores determinaram uma tensão de tração preliminar, parte da produção de força onde a deformação produzida por um peso não se inicia até que 70 gramas de força seja acrescida. Esses autores também determinaram que a curva de alongação é uma linha reta até ela atingir uma carga de 500 gramas; tempo no qual a deformação pela carga aumenta significativamente por causa da deformação permanente.

FASTLICHT⁵, em 1973, demonstrou um método eficiente para a retração do canino por meio de dispositivo uni-

versal, com um mínimo de esforço mecânico e um máximo de controle. Empregou bráquete, tubo vestibular e mola espiral fechada em conjunto com fios leves. Concluiu que o tempo necessário para a retração do canino, usando segmentos de arco ou arco inteiro em combinação com molas espirais fechadas, não foi completamente determinado. Entretanto, uma média de quatro meses é necessário para a retração total do canino superior. O canino inferior requer mais um mês de retração. A força usada variou de 112 a 126 gramas e a reativação das molas foi feita em intervalos de 4 ou 6 semanas.

Em 1978, WEEB, CAPUTO e CHACONAS¹⁵ estudaram os efeitos da espessura, diâmetro e tipos de fios na produção de forças efetuadas por molas espirais fechadas, fabricadas pela Unitek (Hi-T e Permachrome), Ormco (Chromium alloy) e Rock Mountain (Elgiloy). Os testes de extensão das molas foram feitos num aparelho Instron, com os espécimes fixos por meio de alças de fio ortodôntico. Os autores concluíram que mantendo constante a espessura do fio, um aumento do diâmetro da mola produziu uma diminuição da força de tração. Para uma dada espessura de fio, a força variou com os diferentes tipos de fios usados. Assim sendo, o uso de molas espirais fechadas produziu força de magnitude maior do que o necessário para a movimentação ortodôntica.

Mais recentemente, em 1980, ARBUCKLE & SONDHI¹ apresentaram uma análise do mecanismo requerido para a distalização da raiz do canino. A carga empregada foi calibrada

em uma escala de 5 a 150 gramas/cm. Os autores concluíram que as cargas aplicadas são diretamente proporcionais a ativação angular se o limite elástico não for ultrapassado.

PROPOSIÇÃO

PROPOSIÇÃO

Considerando as apreciações expostas inicialmente, e baseando-nos nas diversas opiniões dos autores quando se referem à capacidade de ação das molas espirais fechadas, propusemo-nos a determinar:

- 1 - A carga de tração necessária para a mola espiral fechada atingir o limite de deformação permanente;
- 2 - A influência da interação espessura do fio versus diâmetro da mola, na magnitude do esforço de tração ; e,
- 3 - A influência da manufaturação na magnitude do esforço de tração das molas com características similares.

MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS E MÉTODOS

No presente estudo foram utilizados seis tipos de molas espirais fechadas ("coil springs"), provenientes de três fabricantes diversos, a saber: Rock Mountain (Elgiloy)*, Unitek (Hi-T)** e Dentaurum (Remanit)***.

Os corpos de prova foram confeccionados com molas construídas com fios de 0,008 pol. (0,203 mm) e 0,009 pol. (0,229 mm) de espessura, e cujos diâmetros correspondiam a 0,022 pol. (0,559 mm), 0,030 pol. (0,762 mm) e 0,036 pol. (0,914 mm).

Cinco amostras foram feitas para cada interação espessura do fio versus diâmetro da mola.

Para a confecção dos corpos de prova, a mola foi cortada com 14 mm de comprimento. Em cada extremidade foram separadas algumas espirais, cuja finalidade era amarrar uma alça de fio ortodôntico de 0,007 pol. (0,178 mm) que servia para fixar o conjunto aos mordentes da máquina de ensaios.

Com este procedimento obtínhamos corpos de prova com 10 mm de comprimento. Ao todo foram efetuados 90 ensaios comparativos de tração, distribuídos de acordo com a Tabela 1.

(*) Denver, Co, USA

(**) Monrovia, Ca., USA

(***) Pforzheim, Alemanha Ocidental

TABELA 1 - Corpos de prova confeccionados segundo interação espessura do fio versus diâmetro da mola

Tipos \ Marcas	R. Mountain (Elgiloy)	Unitek (Hi-T)	Dentaurum (Remanit)
0,008 x 0,022	5	5	5
0,008 x 0,030	5	5	5
0,008 x 0,036	5	5	5
0,009 x 0,022	5	5	5
0,009 x 0,030	5	5	5
0,009 x 0,036	5	5	5
Total	30	30	30

Os testes foram efetuados num aparelho INSTRON, modelo 1130*, com capacidade regulada para carga de até 1.000 gramas. A curva de tração versus deformação das molas foi registrada simultaneamente em gráficos com escala de 1:0,100. A velocidade de tração foi calibrada para 100 mm por minuto.

(*) Instron Corp, Canton, Mass., USA

Em seguida, os gráficos tração versus deformação foram interpretados, tendo-se em vista os valores de magnitude de força, necessários para atingir o limite de deformação permanente da mola.

A interpretação gráfica (Figura 1) foi efetuada com auxílio das referências indicativas dos estágios de tração, representados por:

- o = início da ativação da mola;
- x = limite proporcional da mola;
- β = rompimento da mola;
- ox = carga de tração até o limite proporcional da mola;
- oy = alongação da mola;
- oz = estiramento da mola.

O limite proporcional (x) foi determinado no gráfico, no exato momento em que a curva deixou de ser uma reta. Essa reta (ox) indica que a deformação elástica é diretamente proporcional a carga de tração. Além do ponto (x), isto é, quando a curva deixa de ser uma reta, a deformação da mola passa a ser permanente⁷.

Em seguida, traçamos uma reta que passou pelo ponto (x) e se projetou até a coordenada cartesiana correspondente ao eixo vertical (y), com o propósito de obter a medida (oy) que indicou a alongação da mola sob carregamento axial de tração, até o limite proporcional (x).

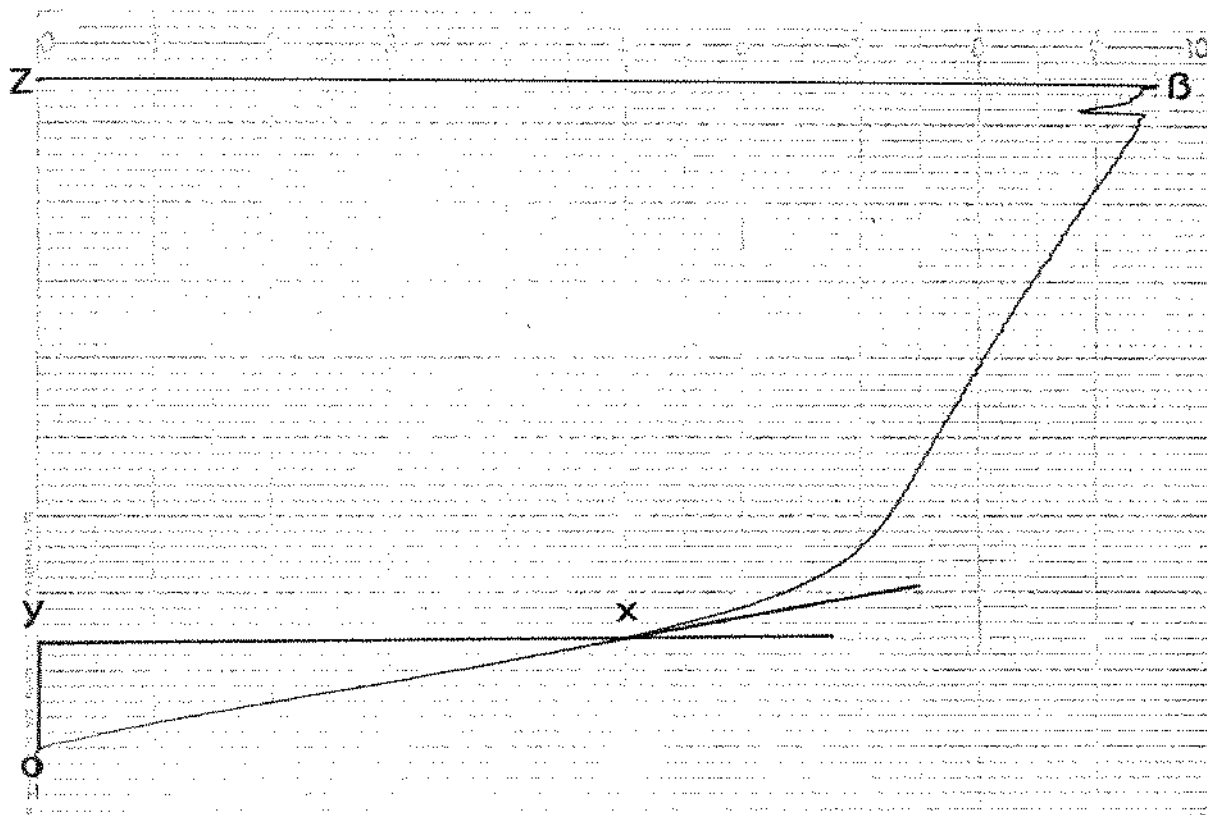


FIGURA 1 - Curva tração-deformação. Início da ativação da mola (o). Limite proporcional (x). Rompimento da mola (B). Carga de tração (ox). Elongação da mola (oy). Estiramento da mola (oz).

