

# LASEC USINAGEM

## PROCESSO DE FABRICAÇÃO

Documento Técnico Interno

**Peça:** EIXO 1.60.01.548  
**Cliente:** MICROGEAR  
**Material:** 45 S 20 K (fornecido)  
**Dureza:** ~200 HB (pré-têmpera)

**Orçamento:** 003/2025  
**Lote:** 60 peças  
**Data:** 03/11/2025  
**Revisão:** 00

**⚠ ATENÇÃO CRÍTICA:** Esta peça requer **TRATAMENTO TÉRMICO  $56\pm2$  HRC** após usinagem (cliente faz). Deixar **SOBREMETAL ADEQUADO** para retificação pós-têmpera. Não usinar dimensões finais!

### 1. ANÁLISE DA PEÇA

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Tipo:</b>                 | Eixo com múltiplos diâmetros                           |
| <b>Comprimento total:</b>    | 189 mm $\pm 0,5$ mm                                    |
| <b>Diâmetros principais:</b> | Múltiplos diâmetros escalonados com tolerâncias H12    |
| <b>Material bruto:</b>       | Barra redonda Ø60 mm x 195 mm (fornecido pelo cliente) |
| <b>Peso aproximado:</b>      | 3,5 kg (bruto) / 2,1 kg (acabado)                      |
| <b>Usinabilidade:</b>        | Boa - Aço carbono médio-alto (~200 HB)                 |

### 2. CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL - 45 S 20 K

| Propriedade                 | Valor           | Observações                               |
|-----------------------------|-----------------|---|
| <b>Designação DIN:</b>      | C45 / 45 S 20 K | Equivalente: SAE 1045, AISI 1045          |
| <b>Teor de carbono:</b>     | 0,42-0,50%      | Médio-alto teor de carbono                |
| <b>Dureza bruta:</b>        | 180-220 HB      | Estado normalizado                        |
| <b>Dureza após têmpera:</b> | $56\pm2$ HRC    | Cliente faz o tratamento                  |
| <b>Resistência tração:</b>  | 620-700 MPa     | Estado normalizado                        |
| <b>Usinabilidade:</b>       | 70-80%          | Boa usinabilidade (base AISI 1212 = 100%) |

**💡 IMPORTANTE PARA USINAGEM:** Material apresenta boa usinabilidade no estado normalizado (~200 HB). Atenção para possíveis variações de dureza no material bruto que podem afetar vida da ferramenta.

### 3. EQUIPAMENTO E SETUP

**🔧 MÁQUINA:** Centro de Torneamento CNC Romi GL280

- Torre: 12 posições
- Rotação máxima: 4000 rpm
- Potência: 20 HP
- Curso Z: 500 mm
- Diâmetro máx sobre barramento: 480 mm
- Diâmetro máx sobre carro: 280 mm

| Item                        | Especificação   |
|-----------------------------|---|
| <b>Fixação peça:</b>        | Placa 3 castanhas universal + ponta rotativa (lado oposto)            |
| <b>Comprimento fixação:</b> | 40 mm na placa (lado Ø60mm maior)                                     |
| <b>Ponta rotativa:</b>      | Centro cone morse CM3 - apoio durante usinagem de comprimentos longos |
| <b>Balanço máximo:</b>      | 155 mm (189mm total - 40mm fixação + 6mm face)                        |
| <b>Fluido de corte:</b>     | Emulsão sintética 5% - vazão 40 L/min                                 |
| <b>Sistema zero peça:</b>   | Face frontal como Z0, eixo da peça como X0                            |

## 4. FERRAMENTAS E PASTILHAS - KENNAMETAL

### ◆ FERRAMENTA 1 - DESBASTE EXTERNO

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>Suporte:</b>       | Kennametal DCLNR 2525M-12                            |
| <b>Pastilha:</b>      | Kennametal CNMG 120408-KCP25 (KC725M)                |
| <b>Grade:</b>         | KC725M - CVD coating multi-layer (TiCN/Al2O3/TiN)    |
| <b>Geometria:</b>     | CNMG 12 - 80° losango, chip breaker KCP25            |
| <b>Aplicação:</b>     | Desbaste de diâmetros externos - remoção de material |
| <b>Raio de ponta:</b> | 0,8 mm   |

