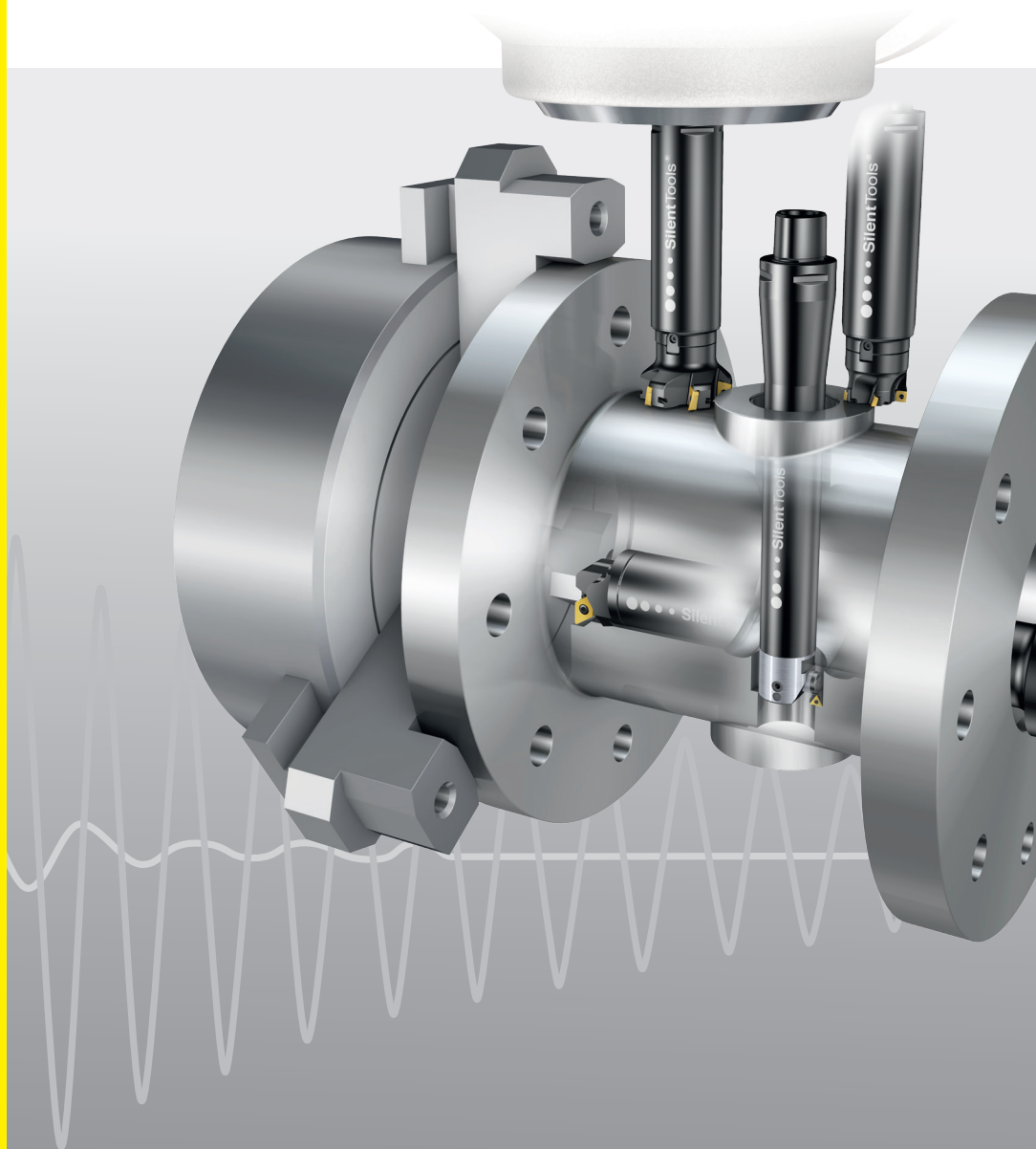
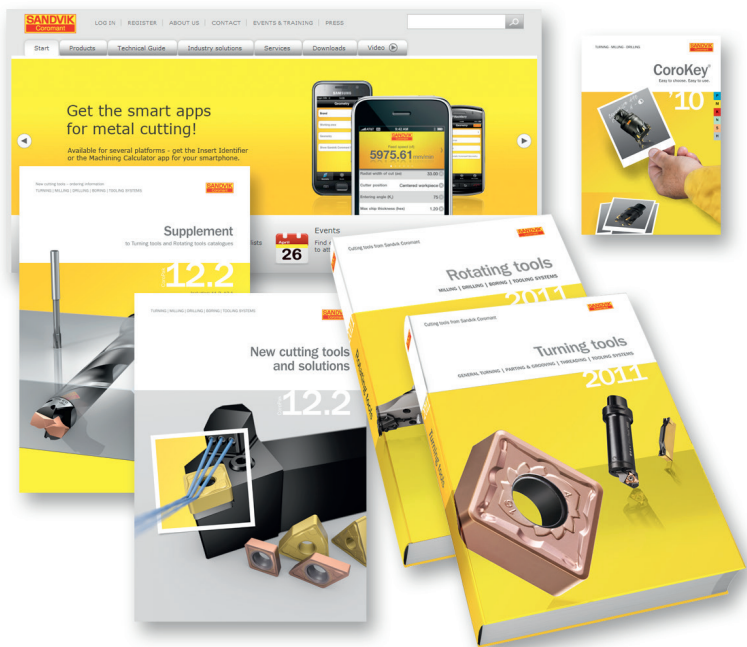


# Silent Tools





## Mais informações

Técnicas de aplicação e informações úteis podem ser encontradas em nossos catálogos, manuais e guias de aplicação.

Visite nosso website para saber as últimas novidades!

[www.sandvik.coromant.com](http://www.sandvik.coromant.com)

# Índice

<b>1 Introdução</b>	<b>2</b>
Introdução, Silent tools, informações do guia	2
Revisão dos princípios	4
Especificações da área de trabalho	6
Peças/segmentos típicos	9
Economia, calculadora de ROI	11
<b>2 Fresamento</b>	<b>12</b>
Principais considerações	12
Fatores que influenciam a vibração	15
Orientações para programação	18
Características gerais do produto	21
Exemplos de aplicação	27
Dicas, resumo	31
<b>3 Torneamento</b>	<b>33</b>
Principais considerações	33
Fatores que influenciam a vibração	41
Exemplos de aplicação	50
Características gerais do produto	54
Dicas, resumo	60
<b>4 Mandrilamento</b>	<b>67</b>
Principais considerações	67
Fatores que influenciam a vibração	72
Características gerais do produto	74
Exemplos de aplicação	78
Dicas, resumo	81
<b>5 Soluções específicas para a área da engenharia</b>	<b>83</b>
Oferta	83
Exemplo de aplicação	86
<b>6 Fórmulas e definições</b>	<b>87</b>

# 1. Introdução

Há tempos, Silent Tools é a marca comercial de porta-ferramentas desenhados para minimizar a vibração com um sistema antivibratório dentro do corpo da ferramenta. A maioria dos clientes de Silent Tools usa estas ferramentas para longos balanços e acessibilidade ruim. Porém, a excelente produtividade aumenta e as melhorias do acabamento superficial são obtidas, mesmo em balanços mais curtos.

Não é possível evitar a vibração totalmente em operações de usinagem, mas há várias maneiras de reduzi-la. Este guia de aplicação ajudará você a obter uma usinagem produtiva com vibração minimizada.

Explicaremos as técnicas de aplicação, princípios de usinagem, como evitar erros onerosos ao usinar com longos balanços, bem como as recomendações e soluções de problemas em operações e aplicações mais comuns nas áreas de torneamento, fresamento e mandrilamento.

Com frequência, a vibração é o parâmetro limitador para aumentar o resultado da máquina; ou seja, redução da velocidade, avanço e profundidade de corte. Ao usar Silent Tools antivibratórias, você pode aumentar os parâmetros de corte e ao mesmo tempo obter um processo mais seguro e sem vibrações com tolerâncias estreitas, bom acabamento superficial e taxas de remoção de metal muito mais altas o que, em resumo, reduz o custo por peça.

Aproveite o silêncio!





• SilentTools®

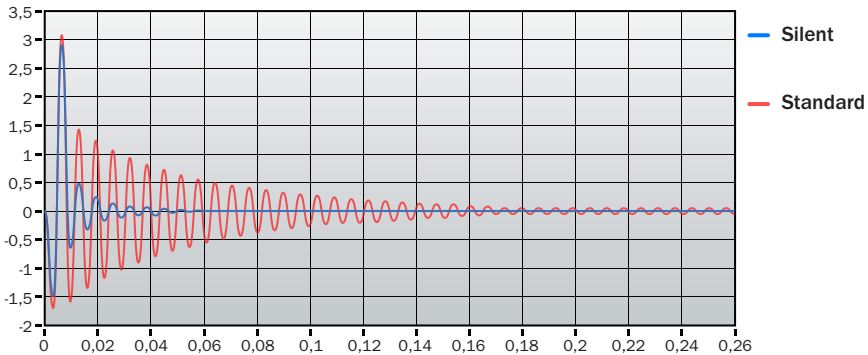


# Revisão dos princípios

Dentro de uma ferramenta antivibratória, há um sistema antivibração pré-ajustado que consiste em uma massa pesada, apoiada por elementos de mola de borracha. O óleo é adicionado para reduzir a vibração.

O gráfico mostra a diferença no amortecimento da vibração entre uma solução sem mecanismo antivibratório e com sistema antivibratório.

Para longo balanço da ferramenta e flanges, é recomendado o contato bifacial entre o fuso e porta-ferramenta.



Contato bifacial	Contato unifacial
Coromant Capto®	ISO/CAT
BIG PLUS	MAS BT
HSK	CAT-V



Acoplamento Coromant Capto® - contato bifacial

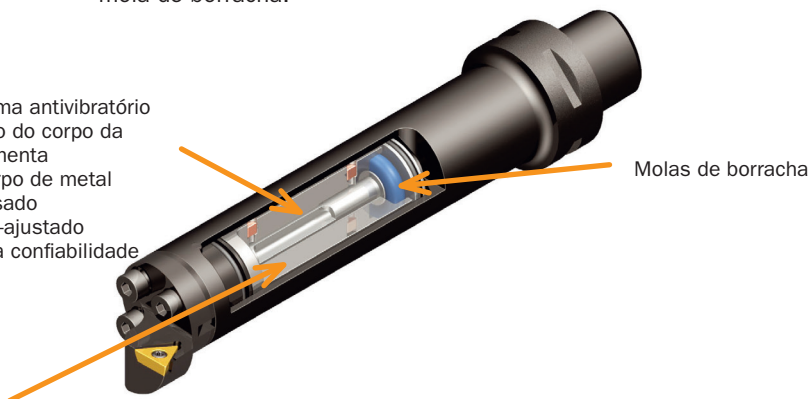
É importante respeitar os limites marcados no produto (carga, temperatura, rotação, balanço mín/máx. e pressão):

- A temperatura é destacada para preservar os elementos de borracha no sistema antivibratório
- O limite máximo de temperatura depende do tipo de produto e está marcado na ferramenta, ex.: 75-120 °C (167-248 °F)

O sistema antivibratório consiste em uma massa pesada, apoiada em elementos de mola de borracha.

Sistema antivibratório dentro do corpo da ferramenta

- Corpo de metal pesado
- Pré-ajustado
- Alta confiabilidade



O óleo é adicionado para reduzir a vibração

## Escolha a ferramenta certa

Escolher a ferramenta correta é importante para alcançar os melhores resultados e produtividade possíveis. Há sempre uma solução otimizada para cada comprimento/diâmetro, balanço e o sistema antivibratório é ajustado para usinar em condições específicas de forma otimizada.

Cada ferramenta antivibratória tem uma faixa definida de alcance para a função otimizada da ferramenta e é importante que a faixa certa para cada ferramenta seja aplicada. Usar uma ferramenta curta com uma extensão não fornecerá os resultados desejados.

Aumentar a rigidez estática da ferramenta de corte possibilitará o aumento da taxa de remoção de cavacos e a produtividade, sem enfrentar problemas de vibração. Procure ferramentas standard que proporcionem um conjunto com comprimento mínimo e diâmetro máximo. Ambos os parâmetros são igualmente importantes.

Se for uma ferramenta modular; construa-a de forma que o diâmetro maior fique o mais próximo do lado da máquina.



## Especificações da área de trabalho

Há um potencial para aumentar a produtividade ao usar ferramentas antivibratórias a partir de 3 x BD (diâmetro do corpo) ou mais.

Para 4 x BD, geralmente, os dados de corte podem ser aumentados em mais de 50% usando uma ferramenta antivibratória e a partir de 6 x BD, as soluções antivibratórias são a única escolha para alcançar boa produtividade, furos de qualidade e bom acabamento superficial.

Quando sua aplicação precisar de comprimentos, diâmetros, acoplamentos e outras especificações fora das ferramentas standard, solicite uma solução especial para melhor desempenho.



## Reduza as forças de corte

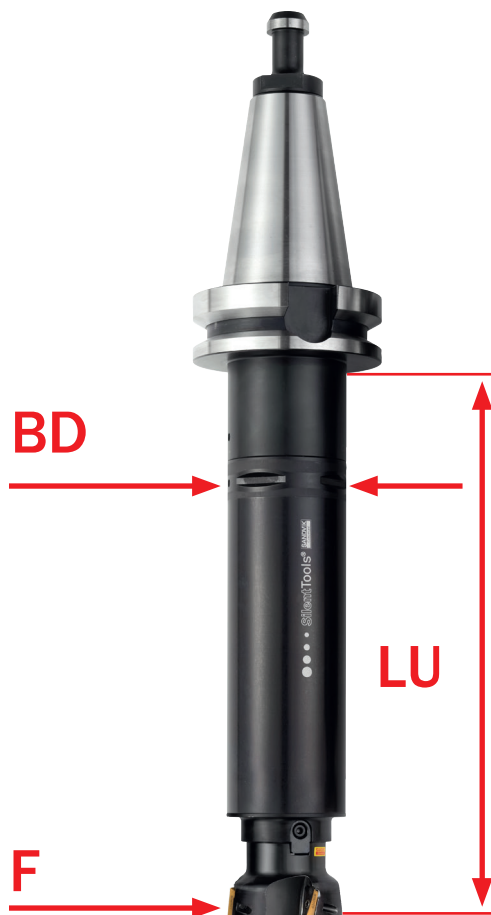
Comece escolhendo a melhor solução de corte disponível. Depois, escolha o maior diâmetro possível e o menor balanço possível para minimizar a deflexão.

O próximo passo a considerar é que o sistema antivibratório deve estar o mais próximo possível da aresta de corte e que o peso na parte frontal do amortecedor deve ser o mais leve possível. O peso reduzido da ferramenta de corte minimizará a energia cinética em uma vibração potencial. Assim, a ferramenta amortece a vibração mais facilmente e expande o balanço ao máximo tanto em ferramentas sólidas quanto antivibratórias.

Ao implementar estas estratégias, você reduzirá as variações de força e a vibração.

$$\text{Deflexão } (\delta) = \frac{64 \times F \times LU^3}{3 \times E \times \pi \times BD^4}$$

- E: Módulo de Young  
 F: Força  
 LU: Comprimento útil  
 BD: Diâmetro do corpo



## Em resumo:

1. Reduza as forças de corte escolhendo a ferramenta e a pastilha certas
2. Minimizar a deflexão aumentando a rigidez estática por meio do comprimento mínimo e maior diâmetro possível da haste
3. O peso reduzido das unidades de corte minimizará a energia cinética em uma vibração potencial
4. Quando usar extensões de ferramentas modulares, construa diâmetros maiores
5. Para produtos especiais, considere formatos otimizados e materiais reforçados

### Princípios da vibração

As estruturas mecânicas tendem a vibrar com uma ou mais frequências de ressonância determinadas pela geometria e pelo material. Cada frequência de ressonância corresponde a um "modo de vibração". O amortecimento determina a velocidade em que a vibração é eliminada após ser disparada. Com uma deflexão maior, a energia na oscilação aumenta.

As variações de força na usinagem irão disparar a vibração autoinduzida nas frequências naturais da máquina-ferramenta. Quando a vibração for disparada, ela alimentará uma vibração forçada e crescerá cada vez mais, a menos que você reduza as variações da força.

As variações nas forças de usinagem podem depender de vários fatores e, se nada for feito para reduzir as forças de corte, a vibração aumentará.

- Processo de segmentação dos cavacos
- Corte interrompido
- Inclusões no material
- Ovalização da peça
- Formação de aresta postiça

$k$  = constante da mola  
 $m$  = massa do objeto  
 $f$  = frequência de vibração  
 $\delta$  = deflexão da ferramenta  
 $F$  = força na ferramenta

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$



## Peças típicas

Há um grande potencial de aumento da produtividade usando as Silent Tools em todos os segmentos industriais. Para peças que precisam de ferramentas longas (~6-14 x BD), as Silent Tools são a única escolha para a usinagem sem vibrações.

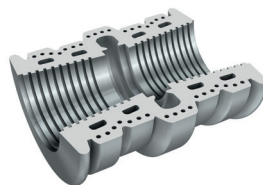
### Engenharia geral

Peças típicas: Eixos, suportes, peças hidráulicas (cilindros, buchas), bombas e carcaças de válvulas etc.



### Geração de energia

Peças típicas: Turbinas a gás, discos de turbinas a gás etc.



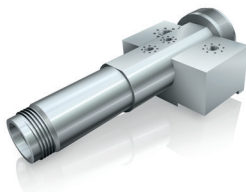
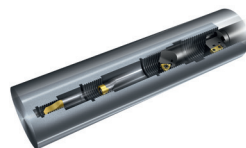
### Aeroespacial

Peças típicas: trens de pouso, eixos, peças em titânio, discos de turbinas etc.



