

# SETOR DE FUNDIÇÃO DE METAIS

Maria Ilca Lima

n.4



Brasília 2007





# SETOR DE FUNDIÇÃO DE METAIS

## **CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI**

*Presidente: Armando de Queiroz Monteiro Neto*

## **SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI**

### **Conselho Nacional**

*Presidente: Armando de Queiroz Monteiro Neto*

### **SENAI – Departamento Nacional**

*Diretor-Geral: José Manuel de Aguiar Martins*

*Diretora de Operações: Regina Maria de Fátima Torres*

## SETOR DE FUNDIÇÃO DE METAIS

Maria Ilca Lima

n.4



Brasília 2007



©2007. SENAI – Departamento Nacional

Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

SENAI/DN

**Unidade de Tendências e Prospecção – UNITEP**

### Ficha Catalográfica

---

L732s

Lima, Maria Ilca

Setor de fundição de metais / Maria Ilca Lima. – Brasília: SENAI/DN, 2007.  
57 p. (Série Estudos Comparados, n.4)

ISBN 978-85-7519-222-1

1. Fundição I. Título II. Série

CDU: 621.74

---

#### **SENAI**

Serviço Nacional de  
Aprendizagem Industrial  
Departamento Nacional

#### **Sede**

Setor Bancário Norte  
Quadra 1 – Bloco C  
Edifício Roberto Simonsen  
70040-903 – Brasília – DF  
Tel.: (0xx61) 3317-9001  
Fax: (0xx61) 3317-9190  
<http://www.senai.br>

# Sumário

Apresentação	
<b>1</b> Introdução	<b>09</b>
<b>2</b> Metodologia	<b>11</b>
<b>3</b> Caracterização do Setor	<b>13</b>
3.1 Fundição de Metais – Estados Unidos	18
3.2 Fundição de Metais – Austrália	20
<b>4</b> Sistemas de Educação	<b>23</b>
4.1 O Sistema Educacional dos Estados Unidos	23
4.2 O Sistema Educacional da Austrália	27
<b>5</b> Educação Comparada	<b>33</b>
5.1 A Formação de Técnicos em Fundição de Metais na Austrália	33
5.2 A Formação de Técnicos em Fundição de Metais nos Estados Unidos	39
5.3 A Formação de Técnicos em Fundição de Metais no Brasil	41
5.4 Formação Profissional Comparada – Técnicos em Fundição de Metais	43
<b>6</b> Conclusões	<b>47</b>
Referências	<b>49</b>
Anexos	<b>51</b>
Anexo A – Unidades padrões de competências para o Certificado III em Engenharia com ênfase em Fabricação	53
Anexo B – Formação de Técnicos em Metalurgia nas Instituições de Formação Profissional no Brasil	57





# Apresentação

**D**ando continuidade à divulgação da Série Estudos Comparados de Educação Profissional, temos a satisfação de disponibilizar o estudo sobre Fundição.

Os Estudos Comparados em Educação Profissional são parte integrante do “Modelo SENAI de Prospecção”, desenvolvido pela Unidade de Tendências e Prospecção – UNITEP do Departamento Nacional do SENAI. Compreendem pesquisas de sistemas de educação profissional de países que são referência nos setores estudados pelo Modelo SENAI de Prospecção, bem como da oferta de cursos de formação profissional em escolas técnicas do sistema SENAI e outras escolas técnicas nacionais.

Espera-se que ele possa ser um importante instrumento sobre a educação profissional no SENAI, bem como para as empresas e entidades representativas de empregadores, bem como de tomada de decisão quanto à formulação de políticas de formação profissional.

*José Manuel de Aguiar Martins*  
Diretor-Geral do SENAI/DN



# 1 Introdução

O presente estudo versa sobre o setor industrial de fundição de metais. Apresenta cursos de formação profissional em níveis internacional e nacional desse setor e desenvolve uma análise comparativa de estruturas curriculares. Tem como principal objetivo permitir que se verifiquem variações na oferta de cursos de formação e em grades curriculares de diferentes sistemas de educação profissional. As informações resultantes desta análise visam a auxiliar no desenvolvimento de recomendações para ações do SENAI na área de formação profissional, tais como a oferta de novos cursos de formação inicial, educação continuada e re-qualificação, bem como mudanças em grades curriculares existentes.

Em particular, a importância da presente pesquisa relaciona-se ao entendimento de diferenças e similaridades entre sistemas de educação profissional, com o objetivo de promover, antecipadamente, ações de formação que permitirão minimizar futuros impactos decorrentes da demanda de mão-de-obra especializada.

Este documento está organizado em cinco seções, além desta introdução. A segunda seção contém a metodologia utilizada e algumas considerações sobre este estudo. A terceira seção descreve, em linhas gerais, a organização do setor de fundição de metais nos países estudados. A quarta seção contém uma caracterização geral dos sistemas de educação nos países selecionados para este estudo. A quinta seção apresenta uma comparação da educação nesses países. Parte dessa seção compreende a comparação de estruturas curriculares desses países com estruturas curriculares do Brasil, com enfoque na formação de Técnicos em Fundição de Metais.



## 2 Metodologia

Esta pesquisa foi desenvolvida a partir de prospecções e análises de fontes de dados secundários relacionadas à educação profissional no Brasil e em outros países. A metodologia de trabalho envolveu duas etapas principais. A primeira etapa compreendeu um levantamento bibliográfico de sistemas de educação, cursos e grades curriculares. Os critérios para a seleção dos países a serem estudados compreenderam:

- a indicação pelo Grupo Executor<sup>1</sup>;
- a relevância econômica e tecnológica do setor estudado; e
- a disponibilidade de fontes de dados secundários.

Os países selecionados para este estudo foram os Estados Unidos e a Austrália. Os Estados Unidos são líderes mundiais na manufatura de produtos fundidos de metais ferrosos, conforme indicadores econômicos da American Foundry Society<sup>2</sup>. A Austrália não se destaca nesse setor, mas possui um sistema de formação profissional baseado em competências que compreende estruturas curriculares bastante distintas.

A segunda etapa baseou-se em um levantamento bibliográfico, que envolveu a identificação de cursos de formação profissional de instituições públicas e privadas desses países e do Brasil e a análise comparativa de suas estruturas curriculares com as estruturas curriculares brasileiras. A ocupação para as quais os cursos de formação foram analisados compreende os Técnicos em Fundição de Metais.

No Brasil, selecionaram-se cursos de habilitação de Técnico em Fundição de Metais cadastrados no S.I.E.P. – Sistema de Informação da Educação Profissional – Cadastro Nacional de Cursos de Educação Profissional de Nível Técnico do MEC - Ministério de Educação e Cultura. O Anexo B contém uma lista das instituições de formação profissional que ofertam esses cursos.

---

<sup>1</sup> O Grupo Executor é formado por diversos especialistas que orientam tecnicamente os estudos para o setor em questão. Dentre suas atribuições, podem ser citadas: a escolha, a descrição e a aprovação das tecnologias, além da organização dos questionários *Delphi* e da aprovação dos especialistas que compõem o Painel *Delphi*. Esse grupo também é responsável pela validação dos resultados dos estudos de prospecção tecnológica e organizacional, pela elaboração das recomendações acerca das mudanças nos estudos setoriais e pela indicação dos países estudados comparados de educação profissional.

<sup>2</sup> CENSUS OF WORLD CASTING PRODUCTION, 38., 2003, [s.l.]. *Modern casting*, [s.l.], p. 25-27, Dec. 2004.