### ◆ FERRAMENTA 2 - ACABAMENTO EXTERNO

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>Suporte:</b>       | Kennametal DCLNR 2525M-12                            |
| <b>Pastilha:</b>      | Kennametal CNMG 120404-MF3 (KC5010)                  |
| <b>Grade:</b>         | KC5010 - PVD coating (TiAlN) para acabamento fino    |
| <b>Geometria:</b>     | CNMG 12 - 80° losango, chip breaker MF3 (acabamento) |
| <b>Aplicação:</b>     | Acabamento dimensional e superficial                 |
| <b>Raio de ponta:</b> | 0,4 mm   |

### ◆ FERRAMENTA 3 - FACEAMENTO

|                   |                                    |
|-------------------|------------------------------------|
| <b>Suporte:</b>   | Kennametal DDJNR 2525M-15          |
| <b>Pastilha:</b>  | Kennametal DNMG 150608-KF (KC5010) |
| <b>Grade:</b>     | KC5010 - PVD coating               |
| <b>Aplicação:</b> | Faceamento de topos e cantos       |

### ◆ FERRAMENTA 4 - RECARTILHAMENTO/CANAIS (se necessário)

|                    |                                       |
|--------------------|---------------------------------------|
| <b>Suporte:</b>    | Kennametal porta-bedame 20mm          |
| <b>Ferramenta:</b> | Bedame 3mm largura (conforme desenho) |
| <b>Aplicação:</b>  | Canais de alívio entre diâmetros      |

 **ESTOQUE DE PASTILHAS:** Manter mínimo 5 pastilhas de cada tipo em estoque. Vida útil média: 30-40 peças por aresta (desbaste) / 50-60 peças (acabamento) dependendo das condições.

## 5. PARÂMETROS DE CORTE - KENNAMETAL (Aço C45 ~200HB)

| Operação         | Ferramenta | Velocidade Corte (Vc) |           | Avanço (fn) |         | Prof. Corte (ap) |
|------------------|------------|-----------------------|-----------|-------------|---------|------------------|
|                  |            | m/min                 | rpm*      | mm/rot      | mm/min  |                  |
| Desbaste externo | CNMG-KCP25 | 220-250               | 1200-1400 | 0,30-0,50   | 360-700 | 2,0-4,0 mm       |
| Semi-acabamento  | CNMG-MF3   | 250-280               | 1400-1600 | 0,15-0,25   | 210-400 | 0,5-1,5 mm       |

| Operação         | Ferramenta | Velocidade Corte (Vc) |           | Avanço (fn) |         | Prof. Corte (ap) |
|------------------|------------|-----------------------|-----------|-------------|---------|------------------|
|                  |            | m/min                 | rpm*      | mm/rot      | mm/min  |                  |
| Acabamento final | CNMG-MF3   | 280-320               | 1600-1800 | 0,08-0,15   | 130-270 | 0,2-0,5 mm       |
| Faceamento       | DNMG-KF    | 220-250               | 1200-1400 | 0,20-0,35   | 240-490 | 1,0-3,0 mm       |
| Canais/bedame    | Bedame 3mm | 80-100                | 450-550   | 0,05-0,10   | 23-55   | Largura 3mm      |

\*rpm calculado para diâmetro médio Ø50mm. Ajustar conforme diâmetro: rpm =  $(Vc \times 1000) / (\pi \times D)$

- 💡 OTIMIZAÇÃO:** Parâmetros baseados em Kennametal para aço C45 normalizado. Ajustar Vc e fn baseado em:
- Reduzir 15-20% se material apresentar dureza >220 HB
  - Aumentar 10% para operações curtas ou alta rigidez
  - Fluido abundante essencial para vida da ferramenta
  - Monitorar desgaste de flanco VB < 0,3mm

## 6. SEQUÊNCIA DE OPERAÇÕES - PROCESSO COMPLETO

### OPERAÇÃO 10 - PREPARAÇÃO E INSPEÇÃO INICIAL

- Tempo:** 2 min (primeira peça) / 0,5 min (demais)
1. Receber material bruto Ø60mm x 195mm do cliente
  2. Iinspecionar visualmente: trincas, óxido excessivo, empenamento
  3. Medir diâmetro bruto (deve estar entre Ø58-62mm)
  4. Verificar comprimento (deve estar ≥195mm)
  5. Limpar material (remover óleo/sujeira excessiva)
- Descrição:**
- Instrumentos:** Paquímetro 200mm ( $\pm 0,05$ mm), trena