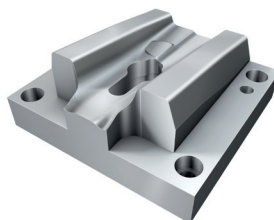
## Petróleo e gás

Peças típicas: Carcaças de bombas, peças com roscas, corpos do carretel, etc.



## Automotivo

Peças típicas: Blocos de motor, peças de matrizes de estampagem, peças do motor etc.



## Economia, calculadora ROI

Um investimento em uma Silent Tool quase sempre tem um curto tempo de amortização, graças ao aumento da produtividade e à menor quantidade de refugo. Há três calculadoras da Sandvik Coromant disponíveis que abrangem as áreas de mandrilamento, fresamento e torneamento e que ajudam a calcular o retorno do investimento (ROI) de suas Silent Tools. Com entrada limitada, você verá imediatamente o resultado e o tempo de retorno do investimento em Silent Tools, se comparadas às ferramentas sem mecanismo antivibratório.

Encontre as calculadoras no website: [www.sandvik.coromant.com](http://www.sandvik.coromant.com)

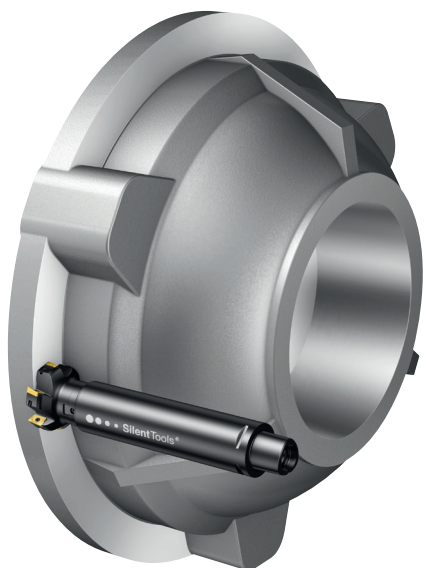


## 2. Fresamento

### Principais considerações

Trabalhar com ferramentas rotativas é diferente do torneamento, pois você tem uma barra de mandril em uma torre de ferramentas rígida, mas a maioria das condições para as operações bem-sucedidas é a mesma:

- Fixação rígida
- Comprimento da ferramenta mais curto possível
- Maior diâmetro possível do conjunto
- Peso mínimo da fresa para reduzir a energia cinética em uma vibração potencial



## Redução da vibração

O set-up da peça e a estabilidade da máquina são dois fatores importantes a serem considerados cuidadosamente para minimizar a vibração.

### Peça

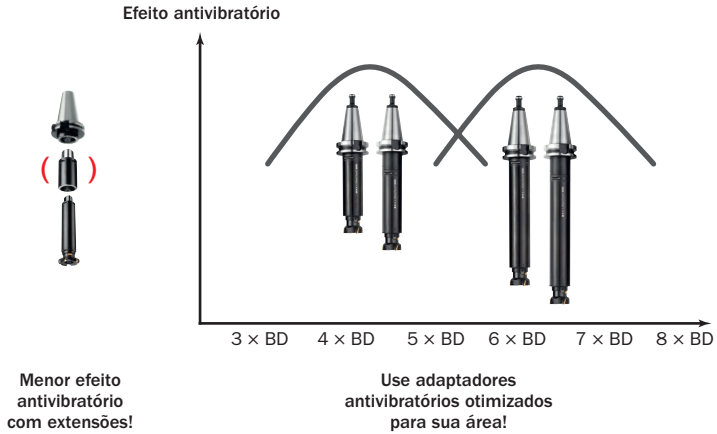
- Fixe a peça de maneira o mais favorável possível para suportar as forças de corte que aumentam durante o processo de usinagem
- Use os conceitos de fresamento com desenho e ângulo de posição que gerem forças de corte nas direções mais estáveis da peça
- Otimize a direção e a estratégia de usinagem para obter a condição de corte mais estável possível

### Máquina

- A condição da máquina tem uma grande influência na vibração. O desgaste excessivo do rolamento do fuso ou do mecanismo de avanço resultará em propriedades ruins de usinagem.



Todos os adaptadores antivibratórios foram projetados para diferentes balanços e possuem mecanismos antivibratórios diferentemente ajustados. O melhor desempenho será alcançado ao usar o comprimento otimizado em vez do acréscimo de adaptadores de extensão. Se for necessário mais de 7–8 x BD, solicite um adaptador especial.





## Fatores que influenciam a vibração

Há quatro fatores básicos que têm uma grande influência na vibração:

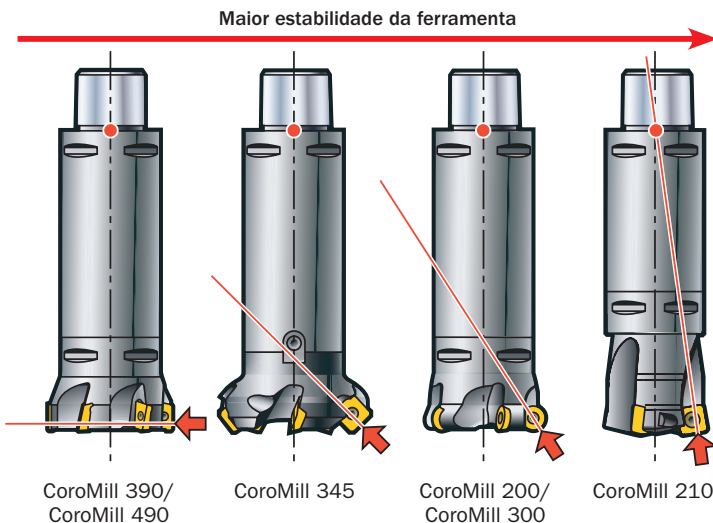
- Ângulo de posição/ataque e forças de corte
- Diâmetro da fresa em relação à profundidade radial de corte
- Geometria da pastilha
- Passo da fresa

### Ângulo de posição

O ângulo de posição é importante porque determina a direção das forças de corte. Quanto maior o ângulo kappa (KAPR), maior as forças de corte radiais. Escolha o conceito da fresa de acordo com o processo e a aplicação.

Quando as forças de corte radiais aumentam, você pode ver a diferença de funcionalidade entre as ferramentas com e sem mecanismos antivibratórios.

Com um ângulo de posição pequeno combinado a um balanço mais curto, a profundidade de corte máxima na fresa pode ser alcançada antes que a vibração ocorra.



## Diâmetro da fresa em relação à profundidade radial de corte

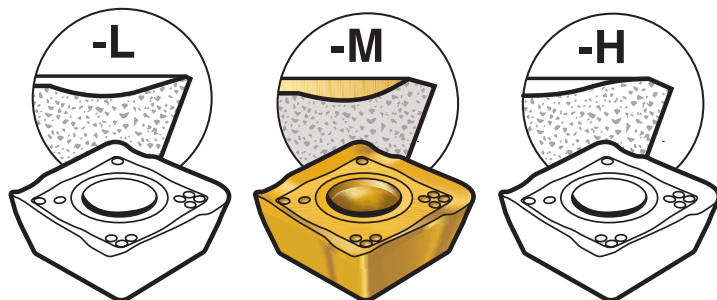
Um diâmetro menor da ferramenta reduzirá as especificações de potência e torque, bem como a forças de corte deflexivas. A proporção do diâmetro da fresa em relação ao contato radial precisa ser mantida menor que qualquer valor máximo.

## Geometria da pastilha

A geometria da ferramenta de corte deve ser leve ou média.

## Limites da Silent Tools

Altas temperaturas podem alterar função do sistema antivibratório. Use refrigeração a ar ou interna quando possível. O n (rpm) extremo também pode reduzir a função do sistema antivibratório.

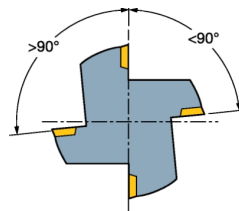


## Passo da fresa

Quando múltiplas pastilhas estão em contato com o material, o risco de vibração aumenta. Se você estiver trabalhando com profundidades de corte abaixo da profundidade crítica para a vibração, é mais produtivo usar um número maior de pastilhas. Trabalhe com o contato radial e o passo da fresa para encontrar o melhor desempenho. Em muitos casos, um passo largo é a melhor escolha para usinagem produtiva com ferramentas antivibratórias.

### Fresa com passo diferencial

As forças harmônicas causam vibração, portanto, uma fresa de passo diferencial é uma maneira eficiente de minimizar a vibração. Ela quebra as forças harmônicas e portanto aumenta a estabilidade, além de ser especialmente útil quando o  $a_e$  for alto e você tiver longos balanços.



Passo largo - L



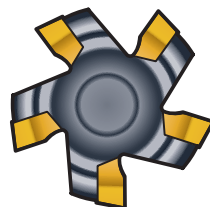
Fresa com passo diferencial e número de pastilhas reduzido. Primeira escolha para operações instáveis devido às menores forças de corte.

Passo fino - M



Fresa com passo uniforme ou diferencial, dependendo do conceito, com número médio de pastilhas. Primeira escolha para desbaste em condições estáveis.

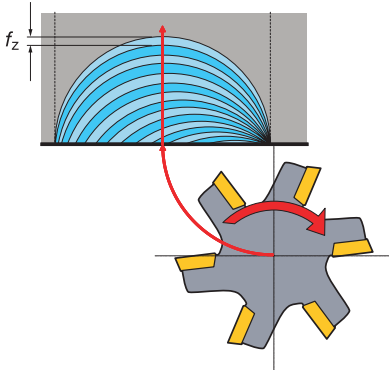
Passo extra fino - H



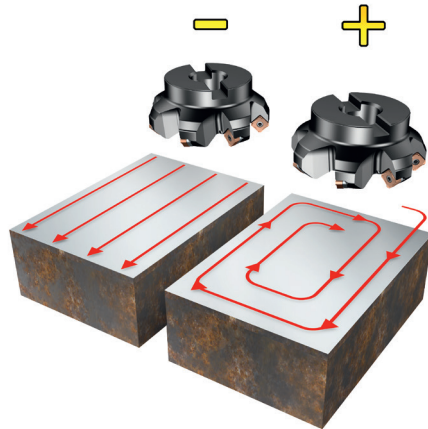
Fresa com passo uniforme e número máximo de pastilhas. Primeira escolha para alta produtividade com baixo  $a_e$  (mais de uma aresta em contato).

## Orientações para programação

Uma regra geral para o faceamento é manter a fresa em corte constantemente, em vez de usinar vários passes no comprimento. Isto minimiza o número de entradas e saídas e mantém as pastilhas em cargas desvantajosas que podem levar à vibração.



Entrada por rolagem



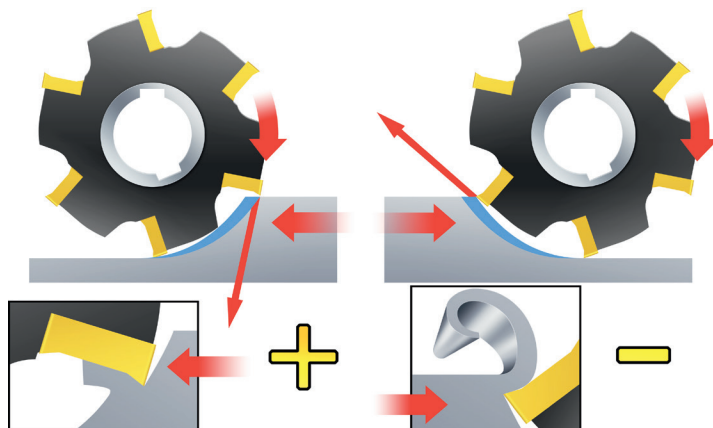
Mantenha a fresa constantemente em contato

### Entrada por rolagem

Faça a entrada por rolagem no corte no sentido horário para ter cavacos finos, próximo a zero na saída. Esta abordagem evitará as tendências à vibração que podem ser causadas por uma abordagem cavaco-grosso-na-saída.

## Direção de fresamento

O fresamento concordante é a primeira escolha para a maioria das operações. Em alguns casos, quando a máquina não tiver potência suficiente ou quando a peça for muito maleável, o fresamento discordante é recomendado. Porém, lembre-se de que a força de corte tende a levantar a peça durante o fresamento discordante. Isto deve ser cuidadosamente considerado quando fixar a peça.

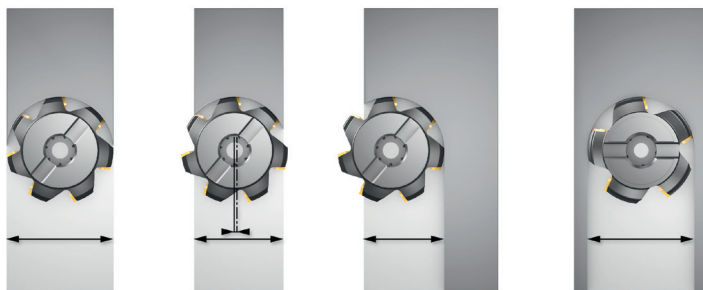


## Posição e diâmetro

No faceamento geral, o diâmetro da fresa deve ser 20-50% maior que a largura de corte e a fresa deve ser posicionada levemente fora do centro. Não posicione a fresa exatamente no centro.

Quando o diâmetro da fresa for menor que a peça, recomenda-se que a largura máxima de corte seja 60-70% do diâmetro da fresa.

No fresamento de canais em cheio, é muito importante reduzir o número de pastilhas em contato para evitar vibrações.



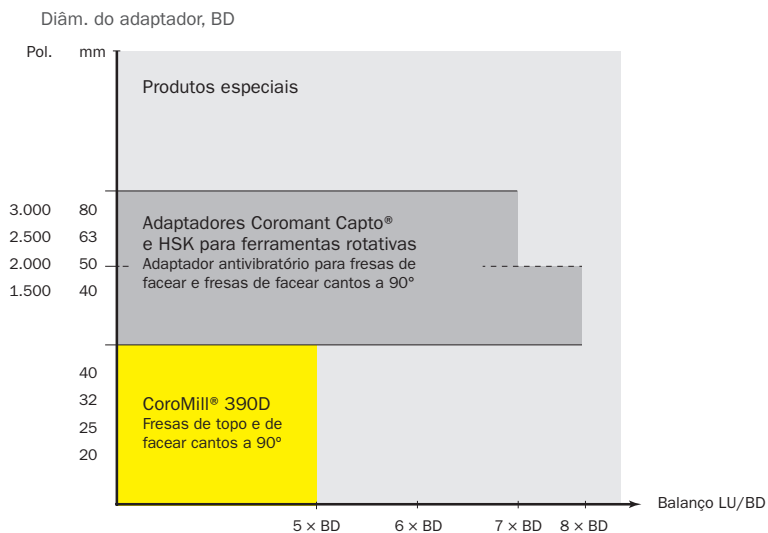
## Características gerais do produto

Há uma ampla gama de adaptadores de fresamento Silent Tools disponíveis pronta para uso, com acoplamentos HSK ou Coromant Capto modulares.

Se nenhum de nossos adaptadores for adequado, peça uma solução especial. Os adaptadores para fresas de disco, amortecedores em grandes fresas de disco e as fresas Long Edge também estão disponíveis como soluções especiais.

Fresas de topo e de facear cantos a 90°	Adaptadores antivibratórios para fresas de facear e de facear cantos a 90 graus	
CoroMill® 390D	Adaptadores antivibratórios – Coromant Capto	Adaptadores antivibratórios – HSK
		
Haste cilíndrica ou acoplamento traseiro Coromant Capto	Acoplamento traseiro Coromant Capto (C4, C5, C6 e C8)	Acoplamento traseiro HSK (HSK 63 e HSK 100)
Passos largo, fino e extra fino	Ampla gama de cabeças de corte intercambiáveis	Ampla gama de cabeças de corte intercambiáveis
DC: 20-40 mm (0.787-1.575 pol.)	Refrigeração interna	Refrigeração interna
Balanço: ≤ 5 x BD	BD: 40-80 mm (1.575-3.150 pol.)	BD: 63-100 mm (2.480-3.937 pol.)
	DMM: 16-32 mm (0.750-1.500 pol.)	DMM: 16-27 mm (0.750-1.000 pol.)
	Balanço: ≤ 8 x BD	Balanço: ≤ 8 x BD

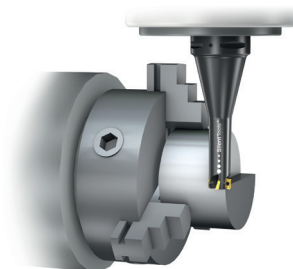
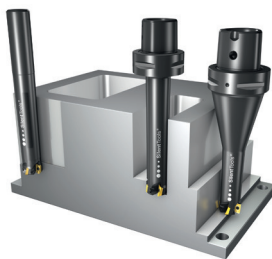
- As soluções antivibratórias de 20–40 mm (0.787-1.575 pol.) com fresas CoroMill 390 estão disponíveis no programa standard
- De 40 mm (1.575 pol.) e acima, há adaptadores antivibratórios com tamanhos C4–C8 Coromant Capto, com montagem tipo árvore com refrigeração interna disponível como standard. Combinado com um suporte básico, o adaptador pode ser uma ferramenta antivibratória montada para a maioria das interfaces de máquinas
- Para máquinas com acoplamentos HSK; os adaptadores integrados estão disponíveis com a possibilidade de montagem com suportes básicos Sandvik Coromant HSK
- Os adaptadores de suportes MSSC também estão disponíveis no programa standard





## CoroMill® 390D – área de aplicação

CoroMill 390D é um impulsor de produtividade real para ferramentas longas e delgadas e trabalha bem com máquinas verticais e horizontais. As fresas são desenhadas para alcance e eficiência na usinagem próxima à placa em máquinas multitarefas.



O programa consiste em Coromant Capto tamanhos C6, C5 e hastes cilíndricas em diâmetros 20, 25, 32 e 40 mm (0.787, 0.984, 1.260 e 1.575 pol.) com um alcance de 3–5 vezes o diâmetro de corte, DC.

