

Guia de design

# Guia de design de impressão direta de metal



# Conteúdos

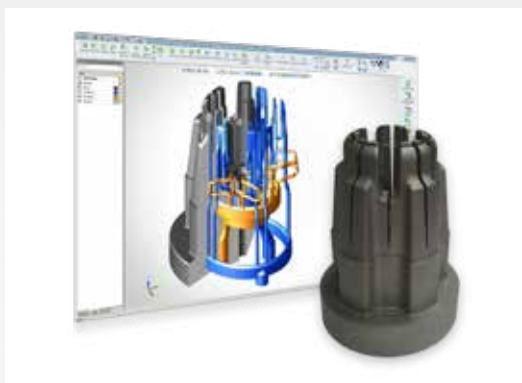
- 03 Por que a impressão direta de metal?
- 04 O processo de impressão direta de metal (DMP)
- 05 Princípios básicos da DMP
- 15 Estratégias para redução de suportes
- 23 Diretrizes de orientação das peças
- 29 Diretrizes de design
- 36 Pós-processamento
- 43 Estamos aqui para ajudar



# Por que a impressão direta de metal?

A impressão direta de metal (DMP) é uma técnica de Manufatura Aditiva que produz peças em uma ampla variedade de ligas metálicas.

Começando com pó de metal, o produto é fabricado camada por camada. Cada camada é então derretida na anterior, criando uma peça forte e densa (até 99,9%) comparável com as técnicas de fabricação convencionais (fresamento, fundição). Nesse processo, quase nenhum material residual é criado e é possível criar geometrias complexas que não poderiam ser fabricadas de outra forma.



A DMP é ideal para a fabricação de características internas complexas, de forma orgânica (por exemplo, canais de resfriamento conformal)



A combinação de várias peças em um único produto elimina a fragilidade dos processos de montagem (por exemplo, soldagem), adicionando, dessa forma, funcionalidade

## BENEFÍCIOS DA IMPRESSÃO DIRETA DE METAL



### Redução do peso

Uso de estruturas treliçadas, otimização da topologia, etc.



### Maior liberdade de design

Capacidade de produzir formas orgânicas otimizadas



### Aumento da funcionalidade das peças

Incluindo funcionalidade térmica, de fluxo e estrutural, ou integração de várias funções em uma única peça



### Melhor desempenho em nível de sistema

Melhor eficiência do combustível, redução da manutenção



### Produtos personalizados

Estruturas internas, como canais de resfriamento complexos que não poderiam ser produzidos de outra forma, aplicações específicas do paciente em saúde, etc.



### Redução da contagem de peças e remoção de operações secundárias

Redução ou eliminação de montagem



### Produção rápida

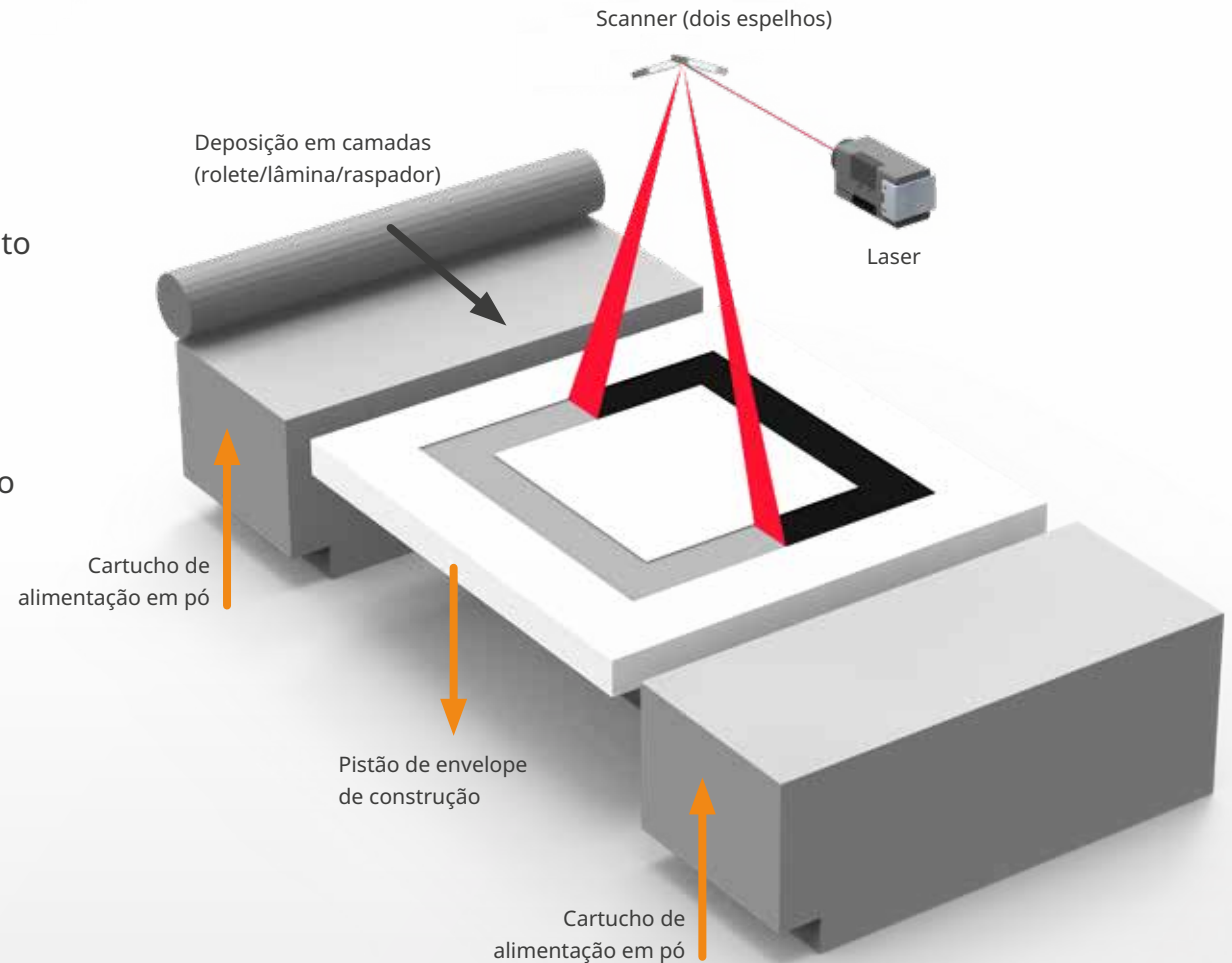
Não é necessária nenhuma ferramenta nem programação extensa



### Redução de resíduos

# O processo de impressão direta de metal (DMP)

- Camadas de pó de metal podem ser depositadas em incrementos de 10 microns
- Os scanners a laser aplicam uma densidade de energia ótima para derreter totalmente o pó em peças totalmente densas (até >99,9%)
- O revestimento bidirecional do pó aumenta o rendimento
- Vácuo ultrabaixo permite <15 ppm de oxigênio
- O argônio é reciclado para minimizar os consumíveis para construções longas
- Ferramentas adicionais de monitoramento in-situ estão disponíveis para inspecionar e qualificar produtos

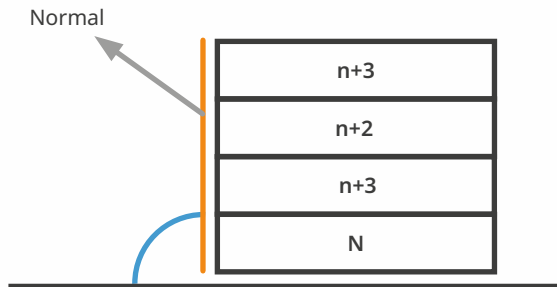


# Princípios básicos da DMP



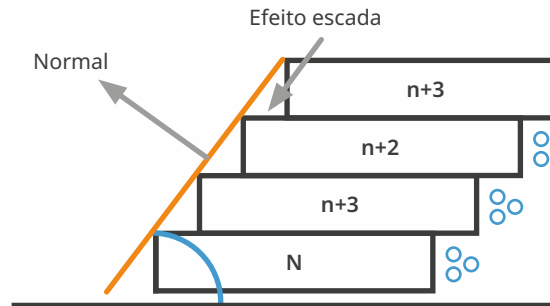
# Terminologia básica

## SUPERFÍCIES INTERMEDIÁRIAS



Superfícies intermediárias são caracterizadas pela normal do objeto apontar paralelamente para a plataforma de construção

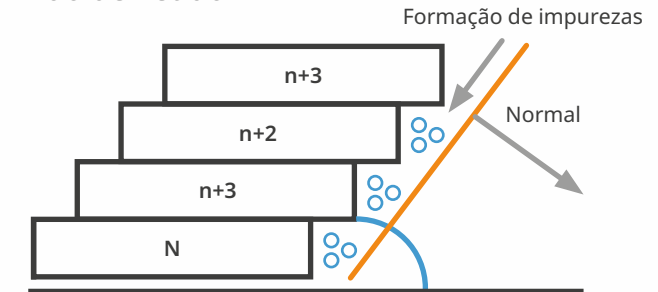
## SUPERFÍCIES VOLTADAS PARA CIMA



Superfícies voltadas para cima são caracterizadas pela normal do objeto apontar para longe da plataforma de construção

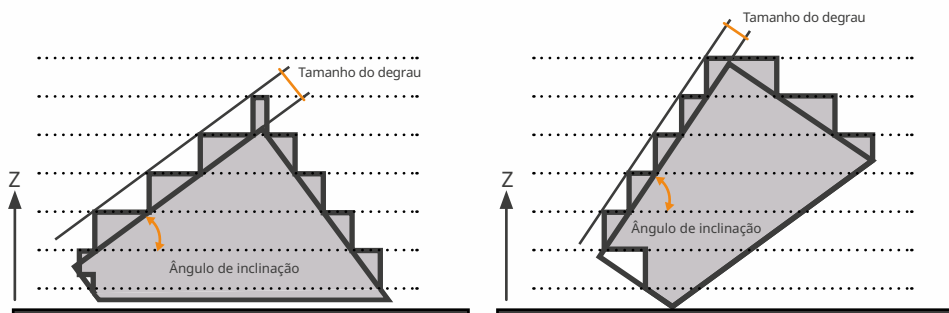
## SUPERFÍCIES VOLTADAS PARA BAIXO

As bordas das superfícies voltadas para baixo são construídas em metal não derretido



Superfícies voltadas para baixo são caracterizadas pela normal do objeto apontar em direção à plataforma de construção

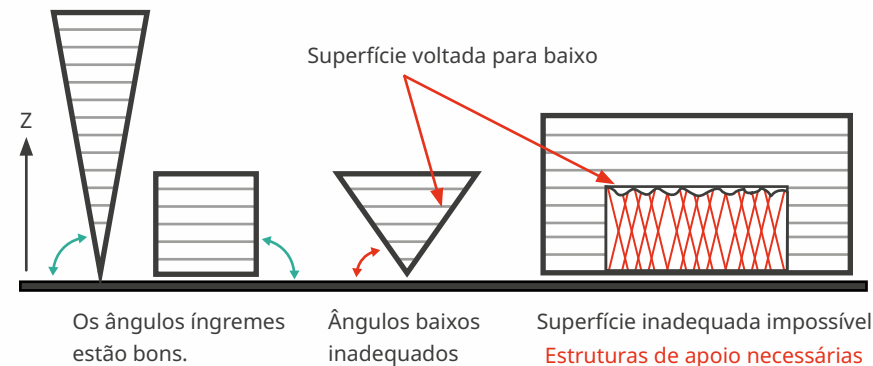
# Influências sobre a qualidade



A qualidade da superfície em DMP depende da orientação da superfície.

