

## **FUNDIÇÃO CONTÍNUA – VANTAGENS E APLICAÇÕES**

### **M. Eng. Arthur Adelino de Freitas Cruz**

Tupy Fundições Ltda.  
Rua Albano Schmidt 3400.  
Joinville–SC Brasil CEP 89227-901  
Tel.: (47) 4418636  
E-mail: arthur@tupy.com.br

### **Dilço Carvalho Jr.**

Tupy Fundições Ltda.  
Rua Albano Schmidt 3400.  
Joinville–SC Brasil CEP 89227-901  
Tel.: (47) 4418401  
E-mail: dilcojr@tupy.com.br

**Resumo.** *O processo de fundição contínua foi originalmente desenvolvido na Europa logo após a segunda guerra mundial, sendo introduzido na América Latina em 1975 pela Tupy Fundições Ltda, visando obter um método mais econômico para a produção de peças com qualidade similar ou superior as produzidas em aço ou pelo processo de fundição convencional (areia). O objetivo deste trabalho é apresentar as vantagens das barras de ferro fundido obtidas através do processo de fundição contínua – FUCO® em relação às barras de aço e às peças fundidas através do processo convencional (areia). Este trabalho também destaca as principais aplicações das barras de ferro fundido cinzento e nodular – FUCO® em diversos segmentos de mercado, tais como: hidráulica e pneumática, máquinas e equipamentos, vidrarias e autopeças dentre outros.*

**Palavras-chave:** fundição contínua, ferro fundido, FUCO®.

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de fundição contínua foi originalmente desenvolvido na Europa logo após a segunda guerra mundial, sendo introduzido na América Latina em 1975 pela Tupy Fundições Ltda, visando obter um método mais econômico para a produção de peças com qualidade similar ou superior às obtidas a partir de barras de aço ou fundição convencional em areia (Manual Técnico FUCO, 1998; Versa-Bar Technical Catalogue, 2002; Tupy Utility CDROM, 2001).

O processo de fundição contínua, conforme apresentado na Fig. (1), consiste no vazamento de metal líquido dentro de um forno de alimentação, onde na parte frontal inferior está montado um ferramental – coquilha de grafite refrigerada – que confere a forma e a dimensão desejada do perfil a ser produzido. Quando do contato metal líquido / coquilha refrigerada, devido à alta velocidade de extração de calor, forma-se uma casca sólida, e assim que esta tenha uma resistência suficiente para suportar a pressão metalostática e o metal ainda líquido no núcleo da barra, um comando eletrônico aciona os motores que movimentam (tracionam) a barra. Estas barras são apoiadas em roletes condutores e à aproximadamente 12 metros da saída da coquilha, quando todo o metal está sólido, as barras são entalhadas com disco de corte e em seguida são quebradas. Toda esta operação é realizada automaticamente por um painel de comando CLP.