- Coromant Capto® C5
  - Alta estabilidade
  - Amplo programa de suportes básicos
  - Primeira escolha para alcance fechado
- Coromant Capto® C6
  - Alta estabilidade
  - Amplo programa de suportes básicos
  - Fusos multitarefas integrados
  - Primeira escolha para alcance aberto
- Hastes cilíndricas
  - HydroGrip para fixação segura da fresa
  - Mandril porta-pinça



## Suportes básicos curtos e longos

Com uma combinação de montagem tipo árvore nos adaptadores e suportes básicos com comprimentos diferentes, soluções para muitas aplicações até 8 x BD estão disponíveis. Para balanços acima de 8 x BD ou quando você tiver outras especificações, as soluções especiais são a melhor alternativa.



Adaptadores antivibratórios para fresas de facear e de facear cantos a 90 graus

- Cx-391.05CD
- 392.41005CD



C4							
C5							
C6							
C8							
C10							
	3 x BD	4 x BD	5 x BD	6 x BD	7 x BD	8 x BD	9 x BD



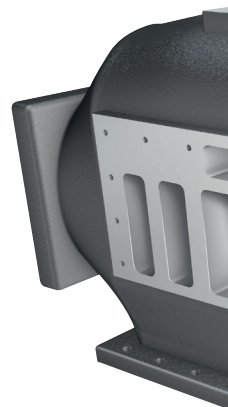
HSK 63							
HSK 100							
	3 x BD	4 x BD	5 x BD	6 x BD	7 x BD	8 x BD	9 x BD

## Exemplos de aplicação

### Caso um: Carcaça de válvula

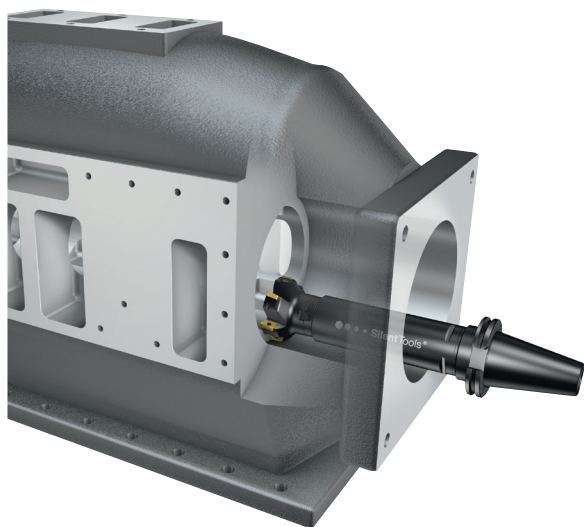
<b>Operação</b>	Fresamento de cantos a 90 graus – interpolação circular	
<b>Material da peça</b>	CMC 09.1, K3.2.C.UT, ferro fundido nodular	
<b>Custo da máquina</b>	195 EUR/hora	
<b>Volume usinado</b>	179 (10.92)/pc cm <sup>3</sup> (pol. <sup>3</sup> )	
<b>ZEFF</b>	5	
<b>Comprimento do conjunto</b>	280 mm (11.024 pol.)	
	<b>Referência</b>	<b>Silent Tools</b>
<b>Adaptador</b>		C6-391.05 CD-22 200
<b>Cabeça de corte</b>		R390-066 Q22-18M
<b>Dados de corte</b>		
n (r/min)	700	1352
v <sub>c</sub> (m/min (pés/min))	176 (577)	280 (918)
f <sub>z</sub> (mm (pol.))	0.31 (0.012)	0.27 (0.010)
v <sub>f</sub> (mm/min (pol./min))	687 (27.05)	1 156 (45.52)
v <sub>fa</sub> (mm/min (pol./min))	8.0 (0.315)	19.0 (0.748)
AP (mm (pol.))	4.0 (0.158)	6.0 (0.236)
a <sub>e</sub> (mm (pol.))	18.59 (0.732)	18.59 (0.732)
<b>Tempo total de ciclo</b>	30.07 min	12.08 min
<b>Vida útil da ferramenta</b> (nº de peças)	10	20

Usar ferramentas Silent Tool em uma operação de fresamento de cantos a 90 graus em uma carcaça de válvula aumentou a remoção de metal e melhorou o acabamento superficial. Mesmo com o aumento da velocidade, da profundidade de corte e da velocidade de fuso, não houve tendência à vibração. Os resultados são conclusivos: Um aumento de 149 % na produtividade e retorno sobre o investimento após nove semanas!



## Caso dois: Carcaça de válvula

<b>Operação</b>	Interpolação circular
<b>Material da peça</b>	CMC 09.1
<b>Custo da máquina</b>	Euro 195
<b>Volume usinado</b>	Q=182 cm <sup>3</sup> /min (11.11 pol. <sup>3</sup> /min)
<b>ZEFF</b>	6
<b>Comprimento do conjunto</b>	480 mm (18.9 pol.)
<b>Dados de corte recomendados</b>	
$a_e$ , mm (pol.)	17.56 (0.691)
n (r/min)	900
$v_c$ (m/min (pés/min))	238 (780)
$f_z$ (mm (pol.))	0.32 (0.013)
$v_{fa}$ (mm/min (pol./min))	24 (0.945)
AP (mm (pol.))	6.0 (0.236)
<b>Tempo total de ciclo, min</b>	27.58
<b>Vida útil da ferramenta (nº de peças)</b>	10



Usinagem escalonada de um lado		
	Referência	Recomendada
Fase 1	Mandrilamento em desbaste até o diâmetro de 135 mm (5.31 pol.)	Interpolação circular até o diâmetro 139.8 mm (5.50 pol.)
Fase 2	Mandrilamento em desbaste até o diâmetro de 139.8 mm (5.50 pol.)	Mandrilamento de acabamento até o diâmetro de 140 mm (5.51 pol.) H7
Fase 3	Lavagem para expulsão dos cavacos	
Fase 4	Mandrilamento de acabamento até o diâmetro 140 mm (5.51 pol.) H7	

A carcaça de válvula tem um comprimento total de 850 mm (33.46 pol.) e um volume de produção de 300 unidades por ano. Em janeiro de 2012, a carcaça de válvula passou por uma pequena mudança de processo. O comprimento da carcaça de válvula exigia o processamento em ambos os lados e a modificação envolvia o acabamento do diâmetro interno de 140 mm (5.51 pol.) com comprimento máximo de 425 mm (16.73 pol.).

O processo foi racionalizado de dois cortes de mandrilamento em desbaste, seguido por uma operação de lavagem para remoção dos cavacos antes do acabamento final até Ø140 H7, para uma interpolação circular e o mandrilamento de acabamento final. O adaptador de fresamento C8-391.05CD-27 360 foi combinado com um suporte básico e uma CoroMill 390 maior, obtendo um conjunto com 480 mm (18.9 pol.) de comprimento.

Ao mudar o processo, o cliente economiza EUR 22.000 por ano. Isto é igual a um tempo de amortização de nove semanas ou 64 peças produzidas. Outro bônus excelente é o aumento da vida útil da ferramenta de duas para dez unidades produzidas!

<b>Operação</b>	Fresamento de bolsões profundos	
<b>Peça</b>	Câmara oca	
<b>Material da peça</b>	CMC 01.2	
<b>Custo da máquina</b>	Euro 90	
<b>Volume usinado</b>	132 cm <sup>3</sup> /min (8.06 pol. <sup>3</sup> /min)	
<b>ZEPP</b>	4	
<b>Comprimento da montagem</b>	360 mm (14.17 pol)	
<b>Dados de corte</b>	<b>Concorrente</b>	<b>Silent Tools</b>
n (r/min)	1100	1550
v <sub>c</sub> (m/min (pés/min))	176 (578)	249 (817.3)
f <sub>z</sub> (mm (pol.))	0.46 (0.018)	0.41 (0.016)
v <sub>f</sub> (mm/min (pol./min))	2030 (80)	2540 (100)
AP (mm (pol.))	0.50 (0.02)	1.02 (0.04)
a <sub>e</sub> (mm (pol.))	51 (2.00)	51 (2.00)
<b>Tempo total de ciclo</b>	900 min	400 min
<b>Vida útil da ferramenta</b> (nº de peças)	0.1	0.25

O bolsão mede 457 x 457 x 406 métrico (18 x 18 x 16 polegadas). O bolsão tem raios de 25.4 mm (1.0 pol.) nos cantos e precisava de uma fresa de 50 mm (2.0 pol.). O processo existente não era produtivo e como a usinagem de bolsões profundos estava ficando cada vez mais comum na fábrica, o aumento da produtividade era a meta principal.

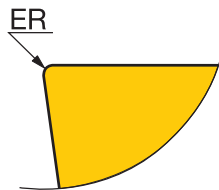
Ao implementar um adaptador de fresamento antivibratório com uma extensão, junto com uma CoroMill® 210 e a classe GC1040, as metas de produtividade foram alcançadas. Resultado: A solução de referência levava 15 horas, enquanto a solução Silent Tools levou menos de sete horas.



## Dicas, resumo

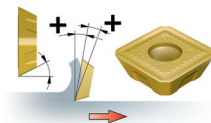
### Geometrias e classes de pastilha

Escolha um arredondamento de pastilha pequeno (ER). Passe de uma cobertura espessa para uma fina. Se necessário, use pastilhas sem cobertura. Use pastilhas vivas e positivas com formadores de cavacos.



### Ângulo de posição

Quanto menor o ângulo de posição, mais fino o cavaco e um maior comprimento da aresta será ocupado. Isto possibilita o alto avanço por dente. Um ângulo de posição menor também irá direcionar a força de corte na direção axial e reduzirá o risco de vibração.



### Passo da fresa

Em muitos casos, um passo largo é a melhor escolha para usinagem produtiva com ferramentas antivibratórias. Use uma fresa de passo largo para desacelerar as mudanças nas direções da força de corte. Reduzir a quantidade de pastilhas, geralmente, permite um aumento significativo na profundidade de corte axial.

### Avanço por dente

Um avanço por dente mais alto pode fornecer uma pré-carga constante no fuso da máquina-ferramenta e evitar o uso de folga nos rolamentos.

## Como alcançar o Q máximo

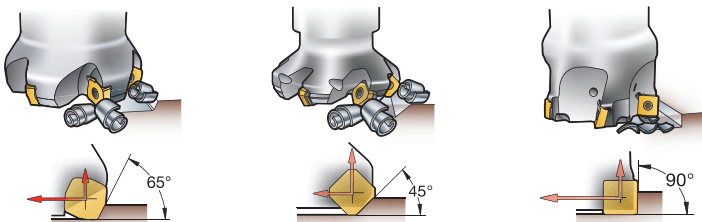
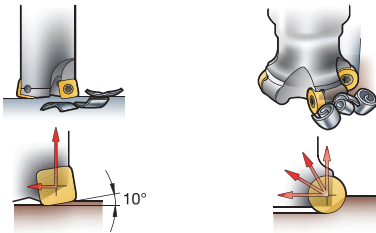
Se possível, escolha  $a_e$  entre 60% –80% como valor inicial. Reduza o número de pastilhas para maximizar Q. Isto é particularmente importante quando usar contato de canal em cheio.

## Escoamento de cavacos

Use ar comprimido para evitar o recorte dos cavacos. Isto é especialmente importante ao fresar cavidades profundas. Observe que a fresa de passo largo terá mais espaço para escoar os cavacos.

## Entrada e saída

Evite situações em que a linha de centro ou a fresa esteja alinhada com a borda da peça. Em situações como esta, a pastilha deixa o corte quando a espessura do cavaco é a maior possível, o que proporciona cargas de choque muito altas na entrada e na saída.



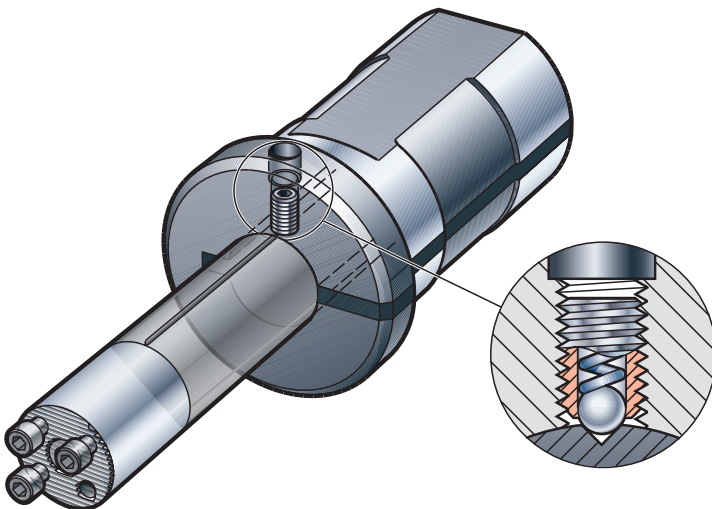
## 3. Torneamento

### Principais considerações

A estabilidade da fixação e a altura de centro correta são dois fatores importantes para alcançar as tolerâncias de dimensão certas e o acabamento superficial de sua peça. Fixe a barra de mandrilar cilíndrica em um suporte com bucha ranhurada para obter área máxima de contato. Com buchas EasyFix, você alcançará uma fixação mais estável e um posicionamento exato da altura de centro. A altura de centro afeta tanto o ângulo de saída quanto a força de corte da ferramenta.

A tolerância de fixação recomendada é ISO H7 e nós também recomendamos usar uma bucha ranhurada com 45 HRC mínimo para evitar a deformação permanente. Nunca use os parafusos em contato direto com a haste da barra, pois isso pode danificá-las.

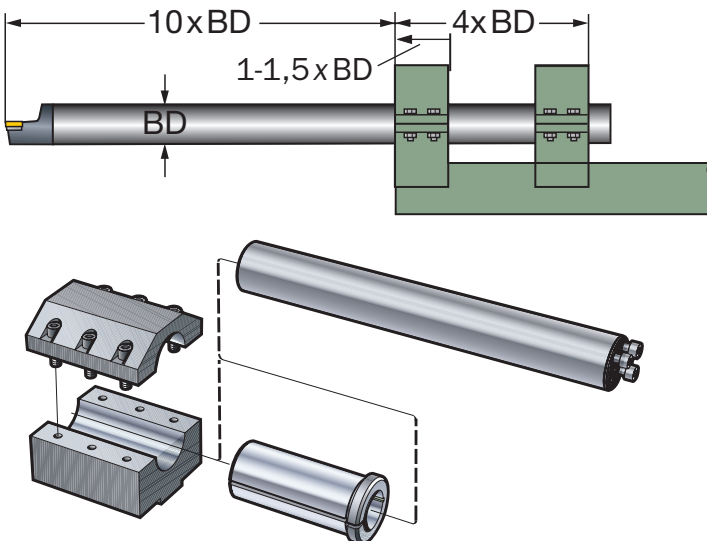
Na usinagem com longos balanços, a fixação correta não pode ser desconsiderada.



### Barras de mandrilar - geral

- O acabamento superficial de  $\sim 1 \mu\text{m}$  é necessário para assegurar contato suficiente de fixação
- O comprimento de fixação recomendado é de  $4 \times \text{BD}$ . Se possível, recomendamos usar um comprimento de fixação de  $6 \times \text{BD}$  para barras de mandrilar acima de 200 mm (7.87 pol.)
- Barras de mandrilar cilíndricas em buchas ranhuradas.  
A tolerância de fixação recomendada é de ISO H7
- Material da bucha ranhurada, mínimo de 45 HRC, para evitar a deformação permanente
- Com uma barra grande, use mancais duplos
- Para melhor estabilidade de fixação, use um suporte para barra de mandrilar ranhurado

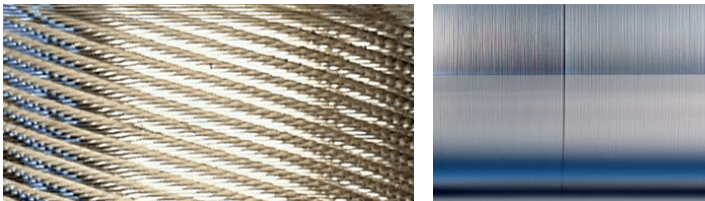
Deixe que o desenho e as dimensões da peça decidam o diâmetro e o comprimento da barra de mandrilar. Para melhor estabilidade de fixação, a primeira escolha são buchas ranhuradas e acoplamento Coromant Capto. O diâmetro do furo e o comprimento necessários para alcançar o fundo indicarão qual tipo de barra de mandrilar usar.



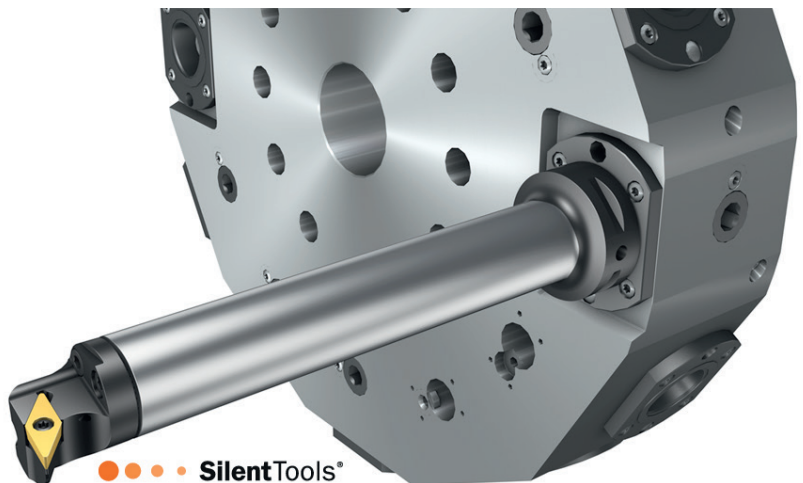
## Fixação das barras Silent Tools

Devido ao desenho da torre em um torno CNC ou devido à flexibilidade de uma máquina multitarefa, a rigidez geralmente é reduzida. As larguras menores da torre reduzem a relação entre o comprimento da fixação e o diâmetro da barra em barras de mandril cilíndricas maiores e, conseqüentemente, reduzem a estabilidade do set-up.