O efeito de degrau da escada que é intrínseco a todas as tecnologias de Manufatura Aditiva pode ser reduzido pela construção de superfícies mais verticais ou completamente horizontais.

Em superfícies voltadas para cima, esse efeito é claramente visível e importante.



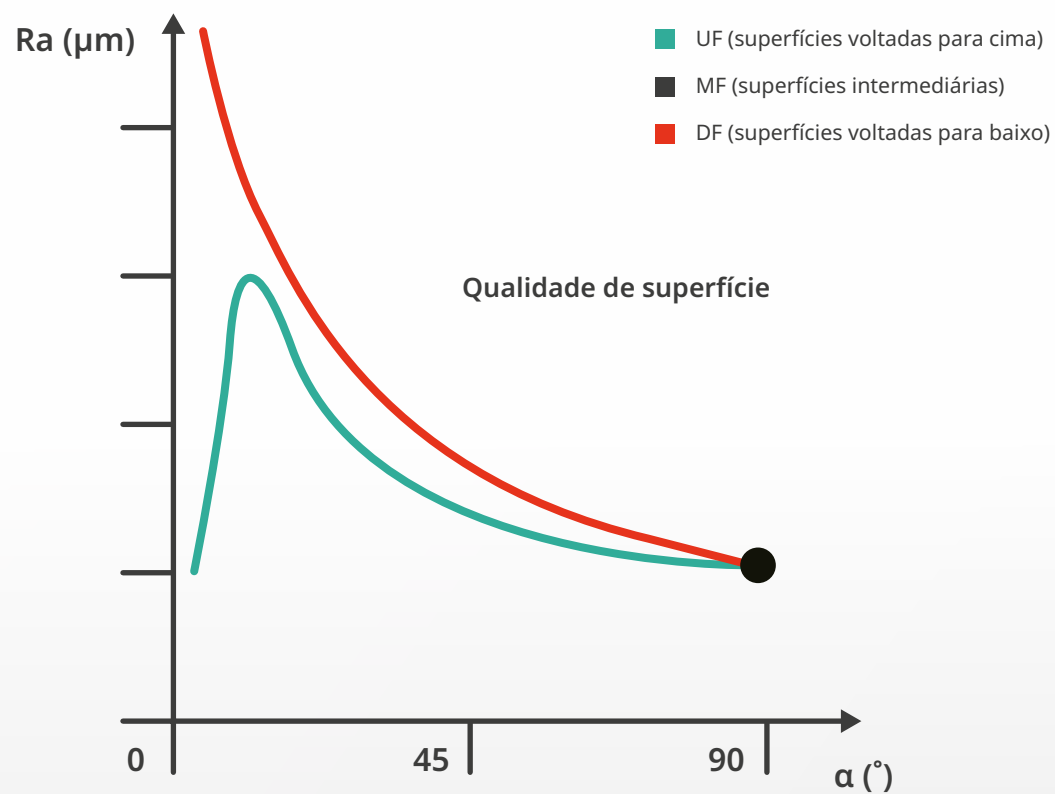
Nas áreas voltadas para baixo, o efeito de formação de impurezas é, na maioria dos casos, maior que o efeito de degrau de escada. Impurezas são a quantidade indesejada de material fundido e partículas decorrentes do derretimento em pó solto.

- Quanto menor o ângulo, maior a formação de impurezas, resultando em pior qualidade de superfície
- Os ângulos baixos necessitam de estruturas de apoio, que são características temporárias que proporcionam estabilidade adicional durante a impressão e que são removidas em operações de pós-processamento
- As faces suportadas têm pior qualidade



# Influências sobre a qualidade

Qualidade da superfície dependendo do tipo de superfície e do ângulo





# Princípios básicos

## Por que temos tensão térmica na peça?

- Altas temperaturas de derretimento (por exemplo, Titânio: 1.650 °C; Aço inoxidável: 1.200 °C)
- Taxa de resfriamento rápido (1 ms/100 °C)
- As tensões se acumulam através das camadas, porque as camadas superiores individuais são aquecidas e resfriadas novamente. A expansão e a contração, bloqueadas por camadas já solidificadas, causam tensões residuais
- O comportamento da deformação é específico do material

## Influências importantes sobre essas tensões

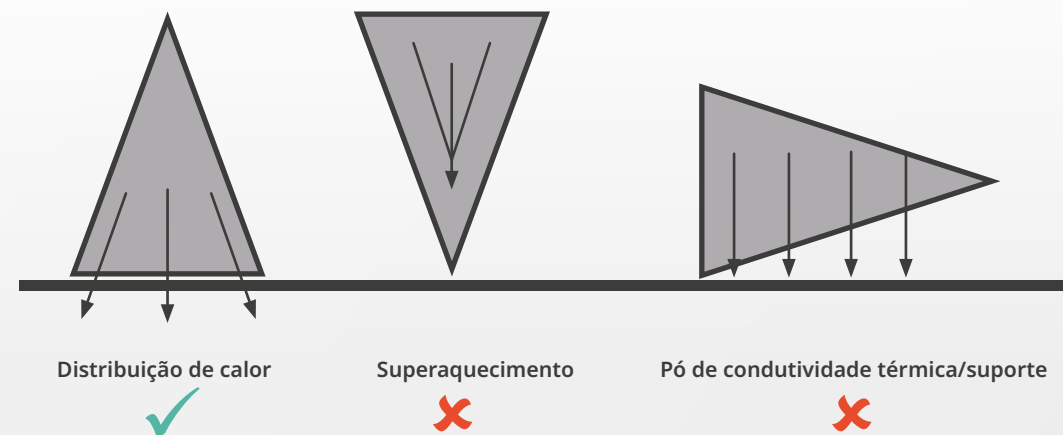
$\sigma_T \sim A$  A tensão térmica é proporcional à área da superfície derretida.

Para reduzir isso:

- Reduza a área a ser derretida por camada
- Garanta a direção mais longa da peça ao longo do eixo Z
- O número elevado de pequenas seções é melhor do que uma seção grande

$\sigma_T \sim \Delta T$  A tensão térmica é proporcional à queda da temperatura durante a solidificação

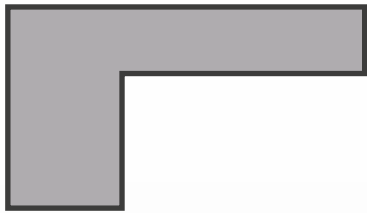
Certifique-se de ter uma boa transferência de calor para a placa base e a máquina. Quanto melhor for a transferência de calor, menor será o empenamento da peça.



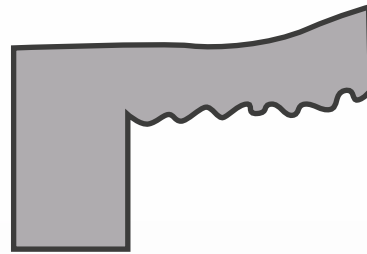
# Como lidar com as tensões térmicas

- As tensões residuais resultam em peças que vão empenar
- São necessárias estruturas de apoio para evitar deformações e manter a peça na posição
- As tensões permanecem na peça após a construção — se o suporte for removido imediatamente, a peça ainda será deformada na posição indesejada

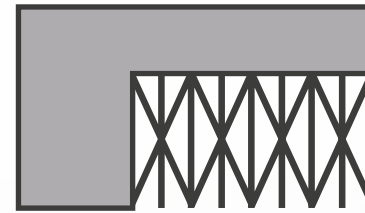
O tratamento térmico é necessário após a remoção do pó, antes da remoção da plataforma e do suporte, para liberar as tensões



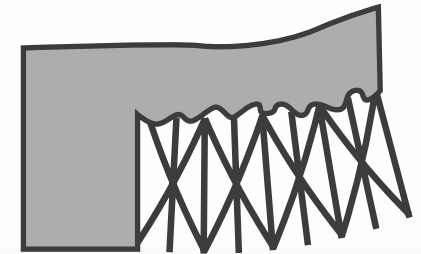
MODELO PROJETADO



FORMAÇÃO  
DE DOBRAS  
E IMPUREZAS



ESTRUTURA DE SUPORTE



DOBRAS SE REMOVIDAS  
DA PLACA ANTES DO  
TRATAMENTO TÉRMICO

# Deslocamentos de camadas

- Causados pelo suporte inadequado
- A conexão entre os suportes e as peças se rompe liberando a tensão residual
- A peça se desloca à medida que a fissura se propaga
- O laser não está ciente desta mudança e continua a varredura de acordo com a intenção do design
- O resultado é um “deslocamento” horizontal através de toda a área de escaneamento



# Causas das linhas de encolhimento

Linhas de encolhimento aparecem quando duas entidades separadas são conectadas em uma camada

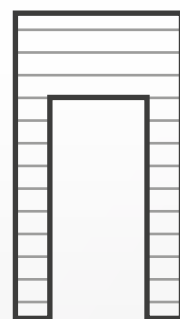
- A superfície da conexão encolhe e puxa as duas entidades uma para a outra
- A próxima camada é impressa novamente nas dimensões originais
- Linha visível na peça
- Típico em pontes/canais internos

Deslocamentos de camadas = problema de suporte

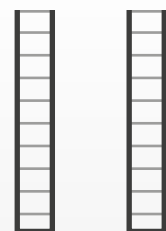
Linhas de encolhimento = questão de geometria



MODELO  
PROJETADO

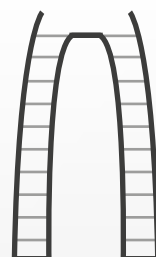


CONSTRUÇÃO  
VERTICAL



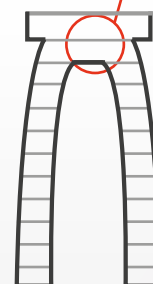
À medida que estas colunas verticais se acumulam, cada uma tem suas próprias tensões residuais de tração, mas não se integram entre si.