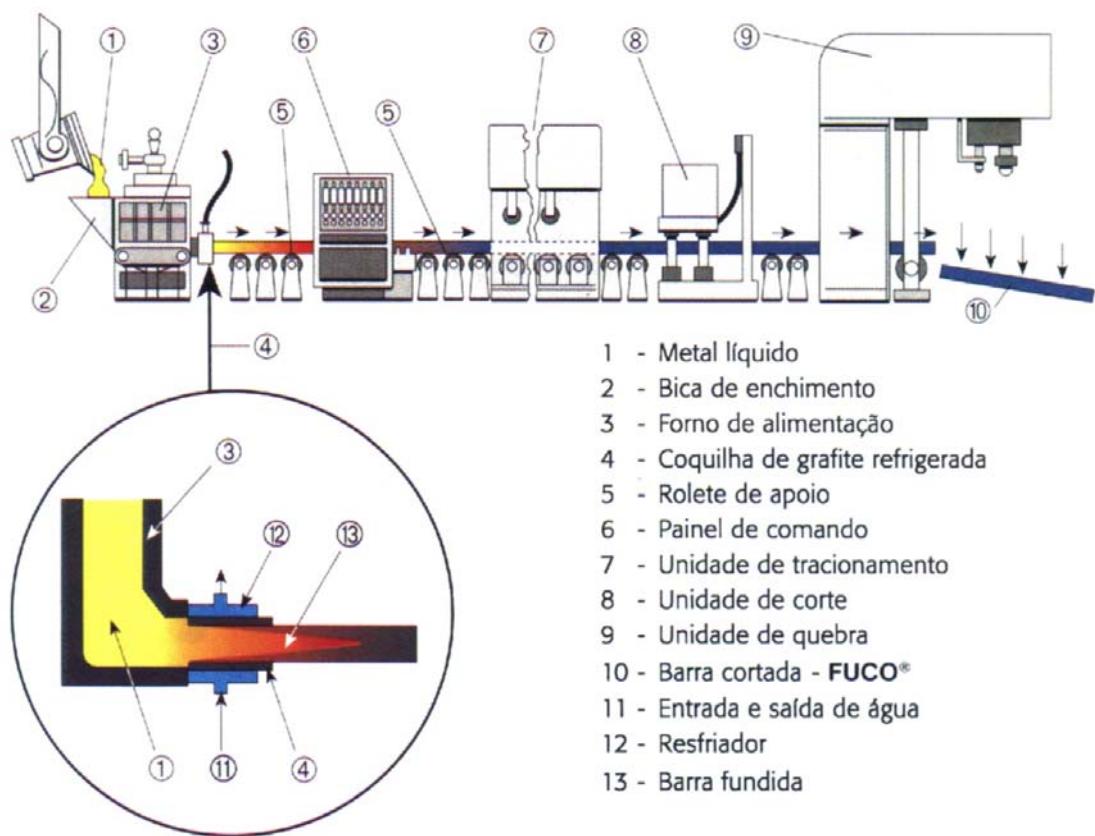


Figura 1. Processo de fundição contínua (Manual Técnico FUCO, 1998; Versa-Bar Web Site, 2004; Tupy Web Site, 2004).

## 2. VANTAGENS DA FUNDIÇÃO CONTÍNUA

As barras de ferro fundido obtidas através do processo de fundição contínua - FUCO® possuem muitas vantagens em relação às barras de aço e as peças fundidas através do processo convencional (Manual Técnico FUCO, 1998).

## 2.1. Vantagens da Fundição Contínua em Relação à Fundição Convencional

### 2.1.1. Ausência de Porosidades

As porosidades típicas dos ferros fundidos obtidos pelo processo em areia são defeitos que ocorrem internamente à peça e são de forma geralmente arredondada com superfície interna lisa, podendo apresentar-se também com aspecto alongado em diversos tamanhos. A formação de porosidades pode ter diversas causas, todas elas provenientes de fontes de gases. Podem ser citadas como prováveis causas de formação de porosidades (Manual Técnico FUCO, 1998; Versa-Bar Technical Catalogue, 2002; Tupy Utility CDROM, 2001):

- gases provenientes de materiais de moldagem, macharias e tintas;
- aprisionamento mecânico de gases:
  - contidos nas cavidades do molde em areia;
  - gerados pelos machos;
  - devido à turbulência durante o vazamento;
  - sistemas de canais inadequados.
- gases dissolvidos no metal líquido.

Para a produção de barras FUCO®, o molde utilizado é de grafite, que não libera gases quando submetido a altas temperaturas. Além disso, não existem as principais fontes de gases anteriormente citadas. Em perfis produzidos por fundição contínua, a presença de gases limita-se apenas aos contidos no metal líquido, o que reduz acentuadamente a tendência à formação de porosidades em relação a outros processos de fundição.

### 2.1.2. Ausência de Rechupes

Os rechupes são cavidades ocasionadas pela contração do metal líquido durante a solidificação.

O controle deste defeito é tanto mais difícil quanto mais complexa for a geometria da peça fundida, sendo que os rechupes situam-se sempre nas seções mais espessas, nos centros térmicos das peças (Manual Técnico FUCO, 1998; Versa-Bar Technical Catalogue, 2002; Tupy Utility CDROM, 2001).

Na fundição de ferro fundido em areia existe ainda um agravante que é a expansão do molde, aumentando a necessidade de metal líquido para compensar a variação dimensional que a peça sofre.