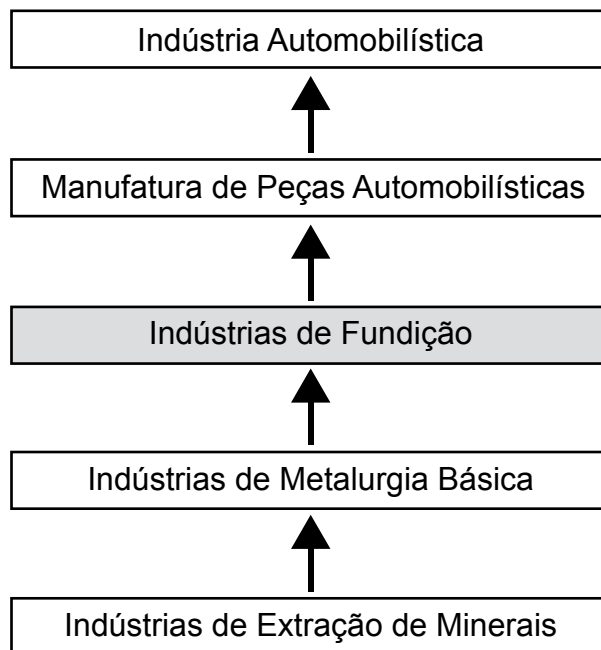


### 3 Caracterização do Setor

O setor de fundição de metais é formado por estabelecimentos que fabricam peças fundidas em estado bruto e, em alguns casos, também produzem peças acabadas por intermédio de processos de usinagem ou de conformação mecânica. Este setor é bastante diverso em relação ao porte e à especialização de empresas. Envolve desde pequenos estabelecimentos, dedicados à manufatura de pequenas quantidades de produtos especializados, até grandes estabelecimentos, que produzem, anualmente, volumes em toneladas de produtos. Cada um desses estabelecimentos possui equipamentos especializados para a fundição de um determinado tipo de metal ou liga, tamanho e volume de produtos, de acordo com o mercado em que atua.

As empresas de fundição de metais podem ser classificadas em dois grupos: dedicadas ou não à produção sob encomenda. O primeiro grupo compreende empresas coligadas ou pertencentes a outras empresas, que utilizam produtos da fundição de metais como insumos para a manufatura de seus produtos. O segundo grupo é formado por empresas que fabricam produtos de curto ciclo de manufatura e destinados a uma grande variedade de clientes.

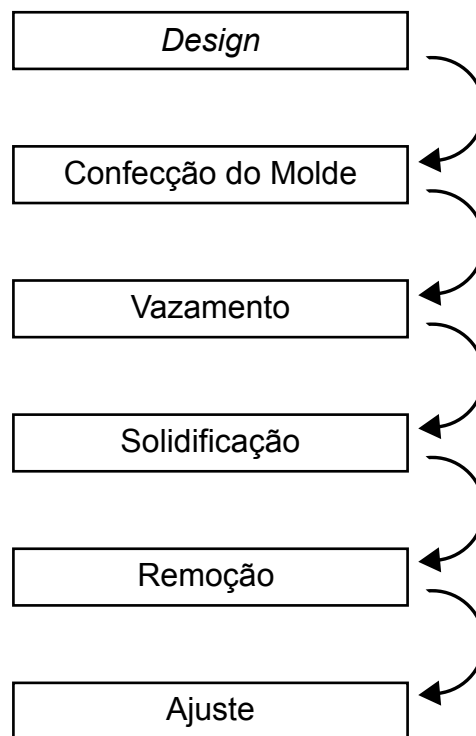
A seguir, apresenta-se um esquema da cadeia de produção do setor de metais que utiliza como exemplo a indústria automobilística. Em geral, as indústrias de fundição de metais fornecem produtos para fabricantes de peças.

**Figura 1 – Esquema da Cadeia de Produção do Setor de Metais**

O mercado mundial de fundição de metais é segmentado entre *commodities* e produtos especializados. *Commodities* são produtos menos sofisticados, que podem ser manufaturados por muitos estabelecimentos, porque não requerem grandes investimentos em tecnologias e competências técnicas. Produtos especializados demandam *design* e tecnologias complexas e podem ser regulamentados por direitos de propriedade industrial. Estes produtos devem atender a altos padrões, que envolvem precisão nas especificações de materiais e tolerância dimensional rigorosa. Como resultado, são manufaturados por meio de processos mais sofisticados e têm maior valor de mercado.

A fundição de metais pode ser realizada por diversos processos, entre os quais centrifugação, gravidade e pressão. Esses processos apresentam algumas vantagens, como, por exemplo, facilitar a produção de peças complexas e com cavidades internas e a produção de peças de grandes dimensões. A figura a seguir ilustra as principais fases da fabricação de produtos de metal fundido.



**Figura 2 – Fundição de Metais**

Os principais produtos da fundição de metais são peças. Quase todas as máquinas e equipamentos possuem uma peça em metal fundido. Entre as mais comuns encontram-se propulsores para embarcações, válvulas hidráulicas e blocos para motores. A confecção dessas peças envolve o vazamento de metais ou ligas, quando em estado líquido, em moldes com formato e medidas correspondentes aos do produto final. As peças são retiradas dos moldes após uma etapa de solidificação e, em muitos casos, após a fundição, são usinadas ou conformadas mecanicamente para a realização de ajustes dimensionais.

### **Tecnologias**

Os maiores desenvolvimentos tecnológicos na fundição de metais foram devidos à introdução da informática. A utilização de tecnologias de informática contribuiu para aprimorar o *design*, a manufatura e a realização de testes de qualidade. O *design* assistido por computadores reduz o tempo de confecção

de moldes e facilita a interação com clientes, por meio da troca de arquivos de desenhos em CAD. Tecnologias de prototipação habilitam a confecção de modelos a partir desses arquivos, reduzindo tempo e custos, ao mesmo tempo em que contribuem para a manufatura de produtos com dimensões mais precisas. Aplicativos para modelagem e *design* de peças permitem prever, com precisão, a contração, o resfriamento e outras propriedades físicas que causam impactos no produto final. Sensores conectados a computadores desempenham um papel importante como ferramentas de análise, aumentando a produtividade e a qualidade por meio do monitoramento contínuo de processos.

Entre outras tecnologias que vêm contribuindo para o desenvolvimento das indústrias de fundição de metais encontram-se a espectrografia de raios x, máquinas automáticas e processos de análise térmica. A espectrografia de raios x permite analisar as propriedades físicas de produtos e determinar pontos fracos e fortes com precisão. A utilização de máquinas automáticas para a execução de processos repetitivos vem contribuindo para a redução de custos. Processos de análise térmica permitem determinar o comportamento de metais quando submetidos à fundição e calcular com precisão a quantidade de outros aditivos.

### **Fatores de Competitividade**

Os principais fatores de competitividade no setor de fundição de metais são a mão-de-obra e as matérias-primas, devido aos seus impactos sobre os custos de produção. Custos reduzidos e disponibilidade de mão-de-obra favorecem as indústrias de fundição de países em desenvolvimento. Contratar e manter profissionais de nível técnico e gerencial nessas indústrias compreende um grande desafio, devido à visão geral do setor como de produção “suja”. Essa característica é predominante em países desenvolvidos e em áreas urbanas em que existe a competitividade com outras indústrias, que oferecem maiores benefícios e ambientes de trabalho mais atrativos.