CONSTRUÇÃO  
HORIZONTAL



Uma grande e repentina mudança na área transversal convida à formação de linhas de contração devido à interação de tensões residuais.

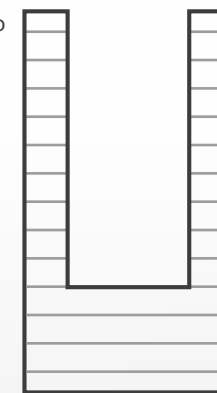
DEFORMAÇÃO



O laser continua a varredura com base em seu modelo projetado.

VS

OPÇÃO



ORIENTAÇÃO OTIMIZADA

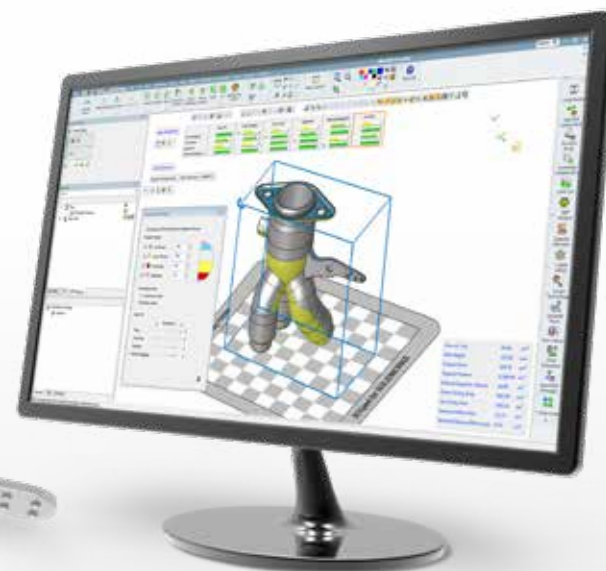
Evite linhas de encolhimento projetando ou orientando a peça para que as características se desviem em vez de convergirem à medida que elas são formadas na direção Z.

# Previsão de linhas de encolhimento usando o software 3DXpert®

O 3DXpert é um software integrado multifuncional para todo o fluxo de trabalho de AM que oferece a combinação definitiva de automação e controle total do usuário.

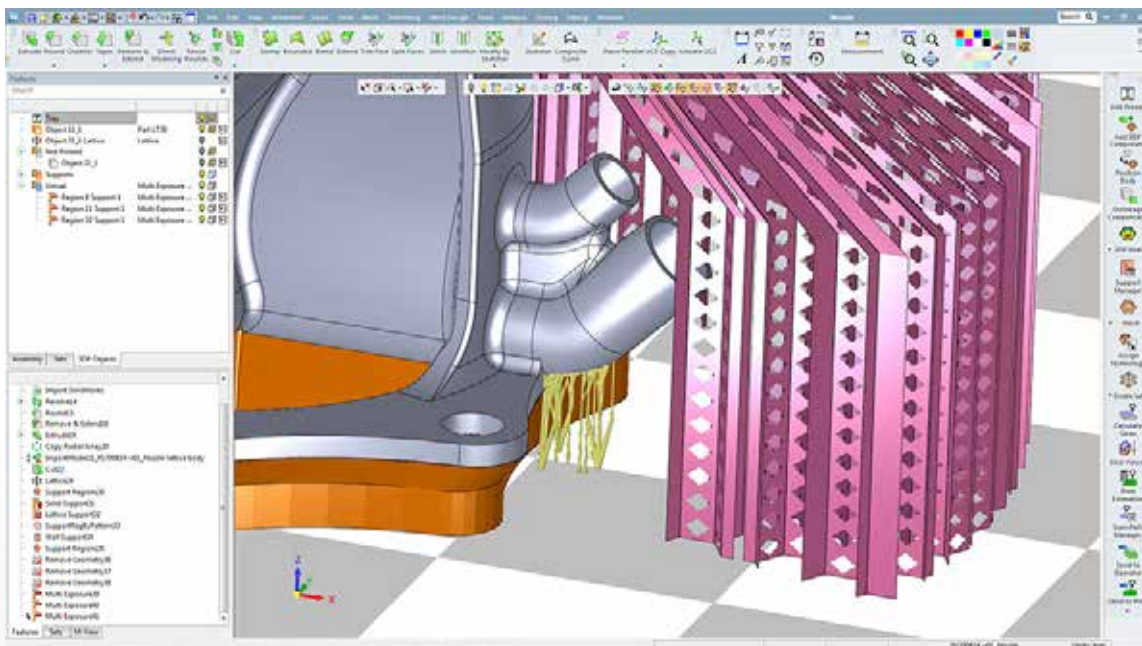
As ferramentas de simulação do 3DXpert permitem aos usuários prever com eficácia onde e como o deslocamento pode ocorrer em uma peça, a fim de colocar de forma otimizada os suportes para obter o resultado pretendido.

O 3DXpert também torna possível minimizar as operações manuais por meio do uso de modelos compensados, nos quais o software neutraliza os deslocamentos previstos a fim de obter o estado ideal.



# Estruturas de suporte

É necessário um suporte adequado para a transferência de calor, para evitar empenamento, minimizar a formação de impurezas e reduzir as linhas de encolhimento.



Há uma infinidade de possíveis estruturas de suporte.

Aqui estão alguns exemplos:



Suporte de parede



Suporte sólido



Suporte de treliça



Parede sólida



Suporte de cone



Cone manual

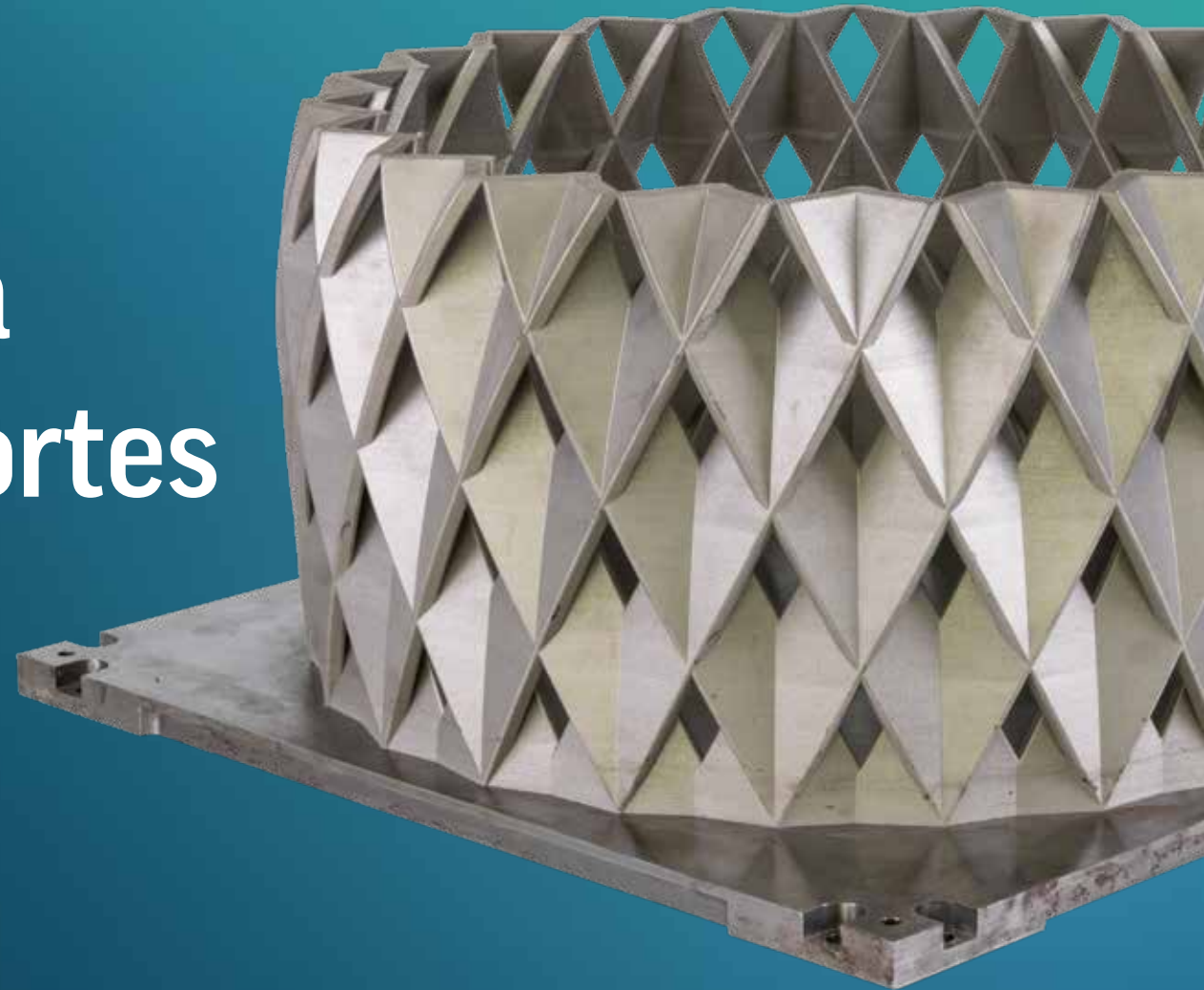


Suporte de saia



Multi exposição

# Estratégias para redução de suportes



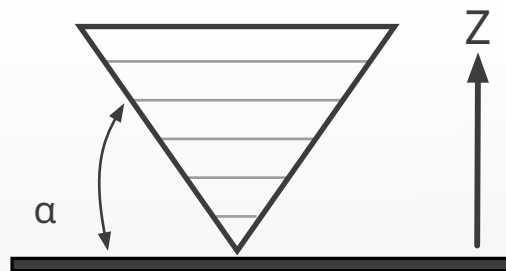
# O que pode ser construído sem suporte?