No caso da fundição contínua, por serem rígidos, os moldes de grafite não se deformam com os esforços que ocorrem durante a solidificação dos ferros fundidos, garantindo, assim, uma perfeita alimentação da peça e, como consequência, a ausência de rechupes.

As barras produzidas por fundição contínua possuem geometrias definidas, podendo-se controlar o processo de solidificação para cada tipo de barra, de forma a se evitar que as cavidades decorrentes da solidificação ocorram.

Desta forma, ao se usinar uma peça, a partir de uma barra FUCO®, dificilmente haverá desagradáveis surpresas ao final da usinagem, como o aparecimento de rechupes.

### 2.1.3. Microestrutura Mais Refinada

Devido à utilização de moldes de grafite refrigerados para conferir a geometria desejada, as barras FUCO® possuem microestruturas mais refinadas em relação às peças de mesma espessura (módulo de resfriamento) produzidas em moldes de areia. O maior refinamento na microestrutura das barras FUCO® além de conferir ao material melhores propriedades mecânicas, proporciona também um excelente acabamento na superfície das peças após a usinagem (Manual Técnico FUCO, 1998; Versa-Bar Technical Catalogue, 2002; Tupy Utility CDROM, 2001; Versa-Bar Web Site, 2004).

Outro aspecto importante, decorrente do resfriamento mais rápido proporcionado pelo processo de fundição contínua, é a maior estanqueidade das peças fabricadas a partir das barras FUCO®, característica fundamental para a fabricação de componentes hidráulicos (Manual Técnico FUCO, 1998).

#### **2.1.4. Menor Sobre Material Para Usinagem**

Por possuir uma grande flexibilidade quanto à geometria dos perfis, o processo de fundição contínua permite a produção de barras com formatos próximos a dimensão final da peça (Manual Técnico FUCO, 1998; Versa-Bar Technical Catalogue, 2002; Tupy Utility CDROM, 2001; Versa-Bar Web Site, 2004).

A grande diversificação de bitolas, inexistência de ângulos de saída, isenção de inclusões ou defeitos superficiais e o bom acabamento superficial bruto de fusão, também contribuem para a redução do sobre material para usinagem (Manual Técnico FUCO, 1998).

#### **2.1.5. Melhor Usinabilidade**

Devido à uniformidade de sua microestrutura, ausência de inclusões abrasivas superficiais (resíduos de areia), ausência de camada descarbonetada e por ser produzido em ferros fundidos cíntenos e nodulares de alta qualidade, as barras FUCO® obtidas através do processo de fundição contínua apresentam usinabilidade superior aos ferros fundidos produzidos através do processo convencional em areia (Manual Técnico FUCO, 1998).

#### **2.1.6. Eliminação dos Custos de Ferramentais (Modelos)**

Devido ao processo de fundição contínua possibilitar a produção de barras de diversos tamanhos e geometrias variadas, será sempre possível selecionar um tipo de FUCO® que mais se aproxime da forma final do componente a ser usinado. Isto elimina os dispêndios elevados com os ferramentais da fundição em areia e os longos prazos para obtê-los, reduzindo significativamente o custo final do produto, principalmente quando se trata de itens com baixa demanda, tais como protótipos, peças que sofrerão alterações, peças para manutenção e outras (Manual Técnico FUCO, 1998).

#### **2.1.7. Menor Refugo Após a Usinagem**

O refugo pós-usinagem de peças produzidas a partir das barras FUCO® é praticamente nulo devido à inexistência dos defeitos típicos de peças produzidas através do processo convencional em areia, tais como porosidades, rechupes e inclusões de areia e escória.

O custo do refugo pós-usinagem é extremamente dispendioso, pois além de perder-se matéria-prima e mão-de-obra, reduz-se à disponibilidade de horas-máquina para o processo produtivo (Manual Técnico FUCO, 1998).

