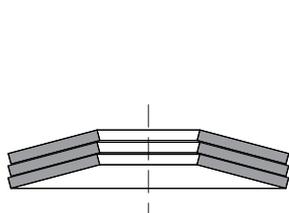


As Molas Prato são componentes cônicos projetadas para carregamento axial. As molas prato podem ser submetidas a cargas estática de forma contínua ou intermitente, ou ainda ser submetidas a ciclos contínuos de carga dinâmica. O que diferencia as Molas Pratos de outros tipos de molas é a deflexão da mola que em relação a uma determinada carga, é previsível, sendo possível calcular a vida útil mínima. Devido à sua previsibilidade, alta confiabilidade e incomparável tempo de fadiga, as Molas Prato são as molas mais utilizadas em aplicações críticas, como válvulas de segurança, mecanismos de embreagem e freio para elevadores e equipamentos pesados, e suportes amortecedores para tubulações industriais. As Molas Prato podem ser utilizadas individualmente ou empilhadas para fornecerem a força-deflexão requerida por a sua aplicação. Este Artigo Técnico detalha os diferentes métodos de empilhamento de Molas Prato e como determinar a configuração adequada de empilhamento para uma aplicação específica.

Para obter o melhor desempenho da Mola Prato, a deflexão da mola na operação deve ser mantida entre 15% e 75% da deflexão total, pois é nessa faixa que os resultados correspondem mais precisamente com às características teóricas da Mola Prato. Se uma única Mola Prato não for capaz de atender as características de força/deflexão necessárias para a aplicação, é possível empilhar as Molas Prato em série, em paralelo ou de modo combinado para alcançar os requisitos desejados (veja abaixo: Métodos de Empilhamento e Figura 1).

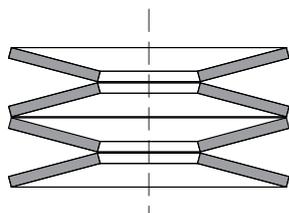


## MÉTODOS DE EMPILHAMENTO



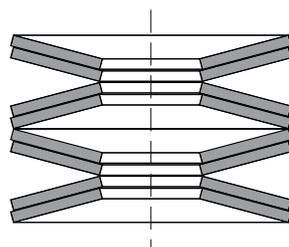
### EM PARALELO

**Deflexão:** Mesma deflexão de uma única mola  
**Força:** Força de uma única mola multiplicada pelo número de molas



### EM SÉRIE

**Deflexão:** Deflexão de uma única mola multiplicada pelo número de molas  
**Força:** Mesma força de uma única mola



### EM COMBINADO

**Deflexão:** Deflexão de uma única mola multiplicada pelo número de molas em série  
**Força:** Força de uma única mola multiplicada pelo número de molas em paralelo em um conjunto