## Aço, aço inoxidável, Inconel

- Grande \* áreas voltadas para baixo  $\alpha > 60^\circ$
- Médio \* áreas voltadas para baixo  $\alpha > 50-55^\circ$
- Pequeno \* áreas voltadas para baixo  $\alpha > 45^\circ$

## Titânio, alumínio

- Grande \* áreas voltadas para baixo  $\alpha > 50^\circ$
- Médio \* áreas voltadas para baixo  $\alpha > 40-45^\circ$
- Pequeno \* áreas voltadas para baixo  $\alpha > 35^\circ$

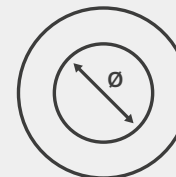


\* Estes valores são baseados em experiência para as impressoras ProX DMP 320 e estão sujeitos a mudanças com base no modelo da impressora, geometrias específicas e estilos de construção aprimorados.

\* O tamanho dessas áreas depende da geometria da peça.

## Furos circulares horizontais

- Sem suporte  $\varnothing \text{ mm} < 10 \text{ mm}$
- Suporte necessário  $\varnothing \text{ mm} > 10 \text{ mm}$



## Pontes horizontais

- Sem suporte  $L < 1,2 \text{ mm}$
- Suporte necessário  $L > 1,5 \text{ mm}$



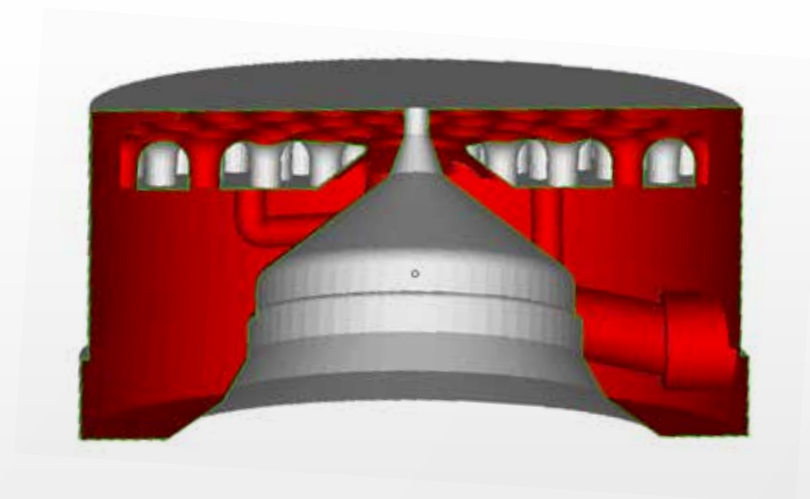
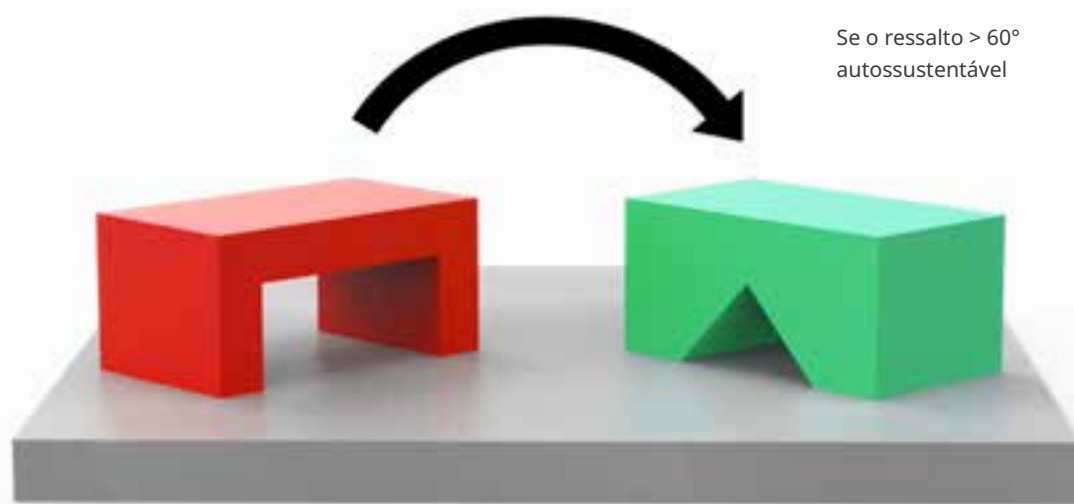
## Pontes horizontais

- Sem suporte  $L < 2 \text{ mm}$
- Suporte necessário  $L > 2 \text{ mm}$





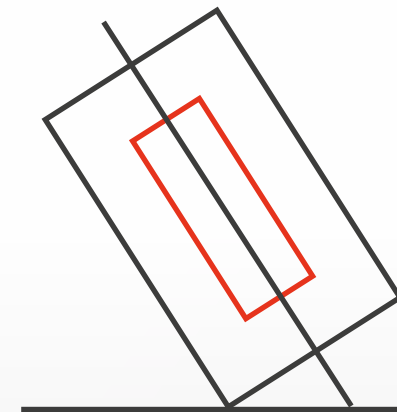
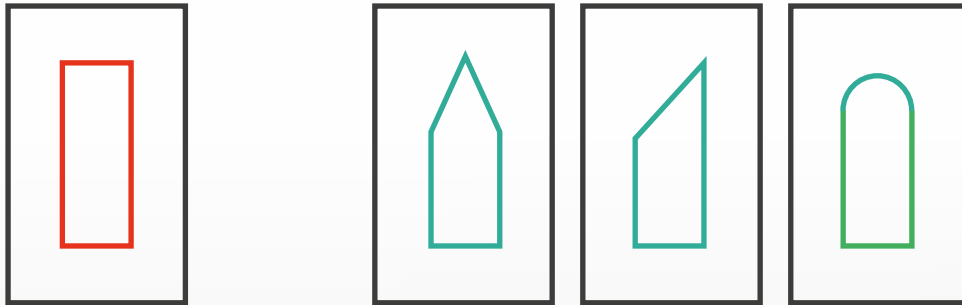
# Evite superfícies voltadas para baixo e crie geometrias autossustentáveis



# Design de canais

Não é possível imprimir ressaltos grandes (internos)

- Altere o design dos canais internos (fechando a  $> 45^\circ$ )
- Peça angular em um ângulo autossustentável ( $45^\circ$ )
- Estrutura de suporte extra possivelmente necessária na parte externa da peça



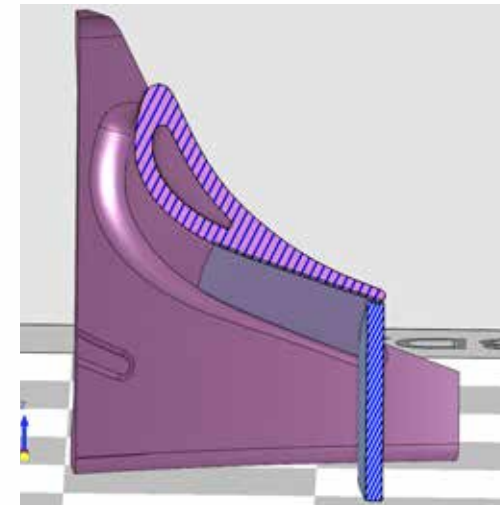
# NoSupports™ com o 3DXpert®

Estratégias viabilizadas pelo software 3DXpert® permitem a impressão 3D de metal sem suportes

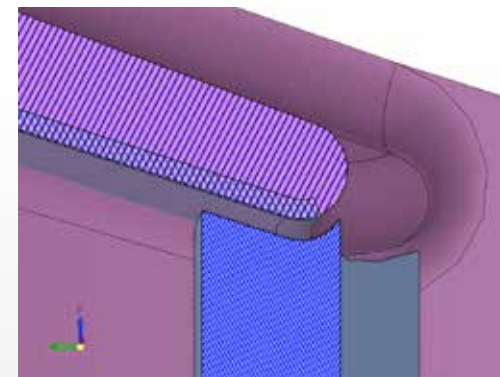
Junto com a experiência líder da 3D Systems e as plataformas de máquina, o pacote de software 3DXpert tem recursos avançados de AM de metal para ajudar a expandir seu envelope de design com recursos, como multiexposição e lâminas térmicas, para ajudar você a concretizar o objetivo de dispensar os suportes.

O 3DXpert é um software integrado multifuncional para todo o fluxo de trabalho de AM. Ele oferece a combinação definitiva de automação e controle total do usuário.

- Ferramentas CAD híbridas (b-rep e malha) paramétricas e baseadas em histórico
- A abordagem baseada na história facilita as mudanças em qualquer estágio
- A simulação incorporada acelera a verificação do design
- Otimize as estratégias de impressão para garantir a qualidade em tempo de impressão reduzido



**Lâmina térmica**  
Suporte sem contato



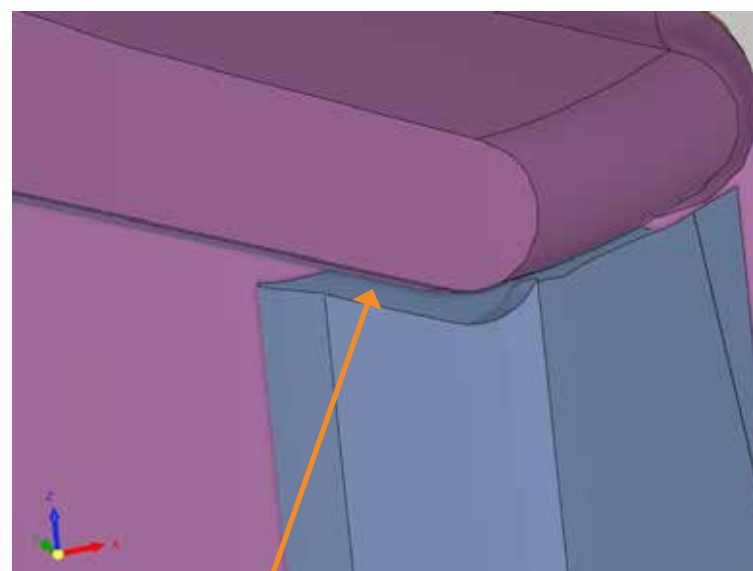
**Multiexposição**  
Parâmetros de canalização múltipla voltada para baixo