#### **2.1.8. Melhor Relação Custo/Benefício**

A utilização de barras FUCO® na fabricação de peças e componentes mecânicos pode diminuir o custo total de produção. Normalmente, o maior custo na fabricação de uma determinada peça é o custo de usinagem. As barras obtidas através do processo de fundição contínua proporcionam benefícios na usinagem, pois apresentam um bom acabamento da superfície usinada e uma melhor usinabilidade, reduzindo desta forma os custos com ferramentas de corte, diminuindo as paradas de máquinas e aumentando a produtividade.

No caso da usinagem de fundidos obtidos através da fundição convencional (areia) é comum encontrar defeitos de fabricação de material como rechupes, porosidades, inclusões e trincas somente após a usinagem. Os custos para a fabricação de ferramentais (modelos) também devem

ser levados em consideração no caso da fabricação de peças e componentes através do processo convencional em areia.

## **2.2. Vantagens das Barras de Fundição Contínua em Relação as Barras de Aço**

### **2.2.1. Menor Densidade**

As barras FUCO® possuem menor densidade do que as barras de aço (aproximadamente 10%).

Esta diferença deve-se a presença de grafita na microestrutura do ferro fundido (Manual Técnico FUCO, 1998):

$$\begin{array}{l} \text{Densidade FUCO}^{\circledR} = 7,20 \text{ g/cm}^3; \\ \text{Densidade Aço} = 7,86 \text{ g/cm}^3. \end{array}$$

A diferença de densidade é muito importante em aplicações onde o peso é uma consideração importante. A fabricação de componentes e produtos mais leves resulta numa economia considerável nos custos de transporte e logística.

### **2.2.2. Melhor Usinabilidade**

Quando comparadas aos aços, a melhor usinabilidade das barras FUCO® deve-se principalmente a presença de grafita na microestrutura, que atua como quebrador de cavacos e também como agente lubrificante (Manual Técnico FUCO, 1998; Voigt, 2003). Estas características possibilitam o emprego de maiores velocidades de corte sem que ocorra um aumento no desgaste das ferramentas, diminuindo assim as trocas para afiação e, com isso, perdas de produtividade.

### **2.2.3. Ligas de Elevada Resistência e Tratamentos Térmicos**

Os desenvolvimentos de ligas de ferros fundidos especiais e a produção das barras através do processo de fundição contínua possui uma grande vantagem em relação aos desenvolvimentos e produção das ligas em aço, ou seja, o lote mínimo.

Para a produção de componentes que necessitem de elevada resistência mecânica, há a possibilidade de se produzir ferros fundidos nodulares perlíticos que podem ter sua resistência e tenacidade aumentada através do tratamento térmico de austêmpera, obtendo-se um ferro fundido nodular de matriz bainítica. Com este material pode-se atingir valores de limites de resistência da ordem de 1000 a 1500 MPa, com valores de alongamento de até 6% (Manual Técnico FUCO, 1998; Tupy Utility CDROM, 2001).

Os ferros fundidos nodulares submetidos ao tratamento térmico de austêmpera são indicados para a fabricação de engrenagens, eixos comando de válvulas, pinos, buchas e outros componentes que necessitem uma boa tenacidade associada à alta resistência ao desgaste (Manual Técnico FUCO, 1998).

Devido a sua alta temperabilidade este material pode também ser submetido a tratamentos térmicos de normalização e/ou têmpera e revenido, sendo possível, portanto, obter-se uma ampla faixa de combinações de propriedades mecânicas (Manual Técnico FUCO, 1998).

### **2.2.4. Tratamentos de Superfícies**

As barras FUCO® admitem a realização dos mais diversos tratamentos de superfícies, visando, em cada caso, benefícios específicos como elevação da resistência à fadiga, ao desgaste ou a corrosão (Manual Técnico FUCO, 1998; Versa-Bar Technical Catalogue, 2002; Tupy Utility CDROM, 2001).

Pode-se citar como exemplos, a realização de cromagem em moldes para vidraria, nitretação e shot-peening em engrenagens e têmpera superficial em eixos comando de válvulas (Manual Técnico FUCO, 1998; Versa-Bar Technical Catalogue, 2002; Tupy Utility CDROM, 2001).

### **2.2.5. Maior Condutividade Térmica**

As barras FUCO® possuem uma excelente condutividade térmica devido à presença de grafite na microestrutura. Esta é uma importante vantagem em aplicações a altas temperaturas como, por exemplo, em moldes para vidrarias.