RESULTADOS OBTIDOS

RESULTADOS OBTIDOS

De acordo com o critério estabelecido na interpretação dos gráficos, as Tabelas 2 , 3 e 4 mostram os resultados relacionando carga de tração (g) versus deformação (mm), obtidos com molas espirais fechadas das marcas comerciais Rock Mountain (Elgiloy) , Unitek (Hi-T) e Dentaurum (Remanit). Os resultados médios desses valores são vistos na Tabela 5.

As Figuras de 2 a 7 mostram as curvas carga de tração versus deformação, obtidas segundo a interação espessura do fio versus diâmetro da mola ; sendo que as Figuras 8, 9 e 10 mostram essas mesmas curvas relacionando a similaridade do fio, com os quais as molas foram construídas, entre os fabricantes.

TABELA 2 - Resultados relacionando carga de tração (g) versus deformação (mm) obtidos com molas espirais fechadas, da marca comercial Rock Mountain (Elgiloy).

Molas espirais fechadas Rock Mountain (Elgiloy)					
Tipos	Carga de tração (g) x Deformação (mm)				
0,008 x 0,022	400 x 4,0	350 x 4,0	300 x 3,5	400 x 4,0	390 x 4,5
0,008 x 0,030	220 x 3,5	210 x 4,0	200 x 4,0	230 x 3,5	220 x 3,5
0,008 x 0,036	200 x 6,5	200 x 6,0	170 x 5,0	170 x 5,0	170 x 5,0
0,009 x 0,022	450 x 3,0	460 x 3,0	440 x 3,0	460 x 3,0	440 x 3,0
0,009 x 0,030	370 x 4,0	370 x 4,0	360 x 4,0	370 x 5,0	360 x 4,0
0,009 x 0,036	280 x 5,0	290 x 4,5	290 x 4,5	260 x 4,0	260 x 4,5

TABELA 3 - Resultados relacionando carga de tração (g) versus deformação (mm) obtidas com molas espirais fechadas, da marca comercial Unitek (Hi-T).

Molas espirais fechadas Unitek (Hi-T)					
Tipos	Carga de tração (g) x Deformação (mm)				
0,008 x 0,022	530 x 4,5	540 x 5,0	550 x 5,0	570 x 5,5	580 x 5,5
0,008 x 0,030	470 x 8,5	440 x 8,0	460 x 8,0	460 x 8,0	470 x 8,5
0,008 x 0,036	450 x 8,5	420 x 8,0	410 x 9,0	420 x 8,5	430 x 8,0
0,009 x 0,022	630 x 4,5	590 x 4,0	600 x 4,5	620 x 4,0	600 x 4,0
0,009 x 0,030	430 x 5,5	400 x 5,0	410 x 5,0	420 x 5,0	430 x 6,0
0,009 x 0,036	300 x 5,0	300 x 5,0	300 x 5,0	340 x 5,0	330 x 5,0

TABELA 4 - Resultados relacionando carga de tração (g) versus deformação (mm) obtidos com molas espirais fechadas, da marca comercial Dentaurum (Remanit).

Molas espirais fechadas Dentaurum (Remanit)					
Tipos	Carga de tração (g) x Deformação (mm)				
0,008 x 0,022	440 x 5,0	460 x 6,0	450 x 5,0	420 x 5,0	410 x 5,0
0,008 x 0,030	280 x 6,5	260 x 5,0	260 x 5,5	260 x 5,5	250 x 5,0
0,008 x 0,036	240 x 7,5	260 x 8,5	250 x 7,5	220 x 7,0	220 x 6,5
0,009 x 0,022	550 x 4,0	600 x 4,0	550 x 3,5	530 x 3,0	540 x 3,0
0,009 x 0,030	440 x 5,0	420 x 5,0	430 x 6,0	450 x 6,0	450 x 5,0
0,009 x 0,036	390 x 5,0	450 x 7,0	430 x 6,0	420 x 7,0	440 x 7,0

TABELA 5 - Resultados médios da carga de tração (g) versus deformação (mm) obtidos com molas espirais fechadas, das marcas comerciais Rock Mountain (Elgiloy), Unitek (Hi-T) e Dentaaurum (Remanit)

Carga de tração (g) versus Deformação (mm)			
Tipos \ Marcas	R. Mountain (Elgiloy)	Unitek (Hi-T)	Dentaaurum (Remanit)
0,008 x 0,022	368 x 4,0	554 x 5,1	436 x 5,2
0,008 x 0,030	216 x 3,7	460 x 8,2	262 x 5,5
0,008 x 0,036	182 x 5,5	426 x 8,4	238 x 7,4
0,009 x 0,022	450 x 3,0	608 x 4,2	554 x 3,5
0,009 x 0,030	366 x 4,2	418 x 5,3	438 x 5,4
0,009 x 0,036	278 x 4,5	314 x 5,0	424 x 6,4

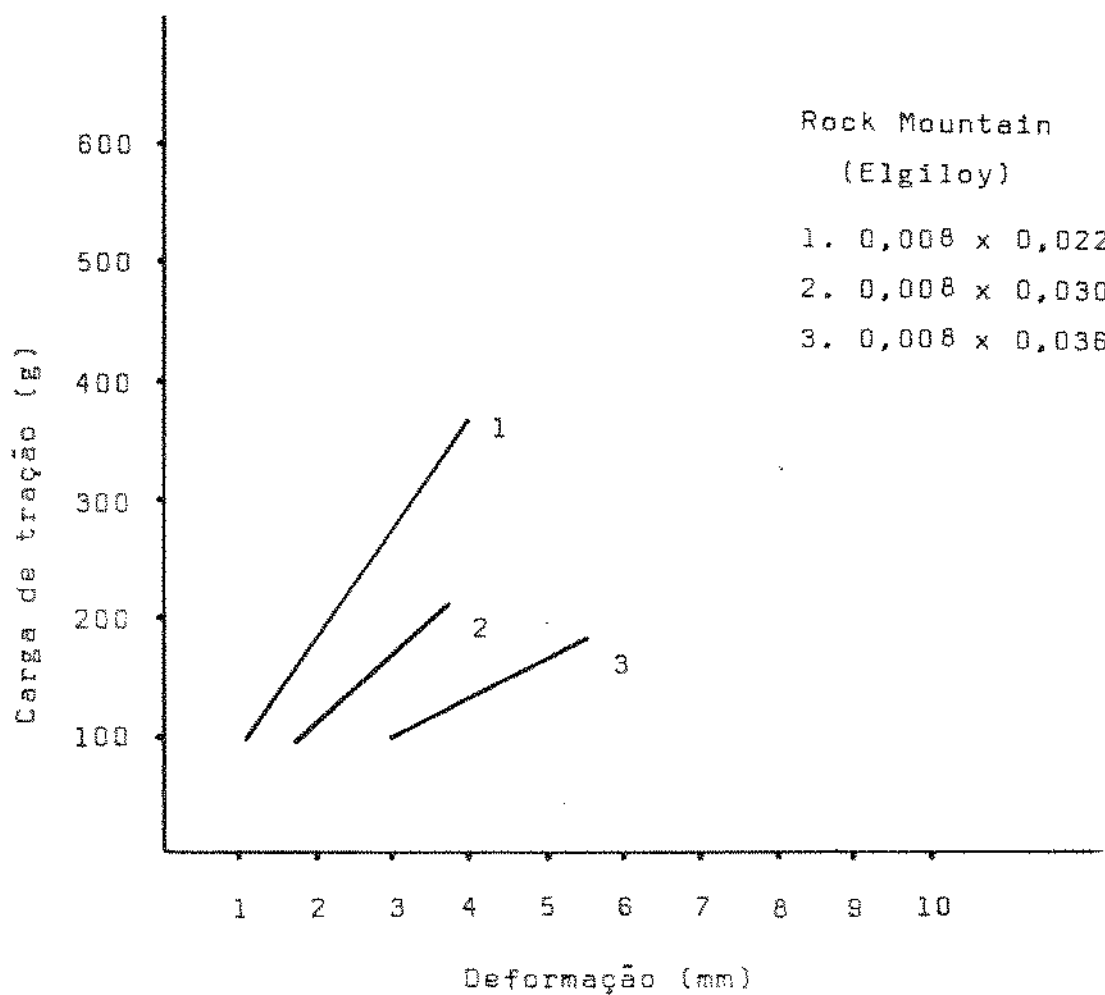


FIGURA 2 - Curva carga de tração-deformação de molas espirais fechadas, construídas com fios de 0,008 pol. (0,203 mm) de diâmetros, da marca comercial Rock Mountain (Elgiloy).