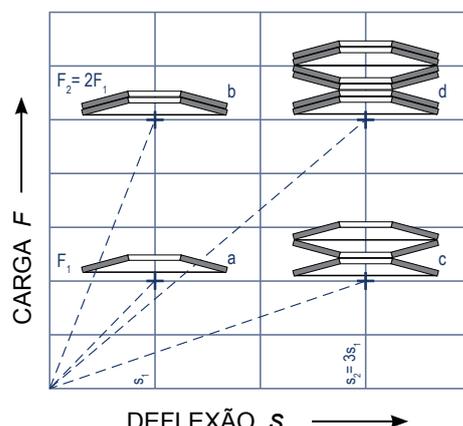


Figura 1

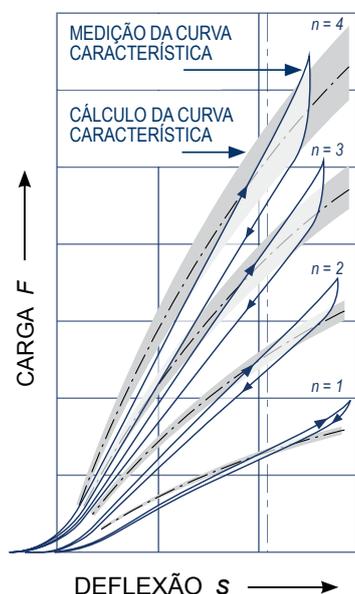


Figura 2

A fricção (atrito) entre as Molas Prato empilhadas em paralelo deve ser levada em consideração. Os fatores que afetam a fricção incluem o número de molas prato empilhadas em paralelo, o valor de deflexão, a lubrificação e o acabamento da superfície das Molas Prato, além dos elementos-guia. Uma tolerância razoável é de 2% a 3% para cada superfície deslizante. A fricção adicional que ocorre nas Molas Pratos empilhadas em paralelo resulta em uma curva de carga/deflexão diferente da curva teórica. As cargas reais são maiores quando é adicionada uma carga e menores quando uma carga é removida. Essa histerese resulta em um efeito de amortecimento que aumenta com molas prato mais espessas ou com maior número de molas prato empilhadas em paralelo (Figura 2).

A fricção (atrito) entre as superfícies deslizantes da mola deve ser minimizada para reduzir o desvio das previsões teóricas e diminuir o calor acumulado que é prejudicial à vida da Mola Prato. As Molas Prato empilhadas em paralelo devem ser lubrificadas com um lubrificante sólido, por exemplo, bissulfeto de molibdênio, e limitadas a um máximo de quatro molas em paralelo. A fricção será menor em uma pilha na vertical do que em uma pilha na horizontal. Em aplicações dinâmicas, há um período de "amaciamento" em que a fricção diminui com o desgaste e consequente polimento do acabamento da superfície deslizante e da superfície de contato.

Ao empilhar as Molas Prato, é possível obter uma ampla gama de características de força/deflexão; a pilha pode ser projetada com curvas de carga específicas para atender aos requisitos da aplicação com possibilidades progressivas e regressivas (Figura 3).

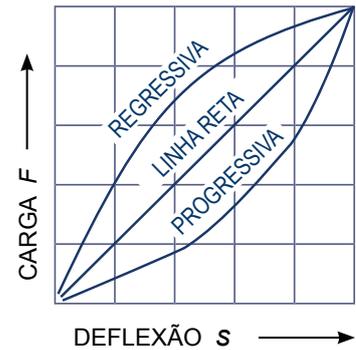


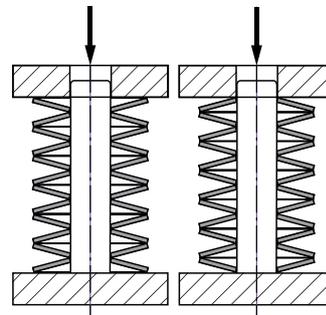
Figura 3

## CONFIGURAÇÃO DA PILHA

Preferencialmente, a pilha deve ter um número par de Molas Prato, com a borda externa da mola posicionada em cada extremidade da pilha para ajudar na estabilidade. Devido às várias restrições de aplicação, nem sempre é possível usar uma pilha com um número par de Molas Prato. No caso em que a pilha for configurada com um número ímpar de molas, a borda externa da Mola Prato deve ficar orientada para a extremidade em que a força é aplicada – a extremidade móvel da pilha.

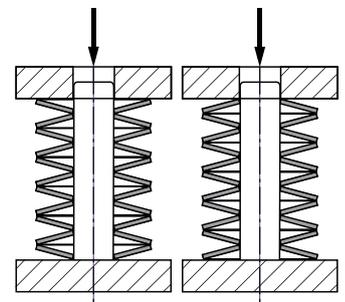
Pilhas menores são mais eficientes, o que é particularmente importante em aplicações dinâmicas. Como consequência da fricção entre as Molas Prato e os elementos de guia externo ou interno, as Molas Prato na extremidade móvel da pilha tendem a apresentar maior deflexão do que as Molas Prato na extremidade oposta. Então usar Mola Prato de maior diâmetro reduzirá o número de molas por pilha e a altura total da pilha. Recomenda-se que a altura total da pilha não exceda 3 vezes o diâmetro externo da Mola Prato ou 10 molas em série. Se a aplicação exigir, pilhas mais altas podem/devem ser divididas com arruelas planas para proporcionar estabilidade.