### OPERAÇÃO 20 - FIXAÇÃO E SETUP MÁQUINA

- Tempo:** 3 min (primeira peça) / 1 min (troca peças)
1. Fixar peça na placa 3 castanhas - comprimento fixação 40mm
  2. Verificar concentricidade < 0,1mm com relógio comparador
  3. Posicionar ponta rotativa no lado oposto (centro CM3)
  4. Ajustar pressão da ponta (firme mas sem forçar)
  5. Carregar programa CNC: PRG\_1\_60\_01\_548\_V01.NC
  6. Zerar peça: Z0 na face, X0 no eixo
- Descrição:**
- Instrumentos:** Relógio comparador, apalpador eletrônico (Renishaw)

### OPERAÇÃO 30 - FACEAMENTO TOPO FRONTAL

- Ferramenta:** T03 - DNMG 150608-KF (faceamento)
- Tempo:** 1,5 min
- Parâmetros:** Vc = 230 m/min | rpm = 1300 | fn = 0,25 mm/rot | ap = 2mm
1. Facear topo frontal - remover 3-5mm (casca/óxido)
  2. Deixar face plana e perpendicular ao eixo ( $\pm 0,05$ mm)
  3. Esta face será referência Z0 para todas as operações
  4. Iinspecionar planicidade e perpendicularidade
- Descrição:**
- Inspeção:** Esquadro de precisão, apalpador

### OPERAÇÃO 40 - DESBASTE DIÂMETROS EXTERNOS (1ª PASSADA)

- Ferramenta:** T01 - CNMG 120408-KCP25 (desbaste)
- Tempo:** 5 min
- Parâmetros:** Vc = 240 m/min | rpm = 1350 | fn = 0,40 mm/rot | ap = 3mm
1. Desbastar todos os diâmetros em passes de 3mm
  2. Deixar **SOBREMETAL**:
    - Diâmetros: +1,5mm no diâmetro (0,75mm por lado)
    - Comprimentos: +0,5mm
  3. Estratégia: do maior para o menor diâmetro

4. Atenção à pressão da ponta rotativa (ajustar se vibrar)
5. Monitorar temperatura da peça e fluido de corte

**Cuidados:**

- ⚠️ Não usinar dimensões finais! Deixar sobremetal para retificação pós-têmpera
- ⚠️ Se houver vibração, reduzir ap para 2mm e aumentar rpm

**⌚ SOBREMETAL CRÍTICO:**

- **Diâmetros externos:** +1,5mm (0,75mm por lado) - para retificação pós-têmpera
- **Comprimentos/ombros:** +0,5mm - compensar deformação da têmpera
- **Faces/topos:** +0,3mm - compensar empenamento

Este sobremetal é essencial para que o cliente possa retificar após tratamento térmico!

**OPERAÇÃO 50 - SEMI-ACABAMENTO DIÂMETROS**

**Ferramenta:** T02 - CNMG 120404-MF3 (acabamento)

**Tempo:** 4 min

**Parâmetros:** Vc = 270 m/min | rpm = 1550 | fn = 0,18 mm/rot | ap = 0,8mm

1. Passada de semi-acabamento em todos os diâmetros

2. Reduzir sobremetal para:

- Diâmetros: +0,8mm (0,4mm por lado)
- Comprimentos: +0,3mm
- 3. Melhorar acabamento superficial (Ra ~3,2 µm)
- 4. Preparar para acabamento final

**Descrição:****OPERAÇÃO 60 - ACABAMENTO FINAL DIÂMETROS (PRÉ-TÊMPERA)**

**Ferramenta:** T02 - CNMG 120404-MF3 (acabamento)

**Tempo:** 4,5 min

**Parâmetros:** Vc = 300 m/min | rpm = 1700 | fn = 0,12 mm/rot | ap = 0,4mm

1. Acabamento fino de todos os diâmetros

**2. DIMENSÕES FINAIS PRÉ-TÊMPERA com sobremetal:**

- Diâmetros: Desenho + 1,5mm (exemplo: Ø30 → Ø31,5)
- Comprimentos: Desenho + 0,5mm
- Tolerâncias: H12 aplicadas sobre dimensão com sobremetal
- 3. Acabamento superficial: Ra ≤ 1,6 µm
- 4. Atenção especial aos ombros e transições
- 5. Manter refrigeração abundante

**Descrição:**

**Controle:** Verificar 100% das dimensões com paquímetro/micrômetro  
Confirmar sobremetal em TODOS os diâmetros

**OPERAÇÃO 70 - CANAIS E RASGOS (se aplicável)**

**Ferramenta:** T04 - Bedame 3mm

**Tempo:** 1 min (se necessário)

**Parâmetros:** Vc = 90 m/min | rpm = 500 | fn = 0,08 mm/rot | ap = 3mm

**Descrição:** 1. Usinar canais de alívio entre diâmetros (conforme desenho)  
2. Profundidade e largura conforme especificado  
3. Acabamento com passada final leve