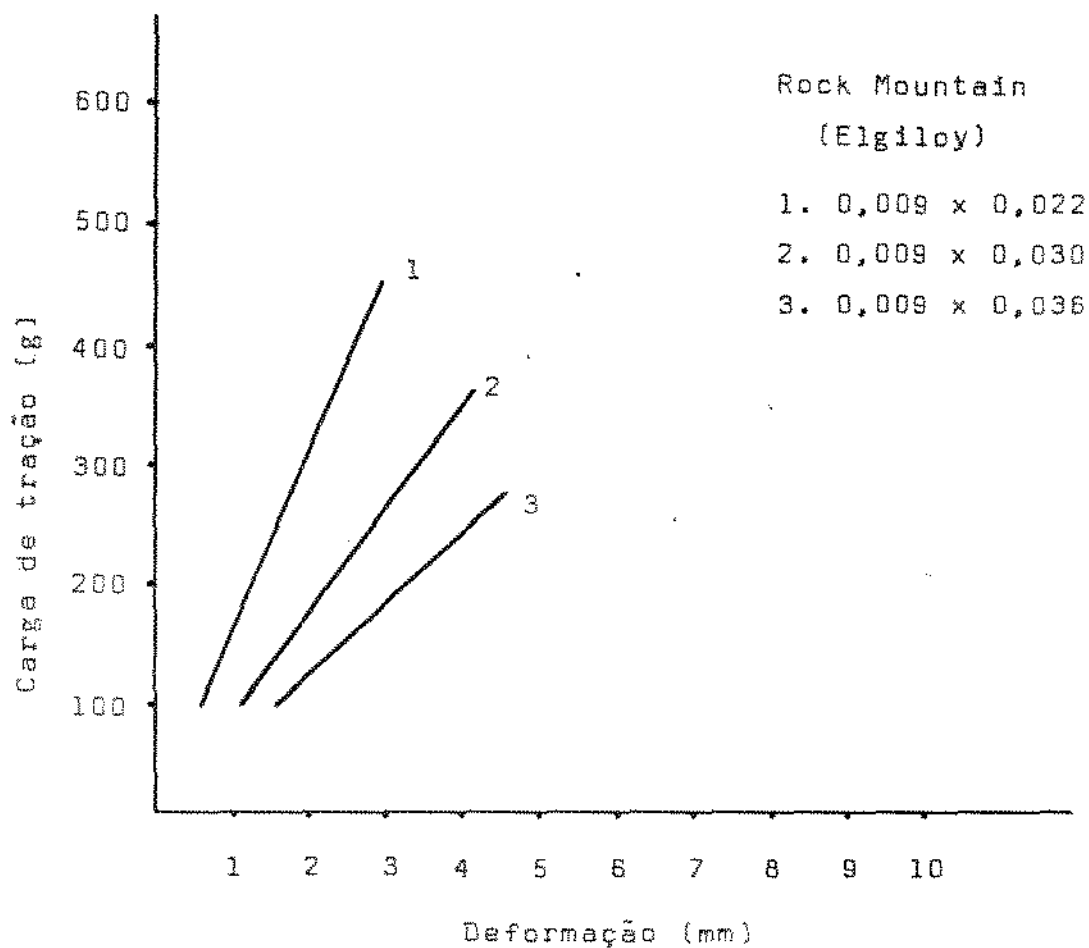


FIGURA 3 - Curva carga de tração-deformação de molas espirais fechadas, construídas com fios de 0,009 pol. (0,229 mm) de diâmetros, da marca comercial Rock Mountain (Elgiloy).

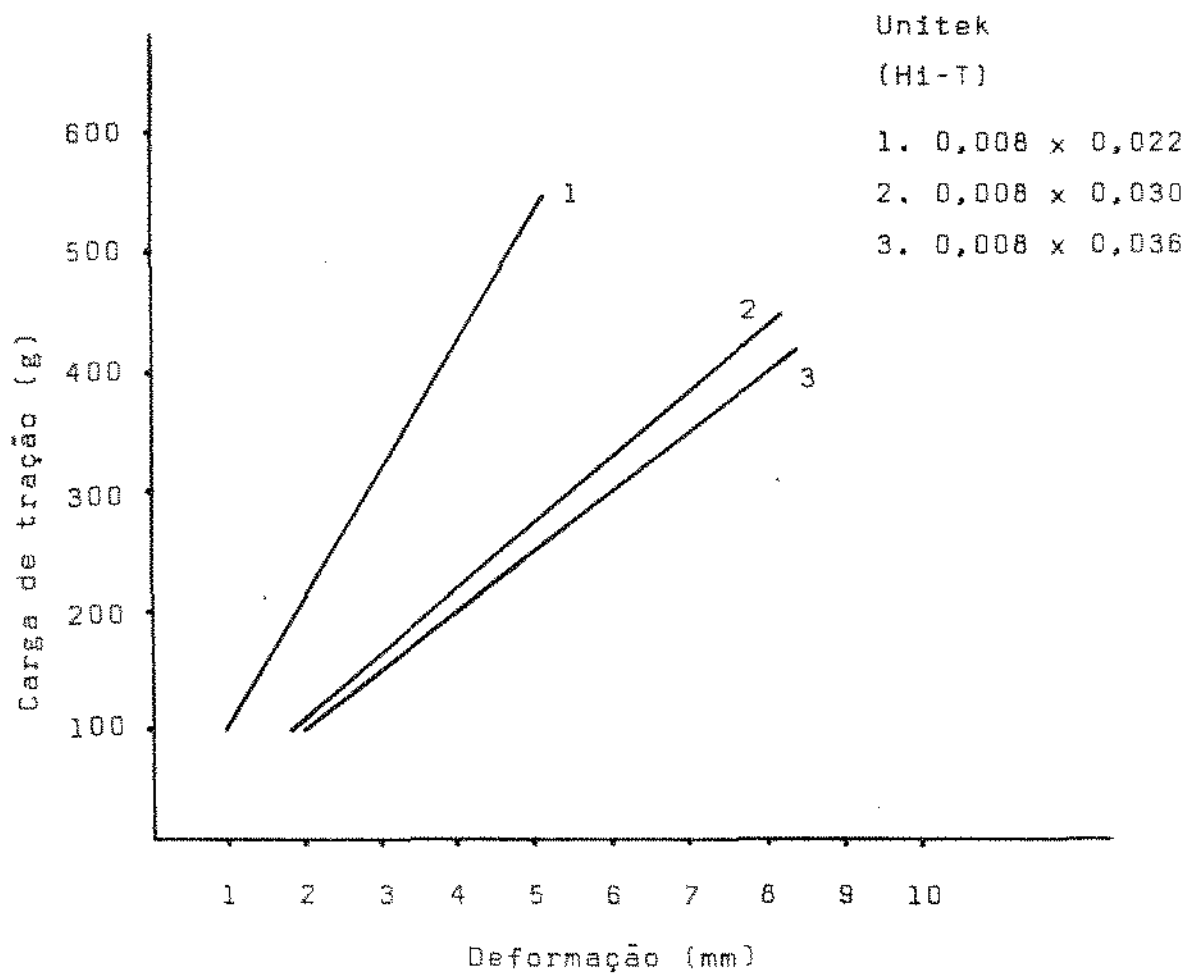


FIGURA 4 - Curva carga de tração-deformação de molas espirais fechadas, construídas com fios de 0,008 pol. (0,203 mm) de diâmetros, da marca comercial Unitek (Hi-T).