A disponibilidade e os custos de matérias-primas causam impactos diretos na fundição de metais. Como grande parte das matérias-primas é comercializada em nível mundial, o transporte representa o maior diferencial de custos. O aumento da demanda de matérias-primas, durante a última

década, vem incentivando a redução de custos por intermédio da substituição de materiais e da reciclagem.

Os processos de fundição de metais são intensivos no consumo de energia, causando impactos nos preços dos produtos finais. Como consequência do aumento de custos, muitas empresas vêm formando cooperativas para a obtenção de descontos no suprimento ou investindo na geração própria de energia.

A forma como as tecnologias são utilizadas é um dos elementos fundamentais para a competitividade das indústrias de fundição. Nesse contexto, as tecnologias devem contribuir com a manutenção da qualidade e da consistência de produtos. O uso de tecnologias pode também depender do tipo de produtos fabricados. Peças de pequeno valor e qualidade, por exemplo, demandam tecnologias mais simples. Para reduzir custos, empresas dedicadas à fundição de metais em países desenvolvidos vêm investindo na automatização de processos e na redução de mão-de-obra. Em países em desenvolvimento, o trabalho intensivo substitui esses investimentos.

A disponibilidade de capital e a lucratividade exercem um papel importante na definição de tipos de equipamentos e tecnologias para o aprimoramento de processos de fundição, na introdução de novos produtos, nos investimentos em pesquisa e desenvolvimento e na expansão de empresas. Em particular, taxas de juros muito altas comprometem os custos de projetos e reduzem a lucratividade e o tempo de recuperação de investimentos.

A provisão de serviços técnicos, tais como *design* de moldes, especificação de materiais, testes e instalação e montagem de máquinas e equipamentos, compreende outro fator de competitividade para as empresas dedicadas à fundição de metais. A quantidade de serviços oferecidos geralmente depende do tipo de produto manufaturado, por exemplo, *commodities* ou produtos especializados, e do porte da empresa. Empresas de grande porte em países desenvolvidos investem na provisão de serviços técnicos aos consumidores. Essa tendência é observada em menor escala em países em desenvolvimento.

Certificações de acordo com padrões mundiais são um requisito fundamental para a garantia de qualidade de produtos. Grande parte das

empresas de fundição de metais vem investindo na obtenção da ISO 9000 como forma de assegurar padrões para processos de produção, manutenção de equipamentos, treinamento de pessoal e provisão de serviços a consumidores. Empresas fornecedoras de indústrias de peças automobilísticas investem em certificações de montadoras, tais como a QS-9000, padrão baseado na ISO 9000 e desenvolvido pela Ford, GM e Chrysler. Mais recentemente observam-se investimentos na obtenção da ISO 14000, como abordagem sistemática dos interesses ambientais.

Outras tendências para o aumento de competitividade entre empresas do setor de fundição de metais compreendem a implementação de técnicas de manufatura enxuta e de gestão da qualidade total, como, por exemplo, Six Sigma. Sob a perspectiva dos consumidores, entretanto, a capacidade de fornecimento de produtos em curto tempo e com preços mais competitivos é mais importante. Muitas empresas trabalham com estoques mínimos para reduzir custos de armazenamento, de acordo com requisitos de clientes. A proximidade de fornecedores de matérias-primas contribui para a redução de custos de transporte, que causam impacto nos preços de produtos finais.

### 3.1 Fundição de Metais – Estados Unidos

Nesse país o setor de fundição de metais é caracterizado por um alto grau de concentração da produção em empresas de grande porte e por um grande número de empresas de pequeno porte. Compreende cerca de 2.700 empresas, que empregam 167.044 trabalhadores<sup>3</sup>. Um total de 80% dessas empresas emprega menos de 100 trabalhadores, 14% empregam entre 100 e 250 trabalhadores e um total inferior a 6% emprega mais de 250 trabalhadores.

O número de estabelecimentos dedicados à fundição de metais vem apresentando uma redução contínua desde o final da década de 90.

---

<sup>3</sup> U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE. Bureau of Census. **Annual survey of manufactures 2001**: table 3 NAICS code 3315. Washington: U.S. Department of Commerce, 2001.

Estima-se o fechamento de aproximadamente 50 empresas a cada ano. Esse movimento é resultante de uma desaceleração da demanda, atualmente mais direcionada a outros mercados, tais como a China, onde os preços dos produtos são mais competitivos. Apesar dessa tendência, os Estados Unidos mantêm grandes vantagens competitivas, que envolvem a capacidade de manufatura de produtos mais complexos, curtos ciclos de produção e uma boa infra-estrutura de transportes e de serviços técnicos especializados. Ao mesmo tempo, as empresas deste setor vêm aprimorando a prestação de serviços aos clientes e investindo em automação, como resposta ao aumento de competitividade.

O setor automotivo é o maior consumidor de produtos da fundição de metais. Cerca de 36% da produção anual total destina-se a este setor, sendo que 11% desse montante destinam-se especificamente à manufatura de veículos utilitários de pequeno porte. Os principais produtos são eixos, sistemas de transmissão e de direção e componentes de motores.

A fundição de ferro, alumínio e cobre correspondeu a cerca de 92% do valor dos produtos de metais fundidos nos Estados Unidos em 2002<sup>4</sup>. A fundição de alumínio, equivalente a 32% desse total, vem sendo favorecida pela demanda de veículos utilitários de pequeno porte. A fundição de ferro, equivalente a 38% desse total, vem sendo favorecida pela demanda de tubulações, como consequência da expansão de grandes metrópoles.

Embora os Estados Unidos se destaquem na fundição de metais, dependem de importações para atender à demanda. Em 2004, foram importados cerca de 2,6 milhões de toneladas de produtos acabados, que são equivalentes a 18% da demanda total do subsetor. As importações de matérias-primas também são significativas. Cerca de 29% de ferro fundido cinza, 13% de aço, 18% de alumínio e 20% do total de bronze consumidos nas empresas de fundição de metais são importados.

---

<sup>4</sup> U.S. CENSUS BUREAU. **Economic census 2002**: other metals commonly produced as castings include zinc, magnesium, lead, and nickel. Washington: U.S. Census Bureau, [2003].

## 3.2 Fundição de Metais – Austrália

A Austrália conta com cerca de 200 empresas dedicadas à fundição de metais, que empregam um total de mais ou menos 8.000<sup>5</sup> trabalhadores. Entre essas empresas encontram-se desde estabelecimentos pequenos, que manufaturam produtos especializados sob encomenda, até empresas de grande porte, que empregam cerca de 400 trabalhadores e manufaturam grandes quantidades de produtos.

Cerca de 90% dos produtos do setor de fundição de metais australiano são utilizados em equipamentos e produtos manufaturados no mercado interno. Um total de meio milhão de toneladas de produtos da fundição de metais é exportado anualmente, correspondendo a um valor aproximado de um bilhão de dólares<sup>6</sup>.

A indústria de fundição de metais australiana pode ser dividida em dois grandes grupos: metais ferrosos e metais não-ferrosos. O primeiro grupo compreende estabelecimentos dedicados à fundição de ferro e aço e responde por cerca de 75% do volume de produção do país. O segundo grupo compreende estabelecimentos dedicados à fundição de outros metais, tais como o alumínio, cobre, zinco, ligas de metais e níquel.