O acoplamento Coromant Capto também pode ser uma solução em um torno com torre. Isto minimiza a necessidade de buchas longas e resultará em um set-up estável com benefícios adicionais da troca rápida.



A importância da fixação correta não pode ser subestimada. As figuras mostram o acabamento superficial com 1) fixação incorreta e 2) fixação com suporte ranhurado.



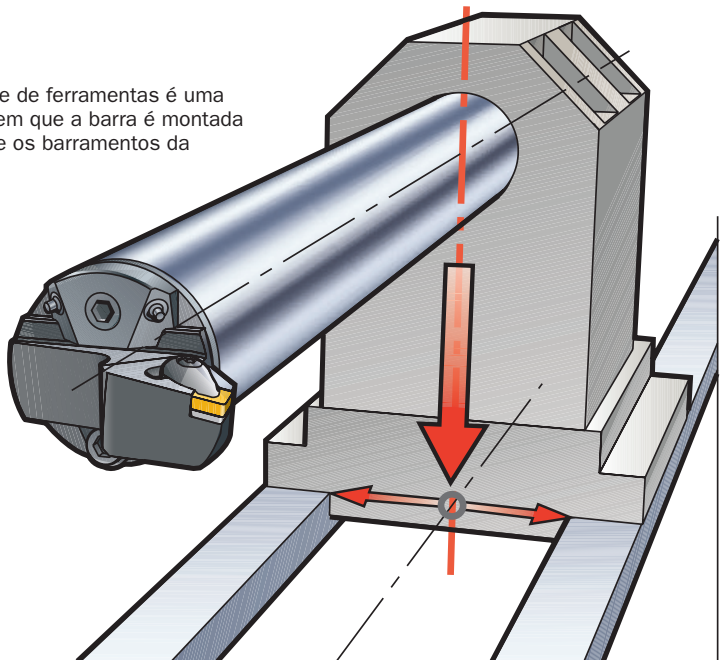
### Tornos com barramento plano

Comparados aos tornos com torre, um torno com barramento plano com uma torre de ferramentas, geralmente, é mais rígido e estável e pode fixar barras de mandril maiores e mais longas. A limitação da máquina neste caso pode ser a torre de ferramentas, o tamanho da máquina e a rigidez do desenho.

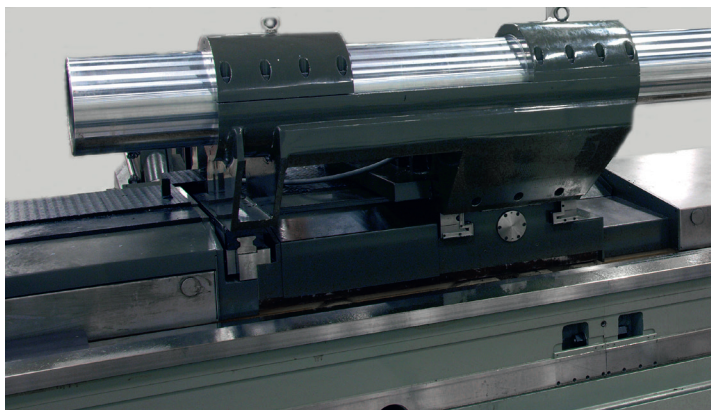
A estabilidade das guias e barramentos da máquina são fatores importantes para alcançar bons resultados na fixação de barras de mandril Silent Tools com longos balanços. Para melhores resultados, a fixação da torre de ferramentas deve ser com guias grandes, desenhadas com guias transversais amplamente espalhadas, iguais ou maiores que o comprimento de fixação, 4 x BD. Lembre-se de que o peso aumenta drasticamente com o aumento do tamanho da barra:

- Diâmetro 100 mm (3.94 pol.) = 88 kg (194.0 lb)
- Diâmetro 120 mm (4.72 pol.) = 140 kg (308.7 lb)

O melhor desenho da torre de ferramentas é uma estrutura em forma de A em que a barra é montada diretamente acima e entre os barramentos da máquina.



Para melhor desempenho da barra de mandrilar, o contato, o desenho e a tolerância dimensional entre a ferramenta e o porta-ferramenta são fatores importantes. A melhor estabilidade é obtida com um suporte que reveste totalmente a barra. O suporte da barra tipo V e o suporte cilíndrico com parafusos não são recomendados.



O suporte ranhurado para barras com 300 mm (11.81 pol.) de diâmetro. A distância entre os barramentos transversais é de 1.200 mm (47.24 pol.) (4 x BD).

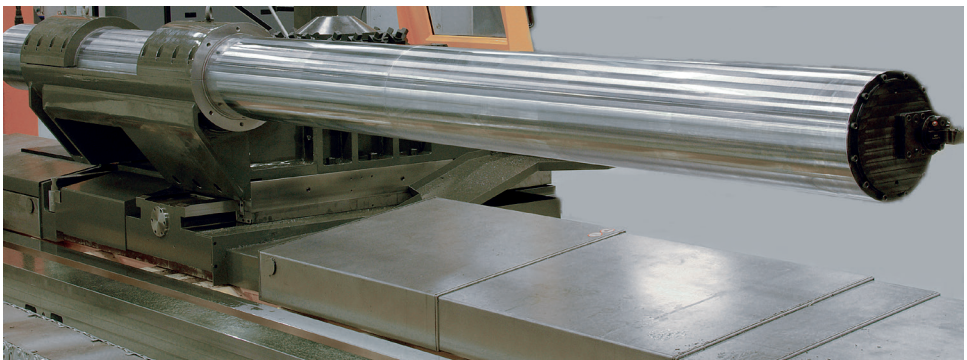
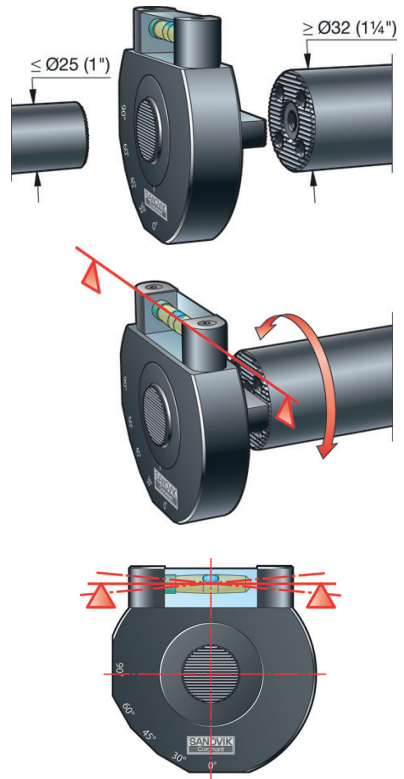
### Ferramenta de ajuste da altura de centro

Para todas as barras CoroTurn SL cilíndricas, há um método simples e rápido para assegurar de modo preciso a altura de centro correta ao ajustar a aresta de corte:

1. Fixe a ferramenta de ajuste à aresta serrilhada da barra de mandril cilíndrica
2. Gire a barra de mandril até a posição correta
3. A barra está paralela quando a bolha estiver na posição central

Embora a barra irá defletir levemente abaixo do centro durante a operação de usinagem, a montagem correta da barra é na linha de centro.

Os ajustes alternativos das ferramentas são o calibrador de altura e a alavanca de teste transversal.



Barra de mandril antivibratória CoroTurn SL Troca Rápida de 300 mm (11.81 pol.) com balanço 10 x BD.

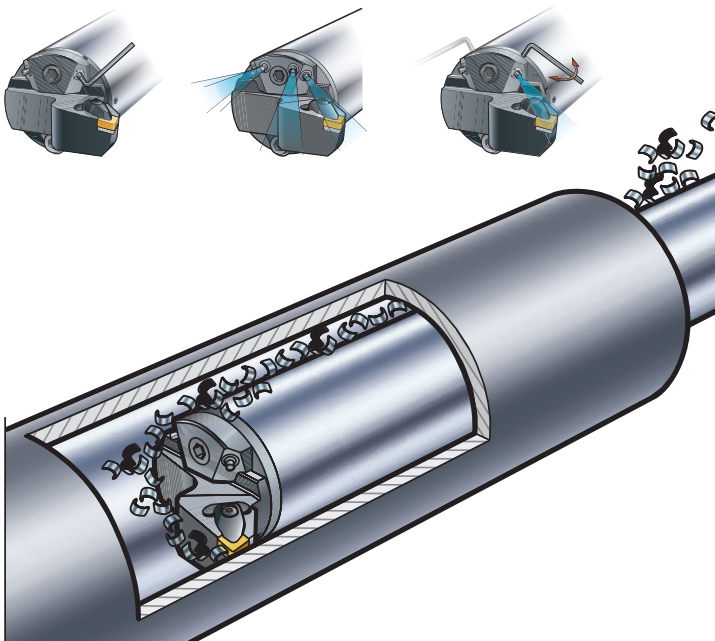


## Pressão e direção

Para melhor vida útil da ferramenta e maior segurança do processo, use a refrigeração direcionada para a zona de corte. Para ferramentas equipadas com cabeças Troca Rápida SL, o ajuste dos olhais de refrigeração precisa ser feito manualmente para assegurar que a refrigeração atinja a zona de corte. Para melhores resultados, use as ferramentas com refrigeração integrada e vários olhais. Isto é igualmente importante para torneamento interno com longos balanços. Para ligar e desligar o fluxo de refrigeração, use uma chave hexagonal.

O espaço entre a barra de mandrilar e a parte interna do furo é extremamente importante para o escoamento dos cavacos e para evitar a deflexão radial. Para um furo com 100 mm (3,94 pol.) de diâmetro, a barra aplicável é de 80 mm (3,15 pol.). Isto propicia espaço suficiente para o escoamento de cavacos e eliminará qualquer dano à ferramenta ou à peça.

A refrigeração pode ser aplicada pela parte traseira da barra de mandrilar usando conectores de tamanhos comuns com roscas BSP (British Standard Pipe). As barras de mandrilar antivibratórias Sandvik Coromant são equipadas com um furo de entrada de refrigeração pré-rosqueado.



### Tecnologia de refrigeração avançada

A tecnologia avançada de refrigeração da Sandvik Coromant é um conceito exclusivo que otimiza o uso da refrigeração em todos os processos de usinagem com refrigeração. Ao direcionar a refrigeração com precisão para a zona de corte, o calor gerado é eficientemente removido da zona de corte, proporcionando excelente escoamento de cavacos, também em materiais difíceis, independente da pressão usada.

- Quando usar baixa pressão (até ~30 bars/435 PSI) – os suportes HP da Sandvik Coromant superarão os porta-ferramentas convencionais, graças aos jatos de refrigeração direcionados de modo preciso.
- Quando usar a alta pressão (acima de 30 bars/435 PSI), a solução mais produtiva é uma combinação dos suportes e geometrias de pastilhas Sandvik Coromant HP específicas para refrigeração de alta pressão. Quanto mais alta a pressão, materiais mais difíceis podem ser usinados com resultados excelentes. Algumas vezes, um alto fluxo de refrigeração é necessário para levar os cavacos para fora do furo.

Os adaptadores Silent Tools foram projetados para pressão de 70 bars (1015 PSI) com a exceção da barra de mandrilar com 100 mm (3.94 pol.) de diâmetro que tem a capacidade de 50 bars (725 PSI).

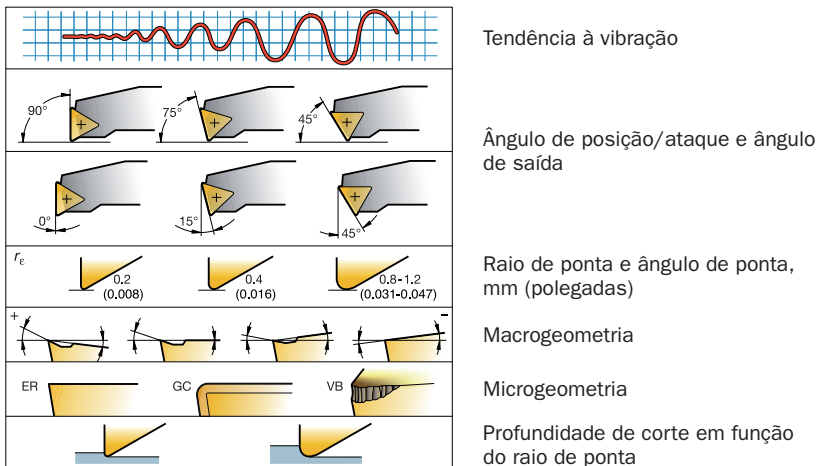


# Fatores que influenciam a vibração

Para minimizar tendências às vibrações:

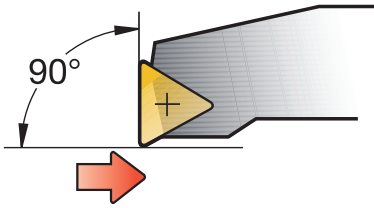
- Use um ângulo de posição grande e um ângulo de saída positivo
- Use ângulo de ponta e raios de canto grandes
- Use uma macro geometria positiva
- Controle o padrão de desgaste e o tratamento ER na micro geometria
- A profundidade de corte deve ser maior que o raio de ponta.

A força radial menor proporciona menos deflexão radial e menos problemas de vibração. Para melhores resultados: use uma profundidade radial de corte que seja maior que o raio de ponta quando usar um ângulo de posição de 90° (0° ângulo de ataque). Se a profundidade radial de corte for menor, um ângulo de posição de 45° dará resultados iguais.

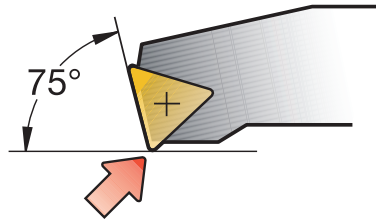


Tenha em mente que redirecionar as forças pode reduzir a deflexão:

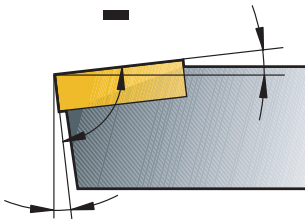
- O ângulo de posição o mais próximo possível de  $90^\circ$  (ângulo de ataque  $0^\circ$ ) maximizará a parte da força de avanço proveniente de trás da peça na direção axial. Uma força na direção axial causará menos deflexão da ferramenta que forças iguais na direção radial.
- Para torneamento interno, o ângulo de posição deve ser menor que  $75^\circ$  (ângulo de ataque  $15^\circ$ ).
- Quanto mais positivo for o ângulo de saída, serão necessárias forças de corte mais baixas para usinar a peça. Forças de corte menores significam menos deflexão.
- Força menor na direção radial resulta em menor deflexão radial.



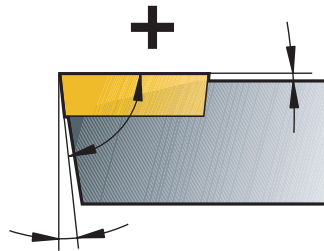
Direção da força: axial principalmente



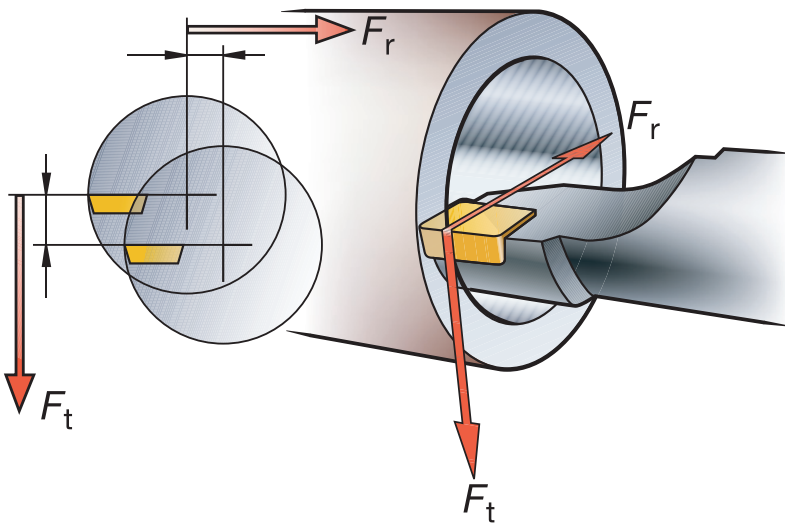
Direção da força: axial e radial



O ângulo de saída negativo aumenta as forças de corte



O ângulo de saída positivo gera menos forças de corte

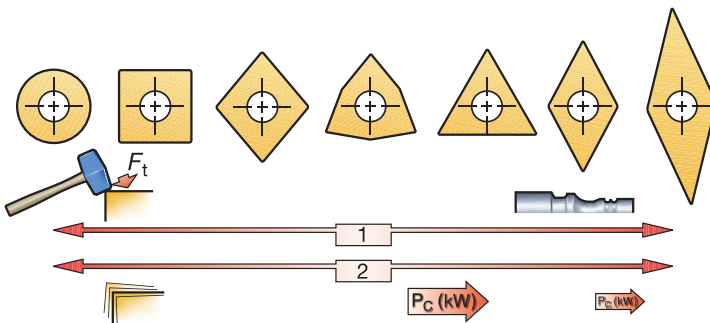


$F_t$  = forças tangenciais e  $F_r$  = forças radiais

## Ângulo de ponta da pastilha

Selecione um formato de pastilha relativo ao ângulo de posição e às exigências de acessibilidade da ferramenta. Uma regra geral é sempre escolher o menor raio de ponta possível para reduzir a tendência à vibração. Quando escolher o ângulo de ponta, há dois caminhos a escolher:

- Uma pastilha com ângulo de ponta menor melhorará a estabilidade da ferramenta, irá gerar boa folga na superfície de saída e menores variações da área de cavacos se a ferramenta começar a vibrar em uma direção radial
- Um maior ângulo de ponta da pastilha proporciona resistência e confiabilidade, mas requer mais potência de usinagem, pois uma aresta de corte maior está em contato no corte



## Geometrias positivas

As geometrias positivas e os ângulos de saída positivos geram forças de corte mais baixas e menor deflexão da ferramenta. Portanto, escolha a geometria mais positiva que puder com um quebra-cavacos adequado para seus dados de corte. Isto pode diminuir um pouco a resistência ao desgaste, a resistência da aresta e o controle de cavacos porque o controle de vibração está sempre em equilíbrio.