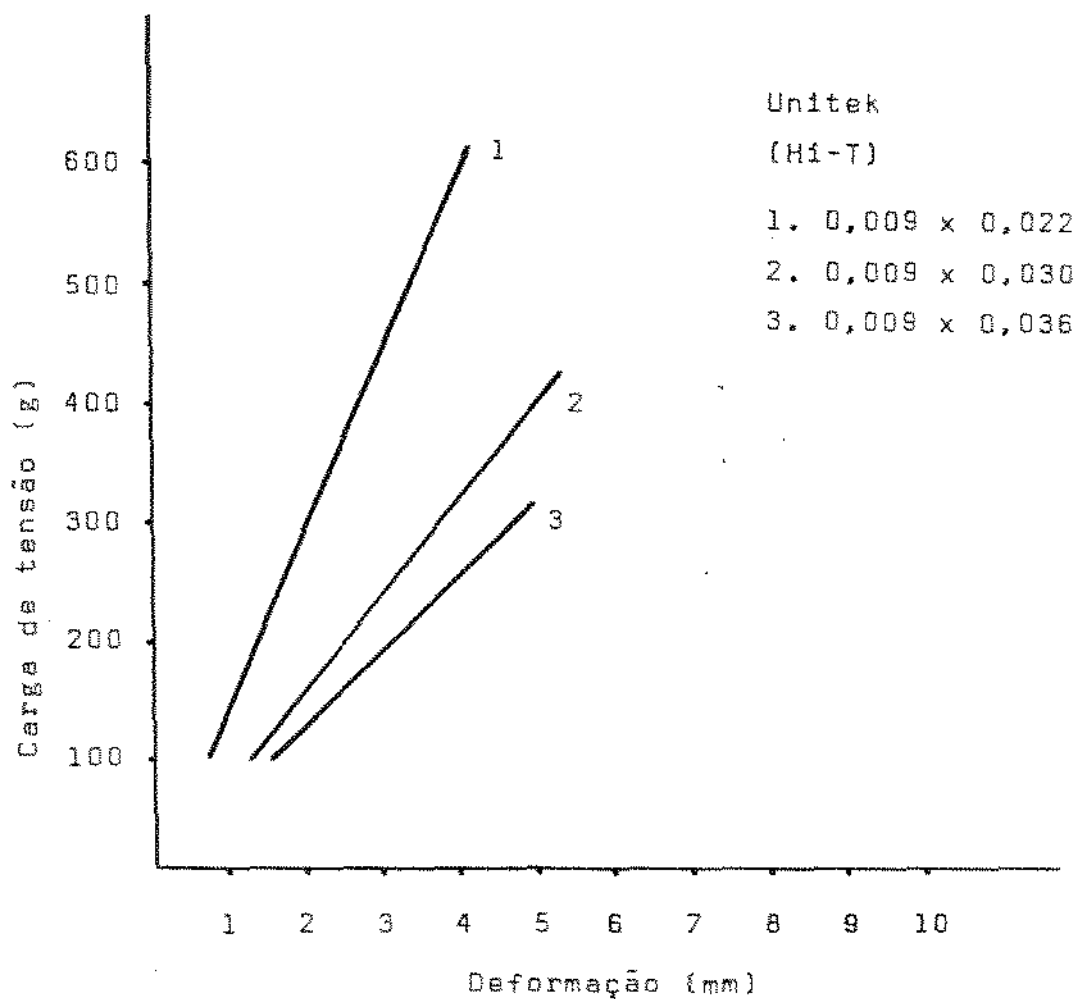


FIGURA 5 - Curva carga de tração-deformação de molas espirais fechadas, construídas com fios de 0,009 pol. (0,229 mm) de diâmetros, da marca comercial Unitek (Hi-T).

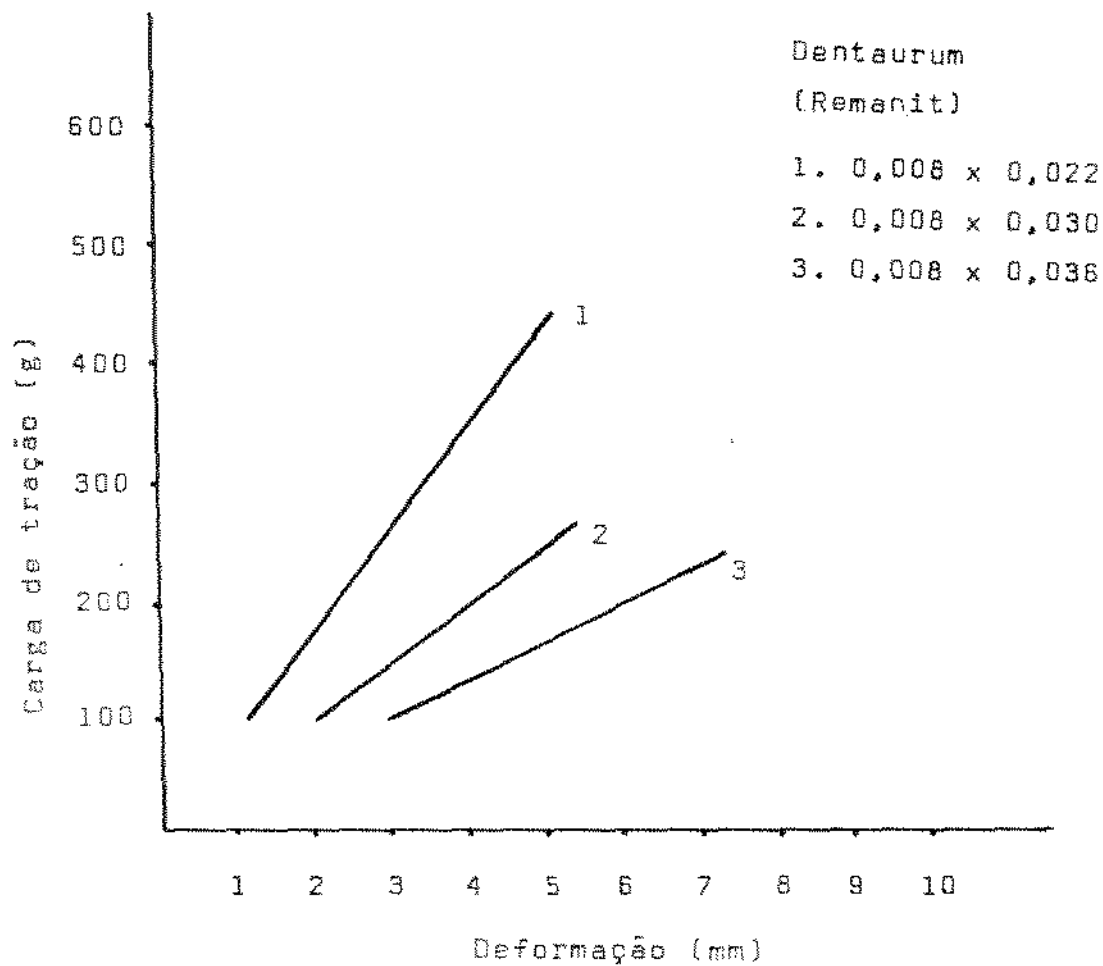


FIGURA 6 - Curva carga de tração-deformação de molas espirais fechadas, construídas com fios de 0,008 pol. (0,203 mm) de diâmetros, da marca comercial Dentaurum (Remanit).