# Lâminas térmicas

## Suporte sem contato

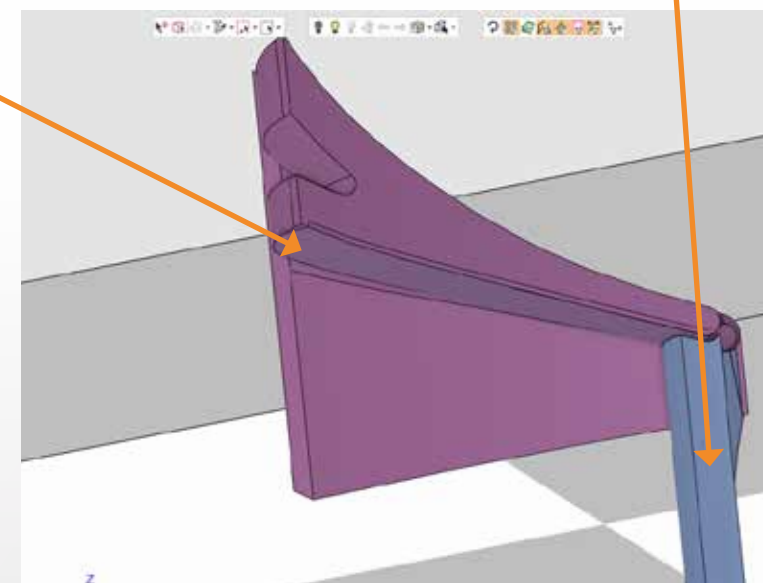
As lâminas térmicas fornecem uma estrutura para transferir calor e controlar o processo de solda para as características de menor ângulo sem soldagem na peça.

- Utiliza a funcionalidade “Suporte Sólido” do 3DXpert
- Suporta superfícies de baixo ângulo voltadas para baixo e fornece gerenciamento térmico para as extremidades principais
- A lâmina térmica funciona como uma pia de calor com dissipação do calor através da camada de pó para a lâmina térmica
- A lacuna otimizada permite a fácil remoção sem suportes físicos que entrem em contato com a peça
- Sem resquícios de contato para remoção



Lâmina térmica

Lacuna de pó

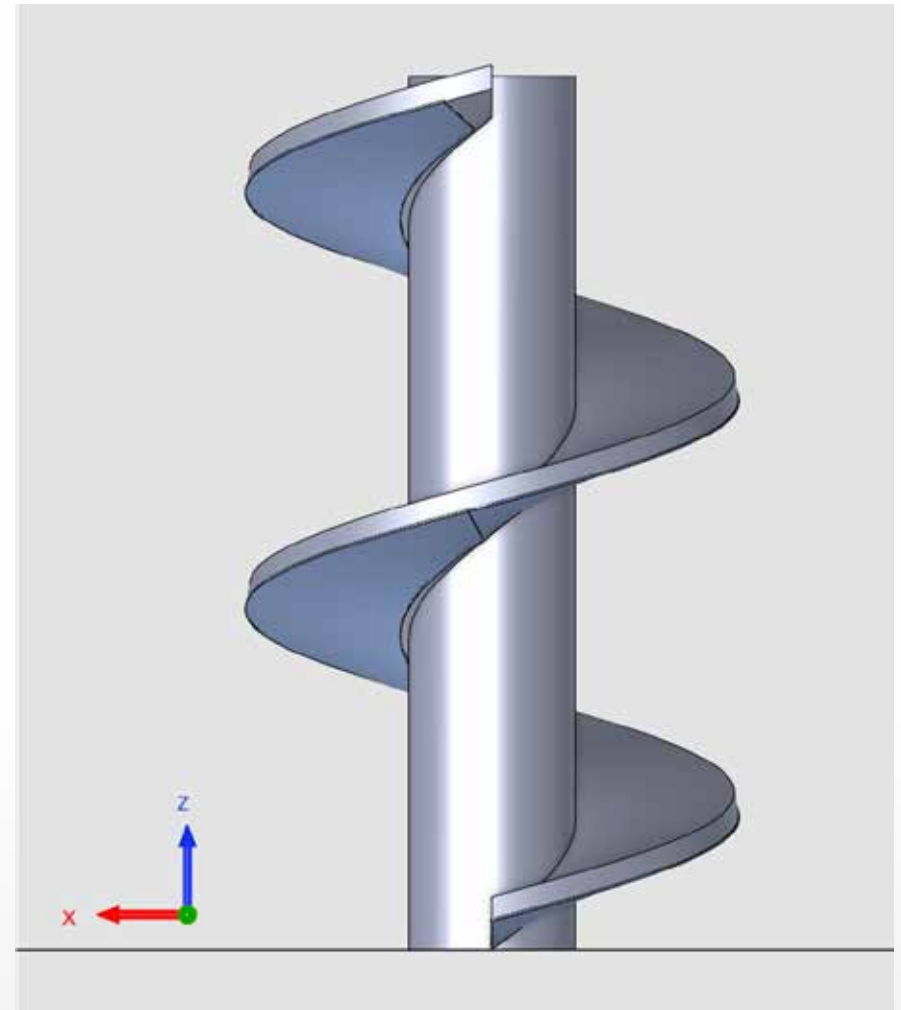


# Multiexposição

## Parâmetros de canalização múltipla voltada para baixo

A multiexposição pode reduzir drasticamente o ângulo autossustentável enquanto mantém um acabamento de superfície de alta qualidade.

- Estratégia para construir de forma consistente regiões com ressaltos que não podem ser projetadas ou das quais não é possível remover os suportes
- Melhorias das superfícies voltadas para baixo
- Parâmetros multiexposição podem ser aplicados a regiões específicas



# Aplicação de NoSupports a aplicações avançadas

O Application Innovation Group da 3D Systems está envolvido no desenvolvimento contínuo de parâmetros para todo o catálogo de materiais de DMP da 3D Systems e trabalha rotineiramente com os clientes para desenvolver peças altamente otimizadas sem contar com as estratégias tradicionais de suporte de DMP.

Para ajudar a resolver seus desafios de aplicação, acesse o [Application Innovation Group](#) na 3D Systems.



# As diretrizes de orientação das peças



# Qualidade geral da construção

A orientação da peça com base na qualidade geral é principalmente baseada nas superfícies voltadas para baixo.

Superfícies voltadas para baixo têm o menor nível de qualidade com uma elevada rugosidade da peça. Ao diminuir a quantidade da área voltada para baixo, geralmente conseguimos aumentar a qualidade dessa peça.

As superfícies voltadas para baixo são as superfícies abaixo do ângulo autossustentável ( $\alpha$ ).

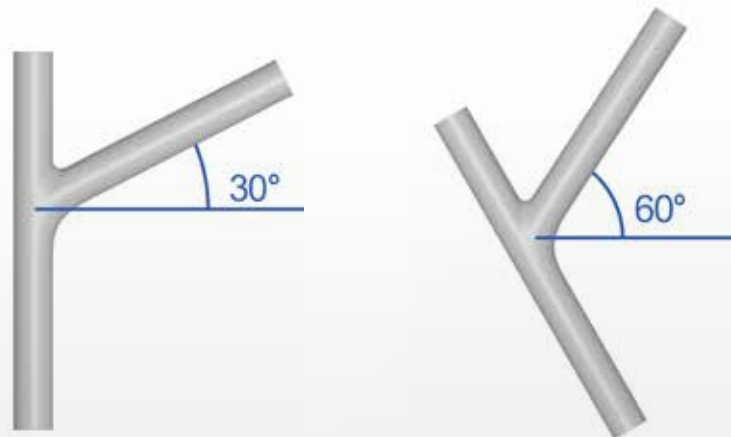
O ângulo autossustentável depende do material e do processo de impressão.

- Ligas de Ti  $\alpha = 40-45^\circ$
- Aço, CoCr, ligas de alumínio  $\alpha = 50-55^\circ$

O exemplo abaixo ilustra esta situação.

A peça esquerda tem uma perna que faz um ângulo de 30 graus com a placa de construção, portanto, essa perna precisa ser apoiada (porque está abaixo do ângulo autossustentável)\*.

Girando a mesma peça 30 graus, vemos que a perna faz um ângulo de 60 graus com a placa de construção. Dessa forma, não precisamos colocar suporte nessa região, aumentando a qualidade geral da peça.



\*Impressoras de metal com sistema de rolete, como as máquinas DMP da3D Systems, podem alcançar ângulos para Ti de até 30°

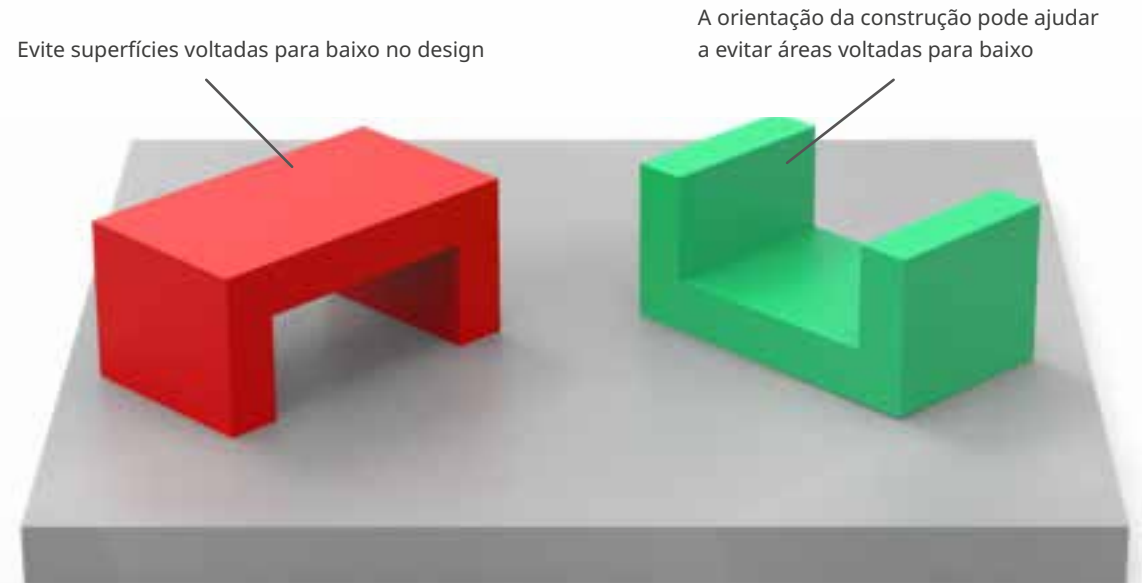


# Como evitar superfícies voltadas para baixo

Evite as grandes seções de resalto ou grandes seções voltadas para baixo.