Os estabelecimentos dedicados à fundição de metais ferrosos utilizam, em grande maioria, processos de fundição em casca, de precisão, contínua, utilizando cera perdida e por meio de moldagem cerâmica (“Shaw”). Os principais produtos resultam da fundição do ferro grafite e do aço.

Os estabelecimentos dedicados à fundição de metais não-ferrosos utilizam principalmente zinco, bronze, latão e ligas metálicas. Os principais produtos são tubulações, válvulas, peças estruturais para construção civil e ferramentas de baixo custo.

---

<sup>5</sup> IBISWORLD. Department of Industry. **Tourism and resources key automotive statistics 2001**. Oct. 2002. Disponível em: <<http://www.ibisworld.com>>

<sup>6</sup> AUSTRALIAN FOUNDRY INSTITUTE. Disponível em: <<http://www.afiaustralia.org>>

Em geral, a indústria de fundição australiana é especializada na manufatura de pequenos e médios volumes de produtos, tais como lâminas para turbinas, partes para equipamentos de mineração, trilhos e outras partes para o transporte ferroviário, válvulas, tubulações em metais não-ferrosos e peças para bombas hidráulicas.

Ao longo das duas últimas décadas, a redução da demanda do mercado interno em função do aumento de competitividade em nível mundial causou uma grande reestruturação no setor. O número de estabelecimentos dedicados à fundição de metais diminuiu bastante e as empresas que continuam no mercado são voltadas à exportação ou realizam operações mais diversificadas. Como resultado, os investimentos em capital são menores, diminuindo a competitividade no cenário internacional<sup>7</sup>.

Empresas que se destacam em nível mundial têm formado *joint-ventures* com empresas de outros países, como, por exemplo, o Japão. Essas empresas investem na qualidade de produtos e na capacidade de atendimento a pedidos de grande volume em curto prazo. Ao mesmo tempo, contam com suporte de empresas que se destacam no setor de ferramentaria e com mão-de-obra bastante especializada<sup>8</sup>.

O governo australiano vem atuando em conjunto com o setor de fundição para aumentar sua competitividade em nível mundial. Várias empresas, em parceria com órgãos governamentais, vêm estudando formas de aprimorar processos de fundição, promover a reciclagem da água e reduzir a poluição do ar e o consumo de energia.

---

<sup>7</sup> UNEP WORKING GROUP FOR CLEANER PRODUCTION. **Cleaner production manual for the Queensland**: foundry industry Queensland. Australia: UNEP, 1999.

<sup>8</sup> AUSTRALIAN CASTING. **Cast your investment in the right direction**. Australia: Minister for Industry, Tourism & Resources, 2002.





## 4 Sistemas de Educação

**E**sta seção descreve, em linhas gerais, os sistemas de educação nos países selecionados para este estudo.

### 4.1 O Sistema Educacional dos Estados Unidos

Nos Estados Unidos a gestão do sistema educacional divide-se em três níveis: federal, estadual e local, que compreende municípios e distritos. O desenvolvimento de currículos, parte do financiamento e a gestão de docentes do ensino primário e secundário são de responsabilidade de conselhos escolares de escolas municipais. A definição de padrões curriculares e sistemas de avaliação é de responsabilidade dos Estados, por intermédio de seus respectivos departamentos de educação. O governo federal provê parte do financiamento das escolas públicas.

O ensino é obrigatório para todos os cidadãos até os 16 anos de idade. Os alunos podem estudar em escolas públicas, privadas ou domiciliares, em que os pais assumem a responsabilidade de supervisão dos processos de ensino e aprendizagem. Na maioria das escolas públicas e privadas, a estrutura educacional compreende três níveis, denominados de: escola primária, escola intermediária e escola secundária (“high school”). O ensino, em geral, é dividido em várias séries, que são mais ou menos agrupadas segundo esses níveis.

O ensino pré-escolar não é obrigatório. O governo federal financia o programa denominado “Head Start”, que se dedica a educar crianças de três e quatro anos de famílias de baixa renda. As demais classes sociais contam apenas com o ensino pré-escolar privado.

A escola primária envolve desde o jardim de infância até a quinta série e destina-se à faixa etária que vai dos cinco aos onze anos de idade. Não existe um padrão comum para a educação primária. Os professores recebem um livro texto para cada disciplina e uma introdução ao conteúdo curricular, que

compreende aritmética, fundamentos de álgebra, gramática inglesa básica, além de outros conteúdos.

A escola intermediária envolve três anos de estudo e compreende a faixa etária dos 12 aos 14 anos de idade. Nessa etapa escolar as aulas passam a ser ministradas por mais de um professor. O currículo é padronizado e envolve um conjunto de tópicos em matemática, ciências, inglês e estudos sociais, além de aulas de leitura e/ou de uma tecnologia específica.

A escola secundária compreende quatro anos de estudo, que vão da nona à décima-segunda série, e destina-se à faixa etária dos 14 aos 17 anos de idade. Em alguns estabelecimentos de ensino a nona série faz parte da escola intermediária. Durante essa etapa de ensino os estudantes assumem maior controle sobre sua educação e podem optar entre diversas disciplinas, sem enfatizar uma área de especialização. Essas disciplinas fazem parte de um conjunto de cursos eletivos nas áreas de artes visuais e dramáticas, esportes, tecnologias de informação, publicidade e idiomas.

Para obter o diploma da escola secundária, é necessário cumprir uma grade curricular básica, que compreende biologia, química, física, matemática, inglês, ciências sociais e educação física. Em alguns Estados, é obrigatório cursar ciências da saúde, que compreendem, entre outros assuntos, nutrição, anatomia e primeiros socorros.

Para alunos que se destacam, quando existe a disponibilidade de recursos financeiros, algumas escolas secundárias oferecem cursos avançados. Esses cursos podem ser equivalentes ao nível de bacharelado de países europeus ou permitir a obtenção automática de créditos para o nível universitário. Algumas universidades consideram a conclusão desses cursos como pré-requisito de admissão de alunos.

Em alguns Estados, os alunos que se destacam na escola secundária podem cursar disciplinas durante o verão e à noite. Os créditos recebidos na conclusão desses cursos podem ser transferidos para determinadas universidades, reduzindo o tempo de graduação no ensino superior. Para esses alunos, existe também a possibilidade de acesso antecipado a colégios

(“Colleges”) que possuem cursos especiais para alunos mais jovens que se destacam na escola secundária.

Nas escolas públicas, testes de avaliação da aprendizagem são obrigatórios. Particularmente no ensino secundário, esses testes são obrigatoriamente ministrados a todos os alunos do terceiro ano. Tais testes, entre os quais os mais comuns são o SAT (“Scholastic Aptitude Test and Scholastic Assessment Test”) e o ACT (“American College Testing Program or American College Test”), servem como pré-requisito de avaliação para a entrada em colégios (“Colleges”) e universidades.

O ensino pós-secundário envolve, em geral, quatro anos de estudo em colégios (“Colleges”) ou universidades. A maioria dessas instituições é privada. Após a admissão, os estudantes cursam diversas disciplinas para a obtenção do grau de bacharelado. Os diplomas mais comuns, equivalentes a quatro anos de estudo, compreendem o Bacharelado em Artes (“Bachelor of Arts – BA”), Ciências (“Bachelor of Science – BS”) ou em Artes Plásticas (“Bachelor of Fine Arts – BFA”).