Os materiais com condutividade térmica elevada dissipam muito bem o calor garantido uma melhor estabilidade dimensional em componentes que operam em altas temperaturas.

### **2.2.6. Amortecimento de Vibrações**

A grafita presente na microestrutura dos ferros fundidos tem a capacidade de atuar como um amortecedor de vibrações. Os ferros fundidos cíntenos podem possuir uma capacidade de amortecimento de vibrações de cerca de dez vezes a dos aços baixo carbono enquanto que os ferros fundidos nodulares podem chegar a cerca de três vezes a capacidade de amortecimento de vibrações dos aços baixo carbono.

Esta maior facilidade para amortecer as vibrações permite aos componentes fabricados com ferros fundidos operar com nível de ruído abaixo dos obtidos com os aços ao carbono.

### **2.2.7. Melhor Relação Custo/Benefício**

As barras FUCO® possuem densidade aproximadamente 10% menor do que a das barras de aço, resultando em componentes mais leves e consequentemente em uma economia de cerca de 10% na aquisição do material para a fabricação da mesma quantidade de peças.

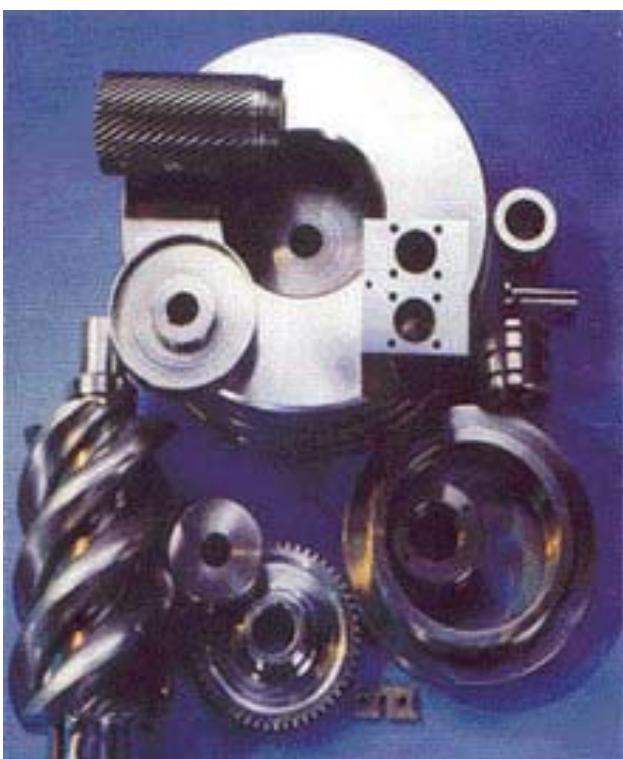
Além da economia na aquisição das barras FUCO®, também se verifica a possibilidade de usinar peças com o emprego de maiores de velocidades de corte do que as utilizadas para as peças produzidas em aço, aumentando significativamente desta forma a produtividade da usinagem (peças/hora).

## **3. APLICAÇÕES DA FUNDIÇÃO CONTÍNUA**

A princípio, qualquer tipo de componente que atualmente esteja sendo produzido em ferro fundido cínteno, nodular e em algumas classes de aço carbono, poderia ser fabricado a partir das barras FUCO® (Manual Técnico FUCO, 1998).

Como exemplo, a Tab. (1) apresenta algumas aplicações já consagradas em que o FUCO® substitui o processo de fundição convencional em areia e os perfis de aço (Manual Técnico FUCO, 1998).

Tabela 1. Aplicações FUCO® em ligas de ferros fundidos cinzentos e nodulares (Manual Técnico FUCO, 1998; Versa-Bar Technical Catalogue, 2002).