As peças serão construídas de forma muito melhor se você tiver seções intermediárias e voltadas para cima em vez de áreas voltadas para baixo.

- ↓ Reduz a formação de impurezas
- ↓ Reduz o potencial para a formação de linhas de encolhimento
- ↓ Menos suportes



A orientação em vermelho é ruim, em virtude da grande saliência.

A orientação em verde é boa porque é construída imediatamente sobre a placa de base e não tem área voltada para baixo.

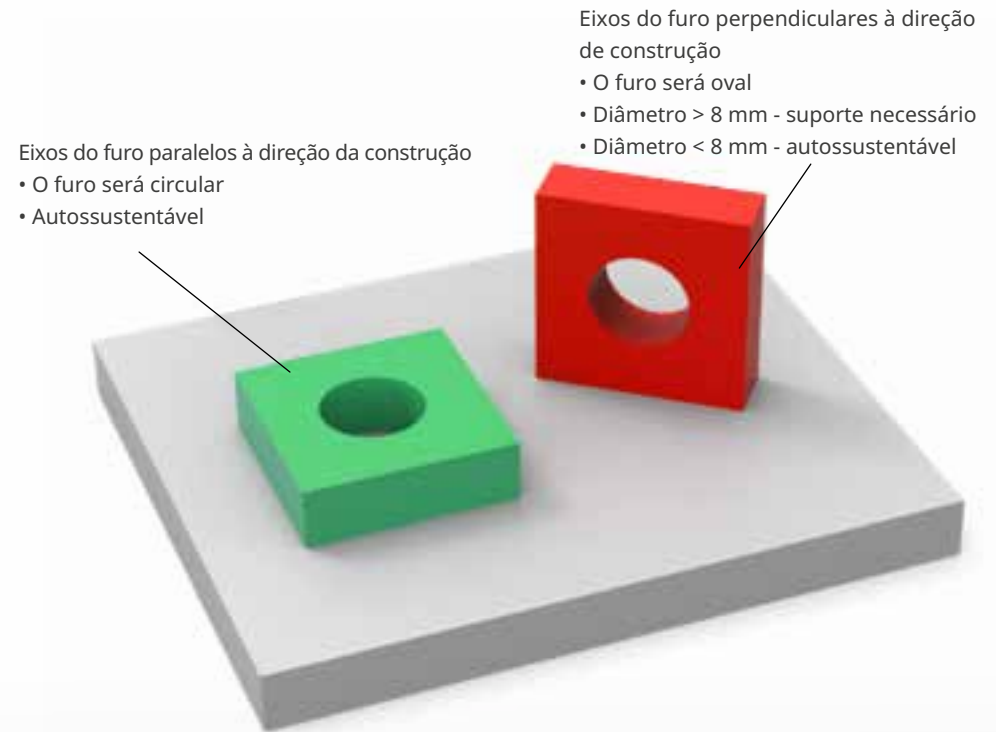
# Características específicas

A qualidade das características impressas como furos, bolsos, roscas, etc. depende da orientação da peça.

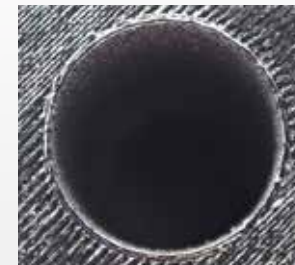
A melhor qualidade resulta da impressão na direção Z (perpendicular à plataforma de construção).

Ao imprimir essas características no sentido X/Y (paralelo à plataforma de construção), a qualidade dessas características piora em decorrência do efeito “voltado para baixo”.

Imprimir as características em um ângulo pode reduzir a introdução de linhas de encolhimento. As condições de carga térmica são diferentes para cúpulas versus furos, e torna possível a impressão de maiores diâmetros de cúpula sem suportes. A qualidade da impressão é específica da característica.



Cúpula com 15 mm de diâmetro impressa sem suportes



Exemplo de um furo vertical



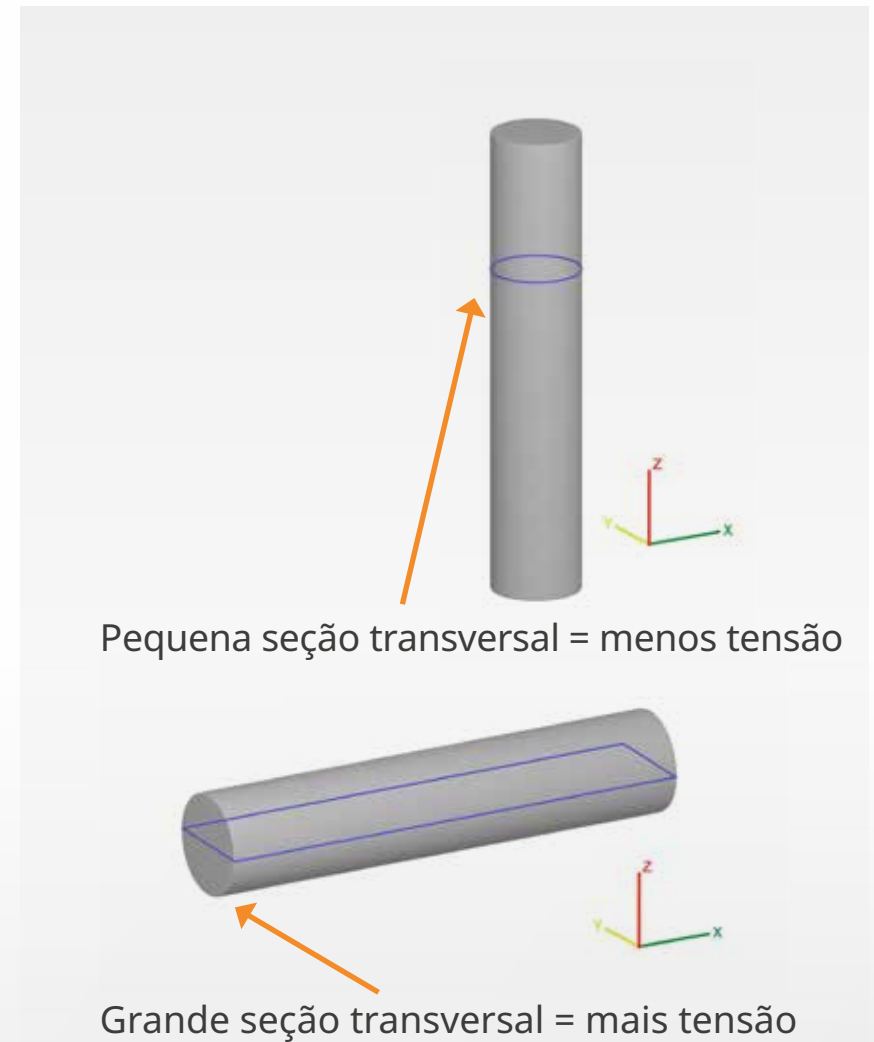
Exemplo de um furo horizontal

# Tensões térmicas

Ao orientarmos as peças, queremos manter as tensões térmicas o mais baixas possível.

Essas tensões térmicas são criadas primeiro aquecendo o pó localmente e resfriando-o rapidamente após derretê-lo. Uma maneira de manter as tensões mais baixas é manter as seções transversais (o que na verdade é digitalizado em cada camada) tão pequenas quanto possível.

Na imagem à direita: a orientação superior tem uma pequena seção transversal, e as tensões térmicas seriam reduzidas ao mínimo. A orientação no fundo pode ser impressa, mas uma estrutura de suporte muito rígida é necessária para manter a peça no lugar.



# Características pequenas

Altamente dependentes da

- Material
- ORIENTAÇÃO
- Geometria da peça
- Espessura da camada
- Tamanho do ponto de laser

**Característica mínima independentemente da altura**

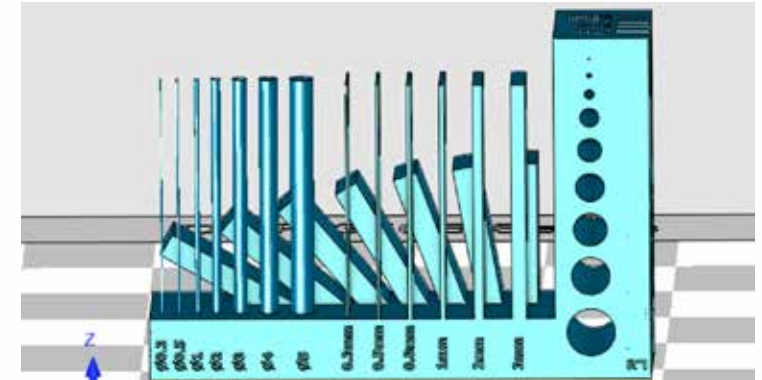
- Espessura da parede (estanqueidade de gás) – 0,20 mm
- Diâmetro do pilar – 0,50 mm
- Característica mínima para alturas < 5 mm
- Espessura da parede – 0,18 mm
- Diâmetro do pilar – 0,18 mm

Estes valores são baseados em experiência para as impressoras ProX DMP 320 e estão sujeitos a mudanças com base no modelo da impressora, em geometrias específicas e estilos de construção aprimorados.



**Esta amostra de teste ilustra a dependência da geometria.** O pilar de 0,3 mm e 0,5 mm e a nervura de 0,3 mm se romperam, pois foram projetados como características independentes na altura de 50 mm.

O menor pilar era muito frágil nesse comprimento, o que o fazia quebrar muito facilmente ao descarregar a peça.



A menor parede é construída a determinada altura, mas depois começa a se dobrar, porque é frágil demais. Isso mostra que podemos construir perfeitamente essas paredes, mas apenas em uma altura limitada.

Para o menor tamanho do furo: se precisarmos imprimir furos muito pequenos horizontalmente, é aconselhável deslocá-los, de modo a compensar a formação cruzada na parte superior do furo.