### NÚMERO PAR DE MOLAS



CORRETO INCORRETO

### NÚMERO ÍMPAR DE MOLAS



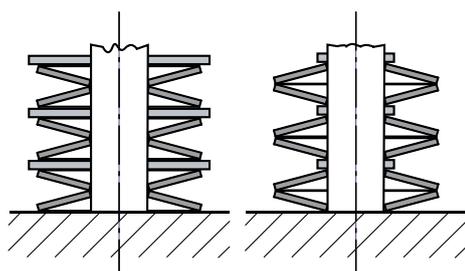
CORRETO INCORRETO

## GUIAS DE PILHAS

Para manter as Molas Prato no lugar, as pilhas precisam de guias. O melhor método é um guia interno, como uma haste através do diâmetro interno. Em caso de guia externo, sugere-se uma luva. Em ambos os casos, o componente guia deve ser endurecido a 58 HRC com uma profundidade de, pelo menos, 0,6 mm e acabamento da superfície de  $\leq 4$  microns.

**Uma vez que o diâmetro das Molas Prato muda quando elas são comprimidas, são recomendados os seguintes valores de folga:**

$D_e$ ou $D_i$ (mm)	FOLGA DO DIÂMETRO (mm)
Até 16	0,2
Acima de 16 a 20	0,3
Acima de 20 a 26	0,4
Acima de 26 a 31,5	0,5
Acima de 31,5 a 50	0,6
Acima de 50 a 80	0,8
Acima de 80 a 140	1,0
Acima de 140 a 250	1,6



CORRETO INCORRETO

Uma Mola Prato com espessura de 1 mm ou menos pode apresentar problema de estabilidade na superfície de rolamentos. Nesses casos, recomenda-se o uso de Discos Planos/Arruelas intermediários em contato com o diâmetro externo.

Assim que a pilha de Molas Prato for alinhada, deve ser aplicada uma pré-carga leve para manter a pilha na posição. Se isso não for possível, a pilha deve ser colocada na posição horizontal pelo menos uma vez, já que essa manobra também tem o efeito de centralizar as Molas Prato.

## Centros Técnicos

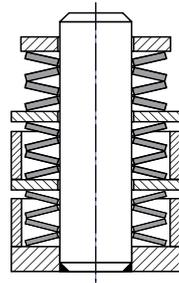
### CURVAS DE CARGA PROGRESSIVA

É possível obter o carregamento progressivo ao montar as pilhas de modo que as Molas Prato apresentem deflexão consecutiva ao serem carregadas, o que é conseguido ao:

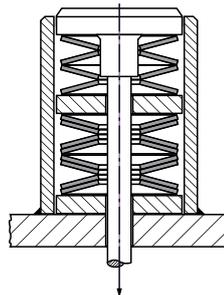
- Empilhar conjuntos paralelos simples, duplos e triplos em série.
- Empilhar Molas Pratos de várias espessuras em série.

É necessário limitar a compressão da Mola Prato ou conjunto de molas mais fraco para evitar que ela sofra uma compressão excessiva, enquanto as Molas Prato mais fortes, ou os conjuntos em paralelo, ainda estiverem em processo de compressão.