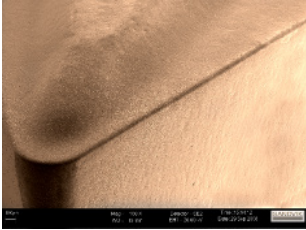
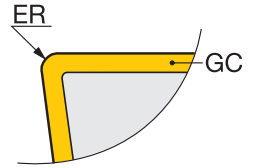
## Pastilhas Wiper

Geralmente, as pastilhas Wipers não são a primeira escolha quando o assunto é evitar a vibração, pois as forças de corte mais altas e a deflexão radial são difíceis de superar. Em condições muito estáveis, porém, as pastilhas Wiper podem proporcionar benefícios reais para o acabamento superficial e dados de corte maiores.

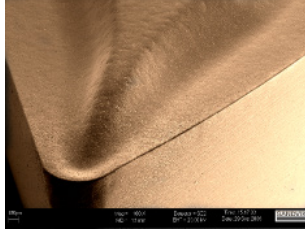


## Arredondamento da aresta

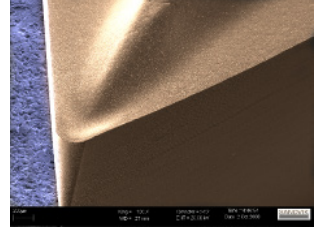
Um arredondamento de aresta (ER) menor proporciona forças de corte mais baixas em todas as direções. Isto resulta em ação de corte mais fácil e menos deflexão da ferramenta. As pastilhas retificadas têm arredondamento de aresta menor que as pastilhas diretamente prensadas, o que é verdadeiro também para pastilhas sem cobertura ou com cobertura fina.



M = Pastilhas diretamente prensadas



G = Pastilhas retificadas, normalmente com ER menor

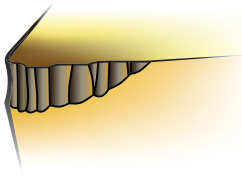


E = Pastilhas retificadas para tolerâncias mais estreitas e aresta viva



## Dados de corte

Desgaste excessivo da pastilha, como o desgaste de flanco deve ser evitado, pois ele altera a folga entre a ferramenta e a parede da peça, causando problemas de vibração.



## Velocidade de corte, $v_c$

A velocidade de corte correta evitará a aresta postiça que influencia o acabamento superficial, as forças de corte e a vida útil da ferramenta.

- A velocidade de corte excessiva pode gerar desgaste de flanco reduzindo a segurança e a confiabilidade devido ao entupimento de cavacos, escoamento insatisfatório dos mesmos e quebra da pastilha, especialmente quando usinar furos profundos
- As velocidades de corte muito baixas irão gerar arestas postiças
- Padrão de desgaste desigual diminuirá a vida útil da ferramenta e o acabamento superficial, portanto, deve-se prestar atenção no padrão de desgaste
- O material da peça tem grande impacto sobre a velocidade de corte que você pode aplicar

### Profundidade de corte, AP, e avanço, $f_n$

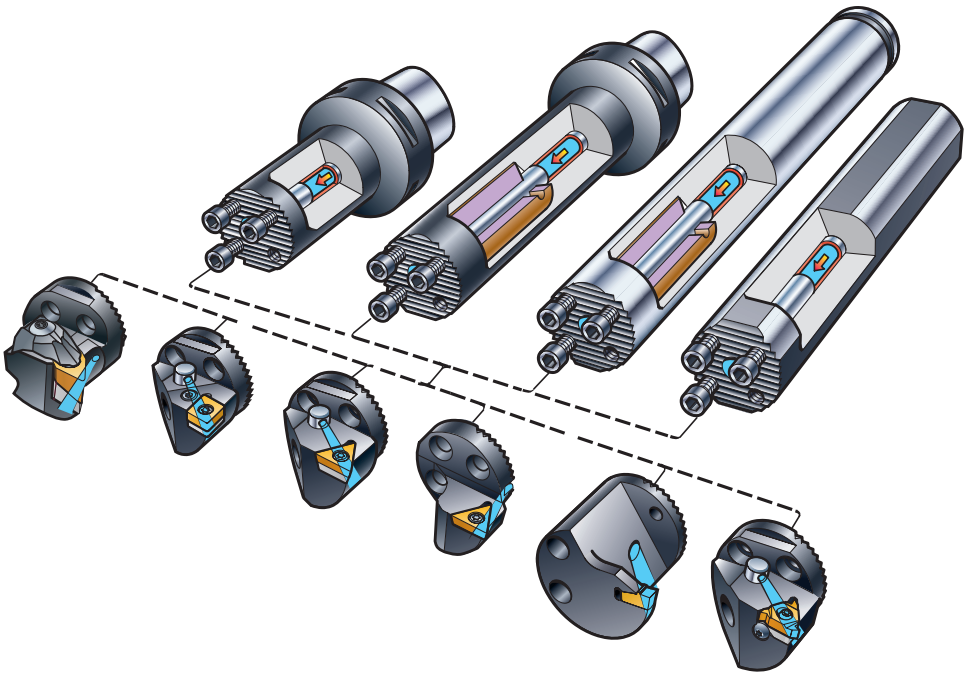
A combinação de AP e de  $f_n$  é importante para alcançar as melhores áreas de cavacos possíveis. Duas regras gerais:

- Programe AP maior que o raio de ponta
- Programe um  $f_n$  25% que o raio de ponta no mínimo, dependendo do acabamento superficial necessário

Um dos primeiros fatores a considerar se houver vibração durante a usinagem com longos balanços é aumentar o avanço e a segunda ação remediadora é alterar a velocidade de corte. Geralmente, os melhores resultados são alcançados com velocidade de corte mais alta.

### Área de cavacos

- Se a área de cavacos for muito grande, as forças de corte também são altas
- Se a área de cavacos for muito pequena, o atrito entre a ferramenta e a peça é muito grande e pode ocorrer um efeito de esfregamento



## Caso um: Torneamento de parafusos decantadores

Uma empresa de petróleo e gás que usina parafusos decantadores convidou a Sandvik Coromant para visitar sua fábrica e testar as Silent Tools, pois a solução existente não era estável o suficiente. Ao utilizar a estabilidade da barra Silent Tools e as possibilidades de usar dados de corte mais altos, o tempo de usinagem foi reduzido em nove minutos por peça.

<b>Operação</b>	Torneamento	
<b>Peça</b>	Mud screws	
<b>Material da peça</b>	CMC 20.32 (Stellite classe 6)	
<b>Custo da máquina</b>	Euro 94	
	<b>Referência</b>	<b>Silent Tools</b>
<b>Adaptador</b>	A24T-DTFNR3	A570-4C D28-15 40
<b>Pastilha</b>	TNMG 332-MS VP-05RT	SNMG 432-SM
<b>Classe</b>	VP05RT	GC 1105
<b>Dados de corte</b>		
n, r/min:	171.98	275.17
$D_m$ mm (pol.):	56 (2.20)	56 (2.20)
$v_c$ m/min (pés/min)	30 (100)	49 (160)
$f_n$ mm/r (pol./r)	0.08 (0.003)	0.10 (0.004)
AP mm (pol.)	2.5 (0.10)	2.5 (0.10)
<b>Vida útil da ferramenta</b> (nº de peças)	1	2
<b>Tempo total de ciclo, mín.</b>	21.51	10.08 min
<b>Aumento de produtividade</b>		113%

## Exemplos de aplicação

### Caso dois: Torneamento de furo interno

O torneamento interno é sensível à vibração. A escolha da ferramenta é limitada pelo comprimento e diâmetro do furo da peça, pois a profundidade do furo determina o balanço.

Minimize o balanço da ferramenta e selecione a barra com o maior diâmetro possível para obter estabilidade e precisão otimizados. Para torneamento interno, uma barra de mandrilar Silent Tool antivibratória é a primeira escolha.

Um cliente com uma operação típica de desbaste interno leve de uma flange de processo foi significativamente beneficiado pelo uso de uma barra de mandrilar Silent Tools. Eliminando a vibração, a velocidade de fuso pode ser mais que o dobro, o tempo do ciclo reduzido em um terço e a produtividade aumentada em 188%.



<b>Operação</b>	Usinagem geral interna, desbaste leve	
<b>Peça</b>	Flange de processo	
<b>Material da peça</b>	CMC 01.1, P1.1.Z.AN, aço baixa-liga	
<b>Custo da máquina</b>	EUR/hora: € 75	
<b>Horas de trabalho/semana</b>	80	
<b>Uso de adaptadores antivibratórios</b>	44%	
<b>Volume usinado/pç cm<sup>3</sup> (pol.<sup>3</sup>)</b>	54 (3.295)	
<b>Comprimento de montagem mm (pol.)</b>	406 (15.984)	
	<b>Referência</b>	<b>Silent tools</b>
<b>Adaptador</b>		C6-570-3C 40 368
<b>Cabeça de corte</b>		570-DCLNL-40-12-L
<b>Dados de corte</b>		
n, r/min:	424	955
D <sub>m</sub> mm (pol.):	60 (2.360)	60 (2.360)
v <sub>c</sub> m/min (pés/min)	80 (263)	180 (591)
f <sub>n</sub> mm/r (pol./r)	0.1 (0.004)	0.15 (0.006)
AP mm (pol.)	1.0 (0.040)	2.0 (0.079)
<b>Tempo total de ciclo</b>	91.63 min	31.84 min
<b>Vida útil da ferramenta (nº de peças)</b>	1.5	2.65
<b>Aumento da produtividade</b>		188%

## Caso três: Carcaça de rolamento, flangeada

O cliente lutava contra a vibração e pediu à Sandvik Coromant uma solução produtiva. Ao implementar uma barra de mandrilar A570-3C D32 27-40, uma das duas operações de mandrilamento foi removida e a produtividade pôde aumentar substancialmente. Um comentário do cliente:

*"Além de deixar minha operação de mandrilamento mais silenciosa, a barra convenceu todas as pessoas na fábrica que diziam que a ferramenta da Sandvik Coromant não funcionaria."*

<b>Material</b>	CMC 02.1	
<b>Máquina</b>	Dainichi	
<b>Peça</b>	Carcaça de rolamento, flangeada	
<b>Operação</b>	Mandrilamento em desbaste	
	<b>Referência</b>	<b>Silent Tools</b>
<b>Adaptador</b>		A570-3CD3227-40
<b>Cabeça de corte</b>		SL-PTFNL-40-16HP
<b>Pastilha</b>		TNMG 332-QM GC4215
<b>Dados de corte</b>		
n, r/min	227	340
D <sub>m</sub> mm (pol.)	94 (3.7)	94 (3.7)
v <sub>c</sub> m/min (pés/min)	67 (220)	99 (325)
f <sub>n</sub> mm/r (pol./r)	0.36 (0.014)	0.41 (0.016)
AP mm (pol.)	3.2 (0.125)	3.2 (0.125)
<b>Tempo total de ciclo, mín.</b>	28	15
<b>Vida útil da ferramenta</b> (nº de peças)	3	8
<b>Aumento da produtividade</b>		<b>132%</b>

## Caso quatro: Fuso

A produção do fuso envolve principalmente processos internos e existentes incluindo duas operações - torneamento de ambos os lados. O cliente passou por dois problemas: vibração e a necessidade de um processo simplificado. Ao implementar uma barra de mandrilar Silent Tools de 5.3xBD, o torneamento pôde ser realizado de um lado, economizando tempo para o cliente.

<b>Material</b>	E200 Boehler/ 18CrNiMo7	
<b>Máquina</b>	Mazak integrex 300	
<b>Custo da máquina</b>	EURO 150	
<b>Peça</b>	Fuso	
<b>Operação</b>	Mandrillamento interno	
	<b>Referência</b>	<b>Silent Tools</b>
<b>Adaptador</b>		C6-570-3C 32 159
<b>Cabeça de corte</b>		570-DWLNL-32-08-LE
<b>Pastilha</b>		WNMG 080408-PM GC4225
<b>Dados de corte</b>		
n, r/min	509	1146
$D_m$ mm (pol.)	50 (1.97)	50 (1.97)
$v_c$ m/min (pés/min)	80 (262)	180 (590)
$f_n$ mm/r (pol./r)	0.1 (0.004)	0.15 (0.006)
AP mm (pol.)	1 (0.039)	1 (0.039)
<b>Tempo total de ciclo, mín.</b>	68.5	5.95
<b>Vida útil da ferramenta</b> (nº de peças)	1	4
<b>Aumento da produtividade</b>		<b>1052%</b>

## Características gerais do produto

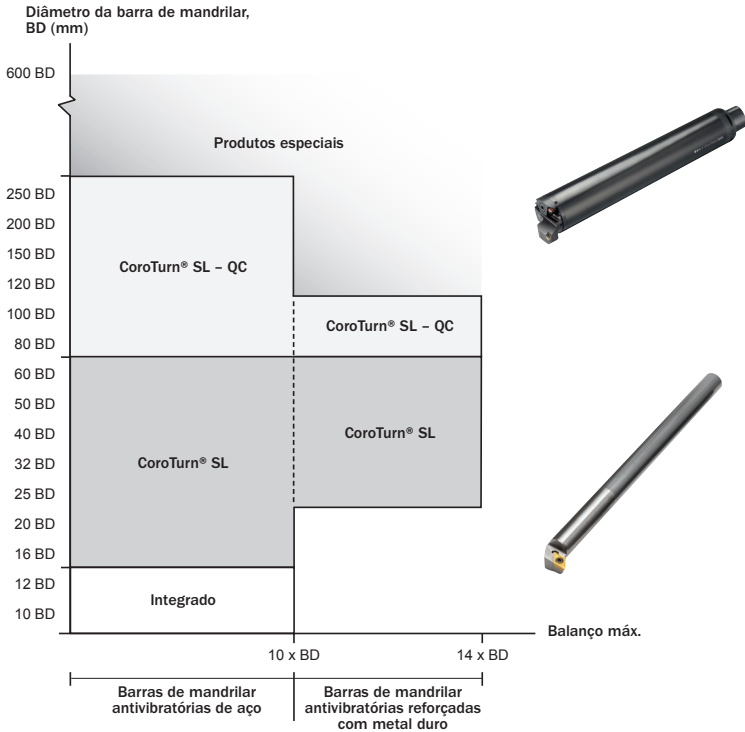
A seleção da barra de mandrilar tem um grande impacto na economia de produção. O programa da ferramenta da Sandvik Coromant é abrangente e inclui as soluções com 10 a 100 mm (0.394 a 3.94 pol.) de diâmetro como ferramentas standard que são entregues em prazos competitivos. Fora desta gama, as ferramentas especiais com até 600 mm (23.6 pol.) estão disponíveis.

Barras com balanço 3–14 x BD estão disponíveis para Coromant Capto, você encontrará nos tamanhos 16 a 100 mm (0.63 a 3.94 pol.) de diâmetro.

## Produtiva em balanços curtos

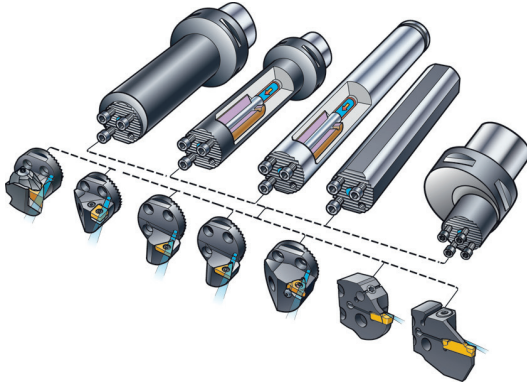
Geralmente, você pode usar uma barra de mandrilar de aço ou de metal duro para balanços até 4 x BD, mas mesmo nesta gama, uma barra Silent Tools proporcionará vantagens muito produtivas. Balanços até 10 x BD são, normalmente, solucionados ao aplicar uma barra de mandrilar antivibratória de aço para alcançar um processo eficiente. Já balanços acima de 10 x BD precisam de uma barra de mandrilar antivibratória reforçada com metal duro para lidar com a deflexão radial e a vibração.





Se você trabalhar com uma combinação de cabeças de corte e barras de mandrilar antivibratórias Silent Tools, você pode mudar apenas a cabeça facilmente caso haja danos no *tip-seat*.

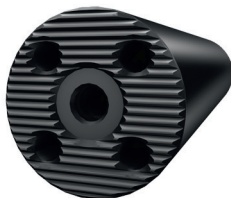
Há uma oferta abrangente com cerca de 500 cabeças de corte diferentes para torneamento geral, cortes e canais e rosqueamento incluindo Troca Rápida QS nos diâmetros 32 e 80 mm (1.26 e 3.15 pol.). Há também um programa específico para as cabeças de corte CoroTurn HP disponíveis.