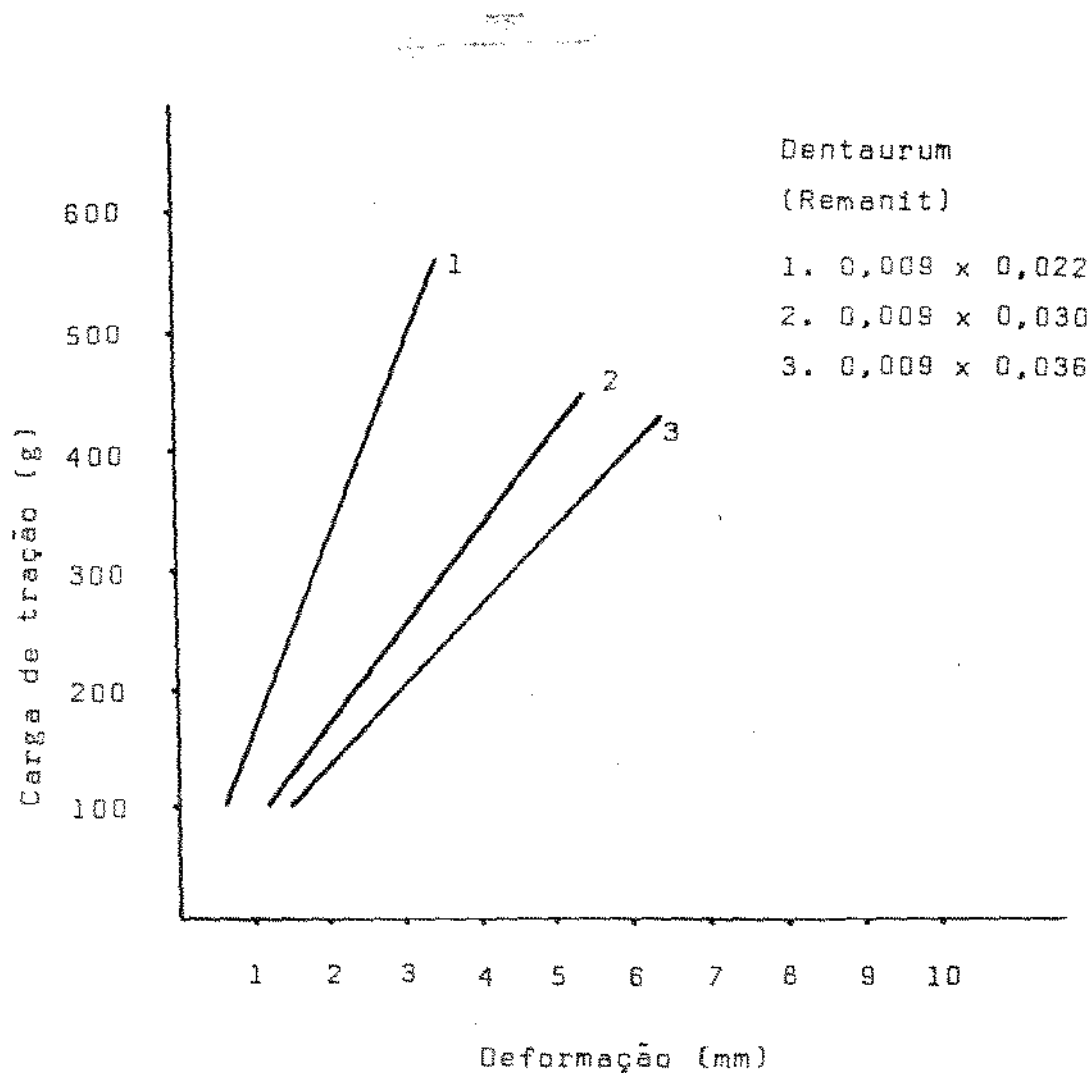


FIGURA 7 - Curva carga de tração-deformação de molas espirais fechadas, construídas com fios de 0,009 pol. (0,229 mm) de diâmetros, da marca comercial Dentaurum (Remanit).

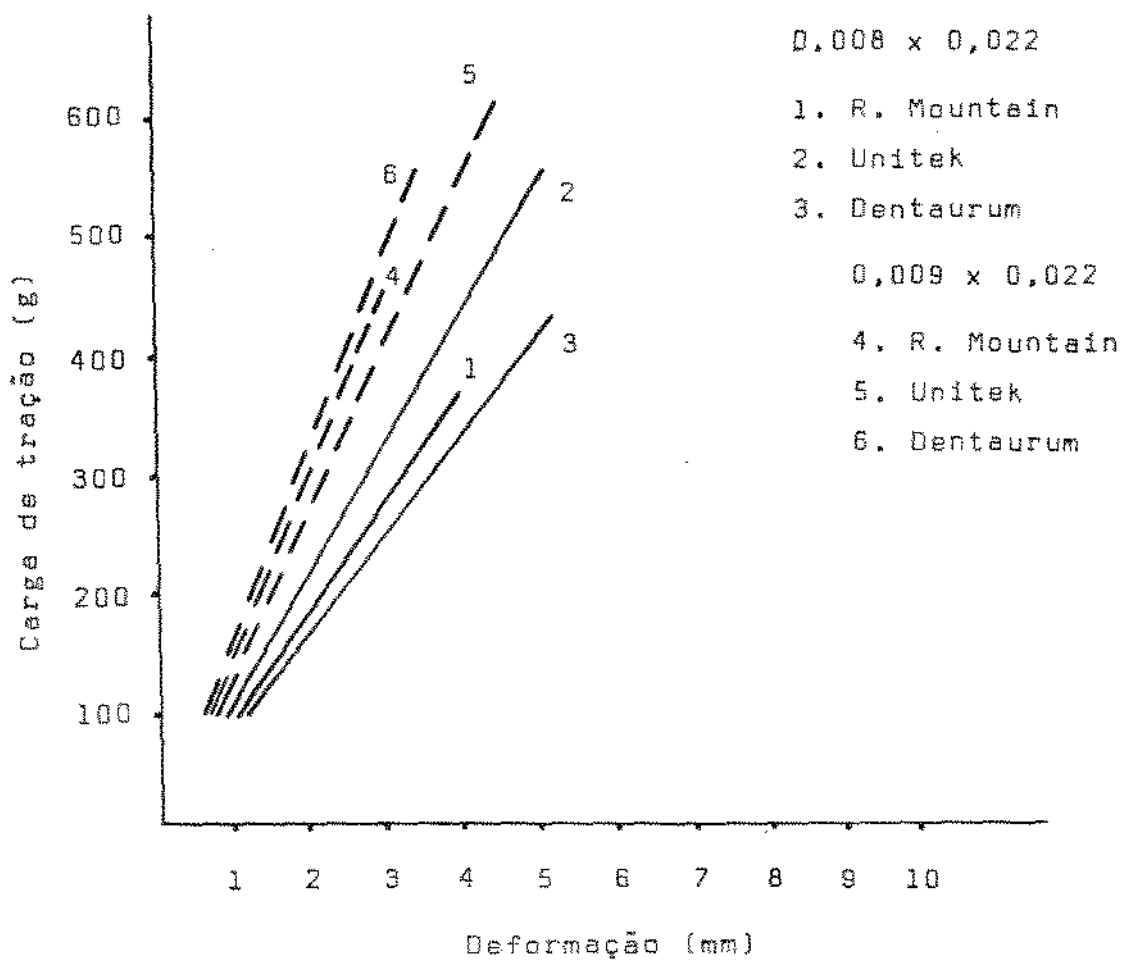


FIGURA 8 - Curva carga de tração-deformação de molas espirais fechadas, construídas com fios de características similares pelos fabricantes Rock Mountain (Elgiloy), Unitek (Hi-T e Dentaaurum (Remanit)).