Segmento de Mercado	Componentes
Hidráulica e Pneumática 	Manifolds Êmbolos Tampas de Cilindro Cabeçotes de Cilindro Corpos de Válvula Distribuidores Rodocalibradores de Ar
Vidorrias 	Moldes Formas Pinos Punções Neck Rings Machos
Máquinas e Equipamentos 	Polias Acoplamentos Roldanas Eixos Réguas Guias Buchas Arruelas Porcas Engrenagens Pinos Contra Pesos Mesas Flanges Mancais Martelos

 <p>Autopeças</p>	Capas de Mancal
	Distanciadores
	Êmbolos de Pistão de Freio
	Anéis
	Guias de Válvulas
	Eixos Comandos
	Sedes de Válvulas
	Camisas
<p>Outros</p>	Protetores de Termopar
	Matrizes
	Retentores
	Cones
	Plugs

Os exemplos das aplicações apresentadas em diversas classes de ferros fundidos cinzentos e nodulares mostram a versatilidade das barras FUCO® que atendem a uma grande diversidade de segmentos, desde aplicações simples como arruelas e polias, até aplicações complexas como moldes para indústria vidreira e corpos de válvulas para componentes hidráulicos (Manual Técnico FUCO, 1998).

#### 4. CONCLUSÕES

Os ferros fundidos obtidos através do processo de fundição contínua são materiais de alta qualidade, elevada resistência mecânica, excelente usinabilidade com baixo desgaste das ferramentas de corte e bom acabamento na superfície usinada, são cerca de 10% mais leves do que as ligas de aços, podem ser submetidos a diferentes tipos de tratamentos térmicos e de superfícies, apresentam elevada condutividade térmica, grande capacidade de amortecimento de vibrações e uma ótima relação custo/benefício.

As características das barras FUCO® permitem a sua utilização em uma grande variedade de aplicações nos mais diversos segmentos de mercado, dentre os quais destacam-se: hidráulica e pneumática, máquinas e equipamentos, vidrarias e autopeças dentre outros.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Centro de Informações Metal Mecânica – CIMM Web Site 01/2004

<http://construtor.cimm.com.br/cgi-win/construt.cgi?configuradorresultado+1223>

Manual Técnico FUCO – Perfis de Fundição Contínua

Tupy Fundições Ltda. Joinville–SC 04/1998.

Tupy Utility CDROM

Tupy Fundições Ltda. Joinville–SC 09/2001

Tupy Web Site 01/2004

<http://www.tupy.com.br/>

Versa-Bar Technical Catalogue – Continuous Cast Iron  
Tupy Fundições Ltda. Joinville–SC 03/2002

Versa-Bar Web Site 01/2004  
<http://www.versa-bar.com/vbprops.html#castproc>

Voigt, R.C., 10/2003, “A Influência da Morfologia da Grafita e da Microestrutura da Matriz na Formação do Cavaco”, Revista Fundição e Serviços, pp. 26–50.

## **6. DIREITOS AUTORAIS**

FUCO® é uma marca registrada da Tupy Fundições Ltda de acordo com a Lei da Propriedade Industrial nº 9279 de 14 de maio de 1996 sob o certificado nº 006.491.669.

## CONTINUOUS CASTING IRON – ADVANTAGES AND APPLICATIONS

**MSc. Eng. Arthur Adelino de Freitas Cruz**

Tupy Fundições Ltda.

Albano Schmidt 3400.

Joinville–SC Brazil CEP 89227-901

Tel.: + 55 47 4418636

E-mail: arthur@tupy.com.br

**Dilço Carvalho Jr.**

Tupy Fundições Ltda.

Albano Schmidt 3400.

Joinville–SC Brazil CEP 89227-901

Tel.: + 55 47 4418401

E-mail: dilcojr@tupy.com.br

**Abstract.** Continuous casting process was developed in Europe after the Second World War, being introduced in Latin America in 1975 by Tupy Foundry, aiming to get an economic method to produce bars with similar or higher quality than steel bars or sand casting bars. The aim of this paper is present the advantages of the continuous casting iron Versa-Bar®, that presents many notable advantages when compared with other cast irons or steels. This paper selects some of the typical applications obtained with gray and ductile iron bars produced by the continuous casting process. These applications are presented in some market segment as: hydraulic and pneumatic, machines and equipments, glass industry, auto parts and others.

**Keywords:** iron, continuous casting iron, Versa-Bar®.