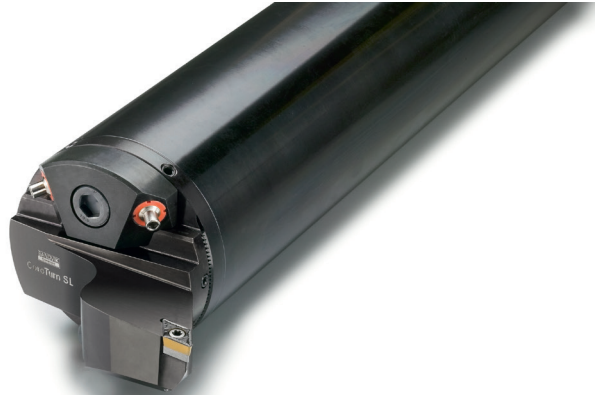
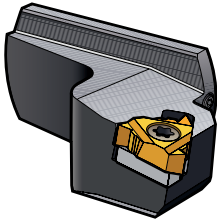
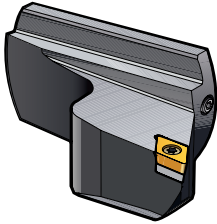
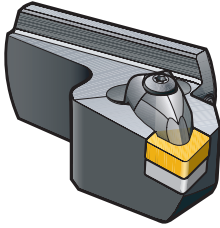
Uma combinação de cabeças de corte e barras de mandril antivibratórias Silent Tools proporciona excelente flexibilidade, com cabeças de corte para aplicações diferentes.

As barras de mandril cilíndricas grandes vêm em vários acoplamentos diferentes, como as unidades de acoplamento Coromant Capto e Troca Rápida.

CoroTurn® SL



CoroTurn® SL



## Tipos de barras



O torneamento interno é muito sensível à vibração. Minimizar o balanço da ferramenta e selecionar a maior ferramenta possível para obter a melhor estabilidade e precisão. Para torneamento interno com barras de mandril antivibratórias de aço, a primeira escolha é a barra do tipo 570-3C.

Para usinagem de canais e rosqueamento em desbaste em que as forças radiais são mais altas que em torneamento, o tipo de barra recomendado é o 570-4C.

A tabela abaixo mostra o balanço máximo recomendado para diferentes tipos de barras.

A rigidez estática de uma barra de metal duro reforçada é melhorada cerca de 2,5 vezes se comparada a uma barra de aço com o mesmo balanço.

Há diferentes sistemas antivibratórios para diferentes comprimentos de balanços:

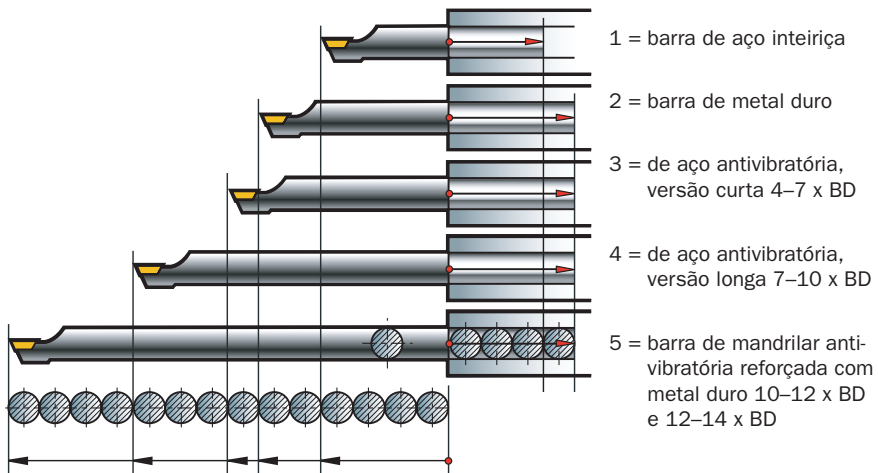
Tipo de barra	Torneamento	Usinagem de canais	Rosqueamento
Barras de mandril de aço	4 x BD	3 x BD	3 x BD
Barras de mandril de metal duro	6 x BD	5 x BD	5 x BD
Barras de mandril antivibratórias de aço 	10 x BD	5 x BD*	5 x BD*
Barras de mandril antivibratórias reforçadas com metal duro 	14 x BD	7 x BD	7 x BD

\* Barras 570-4C

Selecione o material da barra de mandrilar para se adequar à relação apropriada entre comprimento e diâmetro. Uma barra de metal duro tem uma rigidez estática mais alta que uma barra de aço, por isso ela suporta um balanço mais longo.

Como visto na figura, os materiais das barras de mandrilar a seguir podem ser selecionados para se adequar à relação de diâmetro apropriada.

O rosqueamento e a usinagem de canais proporcionam mais forças de corte radiais que o torneamento, o que limita o balanço máximo recomendado. Um mecanismo antivibratório aumenta a rigidez dinâmica e permite balanços ainda mais longos.



## Dicas, resumo

Reduza o risco de vibração ao escolher uma barra com diâmetro máximo e balanço mínimo. Use o comprimento de fixação recomendado, mínimo de 4 x BD.

O corte de barras de mandrilar CR acima de 10 x BD não é permitido. Para barras 570-4C, a fixação sobre o mecanismo antivibratório é permitida, mas não para barras 3C. Quando uma barra de desenho curto 570-3C é cortada para o comprimento mínimo, o comprimento de fixação não deve exceder 3 x BD para evitar a fixação sobre o mecanismo antivibratório. Nunca corte barras 570-3C com diâmetro >100 mm (3.94 pol.).

## Modificação de barras standard

Diâmetro da barra	L, comprimento mín. depois de cortada	
	Desenho curto 4-7 × BD	Desenho longo 7-10 × BD
BD		
mm	mm	mm
16	100	155
20	125	200
25	155	255
32	190	320
40	240	410
50	305	520
60	380	630
80	630	630
100	770	770

Recomendamos um comprimento mín. de fixação de 4 × BD

Diâmetro da barra	L, comprimento mín. depois de cortada	
	Desenho curto 4-7 × BD	Desenho longo 7-10 × BD
BD		
polegadas	polegadas	polegadas
0.625	4	7
0.750	5	8
1.000	7	11
1.250	8	13
1.500	10	17
1.750	10.4	18
2.000	12	21
2.500	15	25
3	20	20
4	30.3	30.3

Recomendamos um comprimento mínimo de fixação de 4 × BD

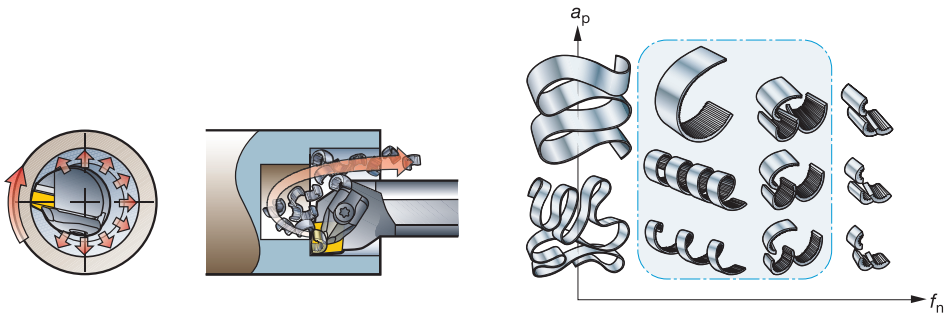
Duas linhas na barra indicam o balanço mínimo e o máximo. Certifique-se de que o balanço está dentro desta faixa. Fora desta faixa, não há garantia para a função antivibratória.

## Escoamento de cavacos

Para melhor escoamento de cavacos, use um porta-ferramenta com refrigeração integrada e uma geometria de pastilha que forneça cavacos em espiral e curtos. Se você tiver escoamento de cavacos insatisfatórios; tente aumentar o fluxo de refrigeração, mude a geometria da pastilha ou aumente a velocidade de corte para obter cavacos mais curtos.

Outra alternativa é considerar um percurso alternativo da ferramenta. As unidades de corte invertidas permitem melhor escoamento de cavacos.

Certifique-se de que haja espaço suficiente para os cavacos entre a barra e o furo. Caso contrário, a ferramenta pode pressionar os cavacos na superfície e danificar o corpo da ferramenta.



## Ajuste de olhais

Use uma chave hexagonal para ligar ou desligar o fluxo de refrigeração. Para cabeças SL Troca Rápida, use a mesma chave hexagonal para ajustar a direção dos olhais.

## Pastilhas Wiper

Para melhor acabamento superficial e maior produtividade, as pastilhas Wipers podem ser um otimizador em condições muito estáveis. Quando usar as pastilhas Wiper, as recomendações gerais são aumentar o avanço e escolher um raio de ponta menor.



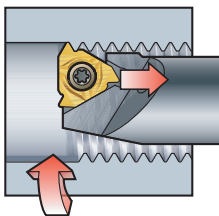
## Rosqueamento interno

Para reduzir o risco de vibração, use as dicas a seguir:

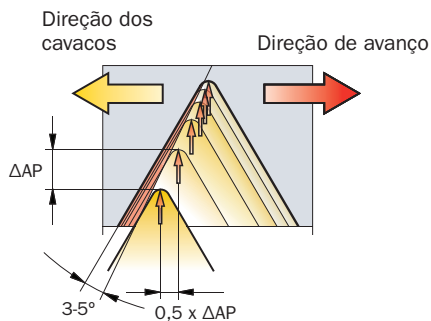
- Use o avanço de flanco modificado
- A penetração por passe não deve exceder 0.2 mm (0.008 pol.) e nunca ser menor que 0.06 mm (0.002 pol.)
- Passe final, sempre com taxa de penetração reduzida
- Use uma geometria viva para forças de corte mais baixas

Para melhor escoamento de cavacos:

- Use o avanço de flanco modificado para conduzir os cavacos na direção da abertura do furo
- Use a direção de avanço de dentro para fora em condições estáveis. Escolha o flanco direito ou esquerdo para direcionar o escoamento de cavacos
- Use a refrigeração para melhor escoamento de cavacos



Direção de avanço de dentro para fora



O avanço de flanco modificado direciona os cavacos para fora do furo

## Perfilamento e canais internos

Reduza o risco de vibração aplicando as dicas a seguir:

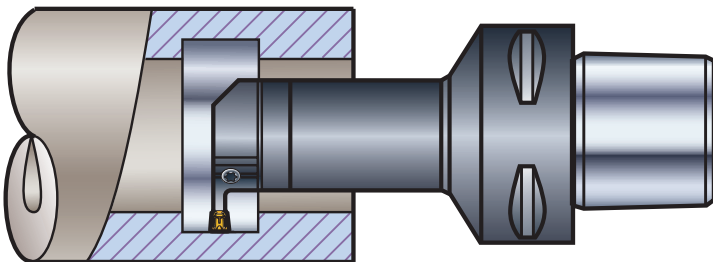
- O set-up deve ter o menor balanço possível com a geometria de corte mais leve possível
- Use uma pastilha menor e faça vários cortes em vez de um só
- Comece por fora e faça cortes sobrepostos para dentro a fim de melhorar o escoamento de cavacos
- Uma operação de acabamento pode ser um movimento de torneamento lateral. Comece de dentro para fora
- A usinagem em rampa/torneamento pode ser usada para melhorar o controle de cavacos e pode reduzir a vibração
- Use as pastilhas versão esquerda ou direita para direcionar os cavacos durante o desbaste

### Set-up comum

Usar a barra de forma convencional gera forças de corte que empurram a pastilha para baixo.

### Set-up alternativo

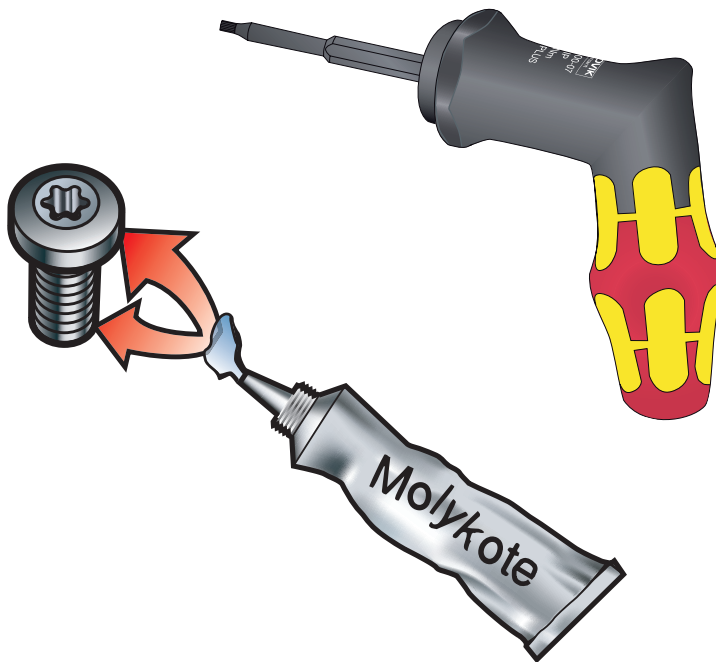
Usar a barra invertida muda a direção das forças de corte que melhora a estabilidade. Isto também pode melhorar o escoamento de cavacos. Este método requer considerações cuidadosas, mesmo em diâmetros pequenos. Se a força de corte for reduzida a zero pelo corte interrompido, a barra oscilará contra a peça na direção de torneamento e receberá uma força de corte maior que pode danificar a ferramenta e a peça.



## Tratamento

Para melhor desempenho, limpe todas as partes e lubrifique com óleo pelo menos uma vez ao ano. O lubrificante também deve ser aplicado nos parafusos quando necessário. Substitua os parafusos e as arruelas que estiverem desgastados e danificados.

As barras antivibratórias podem ficar deformadas devido à espessura fina das paredes. Na montagem, certifique-se de que as barras são mantidas corretamente. Verifique sempre a fixação quando trabalhar com os produtos Silent Tools. Use um torquímetro para o aperto correto do parafuso.



## **Resumo: Como evitar vibrações**

### **Aumente a rigidez estática**

- Verifique o set-up e a fixação
- Use o suporte Coromant Capto ou suporte ranhurado
- Ferramenta com balanço mínimo e diâmetro maximizado
- Reforço do material (barras de mandrilar)

### **Aumentar a rigidez dinâmica**

- Ângulo de ponta pequeno da pastilha
- Use as ferramentas antivibratórias
- O menor peso possível na frente da ferramenta de corte

### **Reduza as forças de corte**

- Use um ângulo de corte positivo
- Use uma geometria de pastilha positiva com ER pequeno

### **Evite a deflexão**

- Mude a direção da força de corte de radial para axial
- Ângulo de posição próximo de 90° (ângulo de ataque 0°)
- Profundidade de corte maior do que o raio de ponta

### **Controle de cavacos**

- Aumente o fluxo de refrigeração
- Deixe espaço entre a ferramenta e a peça
- Certifique-se de que todos os cavacos tenham sido escoados

### **Nota!**

Certifique-se de que não haja sobrecarga na barra de mandrilar antivibratória. A carga máxima é marcada nos produtos e você também pode usar a calculadora disponível em [www.sandvik.coromant.com/knowledge](http://www.sandvik.coromant.com/knowledge) para encontrar a carga máxima.

## 4. Mandrilamento

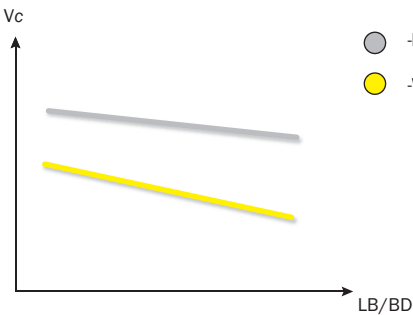
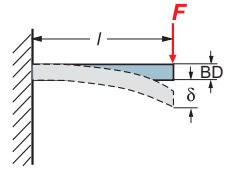
### Principais considerações

As ferramentas de mandrilar Silent Tools alcançam um máximo de seis vezes o diâmetro do furo em sua peça. Se você precisa de profundidade maior, solicite uma solução especial.

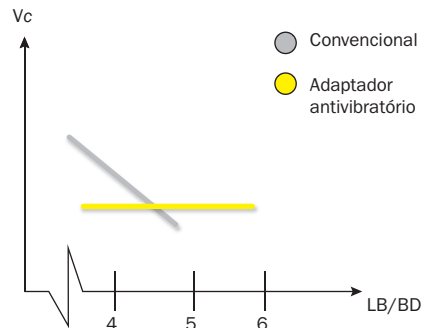
Nossa recomendação é sempre usar as Silent Tools para longos balanços, acima de 4 x BD.

### Balanco e diâmetro da ferramenta

- Escolha o maior tamanho Coromant Capto possível
- Escolha o suporte básico mais curto possível
- Se possível, use um suporte básico para aplicações pesadas
- Para balanços acima de 4 x BD, use ferramentas dedicadas, ex.: Silent Tools.



Velocidade de corte em relação ao balanço, com geometrias diferentes



Velocidade de corte em relação ao balanço, com adaptadores convencionais e antivibratórios

## Formato da pastilha e ângulo de posição/ de ataque

Use o ângulo de posição  $90^\circ$  ( $0^\circ$ ) para desbaste e  $92^\circ$  ( $-2^\circ$ ) para acabamento. Força menor na direção radial resulta em menor deflexão radial e menos vibração. Pastilhas triangulares (tipo T) são a primeira escolha para operações de mandrilamento. As pastilhas CoroTurn® 107 atendem estas especificações e são a primeira escolha.

## Raio de ponta

O raio de ponta, RE, na pastilha é o principal fator em operações de torneamento. A seleção dos raios de ponta depende de:

- Profundidade de corte, AP
- Avanço,  $f_n$

e influencia:

- Acabamento superficial
- Quebra dos cavacos
- Resistência da pastilha

## Raio de ponta pequeno

- Ideal para profundidades de corte pequenas
- Reduz a vibração
- Menor resistência da pastilha

## Raio de ponta maior

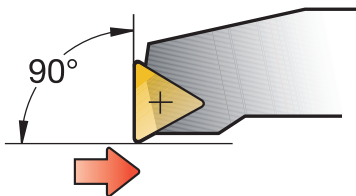
- Faixas de avanço pesadas
- Grandes profundidades de corte
- Aresta mais robusta
- Forças radiais maiores

## Raio de ponta em relação à profundidade de corte

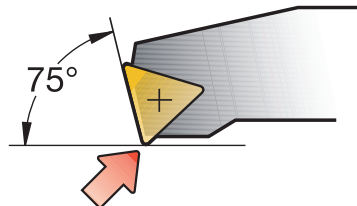
As forças radiais que empurram a pastilha para longe da superfície de corte tornam-se mais axiais conforme a profundidade de corte aumenta. O raio de ponta também afeta a formação de cavacos. Geralmente, a quebra de cavacos melhora com um raio menor. Como regra geral, a profundidade de corte deve ser maior ou igual a  $2/3$  do raio de ponta ou metade do raio de ponta na direção do avanço.