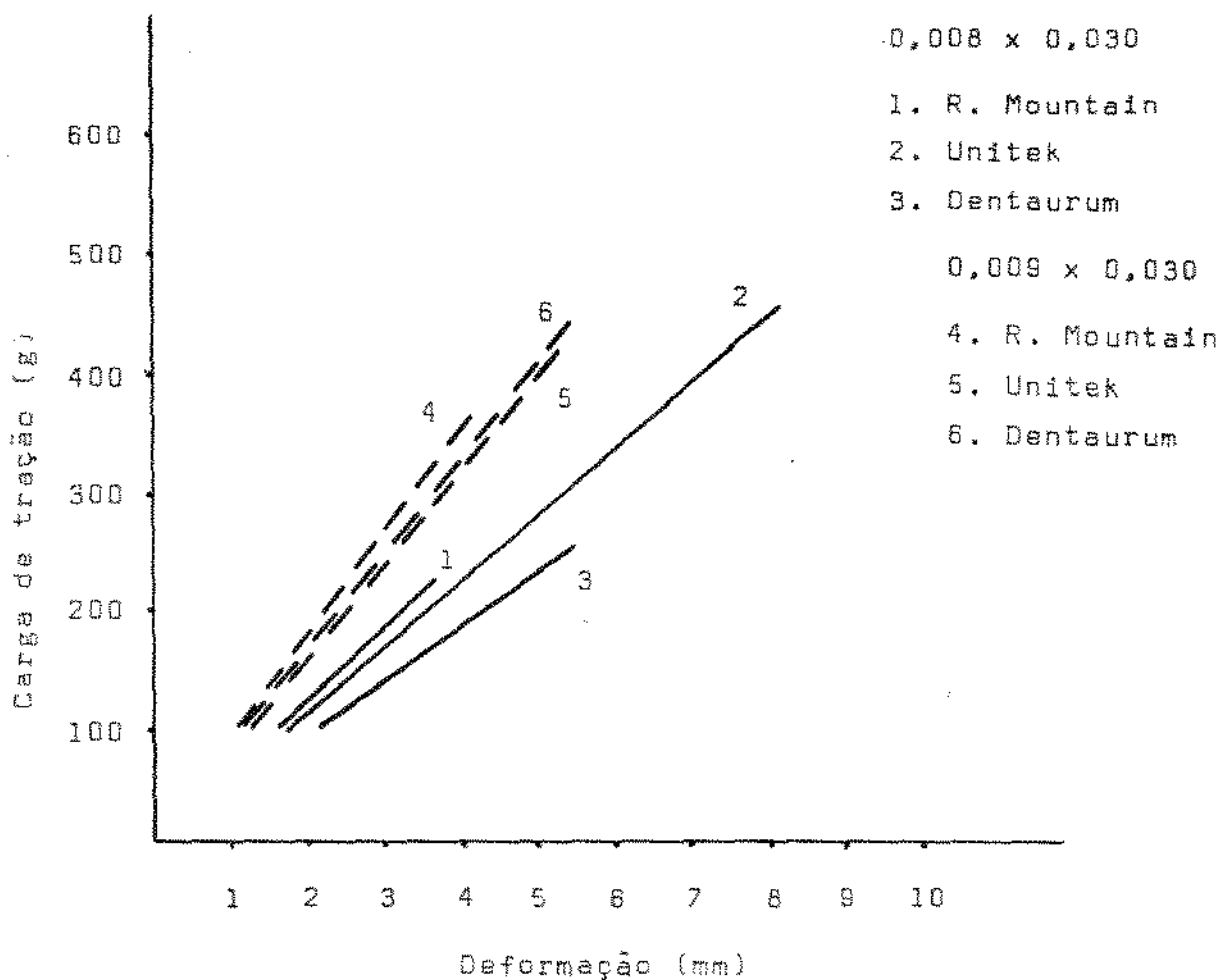


FIGURA 9 - Curva carga de tração-deformação de molas espirais fechadas, construídas com fios de características similares pelos fabricantes Rock Mountain (Elgiloy), Unitek (Hi-T) e Dentaureum (Remanit).

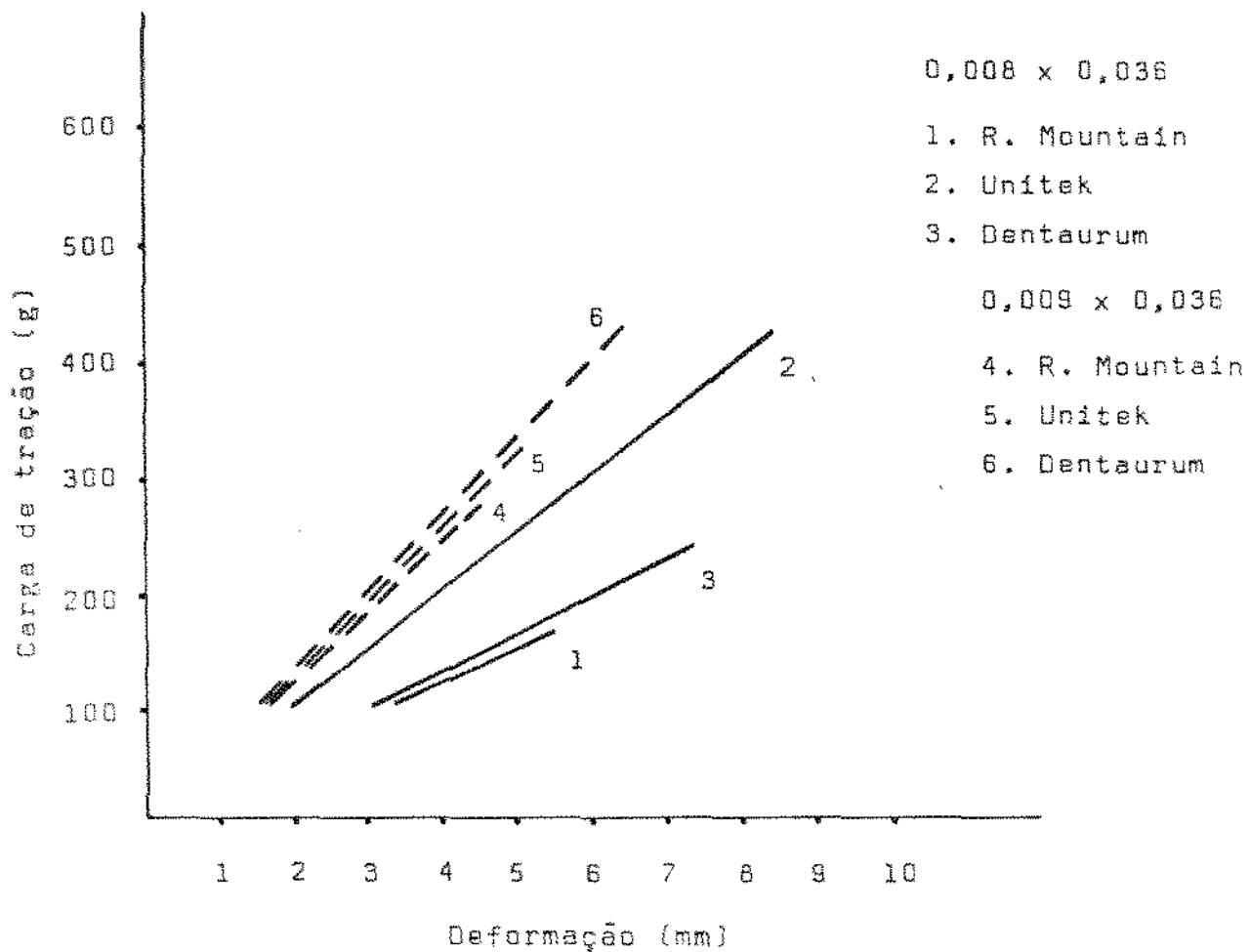


FIGURA 10 - Curva carga de tração-deformação de molas espirais fechadas, construídas com fios de características similares pelos fabricantes Rock Mountain (Elgiloy), Unitek (Hi-T) e Dentaureum (Remanit).

D I S C U S S Ã O

DISCUSSÃO

O propósito principal deste trabalho foi determinar a carga de tração necessária para que a mola espiral fechada atingisse o limite de deformação permanente.

Assim sendo, quando analisamos a Tabela 5, verificamos que a carga de tração necessária para deformar uma mola é bastante variável. Para atingir o limite de deformação permanente, as molas requerem uma carga de tração cuja escala variou de 182 a 608 gramas. A menor carga foi observada na tração da mola 0,008 x 0,036 pol. (0,203 x 0,914 mm), fabricada pela Rock Mountain (Elgiloy), na qual a deformação permanente ocorreu com 182 gramas. Por outro lado, a maior carga foi verificada na tração da mola 0,009 x 0,022 pol. (0,299 x 0,599 mm), cuja deformação requereu 608 gramas.

Segundo JACOBSON⁸, essa escala significa que uma determinada mola, após esse ponto, não retorna mais ao comprimento primitivo, atingindo o seu limite elástico. Assim, a escala de ativação dentro do limite elástico é a distância que a mola pode ser defletida antes que ocorra a deformação permanente.

Entretanto, quando consideramos a força necessária para o movimento de retração do canino superior, notamos que a recomendação de STOREY & SMITH¹⁴ e SMITH & STOREY¹² é de 150 a 200 gramas. Já, para REYTAN¹¹, uma carga de 250 gramas produziria um movimento contínuo do canino, sendo que, de acordo com BURSTONE & GROVES³, a retração dos dentes ante

riores ocorreria com 50 a 75 gramas.

Portanto, em nosso trabalho, a obtenção da escala de 182 a 608 gramas, limite de deformação das molas, indica que a força de tração produzida ultrapassa a magnitude necessária para a movimentação ortodôntica dos dentes. Parece-nos que a capacidade de carga além da necessária para a retração dos dentes é uma constante das molas espirais fechadas, visto que também WEBB, CAPUTO e CHACONAS¹⁵ chegaram a essa conclusão quando estudaram as molas fabricadas por Unitek (Hi-T e Permachrome), Ormco (Chromium alloy) e Rock Mountain (Elgi Toy).