**Empilhamentos de mola com curvas de carga de característica progressiva e limitadores de curso para evitar sobrecarga.**



**ARRUELAS E ANÉIS**



**LUVA E LIMITADOR**

### PRÉ-EMPILHAMENTO

O empilhamento de Molas Prato em um ambiente de produção é geralmente um processo manual. Dependendo da configuração da pilha, é um processo demorado e com chances de erros na configuração. Então em vez de configurar e empilhar as Molas Prato manualmente, a SPIROL pode fornecer Molas Prato Pré-Empilhadas (lubrificadas ou não). Essas pilhas são embaladas em filme plástico com aba perfurada, permitindo um processo de instalação simples que economiza tempo e ajuda a evitar erros no processo de montagem.



Entrem em contato com a Engenharia da SPIROL, assim podemos auxiliá-los e determinar os melhores métodos de empilhamento de Molas Prato para uma chave de segurança de sobrecarga em [SPIROL.com.br](http://SPIROL.com.br)

Artigo original por Darren Snell

© 2021 SPIROL International Corporation  
Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou transmitida em qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico ou mecanicamente, exceto se permitido por lei, sem a autorização por escrito da SPIROL International Corporation.

#### Américas **SPIROL Brasil**

Rua Mafalda Barnabé Soliane, 134  
Comercial Vitória Martini, Distrito Industrial  
CEP 13347-610, Indaiatuba, SP, Brasil  
Tel. +55 19 3936 2701  
Fax. +55 19 3936 7121

#### **SPIROL EUA**

30 Rock Avenue  
Danielson, Connecticut 06239 EUA  
Tel. +1 (1) 860 774 8571  
Fax. +1 (1) 860 774 2048

#### **SPIROL Divisão de Calços**

321 Remington Road  
Stow, Ohio 44224 EUA  
Tel. +1 (1) 330 920 3655  
Fax. +1 (1) 330 920 3659

#### **SPIROL Canadá**

3103 St. Etienne Boulevard  
Windsor, Ontario N8W 5B1 Canadá  
Tel. +1 (1) 519 974 3334  
Fax. +1 (1) 519 974 6550

#### **SPIROL México**

Avenida Avante #250  
Parque Industrial Avante Apodaca  
Apodaca, N.L. 66607 Mexico  
Tel. +52 (01) 81 8385 4390  
Fax. +52 (01) 81 8385 4391

#### Europa **SPIROL França**

Cité de l'Automobile ZAC Croix Blandin  
18 Rue Léna Bernstein  
51100 Reims, França  
Tel. +33 (0) 3 26 36 31 42  
Fax. +33 (0) 3 26 09 19 76

#### **SPIROL Reino Unido**

17 Princewood Road  
Corby, Northants  
NN17 4ET Reino Unido  
Tel. +44 (0) 1536 444800  
Fax. +44 (0) 1536 203415

#### **SPIROL Alemanha**

Ottostr. 4  
80333 Munich, Alemanha  
Tel. +49 (0) 89 4 111 905 71  
Fax. +49 (0) 89 4 111 905 72

#### **SPIROL Espanha**

08940 Cornellà de Llobregat  
Barcelona, Espanha  
Tel. +34 93 669 31 78  
Fax. +34 93 193 25 43

#### **SPIROL República Tcheca**

Pražská1847  
Slaný 274 01  
República Tcheca  
Tel. +420 313 562 283

#### **SPIROL Polônia**

Aleja 3 Maja 12  
00-391 Warszawa, Polônia  
Tel. +48 510 039 345

#### Ásia- **SPIROL Ásia**

Pacífico 1st Floor, Building 22, Plot D9, District D  
No. 122 HeDan Road  
Wai Gao Qiao Free Trade Zone  
Xangai, China 200131  
Tel. +86 (0) 21 5046 1451  
Fax. +86 (0) 21 5046 1540

#### **SPIROL Coreia**

160-5 Seokchon-Dong  
Songpa-gu, Seoul, 138-844, Coreia  
Tel. +86 (0) 21 5046-1451  
Fax. +86 (0) 21 5046-1540

e-mail: [info-br@spirol.com](mailto:info-br@spirol.com)

**SPIROL.com.br**