Em alguns Estados, existem colégios comunitários, que são gerenciados por uma universidade ou por uma agência especial do próprio Estado. Esses colégios oferecem cursos de dois anos que conferem o grau de Associado em Artes (AA). A obtenção desse grau não confere o acesso automático a universidades ou a outros colégios. Existem colégios comunitários que possuem acordos com universidades. Nesses casos, os alunos têm acesso imediato à universidade após dois anos de estudo.

Os estudos de graduação fazem parte do ensino pós-secundário e permitem a obtenção de títulos de mestrado e doutorado. O acesso a esse nível educacional depende do desempenho acadêmico durante a universidade, do desempenho profissional, ou tem como pré-requisito a realização de testes, entre os quais o GRE (“Graduate Record Examination”) para cursos de graduação em geral, o LSAT (“Law School Admission Test”) para a área de direito, o GMAT (“Graduate Management Admission Test”) para a área de administração de negócios, ou o MCAT (“Medical College Admission Test”) para a área de medicina.

A educação profissional nos Estados Unidos compreende cursos de nível secundário e pós-secundário em diversas áreas, como, por exemplo, agricultura, contabilidade, eletrônica, marcenaria e informática, entre outras. Fundamenta-se na formação para o mercado de trabalho, mas tem a missão de prover uma base para o aprendizado e a aplicação de conhecimentos acadêmicos.

Os cursos de formação profissional compreendem os dois últimos anos da escola secundária e os dois primeiros anos do pós-secundário. Escolas secundárias de formação profissional são organizadas em torno de um tipo particular de indústria, como, por exemplo, aviação ou saúde. A maioria dos alunos dessas escolas prossegue seus estudos em colégios ou universidades.

Dependendo do curso de formação profissional, pode-se obter o grau de associado, que em geral envolve quatro anos de estudo, ou um certificado, que corresponde a dois anos. Os cursos técnicos são desenvolvidos por meio de acordos entre escolas secundárias e pós-secundárias e preparam alunos nas áreas de engenharia, tecnologias e ciências aplicadas, mecânica ou outras áreas industriais, artes, comércio, agricultura, saúde ou administração de negócios.

O governo federal controla a distribuição de recursos financeiros para a educação profissional, favorecendo grupos minoritários. Esses recursos são alocados onde existem maiores concentrações de população de baixa renda e também distribuídos para portadores de necessidades especiais. Os programas que recebem esses recursos devem obrigatoriamente integrar a educação profissional com a educação acadêmica. Para isto, devem oferecer uma seqüência de cursos que favoreça a aquisição de competências para atuar no mercado de trabalho ou ingressar em universidades. Os currículos têm como fundamento a importância da educação profissional no contexto do sistema geral de educação, compreendendo o ensino secundário e pós-secundário.

Os sistemas de avaliação fundamentam-se em medidas de *performance* baseadas na aquisição de competências básicas e avançadas, na conclusão da escola secundária, na aquisição de competências para o mercado de trabalho e para o ingresso em universidades.

A educação profissional não segue um padrão estrutural. Em muitos Estados, as escolas de educação profissional organizam cursos de tempo parcial, permitindo aos alunos cursar, ao mesmo tempo, a escola secundária. Em geral, nas grandes cidades, os cursos de formação profissional são de tempo integral, mas conjugam os ensinamentos acadêmico e profissional.

## 4.2 O Sistema Educacional da Austrália

O sistema educacional australiano é descentralizado ao nível de Estados e Territórios, que são responsáveis pela provisão e gestão de escolas governamentais e pelo suporte a escolas não-governamentais. O governo federal, por intermédio do Departamento de Educação, Ciências e Treinamento, provê recursos financeiros para programas educacionais específicos, tais como de incentivo ao acesso à educação. Ao mesmo tempo, é responsável pelo ensino superior.

O ensino é obrigatório até os 15 anos de idade, geralmente equivalentes à conclusão da décima série, mas a maior parte dos alunos completa doze anos de estudo. As seguintes áreas estruturam o sistema educacional australiano:

- Educação Pré-escolar,
- Educação Primária,
- Educação Secundária e
- Educação Terciária (Profissional e Universitária).

A educação pré-escolar envolve a faixa etária dos três aos cinco anos de idade e não é obrigatória. Em geral, é separada da educação primária, exceto na Austrália ocidental, onde faz parte desta.

A gestão da educação pré-escolar é de responsabilidade de conselhos locais, formados por grupos da comunidade ou por organizações não-governamentais. Nos Territórios, é de responsabilidade governamental.

O ensino pré-escolar e primário enfatiza a autodisciplina e o aprendizado por meio de descobertas e questionamento, ao mesmo tempo em que incentiva as crianças a desenvolverem interesse e entusiasmo no processo de aprendizagem. A grande maioria das escolas possui associações de pais e professores, que atuam em conjunto no desenvolvimento de conteúdos curriculares.

O ensino primário compreende a faixa etária dos cinco aos onze anos de idade. O currículo básico fundamenta-se em oito áreas de aprendizagem: inglês, saúde, educação física, matemática, ciências, sociedade e meio-ambiente, tecnologia e artes e um segundo idioma.

O ensino secundário inicia-se aos 12 ou 13 anos de idade e compreende quatro anos de estudo. O currículo obrigatório compreende inglês, matemática e ciências e complementa-se com disciplinas eletivas. Entre essas disciplinas, encontram-se a informática, música, artes dramáticas, história, geografia, artes plásticas e idiomas. Durante os dois últimos anos, os alunos são incentivados a discutir suas opções por carreiras profissionais com especialistas, visto que algumas instituições de ensino terciário têm como pré-requisito de ingresso alguns cursos ministrados em nível secundário. Diversas escolas secundárias oferecem cursos de bacharelado internacional, durante os dois últimos anos, que permitem o acesso a universidades em outros países.

Ao término do ensino secundário, os alunos recebem uma nota geral de classificação para comparação com todos os alunos de seu respectivo Estado ou Território que concluíram esta etapa de ensino no mesmo ano acadêmico. Esse é o pré-requisito para admissão em programas terciários e universitários. A conclusão do ensino secundário não garante o acesso ao ensino universitário. As ofertas de cursos universitários são baseadas na classificação geral de alunos e na disponibilidade de cursos. Alguns cursos limitam o ingresso de novos alunos por ano e, além disto, os requisitos de admissão diferem por instituição de ensino.

O ensino primário e o secundário podem ser cursados em escolas públicas ou privadas. As escolas públicas são gratuitas, mas em geral requerem uma contribuição anual para atividades extracurriculares. As escolas privadas se

classificam em duas categorias: independentes ou religiosas, sendo estas últimas em grande maioria católicas. Tais escolas recebem subsídios do governo, mas possuem estruturas próprias de matrículas, mensalidades e/ou anuidades.

A classificação da educação em terciária é proveniente das denominadas qualificações terciárias, regulamentadas pela AQF (“Australian Qualifications Framework”) ou Estrutura de Qualificações Australiana. Essa estrutura tem como objetivo integrar todos os níveis de educação terciária, ou seja, graduação e pós-graduação, e inclui também a educação profissional.

O ensino universitário australiano compreende uma diversidade de cursos com disciplinas profissionalizantes e acadêmicas cuja conclusão permite adquirir desde o grau de Associado até o grau de Doutor. Muitas universidades são estruturadas em mais de um *campus*. Cada *campus* é especializado em uma área de ensino particular. Algumas universidades são regionais e oferecem cursos especializados, que envolvem a participação em atividades locais.