**OPERAÇÃO 80 - FACEAMENTO FINAL E COMPRIMENTO**

**Ferramenta:** T03 - DNMG 150608-KF

**Tempo:** 1 min

**Parâmetros:** Vc = 240 m/min | rpm = 1350 | fn = 0,20 mm/rot | ap = 0,5mm

**Descrição:** 1. Ajustar comprimento total para 189,5mm (+0,5mm sobremetal)  
2. Face plana e perpendicular  
3. Quebrar arestas vivas (chanfro 0,3 x 45°)  
4. Acabamento Ra ≤ 1,6 µm

**OPERAÇÃO 90 - INSPEÇÃO DIMENSIONAL 100%**

|   |  |
|---|--|
| <b>Tempo:</b>   | 2 min  |
| <b>VERIFICAR (condição PRÉ-TÊMPERA com sobremetal):</b> |  |
|   | 1. Todos os diâmetros: Desenho + 1,5mm ±H12                        |
| 2. Comprimento total: 189,5mm ±0,5mm                    |  |
|   | 3. Comprimentos parciais: Desenho + 0,5mm                          |
|   | 4. Perpendicularidade faces: ±0,05mm                               |
|   | 5. Acabamento superficial: Ra ≤ 1,6 µm                             |
|   | 6. Ausência de rebarbas e arestas vivas                            |
| 7. <b>CONFIRMAR PRESENÇA DO SOBREMETAL!</b>             |  |
|   | • Paquímetro digital 200mm (±0,01mm)                               |
|   | • Micrômetro externo 0-100mm (±0,001mm)                            |
|   | • Rugosímetro portátil   |
|   | • Esquadro de precisão   |
|   | • Relógio comparador   |
| <b>Documentação:</b>                                    | Preencher relatório de inspeção dimensional (1ª, 5ª e última peça) |

## OPERAÇÃO 100 - LIMPEZA E EMBALAGEM

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>Tempo:</b>     | 0,5 min   |
|                   | 1. Limpeza com ar comprimido (remover cavacos)        |
| <b>Descrição:</b> |   |
|                   | 2. Limpeza com pano limpo (remover óleo/fluido)       |
|                   | 3. Aplicar óleo protetivo anticorrosivo               |
|                   | 4. Identificar peça com etiqueta: Nº peça, lote, data |
|                   | 5. Embalar em papel VCI ou plástico bolha             |
|                   | 6. Acondicionar em caixa com separadores              |

## 7. RESUMO DE TEMPOS E PRODUTIVIDADE

| Operação                           | Tempo (min)     | % do total  |
|------------------------------------|-----------------|-------------|
| 10 - Preparação e inspeção inicial | 0,5             | 2,5%        |
| 20 - Fixação e setup               | 1,0             | 5,0%        |
| 30 - Faceamento topo frontal       | 1,5             | 7,5%        |
| 40 - Desbaste diâmetros            | 5,0             | 25,0%       |
| 50 - Semi-acabamento               | 4,0             | 20,0%       |
| 60 - Acabamento final              | 4,5             | 22,5%       |
| 70 - Canais (se aplicável)         | 1,0             | 5,0%        |
| 80 - Faceamento final              | 1,0             | 5,0%        |
| 90 - Inspeção dimensional          | 2,0             | 10,0%       |
| 100 - Limpeza e embalagem          | 0,5             | 2,5%        |
| <b>TEMPO TOTAL POR PEÇA</b>        | <b>20,0 min</b> | <b>100%</b> |

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| <b>Tempo total lote 60 peças:</b> | <b>20,0 horas (1200 minutos)</b>          |
| <b>Produtividade:</b>             | 3 peças/hora (incluindo setup e inspeção) |
| <b>Tempo setup inicial:</b>       | +15 min (primeira peça do lote)           |
| <b>Peças por turno (8h):</b>      | ~24 peças                                 |
| <b>Dias para completar lote:</b>  | 3 dias (2 turnos) + inspeção final        |