# design Diretrizes



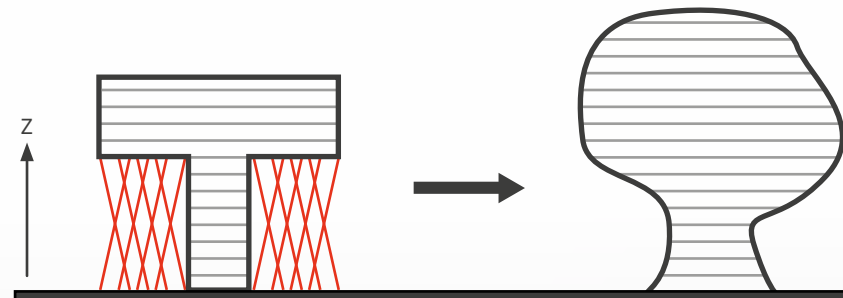
# Projetar estruturas em forma orgânica

Evitar a criação de peças projetadas para fundição ou CNC. Em geral, elas têm:

- Cantos afiados
- Mudança repentina em áreas transversais
- Pouca ou nenhuma vantagem em termos de custo na impressão 3D

Usar estruturas em forma orgânica

- Evitar áreas voltadas para baixo resultando em melhor qualidade da superfície e menos suporte necessário
- Atingir maior nível de precisão
- Em muitos casos, obter maior redução do peso



# Precisão dimensional

- Transições graduais entre as camadas:
    - Usar filetes (raios), arcos
    - Usar chanfrados
    - Usar designs orgânicos
- } Evitar concentrações de tensão
- Usar suportes suficientes para fixar a peça na posição; o tratamento térmico vai liberar as tensões posteriormente
  - Otimização topológica usando o design para princípios da Manufatura Aditiva
  - Reduzir o peso
  - Reduzir o tempo de impressão
  - Aumentar a taxa de rigidez em relação ao peso
  - Características progressivas que podem ser impressas sem suportes
    - Menos suportes + menos deformação = produto de melhor qualidade
  - Aplicar a pós-usinagem convencional para aumentar a precisão

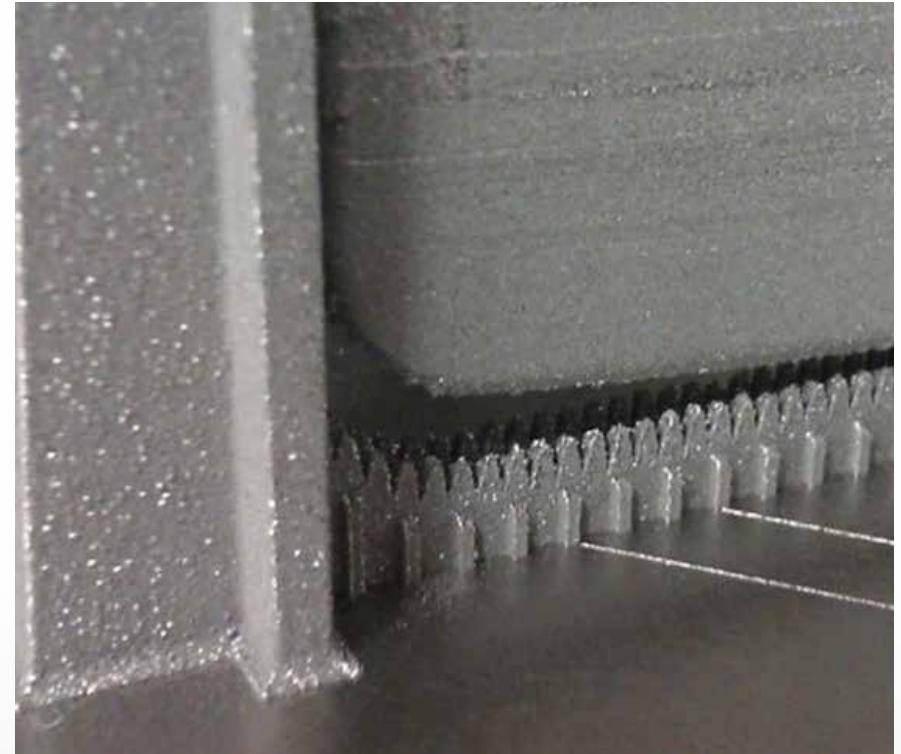


## Suporte de satélite topologicamente otimizado para Thales Alenia Space

- 189,0 x 229,5 x 288,5 mm
- Melhor relação entre rigidez e peso e 25% de redução de peso em relação ao design tradicional
- Impresso com LaserForm Ti Gr5 (A) em uma impressora DMP Flex 350 de metal

# Adicionar raios

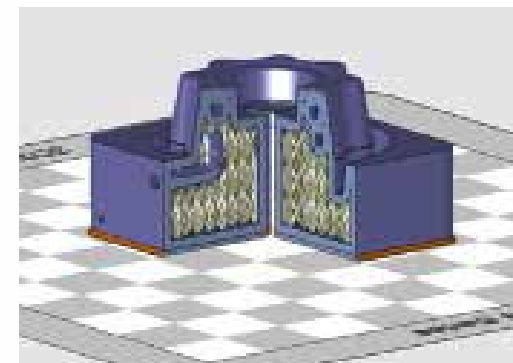
- Peças maciças acumulam muita tensão e podem até causar o empenamento da placa de construção, conforme mostrado na ilustração
- É necessário cuidar do design para evitar rachaduras na placa de base ou em mudanças da geometria. A rachadura se inicia onde há uma alta concentração de tensão, por exemplo, nos cantos
- Usar o raio e o deslocamento em conexão com a placa de base
- Raio típico: 2,5 - 5 mm





# Técnicas de redução de peso

- Estruturas de andaimes/treliça
  - Redução do peso
  - Suporte de fixação óssea para aplicações médicas
- Diferentes tipos de andaimes/treliças são possíveis
- Otimização topológica
- Peças mecânicas exigem análise adicional



A aplicação de uma estrutura de treliça interna reduziu consideravelmente a massa final desta peça



Câmara de combustão ESA com uma malha de densidade volumétrica de 12% para redução significativa de peso

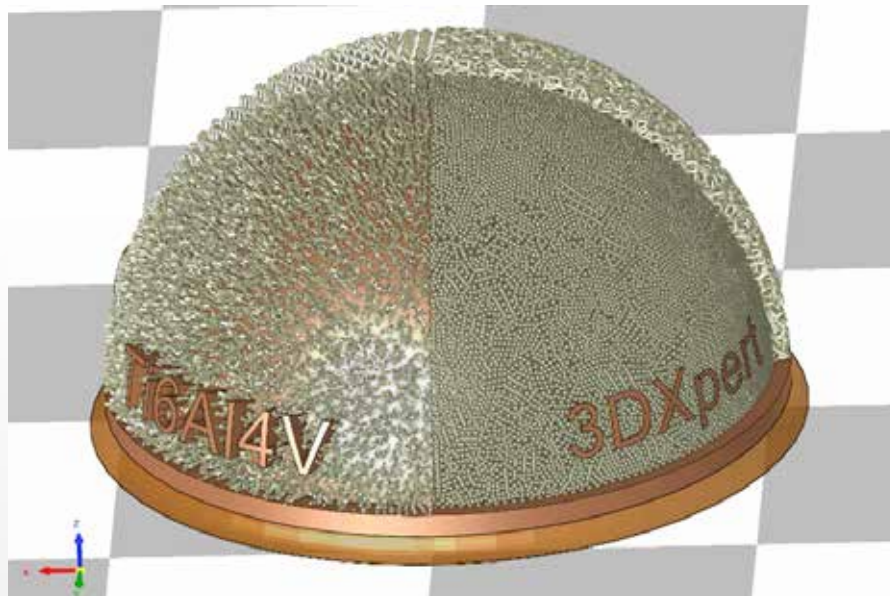


Suporte de antena (190 x 230 x 290 mm) para satélites de telecomunicações geoestacionários produzidos pela Thales Alenia Space

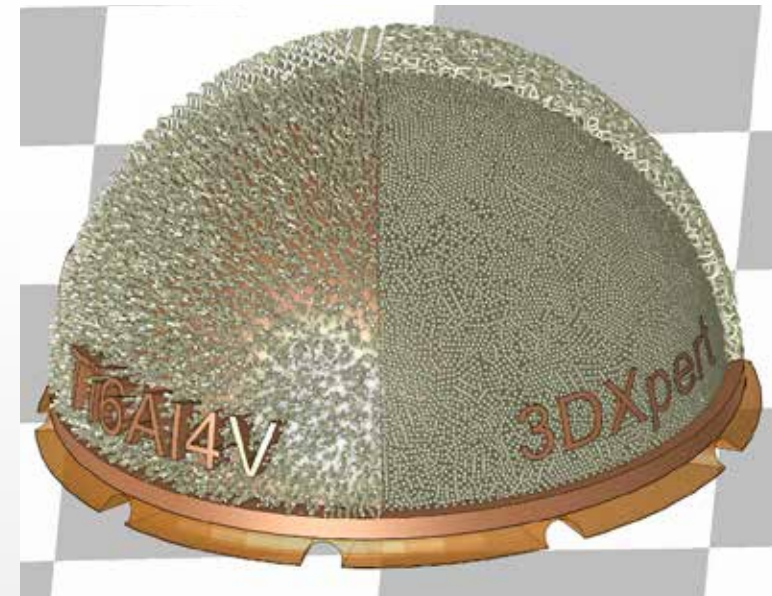
# Remoção de pó

- Verifique as cavidades internas, pois o pó pode ficar preso aqui
  - Adicione furos de remoção de pó a locais estratégicos na peça
  - Adicione pequenos tubos para permitir soprar o ar na peça com mais facilidade

- O pó normalmente tem boa fluidez, tornando a remoção possível com ar pressurizado e vibrações



**X** Peça projetada sem furos de remoção de pó



**✓** O interior desta peça é oco, portanto, contém muito pó. Os furos estão localizados na parte inferior abaixo do deslocamento de EDM do fio para remover o pó

# O que fazer e não fazer

## O que fazer

---

- Aumente o valor agregado
- Prioridade de requisitos funcionais
- Design de forma aditiva: formas orgânicas livres otimizadas pela topologia
- $\alpha > 45^\circ$
- Design divergente
- Arcos/filetes/chanfrados
- Diminuir área = diminuir volume
- Evite grandes mudanças de área entre camadas
- Determine a orientação de construção o mais rápido possível durante o processo de design