### Valores iniciais de avanço dependendo do raio de ponta

Tamanho do raio de ponta (mm)	0.4	0.8	1.2
Avanço (mm/r)	0.17	0.22	0.27



Força na direção axial principalmente



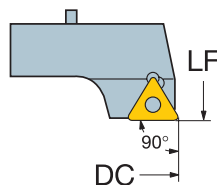
Força na direção axial e radial

## Mandrilamento em desbaste

Escolha uma geometria de desbaste a menos que seja necessária uma profundidade de corte pequena. Para profundidades de corte menores, use uma geometria média. Raio de ponta recomendado: 0.8 mm (0.031 pol.) e se você tiver problemas, tente 0.4 mm (0.016 pol.). Para problemas difíceis, tente usar somente uma pastilha.

Com as ferramentas de mandrilar antivibratórias da Sandvik Coromant, são possíveis três set-ups diferentes da ferramenta:

- Mandrilamento produtivo: duas pastilhas com o mesmo comprimento e diâmetro
- Mandrilamento escalonado: Calço adicional sob um dos cassetes
- Mandrilamento com aresta única: Substitua um dos cassetes por uma capa



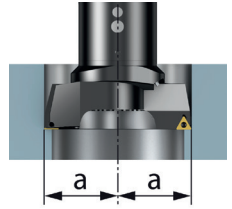
Cassete e pastilha para mandrilamento em desbaste





## Mandrilamento produtivo

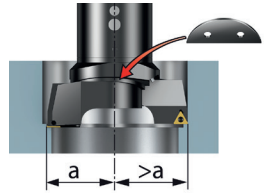
Envolve duas arestas de corte e é empregado para operações de desbaste de furos, com tolerância IT9 ou maior, em que a taxa de remoção de metal é a principal prioridade. A faixa de avanço é obtida ao multiplicar o avanço pelo número de pastilhas. ( $f_n = f_z \times Z_{EFF}$ )



Mandrilamento produtivo

## Mandrilamento escalonado

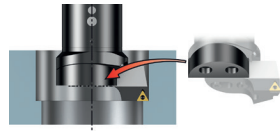
Ao adicionar um calço sob um dos cassetes, a pastilha usará apenas a metade interna do corte radial desejado e o resultado é uma ferramenta para mandrilamento escalonado. Selecione este método se você quiser usar um corte radial maior do que uma pastilha pode fazer, mas lembre-se de reduzir o avanço axial até o normal para uma ferramenta com somente uma aresta de corte.



Mandrilamento escalonado

Se as duas forem ajustadas para a mesma profundidade de corte radial, a externa sempre terá a força de corte maior devido à velocidade de corte mais alta e maior remoção de cavacos. Ao fazer isso corretamente, a vibração pode ser evitada facilmente e com garantia de uma superfície mais uniforme. Este set-up produzirá um canto a 90° escalonado se o furo não for passante na peça.

A faixa de avanço e o acabamento superficial produzido são os mesmos se fosse usado somente uma pastilha ( $f_n = f_z$ ). A tolerância do furo produzido é IT9 ou maior.



Mandrilamento com aresta única

## Mandrilamento com aresta única

O mandrilamento com aresta única é a melhor opção quando:

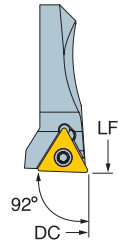
- Você precisar reduzir as forças de corte devido à baixa potência da máquina
- Você tiver problemas com vibração
- Tolerâncias estreitas, circularidade precisa ou bom acabamento superficial são necessários

A tolerância do furo produzido é IT9 ou maior.

## Mandrilamento de acabamento

As ferramentas para mandrilamento de acabamento são ferramentas com aresta única e ajuste do micrômetro radial na cabeça da unidade de corte. O acabamento é usado quando forem necessários tolerâncias estreitas do furo e excelente acabamento superficial.

Escolha uma pastilha de corte leve com uma geometria de corte positiva. A primeira escolha são as pastilhas Knife-edge (TCGT L-K). Use um raio de ponta pequeno de 0.2 mm (0.008 pol.), 0.4 mm (0.016 pol.) no máximo.



Cápsula e pastilha para mandrilamento de acabamento

### Tolerância do diâmetro do furo

Para acabamento com uma pastilha, uma tolerância IT7 pode ser alcançada em boas condições. A tolerância será influenciada pela fixação do porta-ferramenta, os dispositivos de fixação da peça e o desgaste da pastilha. Recomendamos um corte de referência para decidir quais ajustes são necessários para compensar a deflexão da ferramenta. Para alcançar bom acabamento superficial e tolerâncias de furos estreitas, também é importante usar fluidos de corte para evitar o recorte dos cavacos e a expansão do calor da ferramenta e da peça.

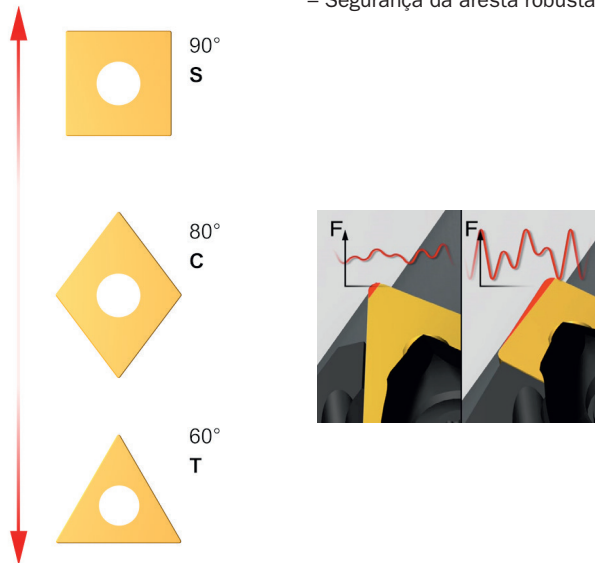


## Fatores que influenciam a vibração

Para reduzir as vibrações, escolha uma pastilha de corte leve com uma geometria de corte positiva e um raio de ponta pequeno. As pastilhas tipo T são a primeira escolha para operações de mandrilamento.

Alta tendência à vibração

- Avanços pesados
- Profundidade de corte maior
- Segurança da aresta robusta



Menor tendência à vibração

- Ideal para profundidade de corte pequena
- Reduz a vibração

As informações sobre outros fatores que influenciam a vibração podem ser encontrados no guia de aplicação na página 41-47.

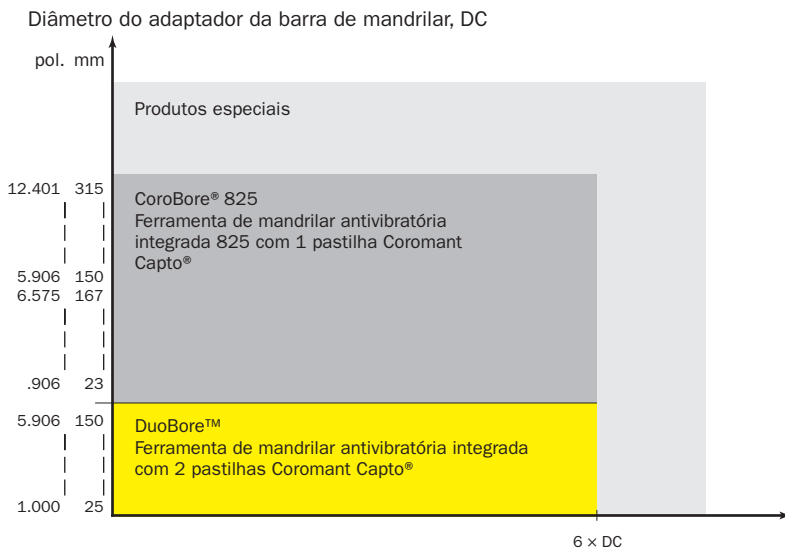
- Ângulo de ponta da pastilha
- Geometrias positivas
- Pastilhas Wiper
- Arredondamento da aresta
- Dados de corte e velocidade de corte.

## Características gerais do produto

A Sandvik Coromant oferece ferramentas de mandrilar antivibratórias para mandrilamento em desbaste e de acabamento. Os adaptadores são desenhados com acoplamentos traseiros Coromant Capto para fixação e flexibilidade as melhores possíveis. Isto oferece a você flexibilidade e modularidade exclusivas para construir os conjuntos de ferramenta desejados. Os suportes básicos Coromant Capto estão disponíveis em todas as interfaces comuns da máquina.

As ferramentas para mandrilamento de acabamento e em desbaste Silent Tools aumentam a produtividade e fornecem tolerâncias estreitas a partir de comprimentos 3–10 x BD. Quando usar Silent Tools, você tem a oportunidade de dobrar a profundidade de corte. A refrigeração interna é um recurso para o direcionamento preciso dos jatos na zona de corte.

É possível usar adaptadores de redução e extensão nas ferramentas de mandrilar antivibratórias, mas a ferramenta não será mais otimizada. Porém, uma ferramenta antivibratória com uma redução ou extensão ainda trabalha melhor que uma ferramenta sem mecanismo antivibratório.



Mandrilamento em desbaste	Mandrilamento de precisão	
Faixa de mandrilamento mm (pol.) Ø25-150 (0.98–5.9)	Faixa de mandrilamento mm (pol.) Ø23-167 (0.90–6.6)	Faixa de mandrilamento mm (pol.) Ø150-315 (5.9–12.4)
DuoBore™ com sistema antivibratório	CoroBore® 825/826 com sistema antivibratório	
		
Acoplamento traseiro Coromant Capto® com refrigeração interna		

### Ferramentas para mandrilamento em desbaste DuoBore™ 821

Os adaptadores DuoBore com sistema antivibratório para desbaste foram projetados com duas pastilhas para alta produtividade em aplicações de mandrilamento contra cantos a 90° e furos passantes. A ferramenta pode ser montada em três diferentes set-ups da ferramenta: Produtividade, mandrilamento escalonado e mandrilamento com aresta única. Leia mais na página 71.



Faixa de mandrilamento	25-150 mm (0.984–5.906 pol.)
Profundidade de mandrilamento	6 x DC (23.6–27.6 pol.)
Tolerância do furo	IT9
Fluido de corte	Interno
Tamanho/tipos da pastilha:	90°(0°) CoroTurn 107°, 75°(15°) CoroTurn 107°

## CoroBore® 825/826 – ferramentas para mandrilamento de acabamento

O CoroBore 825 e o CoroBore 826 com mecanismo antivibratório foram projetados para operações de acabamento com excelente acabamento superficial e tolerâncias estreitas mesmo em balanços longos, com possibilidade de dobrar a profundidade de corte e ainda obter o mesmo excelente acabamento superficial.

<b>Faixa de mandrilamento</b>	23-315 mm (0.906-12.402 pol.)
<b>Profundidade de mandrilamento</b>	6 x BD
<b>Tolerância do furo</b>	IT6
<b>Fluido de corte</b>	Interno
<b>Ajuste de diâmetro:</b>	0.002 mm (0.000079 pol.)
<b>Tipos de pastilhas</b>	92°(-2) CoroTurn 107°, 92°(-2) CoroTurn 111°

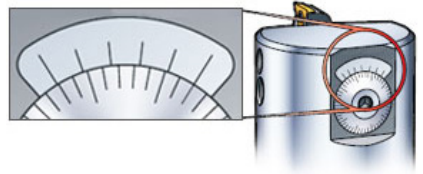
### Ajuste radial da cabeça de mandrilamento de precisão:

- Ajuste do diâmetro de 2 microns
- Dois mecanismos diferentes de ajuste do diâmetro
  - 825 - Escala nônio (diâm. 23–315 mm, 0.90–12.4 pol.)
  - 826 - Um clique para cada incremento no diâmetro (diâm. 150–315 mm, 5.90– 12.4 pol.)



## Como usar CoroBore® 825

Exemplo de ajuste: Neste exemplo, a linha azul no anel graduado é uma referência, pois está alinhada ao nônio na posição inicial.



Posição inicial

Posição ajustada



O anel graduado gira no sentido horário até que a linha da escala (vermelha) esteja alinhada com a segunda linha (verde) do nônio. Diâmetro aumentado em 0.002 mm (0.00008")



O anel graduado girado no sentido horário até que a linha da escala (vermelha) esteja alinhada com a terceira linha (verde) do nônio. Diâmetro aumentado em 0.004 mm (0.00016")



O anel graduado girado no sentido horário até que a linha da escala (vermelha) esteja alinhada com a quarta linha (verde) do nônio. Diâmetro aumentado em 0.006 mm (0.00024")



O anel graduado gira no sentido horário até que a linha da escala (vermelha) esteja alinhada com a quinta linha (verde) do nônio. Diâmetro aumentado em 0.008 mm (0.00032")



O anel graduado girado no sentido horário até que a linha da escala (vermelha) esteja alinhada com a sexta linha (verde) do nônio. Diâmetro aumentado em 0.010 mm (0.0004") = 1 divisão da escala.

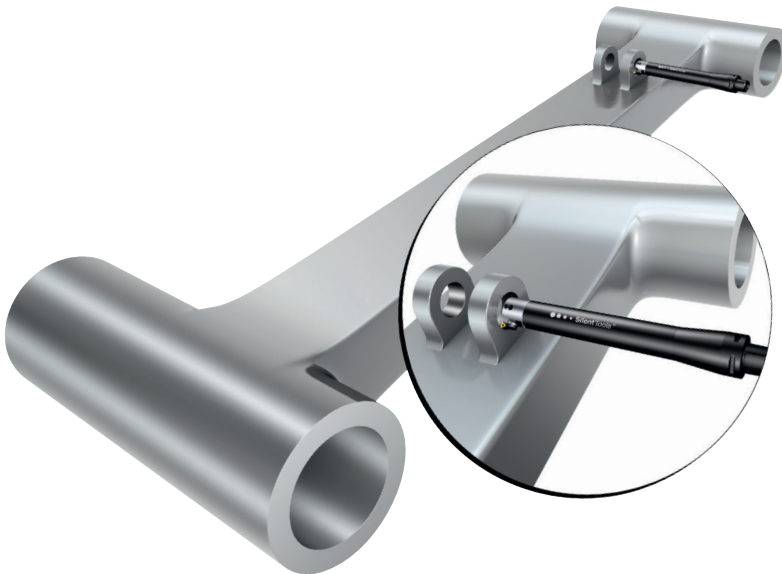
## Exemplos de aplicação

### Caso um: Furos de terminais, trem de pouso

A usinagem de uma peça do setor aeroespacial, com um comprimento de 2.1 m (7 pés) e largura de 0.91 m (3 pés), representava um desafio para acessibilidade. A peça tem dois furos de terminais alinhados na parte externa e o processo consistia no semidesbaste dos terminais em cada um dos lados, seguido por um passe de acabamento e um passe de alargamento de um furo de terminal por um lado, por um set-up da peça no lado oposto e alinhando pelo centro, sendo concluído com um novo passe de acabamento e de alargamento.

A solução da Sandvik Coromant foi combinada às operações de acabamento e alargamento e usou uma Silent Tool para usinar os furos de terminais em uma operação. Isto melhorou o processo, pois eliminou o tempo de set-up para mover a peça e centralizá-la. Toda a usinagem foi realizada por um lado e a operação de alargamento foi eliminada.

Como mostrado nos dados abaixo, a velocidade de corte e o avanço puderam ser aumentados e, após a produção de nove peças, o retorno do investimento foi alcançado! Um excelente aumento de 228% na produtividade para a peça completa.





<b>Operação</b>	Acabamento	
<b>Material da peça</b>	300M, aço alta liga	
<b>Custo da máquina em EUR/hora</b>	€ 75	
<b>Uso de adaptadores antivibratórios</b>	6%	
<b>Volume usinado/pç cm<sup>3</sup> (pol.<sup>3</sup>)</b>	0.07 (0.004)	
<b>ZEFF</b>	1	
<b>Comprimento de montagem mm (pol.)</b>	332 (13.071)	
	<b>Referência</b>	<b>Silent tools</b>
<b>Adaptador</b>		C5-R825B-FAD315A
<b>Dados de corte:</b>		
n, r/min	203.7	254.6
v <sub>c</sub> m/min (pés/min)	30.5 (100)	38.1 (125)
D <sub>m</sub> mm (pol.)	47.6 (1.874)	47.6 (1.874)
f <sub>n</sub> mm/r (pol./r)	0.005 (0.0002)	0.038 (0.0015)
AP mm (pol.)	0.05 (0.002)	0.05 (0.002)
<b>Tempo total de ciclo (mín.)</b>	219.82 min	66.93 min
<b>Vida útil da ferramenta (nº de peças)</b>	1	1
<b>Aumento da produtividade</b>		228%

## Caso dois: Cavaletes

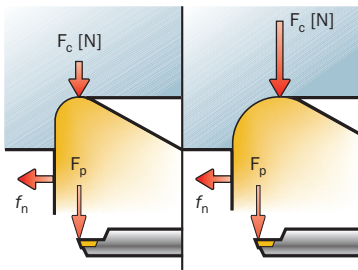
Um cliente que produz cavaletes usou uma barra de mandrilar personalizada com pastilhas positivas para sua aplicação. Ele enfrentou vibração, acabamento superficial insatisfatório e vida útil da pastilha mais curta, mesmo com baixos dados de corte. A peça era posicionada horizontalmente e a operação incluía cortes interrompidos.