## 8. CONTROLE DE QUALIDADE E INSPECÇÃO

| Característica           | Especificação PRÉ-TÊMPERA | Instrumento         | Frequência            |
|--------------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------|
| Diâmetros externos       | Desenho + 1,5mm ±H12      | Micrômetro ±0,001mm | 100% (1ª, 5ª, última) |
| Comprimento total        | 189,5mm ±0,5mm            | Paquímetro ±0,01mm  | 100%                  |
| Comprimentos parciais    | Desenho + 0,5mm ±0,3mm    | Paquímetro ±0,01mm  | 1ª, 5ª, última        |
| Perpendicularidade       | ±0,05mm                   | Esquadro + relógio  | 1ª, última            |
| Acabamento superficial   | Ra ≤ 1,6 µm               | Rugosímetro         | 1ª, 10ª, última       |
| Sobremetal diâmetros     | +1,5mm (0,75mm/lado)      | Micrômetro          | 100% (crítico!)       |
| Visual (trincas, riscos) | Ausência de defeitos      | Inspeção visual     | 100%                  |

**⚠ INSPEÇÃO CRÍTICA - SOBREMETAL:**

- TODAS as peças devem ter sobremetal verificado e documentado
- Peça SEM sobremetal adequado será REFUGADA pelo cliente após têmpera
- Na dúvida, adicionar 0,2mm extra no sobremetal
- Primeira peça deve ser aprovada antes de continuar lote

## 9. DOCUMENTAÇÃO E RASTREABILIDADE

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Ordem de Produção:       | OP-003-2025 (vincular ao orçamento 003/2025)                                       |
| Desenho técnico:         | 1.60.01.548.pdf (cliente MICROGEAR)  |
| Programa CNC:            | PRG_1_60_01_548_V01.NC (armazenar backup)  |
| Relatório inspeção:      | RI-003-2025 (preencher 1ª, 5ª e última peça)                                       |
| Certificado dimensional: | CD-003-2025 (emitir para o lote - condição pré-têmpera)                            |
| Identificação peça:      | Etiqueta: "1.60.01.548   Lote 60pç   PRÉ-TÊMPERA   Data   OP-003-2025"             |
| Nota de entrega:         | Incluir: "Peças fornecidas PRÉ-TRATAMENTO TÉRMICO com sobremetal para retificação" |

## 10. OBSERVAÇÕES E ALERTAS IMPORTANTES

**● CRÍTICO - LEIA ANTES DE INICIAR PRODUÇÃO:**

- SOBREMETAL OBRIGATÓRIO:** Peça será temperada pelo cliente ( $56\pm2$  HRC). SEM sobremetal adequado, peça será refugada após têmpera. Conferir 100% das dimensões!
- NÃO USINAR DIMENSÕES FINAIS:** Todas as dimensões devem ter sobremetal. Diâmetros: +1,5mm | Comprimentos: +0,5mm
- PRIMEIRA PEÇA PILOTO:** Produzir 1ª peça e enviar para aprovação do cliente ANTES de fazer lote completo. Cliente precisa validar se sobremetal está adequado para processo de retificação dele.
- CERTIFICADO PRÉ-TÊMPERA:** Certificado dimensional é válido apenas para condição PRÉ-TRATAMENTO TÉRMICO. Deixar claro na documentação.
- VARIAÇÃO DE DUREZA:** Material pode apresentar dureza variável (180-220 HB). Se perceber variação, ajustar Vc e monitorar desgaste da ferramenta.

**💡 DICAS DE PROCESSO:**

- Fluido de corte abundante e limpo é essencial para vida da ferramenta
- Monitorar vibração - ajustar pressão da ponta rotativa se necessário
- Trocar pastilha se desgaste VB > 0,3mm ou acabamento superficial degradar
- Manter temperatura da peça controlada para evitar dilatação térmica

- Proteger peças acabadas com óleo anticorrosivo
- Armazenar em local seco até entrega ao cliente

**SUPORTE TÉCNICO:**

Dúvidas sobre processo: Alexandre Gonçalves (11) 3936-5041  
Suporte Kennametal: 0800-771-1788  
Eng. Processo LASEC: processos@lasec.com.br

**11. HISTÓRICO DE REVISÕES**

| Rev. | Data       | Responsável     | Descrição da alteração   |
|------|------------|-----------------|--|
| 00   | 03/11/2025 | Alexandre Souza | Emissão inicial - Processo completo baseado em parâmetros Kennametal |

---

**LASEC USINAGEM** - Processo de Fabricação  
Peça: EIXO 1.60.01.548 | Orçamento: 003/2025 | Revisão: 00  
Data: 03/11/2025 | **DOCUMENTO INTERNO - NÃO ENVIAR AO CLIENTE**