## O que não fazer

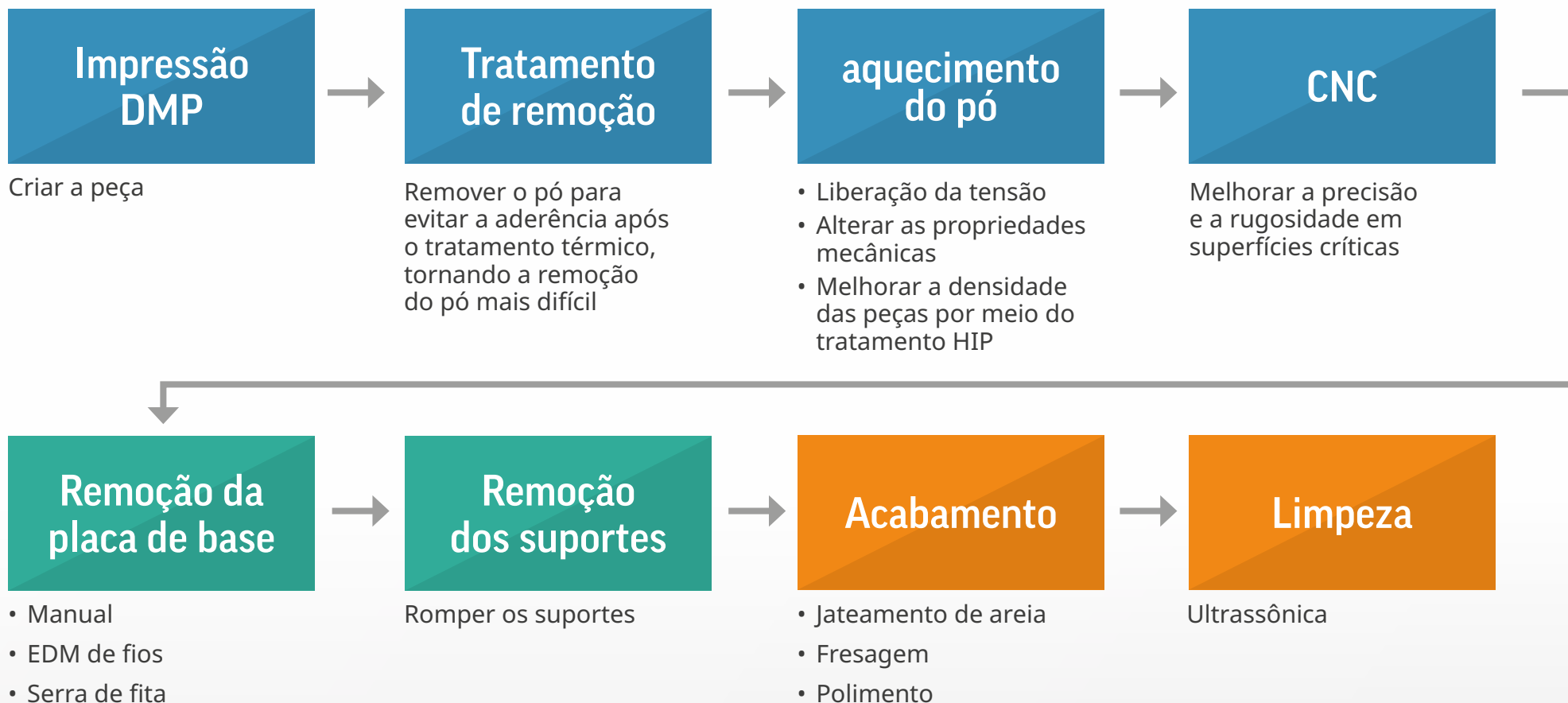
---

- Projetar de uma forma subtrativa/convencional
- $\alpha < 45^\circ$
- Design convergente
- Cantos retos, saliência plana
- Aumento da seção
- Prioridade de manufatura

# Pós-processamento



# Fluxo de processo típico\*



\*Este fluxo de trabalho se destina a fins ilustrativos e não é completo. Operações adicionais de pós-processamento semelhantes a outras técnicas de produção para materiais semelhantes são viáveis, embora possam exigir alguns ajustes finos de um especialista em AM.

# Opções de pós-processamento adicionais

- Aplicar revestimento em peças
- Controles de qualidade comuns:
  - Raio-x para verificar os canais internos
  - Varredura óptica para verificar a precisão dimensional
  - O software Geomagic pode mostrar deformação pós-construção com base em dados da varredura
  - O 3DXpert pode prever deformação pós-construção e compensá-la





### SOLUÇÃO DMP FACTORY 500

**Manufatura Aditiva de metal dimensionável para peças grandes perfeitas**

- Volume de construção 500 mm x 500 mm x 500 mm
- Gerenciamento integrado de pó
- Ambiente consistente de baixo O2
- Produção inteligente de peças sem emenda
- Fabricação de produção dimensionável



### DMP FLEX 100

**Impressora 3D de metal precisa e econômica para os componentes mais elaborados e as paredes mais finas**

- Volume de construção 100 mm x 100 mm x 90 mm
- Características finas, paredes finas
- O melhor acabamento de superfície da categoria
- Sistema exclusivo de roletes/revestidores
- Camadas perfeitas quase sem pó



### DMP FLEX 350 E DMP FLEX 350 DUAL

**Impressora 3D de metal robusta e flexível para produção de peças 24/7**

- Volume de construção 275 mm x 275 mm x 420 mm
- Mudança de material rápida e fácil
- Ambiente consistente de baixo O2
- Alto rendimento, alta repetibilidade



### DMP FLEX 200

**Impressora 3D de metal profissional e precisa com fonte de laser de 500 W**

- Volume de construção 140 mm x 140 mm x 115 mm
- Carregamento e limpeza fáceis
- Alto desempenho a um custo mais baixo
- Características finas, paredes finas
- O melhor acabamento de superfície da categoria
- Sistema exclusivo de roletes/revestidores
- Camadas perfeitas quase sem pó



### DMP FACTORY 350 E DMP FACTORY 350 DUAL

**Manufatura Aditiva de metal robusta, de alta qualidade e dimensionável com gerenciamento de pó integrado**

- Volume de construção 275 mm x 275 mm x 420 mm
- Gerenciamento integrado de pó
- Ambiente consistente de baixo O2
- Alto rendimento, alta repetibilidade

## Titânio



**LaserForm Ti Gr5 (A)**  
Alta resistência, baixo peso, excelente biocompatibilidade



**LaserForm Ti Gr23 (A)**  
Alta resistência, baixo peso, excelente biocompatibilidade, quantidade de oxigênio inferior a Gr5



**LaserForm Ti Gr1 (A)**  
Alta resistência, biocompatível, temperatura extrema e resistência à corrosão

## Aço inoxidável



**LaserForm 316L (A)**  
Pode ser esterilizado e altamente resistente à corrosão



**LaserForm 316L (A)**  
Pode ser esterilizado e altamente resistente à corrosão



**LaserForm 17-4PH (A)**  
Excelente resistência à corrosão, alta resistência com boa rigidez



**LaserForm 17-4PH (B)**  
Excelente resistência à corrosão, alta resistência com boa rigidez



## Aço maraging



### **Certificado M789 (A)**

Aço para ferramentas sem cobalto, de alta resistência, com excelente resistência à corrosão



### **LaserForm Maraging Steel (A)**

Excelente dureza e resistência, boa resistência ao desgaste



### **LaserForm Maraging Steel (B)**

Aço inoxidável genuíno (1.2709), alta resistência e dureza

## Cobalto-cromo



### **LaserForm CoCrF75 (A)**

Altamente resistente à corrosão, ao desgaste e ao calor; biocompatível



### **LaserForm CoCr (B) ou (C)**

Altamente resistente à corrosão, adequado para aplicações biomédicas

## Liga de alumínio



### Certificação Scalmalloy (A)

Alumínio de alta resistência com excelente resistência à corrosão



### LaserForm AlSi7Mg0.6 (A)

Leve, boas propriedades mecânicas e condutividade térmica aprimorada



### LaserForm AlSi10Mg (A)

Boas propriedades mecânicas e boa condutividade térmica



### LaserForm AlSi12 (B)

Pó de metal para peças leves com boas propriedades térmicas



### A6061-RAM2 (A)

Melhor resistência, ductilidade e superfície em comparação com AlSi10Mg

## Superliga de níquel



### LaserForm Ni625 (A)

Excelente resistência à corrosão, alta resistência e resistência ao calor



### LaserForm Ni625 (B)

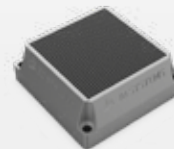
Excelente resistência à corrosão, alta resistência e resistência ao calor



### LaserForm Ni718 (A)

Resistência à oxidação, à corrosão e a temperaturas extremamente altas

## Metais refratários



### Tungstênio (A)

Metal puro refratário de alta densidade com excelente capacidade de proteção contra radiação e excelente resistência à corrosão

# Estamos aqui para ajudar

Há mais de três décadas, a 3D Systems demonstra liderança industrial e experiência para auxiliar os fabricantes em diversos setores a redefinir seus fluxos de trabalho para obter os benefícios da Manufatura Aditiva.

Estamos comprometidos em acelerar o desenvolvimento de aplicações avançadas. Da instalação ao treinamento prático e apoio de consultoria, os especialistas da 3D Systems permitem que você faça uma passagem rápida e eficaz da prototipagem para a produção em volume. O Application Innovation Group da 3D Systems é um grupo dedicado de engenheiros, técnicos e designers que podem ajudar você a resolver seus desafios mais difíceis de design e produção. Esteja você apenas começando ou precisando de apoio contínuo, estamos à disposição em todos os estágios para aplicar nossa experiência profissional aos seus objetivos específicos.



## Explorar

Consultoria estratégica para identificar as necessidades dos clientes



## Inove

Desenvolvimento e projeto de aplicações conjuntas para aditivo (DfAM) para atender a necessidades específicas



## Desenvolva

Caracterização de QA e processo do pré-protótipo ao protótipo



## Valide

Treinamento, validação e certificação



## Desenvolva

Serviços de produção e fabricação



## Escala

Dimensionamento e transferência de tecnologia

# O que virá a seguir?

Nossos especialistas estão aqui para ajudá-lo.  
Entre em contato hoje mesmo – trabalharemos junto com você.

[Fale com um especialista](#)