Ao mudar para uma ferramenta de acabamento CoroBore 825, os dados de corte puderam ser aumentados e a qualidade da peça melhorou. O cliente conseguiu duplicar seu resultado, passando de 600 peças em 2011 para 1.200 em 2012.

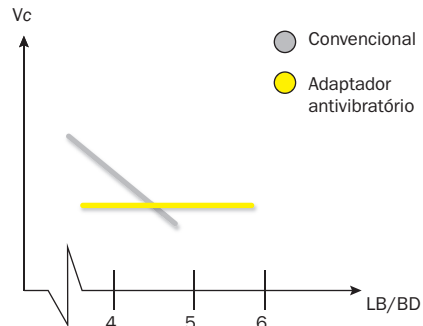
<b>Operação</b>	Mandrilamento	
<b>Material da peça</b>	CMC 09.1/ GGG50	
	<b>Referência</b>	<b>Silent tools</b>
<b>Adaptador</b>		C5-R825C-FAE237A
<b>Cápsula</b>		R825C-AF23STUP1103A
<b>Pastilha</b>		TPMT 110304-KF
<b>Dados de corte:</b>		
$n$ , r/min	424	955
$v_c$ m/min (pés/min)	80 (262)	180 (590)
$D_m$ mm (pol.)	60 (2.36)	60 (2.36)
$f_n$ mm/r (pol./r)	0.06 (0.0023)	0.10 (0.004)
AP mm (pol.)	1.5 (0.059)	1.5 (0.059)
<b>Profundidade do furo</b>	190	190
<b>Tempo total de ciclo (mín.)</b>	15.32 min	3.99 min
<b>Vida útil da ferramenta</b> (n° de peças)	1	31
<b>Aumento da produtividade</b>		<b>284%</b>

## Dicas, resumo

- Escolha a ferramenta com o maior diâmetro possível e o suporte básico mais curto
- O ângulo de posição deve estar próximo a 90 graus para proporcionar forças de corte axiais maiores e forças radiais/tangenciais menores
- Um raio de ponta pequeno é ideal para profundidades de corte pequenas e diminui o risco de vibrações. Os raios de ponta grandes têm maior segurança da aresta e permitem avanços pesados e profundidades de corte maiores. Quanto maior for o raio de ponta usado, maior será o risco de vibração. Portanto, pastilhas triangulares, positivas, são a primeira escolha para operações de mandrilamento com mecanismo antivibratório
- Em condições estáveis, use as pastilhas Wiper para maior produtividade ou quando for necessário bom acabamento superficial



Forças radiais menores ( $F_c$ ) com raios pequenos

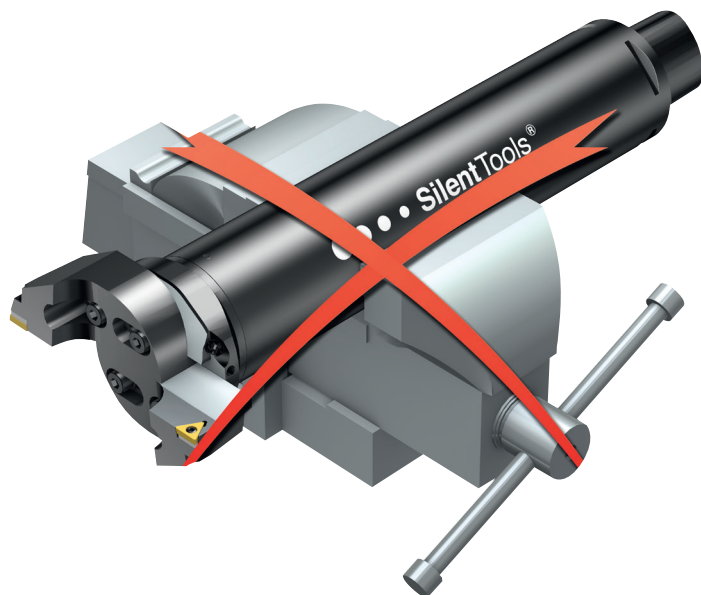
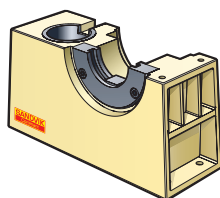
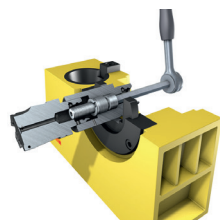
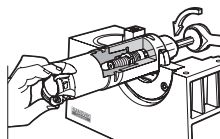


Velocidade de corte em relação ao balanço, com adaptadores convencionais e antivibratórios

## Montagem e manutenção da ferramenta

Quando usar ferramentas antivibratórias em montagens tome cuidado para fixar os corpos da ferramenta corretamente e assegurar que os adaptadores não sejam danificados. Eles se deformam mais facilmente devido à espessura fina da parede.

- Use o dispositivo de fixação para montagem do conjunto
- Verifique se todas as unidades estão montadas corretamente e com o torque correto
- Verifique o fuso da máquina, o batimento radial, o desgaste e a força de fixação
- Use sempre um torquímetro e aplique o torque recomendado nos parafusos para a pastilha e a montagem da ferramenta
- Verifique as pastilhas e os assentos da pastilha regularmente
- Substitua os parafusos e as arruelas que estiverem desgastados e danificados
- Limpe todos os itens da montagem antes de montar
- Lubrifique todos os itens da montagem com óleo pelo menos uma vez ao ano
- Lubrifique o mecanismo de ajuste fino para o mandrilamento de precisão regularmente



## 5. Soluções específicas para a área da engenharia

### Oferta

A oferta de barras de mandrilar standard representa uma boa plataforma para soluções otimizadas e alta produtividade. Quando uma solução personalizada é necessária, as versões especiais das barras de mandrilar antivibratórias estão disponíveis para pedido.

As barras de mandrilar antivibratórias especiais, geralmente, são cônicas, elípticas e/ou curvas com montagem adaptada à máquina. Barras com balanços de até 14 x BD estão disponíveis.



## Silent Tools – soluções especiais

Os adaptadores para torneamento, fresamento e mandrilamento podem ser personalizados com a maioria dos acoplamentos traseiros e frontais.

Traseiros:

- Coromant Capto
- HSK
- MAS BT
- VDI
- VTL
- DIN 2080
- ISO 7388/1
- Cilíndrico

Frontais:

- CoroTurn SL
- CoroTurn SL Troca Rápida
- Duobore
- CoroBore 825
- Árvore

Os adaptadores especiais vêm com uma faixa de diâmetro de 10–600 mm (0.394–23.62 pol.). Para adaptadores para torneamento, a relação de balanço comprimento é até 14 x BD, enquanto os adaptadores de fresamento e mandrilamento têm relação de balanço comprimento até 10 x BD.

## Desenho otimizado

Para melhor desempenho e maior rigidez estática possível no corpo da barra e um sistema antivibratório, as ferramentas foram desenhadas para aplicações definidas.

## Soluções especiais para máquinas-ferramentas multitarefas

Como as máquinas multitarefas são equipadas com todas as ferramentas necessárias na execução de uma usinagem completa em um set-up, elas precisam armazenar porta-ferramentas longos e curtos no magazine, além de todas as unidades de corte necessárias para realizar completamente as operações.

Uma gama de barras de mandril longas, com um sistema de fixação frontal automático ou manual, está disponível para a maioria de máquinas comuns fornecidas por Mazak, WFL, Mori-Seiki, Niles-Simmons, Weingärtner, DMG e Okuma.

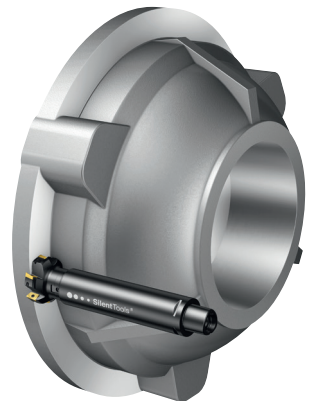
Peça ajuda ao seu representante capa amarela para solicitar sua solução especial.



## Exemplo de aplicação

<b>Operação</b>	Faceamento	
<b>Peça</b>	Unidade superior do corpo de direção	
<b>Material da peça</b>	CMC 09.1, K3.2.C.UT, ferro fundido nodular	
<b>Custo da máquina</b>	125 EUR/hora	
<b>Volume usinado</b>	122 (7.45)/pc cm <sup>3</sup> (pol. <sup>3</sup> )	
<b>ZEFF</b>	6	
<b>Comprimento da montagem</b>	300 mm (11.81 pol.)	
	<b>Referência</b>	<b>Silent Tools</b>
<b>Adaptador</b>		S-391.06-22 260//ISO50
<b>Cabeça de corte</b>		R390-063Q22-18H
<b>Dados de corte</b>		
n (r/min)	760	1197
v <sub>c</sub> (m/min (pés/min))	150 (492)	237 (778)
f <sub>z</sub> (mm (pol.))	0.32 (.013)	0.18 (.007)
v <sub>f</sub> (mm/min (pol./min))	1.200 (47.25)	1.320 (52.00)
AP (mm (pol.))	1.0 (.040)	3.0 (.120)
a <sub>e</sub> (mm (pol.))	31.5 (1.240)	31.5 (1.240)
<b>Tempo total de ciclo</b>	59.75 min	22.77 min
<b>Vida útil da ferramenta</b> (nº de peças)	1	3

Mudar um processo de usinagem que realmente funcionava bem para uma solução especial Silent Tools fez com que o cliente economizasse 185 horas de produção por ano. A unidade superior do corpo de direção para uma embarcação precisava de um adaptador de fresamento antivibratório para alcançar uma maior profundidade de corte e acelerar todo o processo. Esta operação de faceamento sozinha aumentou a produtividade da peça em 162%!





## 6. Fórmulas e definições

### Fresamento – Métrico

Avanço da mesa, mm/min

$$v_f = f_z \times n \times ZEFF$$

Velocidade de corte, m/min

$$v_c = \frac{\pi \times DC_{ap} \times n}{1000}$$

Velocidade do fuso, rpm

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times DC_{ap}}$$

Avanço por dente, mm

$$f_z = \frac{v_f}{n \times ZEFF}$$

Avanço por rotação, mm/rot

$$f_n = \frac{v_f}{n}$$

Taxa de remoção de metal, cm<sup>3</sup>/min

$$Q = \frac{AP \times a_e \times v_f}{1000}$$

Potência líquida, kW

$$P_c = \frac{a_e \times AP \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6}$$

Torque, Nm

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$$

### Fresamento – Polegadas

Avanço da mesa, pol./min

$$v_f = f_z \times n \times ZEFF$$

Velocidade de corte, pés/min

$$v_c = \frac{\pi \times DC_{ap} \times n}{12}$$

Velocidade do fuso, rpm

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times DC_{ap}}$$

Avanço por dente, mm

$$f_z = \frac{v_f}{n \times ZEFF}$$

Avanço por rotação, pol./rot

$$f_n = \frac{v_f}{n}$$

Taxa de remoção de metal, pol.<sup>3</sup>/min

$$Q = AP \times a_e \times v_f$$

Potência líquida, HP

$$P_c = \frac{a_e \times AP \times v_f \times k_c}{396 \times 10^3}$$

Torque, lbs-pés

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n}$$



Símbolo	Designação/ definição	Métrico	Polegadas
$a_e$	Largura fresada	mm	polegadas
AP	Profundidade de corte	mm	polegadas
$DC_{ap}$	Diâmetro de corte na profundidade de corte AP	mm	polegadas
$D_m$	Diâmetro usinado (diâmetro da peça)	mm	polegadas
$f_z$	Avanço por dente	mm	polegadas
$f_n$	Avanço por rotação	mm/r	polegadas
$n$	Velocidade do fuso	rpm	rpm
$v_c$	Velocidade de corte	m/min	pés/min
$v_f$	Avanço da mesa	mm/min	pol./min
ZEFF	Número efetivo de dentes	pçs	pçs
$h_{ex}$	Espessura máxima dos cavacos	mm	polegadas
$h_m$	Espessura média dos cavacos	mm	polegadas
$k_c$	Força específica de corte	N/mm <sup>2</sup>	N/ pol. <sup>2</sup>
$P_c$	Potência líquida	kW	HP
$M_c$	Torque	Nm	lbs-pés
$Q$	Taxa de remoção de metal	cm <sup>3</sup> /rot	pol. <sup>3</sup> /min
KAPR	Ângulo de posição	graus	
PSIR	Ângulo de ataque		graus
BD	Diâmetro do corpo	mm	polegadas
DC	Diâmetro de corte	mm	polegadas
LU	Comprimento útil	mm	polegadas



## Torneamento – Métrico

Velocidade de corte, m/min

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1000}$$

Velocidade do fuso, rpm

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_m}$$

Tempo de usinagem, min

$$T_c = \frac{l_m}{f_n \times n}$$

Taxa de remoção de metal, cm<sup>3</sup>/min

$$Q = v_c \times AP \times f_n$$

Potência líquida, kW

$$P_c = \frac{v_c \times AP \times f_n \times k_c}{60 \times 10^3}$$

## Torneamento – Polegada

Velocidade de corte, pés/min

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{12}$$

Velocidade do fuso, rpm

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times D_m}$$

Tempo de usinagem, min

$$T_c = \frac{l_m}{f_n \times n}$$

Taxa de remoção de metal, pol.<sup>3</sup>/min

$$Q = v_c \times AP \times f_n \times 12$$

Potência líquida, HP

$$P_c = \frac{v_c \times AP \times f_n \times k_c}{33 \times 10^3}$$

Símbolo	Designação/ definição	Métrico	Polegadas
$D_m$	Diâmetro usinado	mm	polegadas
$f_n$	Avanço por rotação	mm/r	pol./r
AP	Profundidade de corte	mm	polegadas
$v_c$	Velocidade de corte	m/min	ft/min
$n$	Velocidade do fuso	rpm	rpm
$P_c$	Potência líquida	kW	HP
$Q$	Taxa de remoção de metal	cm <sup>3</sup> /min	pol. <sup>3</sup> /min
$h_m$	Espessura média dos cavacos	mm	polegadas
$h_{ex}$	Espessura máxima dos cavacos	mm	polegadas
$T_c$	Tempo de contato	min	min
$l_m$	Comprimento usinado	mm	mm
$k_c$	Força específica de corte	N/mm <sup>2</sup>	N/pol. <sup>2</sup>
KAPR	Ângulo de posição	graus	
PSIR	Ângulo de ataque		graus
BD	Diâmetro do corpo	mm	polegadas
DC	Diâmetro de corte	mm	polegadas
LU	Comprimento útil	mm	polegadas

## Torneamento – Métrico

Força tangencial,  $F_t$

$$F_t = k_{c,0,4} \times \left( \frac{0,4}{f_n \times \sin KAPR} \right) m_c \times f_n \times AP$$

$k_{c,0,4}$ : Força específica de corte em avanço 0.4 mm/r  
 $m_c$  Constante, depende do material. Use 0.29 como valor geral.

Quando o ângulo de posição. KAPR, é 75 graus ou mais, seno KAPR ~1. Use a fórmula simplificada:

Força tangencial,  $F_t$

$$F_t = k_{c,0,4} \times \left( \frac{0,4}{f_n} \right) 0,29 \times f_n \times AP$$

Regra geral:  $F_t$  não deve exceder 90% da carga máxima estabelecida para a barra usada.

### Método de 3 passes

O método para alcançar a alta precisão no torneamento interno com barras de mandril delgadas quando a deflexão da barra afetar o diâmetro obtido.

1. Insira o diâmetro acabado desejado: **40.000**
2. Meça o diâmetro antes do primeiro passe: 37.000
3. Realize o primeiro passe. O diâmetro programado é:  
 $37.000 + (40.000 - 37.000)/3 = 38.000$
4. Meça o diâmetro antes do segundo passe: 37.670
5. Realize o segundo passe. O diâmetro programado é:  
 $38.000 + (40.000 - 37.670)/2 = 39.165$
6. Meça o diâmetro antes do terceiro passe: 38.825
7. Realize o terceiro passe. O diâmetro programado é:  
 $40.000 + 39.165 - 38.825 = 40.340$
8. Meça o diâmetro final: **40.020**. Diferença: 0.020



## Mandrilamento – Métrico

Velocidade de corte, m/min

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1000}$$

Velocidade do fuso, rpm

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_m}$$

Tempo de usinagem, min

$$T_c = \frac{l_m}{f_n \times n}$$

Taxa de remoção de metal, cm<sup>3</sup>/min

$$Q = v_c \times AP \times f_n$$

Taxa de penetração, mm/min

$$V_f = f_n \times n$$

Avanço por rotação, mm/r

$$f_n = ZEFF \times f_z$$

## Mandrilamento – Polegada

Velocidade de corte, pés/min

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{12}$$

Velocidade do fuso, rpm

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times D_m}$$

Tempo de usinagem, min

$$T_c = \frac{l_m}{f_n \times n}$$

Taxa de remoção de metal, pol.<sup>3</sup>/min

$$Q = v_c \times AP \times f_n \times 12$$

Taxa de penetração, pol./min

$$V_f = f_n \times n$$

Avanço por rotação, pol./r

$$f_n = ZEFF \times f_z$$











**SANDVIK DO BRASIL S.A.**

Divisão Coromant Av. das Nações Unidas,  
21.732 Jurubatuba - São Paulo/SP  
CEP 04795-914

Tel: (011) 5696.5580, 5696.5583  
Fax: (011) 5696.5588

[www.sandvik.coromant.com/br](http://www.sandvik.coromant.com/br)

**SANDVIK ESPANHOLA S.A.**

\*SUCURSAL PORTUGAL\*, Avda. do Forte 3, Edifício  
Suecia IV piso 0,

2790-073 CARNAXIDE  
Tel: (21) 424 54 40  
Fax: (21) 424 54 45