As representações gráficas das curvas cargas de tração-deformação das molas podem ser vistas nas Figuras 2 a 7. Elas mostram as variações encontradas no que diz respeito a espessura do fio e ao diâmetro da mola, na obtenção da magnitude da força de tração. A influência dessas variáveis na obtenção da carga indica-nos uma diminuição da força requerida quando a espessura do fio foi mantida constante e o diâmetro da mola foi aumentado. Assim, nas mesmas condições, para obtermos uma mesma carga, haverá necessidade de maior elongação da mola, cujo limite será, obviamente, estabelecido pela mola que apresentar menor carga. Consequentemente, dentro desse limite, para uma mesma elongação, notamos um aumento da magnitude de força com a diminuição do diâmetro da mola. Esses dados corroboram a afirmação de STOLLER¹³ que diz ser "a menor espessura do fio, o maior diâmetro da mola e a menor dis

tância de ativação, os fatores que reduzem a quantidade de força da mola espiral".

Nas Figuras de 8 a 10, notamos que existe influência da manufaturação na magnitude do esforço de tração das molas com características similares. Assim sendo, com base na análise de variância e no teste de Tukey, verificamos, ao nível de 1%, que as molas construídas com fio de espessura 0,008 pol. (0,203 mm), fabricadas pela Unitek (Hi-T) obtiveram carga de tração estatisticamente superiores as obtidas pelas Dentaurum (Remanit) e Rock Mountain (Elgiloy), nos três diâmetros de mola estudados. Por outro lado, as molas fabricadas pela Dentaurum (Remanit) e Rock Mountain (Elgiloy) não apresentaram a mesma uniformidade de resultados demonstrada pela Unitek (Hi-T). Assim, nos diâmetros 0,022 pol. (0,559 mm) e 0,036 pol. (0,914 mm), a carga de tração obtida pela Dentaurum (Remanit) é maior do que a mostrada pela Rock Mountain (Elgiloy), sendo que o mesmo não aconteceu com o diâmetro 0,030 pol. (0,762 mm), quando as cargas de ambas não diferem estatisticamente.

As molas construídas com fios de 0,009 pol. (0,229 mm) de espessura apresentaram resultados menos constantes, onde a supremacia da Unitek (Hi-T) sobre as demais só foi notada no diâmetro 0,022 pol. (0,559 mm). Neste diâmetro, os resultados obtidos pela Dentaurum (Remanit) são superiores aos mostrados pela Rock Mountain (Elgiloy).

As cargas mostradas pelo diâmetro 0,030 pol. (0,762 mm) indicam que não existe diferença significativa entre os valores apresentados pelas molas Unitek (Hi-T) e Dentaurum (Remanit), sendo, entretanto, ambas estatisticamente superiores aos da Rock Mountain (Elgiloy). Já, no diâmetro 0,036 pol. (0,914 mm), a carga média exigida pela Dentaurum (Remanit) mostrou-se superior as obtidas pelas Unitek (Hi-T) e Rock Mountain (Elgiloy), que não diferem entre si.

A nosso ver, a grande variação na obtenção da carga de tração entre molas similares ocorreu certamente influenciada por alguma diferença de fabricação no que diz respeito ao diâmetro das molas e também pelas características físicas dos diferentes tipos de fios usados.

Podemos, ainda, verificar que a carga de tração é significativamente maior para o fio de espessura 0,009 pol. (0,229 mm) do que para a espessura 0,008 pol. (0,203 mm), nas três marcas comerciais estudadas. Estes dados confirmam as informações de BURSTONE, BALDWIN e LANLESS⁴ e de STOLLER¹³, nas quais a proporção carga-deformação e a quantidade de força de uma mola espiral, podem ser diminuídas com a redução da espessura do fio.

CONCLUSÃO

CONCLUSÃO

Baseando-nos na exposição e discussão apresentadas no decorrer desta tese, julgamos que será válido emitir as seguintes conclusões:

- 1 - A mola espiral fechada, para atingir o limite de deformação permanente, requer uma carga de tração cuja escala variou de 182 a 608 gramas.
 - 1.1 - A menor carga requerida foi observada na tração da mola 0,008 x 0,036 pol. (0,203 x 0,914 mm), fabricada pela Rock Mountain (Elgiloy), na qual a deformação permanente foi obtida com 182 gramas.
 - 1.2 - A maior carga requerida foi verificada na tração da mola 0,009 x 0,022 pol. (0,229 x 0,599 mm), fabricada pela Unitek (Hi-T), na qual a deformação permanente foi obtida com 608 gramas.

- 2 - A interação espessura do fio versus diâmetro da mola influenciou a obtenção da magnitude do esforço de tração, nas três marcas comerciais estudadas.
 - 2.1 - Mantendo-se constante a espessura do fio, observamos uma diminuição da força requerida quando o diâmetro da mola foi aumentado.
 - 2.2 - Para obtenção de uma mesma carga, verificamos a necessidade de se efetuar maior alongação quando a espessura do fio foi mantida constante e o diâmetro da mola aumentado.

2.3 - Para uma mesma elongação, um aumento da magnitude de força de tração foi observado com a diminuição do diâmetro da mola.

3 - Baseando-se na similaridade das molas, foi observada uma influência da manufaturação na magnitude do esforço de tração, como se segue:

3.1 - Para o fio de 0,008 pol. (0,203 mm):

a) A carga obtida com o diâmetro 0,022 pol. (0,559 mm), da marca Unitek (Hi-T), é maior do que a mostrada pela Dentaurum (Remanit) e está maior do que a observada pela Rock Mountain (Elgiloy).

b) Para o diâmetro 0,030 pol. (0,762 mm), a carga obtida pela Unitek (Hi-T) é maior do que as mostradas pelas Dentaurum (Remanit) e Rock Mountain (Elgiloy).

c) No diâmetro 0,036 pol. (0,914 mm), a carga exigida pela Unitek (Hi-T) é maior do que a obtida pela Dentaurum (Remanit) e esta maior do que a mostrada pela Rock Mountain (Elgiloy).

3.2 - Para o fio de 0,009 pol. (0,229 mm):

a) A carga obtida com o diâmetro 0,022 pol. (0,559 mm), da marca Unitek (Hi-T), é maior do que a mostrada pela Dentaurum (Remanit) e esta maior do que a observada com a Rock Mountain (Elgiloy).

- b) Para o diâmetro 0,030 pol. (0,762 mm), as cargas obtidas pelas marcas Unitek (Hi-T) e Denta^urum (Remanit) são maiores do que a mostrada pela Rock Mountain (Elgiloy).
- c) No diâmetro 0,036 pol. (0,914 mm), a carga exigida pela Denta^urum (Remanit) é maior do que as obtidas pelas marcas Unitek (Hi-T) e Rock Mountain (Elgiloy).

3.3 - A carga de tração é significativamente maior para o fio de espessura 0,009 pol. (0,229 mm) do que para a espessura 0,008 pol. (0,203 mm).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARBUCKLE, G. R. & SONDHI, A. Canine root movement: An evaluation of root springs. Am. J. Orthod., St. Louis, 77(6): 626-635, June 1980.
2. BELL, W. R. A study of applied forces as related to the use of elastics and coil springs. Angle Orthod., Appleton, 21(3): 151-154, July 1951.
3. BURSTONE, C. J. & GROVES, M. H. Threshold and optimum force values for maxillary anterior tooth movement. J. dent. Res., Chicago, 39(4): 695, July/Aug. 1960. (Abstract).
4. BURSTONE, C. J. ; BALDWIN, J. J. ; LAWLESS, D. T. The application of continuous forces to orthodontics. Angle Orthod., Appleton, 31(1): 1-14, Jan. 1961.
5. FASTLICHT, J. Efficient canine retraction with the universal appliance. Am. J. Orthod., St. Louis, 64(3): 270-277, Sept. 1973.
6. HALDERSON, H. ; JOHNS, E. E. ; MOYERS, R. The selection of forces for tooth movement. Am. J. Orthod., St. Louis, 39: 25-35, 1952.
7. HOTZ, B. Force determination and control in orthodontics. J. dent. Ass. S. Africa, Cape Town, 19: 370-373, Dec. 1964.
8. JACOBSON, A. Biomechanics of orthodontic forces. J. dent. Ass. S. Africa, Cape Town, 21(2): 211-218, July 1966.