Os cursos universitários de graduação têm a duração geral de três a quatro anos. A conclusão desses cursos permite obter o grau de Bacharelado. Diferentemente dos Estados Unidos, médicos e advogados australianos são graduados em nível de Bacharelado. Os cursos de pós-graduação conduzem à obtenção dos graus de Mestre e Doutor.

A educação profissional na Austrália fundamenta-se em uma perspectiva bastante ampla. Envolve a aquisição de competências para assegurar a empregabilidade, a aprendizagem no trabalho e a educação empresarial, comunitária, com a finalidade de construir uma carreira profissional.

Instituições administradas pelos governos estaduais, denominadas escolas VET (“Vocational Education and Training”) ou TAFE (“Technical and Further Education”), são os maiores provedores de educação profissional desse país. As escolas TAFE geralmente oferecem cursos de certificação profissional de curta duração. Algumas escolas secundárias também oferecem cursos de formação profissional como parte do currículo geral. Esses cursos contam como créditos para o ingresso em escolas VET.

Instituições privadas, denominadas RTOs (“Registered Training Organizations”), também oferecem cursos de formação profissional. Entre essas instituições encontram-se provedores de cursos de formação profissional para o comércio, departamentos de treinamento de empresas de manufatura ou de prestação de serviços, empresas de treinamento de grupos, centros de aprendizagem comunitários e escolas secundárias que oferecem cursos de formação profissional.

As instituições RTOs variam bastante em relação ao porte e envolvem desde um único profissional provedor de treinamento especializado até organizações de maior porte, que oferecem uma grande variedade de cursos de formação profissional. Muitas RTOs recebem subsídios governamentais para programas de aprendizagem e treinamento para grupos minoritários ou em áreas estabelecidas como prioritárias pelo governo.

Todas as instituições de formação profissional têm, obrigatoriamente, que seguir padrões nacionais baseados na AQTF (“Australian Quality Training Framework”), com a finalidade de garantir a qualidade de programas de treinamento e formação profissional. Todos os professores de cursos de formação profissional devem ser certificados em Treinamento e Avaliação ou demonstrar competências profissionais equivalentes ao mesmo nível do conteúdo curricular. A conformidade com esses padrões é periodicamente verificada por auditorias internas e externas.

Os currículos de cursos de formação profissional são baseados na AQF (“Australian Qualifications Framework”) e desenvolvidos a partir de pacotes de treinamento (“Training Packages”) ou são baseados em cursos acreditados por autoridades governamentais estaduais ou territoriais. As qualificações nacionais são periodicamente revistas e atualizadas. Cursos em áreas especializadas para as quais essas qualificações não existem podem ser desenvolvidos e acreditados como cursos de domínio privado, mas são sujeitos às mesmas regras dos cursos de domínio público.

Alguns programas governamentais têm o objetivo de facilitar o acesso à formação profissional. Tais programas incentivam o desenvolvimento de cursos de aprendizagem profissional e de aprendizagem no trabalho.



Cursos de aprendizagem em escolas permitem que jovens possam adquirir qualificações profissionais e ingressar no mercado de trabalho, ao mesmo tempo em que continuam seus estudos no ensino secundário. Os alunos desses cursos são, ao mesmo tempo, estudantes em tempo integral e trabalhadores.

Cursos de aprendizagem no trabalho são considerados componentes de cursos de formação profissional e podem ser alocados em ambientes de trabalho reais ou simulados. Esses cursos têm o objetivo de prover atividades de aprendizagem supervisionadas e contribuir para a aquisição de qualificações equivalentes a um conjunto padrão de qualificações ou outras qualificações do conjunto de padrões de qualificação nacional.



## 5 Educação Comparada

**N**esta seção apresentam-se exemplos de padrões para o desenvolvimento de currículos de cursos de formação de Técnicos em Fundição de Metais na Austrália e nos Estados Unidos. A seguir, apresenta-se uma análise de cursos de formação desses técnicos no Brasil e uma comparação da formação profissional nos três países.

### 5.1 A Formação de Técnicos em Fundição de Metais na Austrália

A formação profissional é baseada na AQF (“Australian Qualifications Framework”) ou Estrutura de Qualificações Australiana e compreende a conclusão de várias certificações, denominadas qualificações. O governo australiano, por intermédio do Departamento de Educação, Ciências e Treinamento, em conjunto com Comitês de Indústrias desenvolve pacotes de treinamento. Esses pacotes (“Training Packages”) devem ser seguidos, para o desenvolvimento de currículos, por todas as instituições de ensino que oferecem cursos de formação profissional.

A formação de Técnicos em Fundição de Metais enquadra-se no pacote de treinamento para a Indústria de Metais e Engenharia, que compreende qualificações desde o Certificado I até o Diploma. Envolve também o desenvolvimento de capacidades e conhecimentos e contém requisitos de reconhecimento para indivíduos que empregam no trabalho as competências de acordo com os Padrões Nacionais de Competências para Engenharia e Metalurgia.

Os padrões de competência são classificados em campos, que são agrupamentos de unidades com o objetivo de facilitar a organização de padrões e a seleção de competências. Esses campos não estabelecem barreiras ao acesso de unidades de competência que pertencem a um determinado campo ou entre diferentes campos.

As unidades padrões de competências e os campos são organizados em três grandes categorias:

- Unidades Básicas (campo 1)
- Unidades Fundamentais (campo 2)
- Unidades de Especialização (campo 3 em diante)

### **Unidades Básicas**

As unidades básicas descrevem competências que são necessárias como parte do perfil para o exercício de qualquer trabalho no setor industrial. Tais competências não contam como pontos, mas são pré-requisitos necessários para unidades de níveis mais avançados e formam parte do perfil de capacidades de todos os empregados.

Todas as qualificações no pacote de treinamento compreendem unidades básicas de competências. Os indivíduos que possuem qualificações e desejam obter outras qualificações de um pacote de treinamento necessitam ser competentes em relação às unidades básicas. Iniciantes necessitam demonstrar competências em relação a essas unidades para poder obter competências de outros níveis.

### **Unidades Fundamentais**

As unidades fundamentais definem competências que são comuns e necessárias. Tais unidades são determinadas para cada nível de qualificação do pacote de treinamento e são requisitos para cada uma das qualificações.

As unidades fundamentais são alocadas em faixas (1 e 2). O número de unidades fundamentais aumenta de acordo com o nível de qualificação. As unidades fundamentais da faixa 1 aplicam-se a qualificações até o Certificado III. Para qualificações correspondentes ao Certificado IV e ao Diploma, aplicam-se unidades fundamentais das faixas 1 e 2. Algumas unidades fundamentais

da faixa 2 podem ser incluídas no itinerário para obtenção do Certificado III. Estas unidades são:

- MEM2.10C5A Escrever relatórios,
- MEM2.11C5A Pesquisar e preparar apresentações e relatórios,
- MEM2.13C5A Efetuar cálculos matemáticos,
- MEM2.14C5A Utilizar técnicas gráficas e efetuar cálculos estatísticos simples e
- MEM2.15C5A Trabalhar em equipes autônomas.

### **Unidades de Especialização**

As unidades de especialização descrevem uma série de competências transversais e são divididas em faixas, entre as quais existe sobreposição. A alocação de unidades em diferentes bandas de especialização reconhece diferenças comuns em relação ao nível de dificuldade de capacidades utilizadas. As classificadas na banda B, por exemplo, são mais difíceis do que as da banda A.

Algumas unidades de especialização pertencem, ao mesmo tempo, às bandas A e B. A tabela abaixo mostra as unidades fundamentais e de especialização disponíveis para cada uma das qualificações descritas na coluna 1. Para o Certificado III em Engenharia, que corresponde ao nível técnico, todas estas unidades são disponibilizadas.

**Tabela 1 – Disponibilidade de Unidades Fundamentais e de Especialização por Tipo Qualificação**

Título de Qualificação	Unidades Fundamentais		Unidades de Especialização		
	Faixa 1	Faixa 2	Banda A	Bandas A/B	Banda B
Certificado I em Engenharia	todas	nenhuma	algumas	nenhuma	nenhuma
Certificado I em Engenharia – Produção	todas	nenhuma	algumas	algumas	nenhuma
Certificado II em Engenharia – Tecnologia de Produção	todas	uma	algumas	algumas	nenhuma
Certificado III em Engenharia – Sistemas de Produção	todas	algumas	todas	todas	algumas
Certificado III em Engenharia – Ênfase em Mecânica	todas	algumas	todas	todas	algumas
Certificado III em Engenharia – Ênfase em Manufatura	todas	algumas	todas	todas	algumas
Certificado III em Engenharia – Ênfase em Eletricidade/Eletrônica	todas	algumas	todas	todas	algumas
Certificado III em Engenharia – Técnico	todas	todas	todas	todas	todas
Certificado IV em Engenharia – Ênfase em Engenharia	todas	todas	todas	todas	todas
Diploma em Engenharia	todas	todas	todas	todas	todas

Os padrões de competência da Indústria de Metais e Engenharia são organizados nos seguintes campos de unidades de especialização:

Nº.	Descrição
3	Montagem
4	Conformação e Moldagem
5	Fabricação
6	Forjamento

Nº.	Descrição
7	Máquinas e Processos de Operação
8	Acabamento de Superfícies
9	Esboço, Desenho e Projeto
10	Instalação e Comissionamento
11	Manipulação de Materiais
12	Medição
13	Saúde e Segurança Ocupacional
14	Planejamento
15	Qualidade
16	Comunicação
17	Treinamento
18	Diagnóstico e Manutenção
19	Joalheria e Relojoaria
24	Testes Não-Destrutivos
25	Arte de Construção Naval
50	Prestação de Serviços para Embarcações (Pequeno/Médio Porte)

## Qualificações

Cada qualificação é composta por unidades de competência conjugadas segundo uma estrutura, que é baseada na estrutura de padrões de competências nacional e segue algumas regras simples. Em geral, cada qualificação compreende unidades fundamentais de competência relevantes ao nível de qualificação e unidades de Especialização.

Para a obtenção do Certificado III em Engenharia – Técnico é necessário:

1. Concluir a 12ª série (correspondente à conclusão do Ensino Médio)

Regular no Brasil), com conhecimentos em Matemática e Ciências apropriados (alguns indivíduos podem necessitar de treinamento adicional) e

- obter 14 pontos em unidades fundamentais da banda 1 MEM 2.1C12A, MEM 2.2C11A, MEM2.3C11B, MEM2.4C11A, MEM2.5C11A, MEM2.6C10A e
- obter 26 pontos em unidades de Especialização da banda A e/ou banda B (incluindo unidades A/B) e/ou 2 unidades fundamentais da banda 2 (mínimo de 20 pontos da banda B/ fundamentais da banda 2)

## OU

2. Completar as unidades conforme os requisitos para a obtenção do Certificado III em Engenharia – Sistemas de Produção ou ênfase em qualquer outra área e

- obter 12 pontos em unidades de Especialização da banda A e/ou banda B e/ou unidades fundamentais da banda 2 (incluindo unidades da banda A/B).

Não existe uma certificação claramente definida em Técnico de Fundição de Metais. A especialização é realizada no trabalho. A formação segue o item 2, descrito anteriormente. O itinerário de formação deve ser completado da seguinte forma:

Obtenção do Certificado III em Engenharia com ênfase em Fabricação. Para essa especialização, é preciso obter todas as unidades de competência da série 5 (Fabricação), todas as unidades de competência da série 4 (Conformação e Moldagem) e todas as unidades de competência da série 8 (Acabamento de Superfícies). As unidades de competências desses três campos encontram-se no Anexo A. Além destes requisitos, são obrigatórias as seguintes unidades de competência:

- MEM3.3AA Montagem utilizando materiais em folhas (4 pontos),
- MEM9.1AA Desenhar e interpretar esboços (2 pontos),



- MEM10.1AB Montar estruturas (4 pontos),
- MEM12.7AB Medir estruturas e formas (4 pontos),
- MEM18.1AB Utilizar ferramentas manuais (2 pontos) e
- MEM18.2AA Utilizar ferramentas elétricas (2).

Em adição, é preciso ainda cumprir a segunda parte do item 2, descrito anteriormente, ou seja: obter 12 pontos em unidades de Especialização da banda A e/ou banda B e/ou unidades fundamentais da banda 2 (incluindo unidades da banda A/B).

## 5.2 A Formação de Técnicos em Fundição de Metais nos Estados Unidos

Contratar, treinar e manter trabalhadores é um grande desafio para as empresas de fundição de metal americanas. O trabalho nesse subsetor é relativamente árduo, mais propenso a acidentes e a condições de limpeza desfavoráveis, características que dificultam a atração de mão-de-obra. As competências necessárias ao trabalho são principalmente adquiridas com treinamento e a alta rotatividade e a baixa capacidade de retenção de trabalhadores dificulta seu desenvolvimento. Outros fatores desfavoráveis são os custos de mão-de-obra. Salários e custos com seguro desemprego são mais altos nesse setor, porque a mão-de-obra é mais sujeita ao desemprego e a acidentes de trabalho.

Como forma de atrair novos trabalhadores e manter a mão-de-obra atual, as empresas do setor contam com diversos incentivos governamentais. O governo americano vem apostando no futuro da indústria de produtos da fundição de metais em função da demanda em nível mundial. Existe, atualmente, uma grande quantidade de programas para a formação de trabalhadores e aquisição de competências técnicas desde os níveis mais básicos até os mais avançados, bem como de competências de gestão.

Em geral, Técnicos em Fundição de Metais são formados por cursos de Tecnologias de Engenharia de Manufatura. Esses cursos têm a duração de dois anos e demandam o certificado de conclusão do ensino médio (“High School”), bem como compreendem currículos baseados nas seguintes áreas de estudo:

- Operação de máquinas industriais – Operação básica de máquinas-ferramenta e estudo de processos de produção. Aplicação e utilização de instrumentos de monitoração e inspeção para o controle de qualidade da produção.

- Programação de máquinas CN/CNC – Programação manual de máquinas CN/CNC para aplicações industriais.

Processos de junção de materiais – Teoria e aplicação de vários processos de junção de materiais e respectivas técnicas: soldagem, brasagem, forjamento e montagem mecânica de ferramentas.

- Conformação de metais – Introdução à teoria aplicada a processos de conformação de metais.

- Fundição de metais – fusão, vazamento, solidificação, problemas em moldes, design de moldes e testes aplicados à fundição de metais automatizada e controlada por computadores.

- Controle de fluidos – sistemas hidráulicos e pneumáticos como meios de transmitir e controlar a geração de força, identificação e operação de componentes, circuitos e aplicações.