9. KOBAYASHI, K. & MURAMATSU, A. Mechanics of orthodontic springs. J. Japan Stomatol. Soc., Tokyo, 39(1): 1-15, 1972. In: WEBB, R. I. et alii. Orthodontic force production by closed coil springs. Am. J. Orthod. St. Louis, 74(4): 405-409, Oct. 1978.
10. LEE, B. W. Relationship between tooth-movement rate and estimated pressure applied. J. dent. Res., Chicago, 44(5): 1053, Sept./oct. 1965 (Abstract).
11. REYTAN, K. Some factors determining the evaluation of forces in orthodontics. Am. J. Orthod., St. Louis, 43(1): 32-45, Jan. 1957.
12. SMITH, R. & STOREY, E. The importance of force in orthodontics. The design of cuspid retraction springs. Austr. Dent. J., Melbourne, 56(6): 291-304, Dec. 1952.
13. STOLLER, A. E. The Universal Appliance. The C. V. Mosby Co., St. Louis, 1971, cap. 6, p. 54-59.
14. STOREY, E. & SMITH, R. Force in orthodontics and its relation to tooth movement. Austr. J. Dent., Melbourne, 56(1): 11-18, Feb. 1952.
15. WEBB, R. I. ; CAPUTO, A. A. ; CHACONAS, S. J. Orthodontic force production by closed coil springs. Am. J. Orthod., St. Louis, 74(4): 405-409, Oct. 1978.

APÊNDICE

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados relativos às cargas de tração obtidos pelas molas espirais fechadas, construídas com fios de 0,008 pol. (0,203 mm) e 0,009 pol. (0,229 mm) de espessura, e cujos diâmetros correspondiam a 0,022 pol. (0,559 mm) , 0,030 pol. (0,762 mm) e 0,036 pol. (0,914 mm) , confeccionadas pelos fabricantes Rock Mountain (Elgiloy) , Unitek (Hi-T) e Dentaureum (Remanit) , são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Para verificar se existem diferenças entre cargas médias, os dados das Tabelas 1 e 2 foram submetidos a uma análise de variância, em esquema fatorial, conforme mostra a Tabela 3.

Os dados F , que constam na Tabela 3 , são todos significantes ao nível de 1%. Para comparar médias, duas a duas, procedeu-se então ao teste de Tukey, ao nível de 1% de significância.

A diferença média significativa (DMS) pode ser vista na Tabela 4.

Com base na análise de variância e no teste de Tukey, pode-se afirmar que:

- 1 - Em média, a carga de tração é significativamente maior para o fio de espessura 0,009 pol. (0,229 mm) do que para a espessura 0,008 pol. (0,203 mm), ao nível de 1%.

2 - Em ambas espessuras de fio, a carga \bar{e} , em média, significativamente maior nas molas com diâmetro 0,022 pol. (0,559 mm) do que nas de diâmetro 0,030 pol. (0,762 mm) e, maior nos diâmetros 0,030 pol. (0,762 mm) do que nos de 0,036 pol. (0,914 mm).

3 - Quando se comparam cargas médias obtidas com molas de marca diferentes, relativas a mesma espessura do fio e mesmo diâmetro, verificou-se ao nível de 1% que:

3.1 - Para a espessura 0,008 pol. (0,229 mm):

- a) A carga obtida com o diâmetro 0,022 pol. (0,559 mm) da marca Unitek (Hi-T) é maior do que a obtida com a Dentaaurum (Remanit) e esta maior do que a observada pela Rock Mountain (Elgiloy).
- b) No diâmetro 0,030 pol. (0,762 mm), a carga obtida pela Unitek (Hi-T) é maior do que as mostradas pela Dentaaurum (Remanit) e Rock Mountain (Elgiloy).
- c) Para o diâmetro 0,036 pol. (0,914 mm), a carga média exigida pela Unitek (Hi-T) é maior do que a obtida pela Dentaaurum (Remanit) e esta maior do que a mostrada pela Rock Mountain (Elgiloy).

3.2 - Para a espessura 0,009 pol. (0,229 mm):

- a) A carga obtida com o diâmetro 0,022 pol. (0,559 mm) da marca Unitek (Hi-T) é maior do que a obtida com a Dentaaurum (Remanit) e esta maior do que a observada com a Rock Mountain (Elgiloy).

- b) No diâmetro 0,030 pol. (0,762 mm), as cargas obtidas pelas marcas Unitek (Hi-T) e Denta^urum (Remanit) são maiores do que a mostrada pela Rock Mountain (Elgiloy).
- c) Para o diâmetro 0,036 pol. (0,762 mm), a carga média exigida pela Denta^urum (Remanit) é maior do que as obtidas pelas marcas Unitek (Hi-T) e Rock Mountain (Elgiloy).

4174

TABELA 1 - Cargas de tração (g) obtidas com molas construídas com fio de 0,008 pol. (0,203 mm) de espessura, das marcas Rock Mountain, Unitek e Dentaureum

		Carga de tração (g)		
Marcas		R. Mountain	Unitek	Dentaureum
Tipos				
		400	530	440
		350	540	460
	0,008 x 0,022	300	550	450
		400	570	420
		390	580	410
		220	470	280
		210	440	260
	0,008 x 0,030	200	460	260
		230	460	260
		220	470	250
		200	450	240
		200	420	260
	0,008 x 0,036	170	410	250
		170	420	220
		170	430	220

TABELA 2 - Cargas de tração (g) obtidas com molas construídas com fio de 0,009 pol. (0,229 mm) de espessura, das marcas Rock Mountain , Unitek e Dentaureum

		Carga de tração (g)		
Marcas		R. Mountain	Unitek	Dentaureum
Tipos				
0,009 x 0,022		450	630	550
		460	590	600
		440	600	550
		460	620	530
		440	600	540
0,009 x 0,030		370	430	440
		370	400	420
		360	410	430
		370	420	450
		360	430	450
0,009 x 0,036		280	300	390
		290	300	450
		290	300	430
		260	340	420
		260	330	440

TABELA 3 - Análise de variância

Causas de variação	G. L.	F
Diâmetros	1	378,64 *
Calibres 0,008	2	351,42 *
Calibres 0,009	2	444,10 *
Marcas 0,008 x 0,022	2	125,34 *
0,008 x 0,030	2	237,87 *
0,008 x 0,036	2	231,17 *
0,009 x 0,022	2	91,26 *
0,009 x 0,030	2	17,11 *
0,009 x 0,036	2	89,15 *
Resíduo	72	
Total	89	

(*) Significante ao nível de 1%

TABELA 4 - Diferença mínima significativa (DMS)

Diferença mínima significativa (DMS)		
Diâmetro do fio	Calibres da mola	Marcas Comerciais
10,50	20,69	49,54

RESUMO

RESUMO

O propósito deste trabalho foi determinar a força de tração produzida pelas molas espirais fechadas, quando ativadas por meio de carregamento axial de tração, até atingir o limite de deformação permanente. Para isso, foram utilizados seis tipos de molas espirais fechadas fabricadas por Rock Mountain (Elgiloy), Unitek (Hi-T) e Dentaurum (Remanit). Os corpos de prova foram confeccionados com molas construídas com fios de 0,008 pol. (0,203 mm) e 0,009 pol. (0,229 mm) de espessuras, e cujos diâmetros correspondiam a 0,022 pol. (0,559 mm), 0,030 pol. (0,762 mm) e 0,036 pol. (0,914 mm).

Os testes foram efetuados num aparelho Instron modelo 1130, com capacidade regulada para carga de até 1.000 gramas e velocidade calibrada para 100 mm por minuto. A carga de tração e o limite proporcional foram obtidos pela interpretação gráfica, cujos resultados analisados permitiram concluir que:

- 1 - A deformação permanente da mola espiral fechada foi obtida com uma carga de tração cuja escala variou de 182 a 608 gramas.
- 2 - A menor carga requerida foi observada na tração da mola 0,008 x 0,036 pol. (0,203 x 0,914 mm), fabricada pela Rock Mountain.
- 3 - A maior carga requerida foi observada na tração da mola 0,009 x 0,022 pol. (0,229 x 0,599 mm), fabricada pela Unitek (Hi-T).

- 4 - Mantendo-se constante a espessura do fio, observamos uma diminuição da força de tração requerida quando o diâmetro da mola foi aumentado.
- 5 - Baseando-se na similaridade das molas, foi observada uma influência da manufaturação na magnitude do esforço de tração, de tal modo que a Unitek (Hi-T) mostrou-se superior a Dentaurum (Remanit) , que por sua vez, foi superior a Rock Mountain (Elgiloy).

O presente trabalho foi apresentado a Exame de
Mestrado no dia ____ de _____ de _____ e considera
do _____ com a avaliação _____ ten
do sido EXAMINADORES:

(NOME)

(FACULDADE)