- *Design* de ferramentas – *design* de ferramentas especiais aplicadas a processos de manufatura industrial.

- Pesquisa e elaboração de relatórios – desenvolvimento de um tema de pesquisa e elaboração de relatórios. Realizado em conjunto com outro curso de manufatura industrial, como, por exemplo, fundição ou conformação de metais.

- Comunicação interpessoal/oral – análise de situações em que existe comunicação, aplicação de competências não verbais, saber ouvir, resolução de conflitos, expressão oral individual e como parte de uma equipe.

Disciplinas laboratoriais envolvendo algumas dessas áreas de estudo são obrigatórias. Em geral, são oferecidas duas disciplinas laboratoriais compreendendo metalurgia e ciências dos materiais e, mais especificamente, processos de fundição, soldagem e tratamentos térmicos. Alguns currículos contêm também disciplinas relacionadas ao meio ambiente, envolvendo o tratamento da água e de resíduos industriais, bem como disciplinas relacionadas ao controle de qualidade de produtos.

A maioria dos cursos oferece a opção de educação cooperativa. A educação cooperativa compreende o estágio supervisionado, de aproximadamente 400 horas. Para alunos que já atuam no mercado, a experiência no trabalho é avaliada por um supervisor, para fazer parte de seu histórico escolar.

O itinerário de formação envolve disciplinas que são pré-requisitos para cursar outras disciplinas. Em conjunto com essas disciplinas, que conformam a estrutura básica dos currículos, são oferecidas disciplinas eletivas. Essa oferta não é bastante variada e compreende, em geral, de três a quatro disciplinas em áreas gerais de conhecimento, como, por exemplo, comunicações, matemática, física ou economia.

Os cursos organizam-se em semestres letivos e são baseados em sistemas de créditos. Cada disciplina equivale a uma média de três créditos, sendo que o limite geral por disciplina é de quatro créditos. A média total de créditos em disciplinas eletivas varia entre quatro e seis. O total de créditos para completar um curso varia entre 68 e 80.

### **5.3 A Formação de Técnicos em Fundição de Metais no Brasil**

Para o desenvolvimento desta seção, analisaram-se currículos de formação profissional de diversas instituições de ensino, entre as quais o SENAI<sup>9</sup>. Como a fundição de metais é parte da metalurgia, não se encontram

---

<sup>9</sup> A lista de instituições de formação profissional que ofertam esses cursos encontra-se no Anexo B.

cursos de formação específica de Técnicos em Fundição de Metais, de forma que foram analisados cursos de formação de Técnicos em Metalurgia.

A formação de Técnicos em Metalurgia no Brasil compreende cursos com carga horária total entre 1.200 e 1.600 horas. Estágios são parte obrigatória dos currículos e envolvem entre 360 e 400 horas. Em geral, o pré-requisito de acesso a esses cursos é ter concluído a segunda série do ensino médio.

Os currículos analisados contêm um conjunto comum de disciplinas gerais. Estas disciplinas são: Química Aplicada, Matemática Aplicada, Informática e Inglês Instrumental, Controle (ou Gestão) de Qualidade e Gestão Ambiental (ou do Meio Ambiente) e Desenho Técnico. Esta última disciplina, em alguns cursos, possui um conteúdo mais específico e compreende a leitura e a interpretação de desenhos técnicos. Da mesma forma, a disciplina de Gestão Ambiental é mais específica em alguns cursos e envolve o tratamento de efluentes.

Os diferentes processos metalúrgicos podem fazer parte do conteúdo de disciplinas específicas, como, por exemplo, Soldagem e Fundição, ou estar incluídas, em conjunto, em disciplinas sob a denominação geral de “Metalurgia”. Da mesma forma, práticas de laboratório podem fazer parte de uma única disciplina ou subdividirem-se segundo os diferentes processos de metalurgia.

A maioria dos currículos contém a disciplina de Tratamento Térmico de Materiais. Tal disciplina algumas vezes é substituída por Tratamento de Superfícies, que envolve outros processos, além do tratamento térmico. Grande parte dos currículos também contém ensaios (destrutivos e não-destrutivos), os quais podem fazer parte de uma única disciplina, em geral denominada “Ensaios”; ou de duas disciplinas distintas.

A disciplina de Resistência dos Materiais é bastante comum na maioria dos currículos analisados. Por outro lado, poucos currículos contêm a disciplina de Ciências dos Materiais e um número ainda menor envolve o estudo de materiais cerâmicos em uma única disciplina.

Em linhas gerais, os currículos de formação de Técnicos em Metalurgia no Brasil são bastante distintos. Não existe um padrão de disciplinas básicas ou fundamentais. A quantidade de disciplinas ofertadas é bastante variável e, embora existam semelhanças entre os conteúdos, sua organização não segue uma estrutura comum, ou seja, conteúdos iguais podem ser distribuídos através de diversas disciplinas ou centralizados em uma única disciplina. Outra característica fundamental é a ausência de modularidade. Os itinerários de formação são conformados a partir de disciplinas que são pré-requisitos para cursar outras disciplinas.

## **5.4 Formação Profissional Comparada – Técnicos em Fundição de Metais**

No Brasil, bem como na Austrália e Estados Unidos, não existem cursos de formação específicos para Técnicos em Fundição de Metais. A formação desses profissionais nos Estados Unidos e no Brasil faz parte das áreas de Metalurgia e Engenharia de Manufatura Industrial. Na Austrália, corresponde a uma das especializações da certificação técnica em engenharia.

Os currículos brasileiros são bastante semelhantes aos currículos de formação dos Estados Unidos, em que não existe modularidade, ou seja, os itinerários de formação são rígidos e baseiam-se em pré-requisitos. Nos Estados Unidos, busca-se quebrar essa rigidez por meio da oferta de disciplinas eletivas, mas a quantidade de disciplinas eletivas ofertadas é pequena e formada por disciplinas gerais e não necessariamente relacionadas ao campo de estudos.

Entre outras semelhanças, verifica-se a preocupação com o meio ambiente e a qualidade de produtos e a ausência de padrões curriculares. A maioria dos currículos analisados, em ambos os países, contém disciplinas relacionadas à conservação do meio ambiente, envolvendo o tratamento de resíduos industriais. Ao mesmo tempo, contém disciplinas relacionadas ao controle de qualidade de produtos. Por outro lado, verifica-se a ausência de padrões curriculares, ou seja, os currículos são bastante variáveis em relação à quantidade de disciplinas ofertadas e à sua organização.

As principais diferenças entre os currículos analisados nos dois países compreendem o acesso aos cursos de formação e a estruturação geral destes cursos. No Brasil, o pré-requisito de acesso compreende a conclusão da segunda série do ensino médio. Nos Estados Unidos, é necessário completar a “High School”; que equivale à conclusão do ensino médio brasileiro. No Brasil, os cursos são estruturados segundo a carga horária. Nos Estados Unidos, são estruturados segundo sistemas de créditos.

Outra diferença relaciona-se às competências de comunicação. Nos currículos americanos encontram-se disciplinas voltadas ao desenvolvimento de tais competências. No Brasil, as competências de comunicação concentram-se na expressão de conteúdos de natureza técnica, principalmente por meio da disciplina de Inglês Instrumental.

A formação profissional de Técnicos em Fundição de Metais na Austrália é bastante distinta e segue o padrão geral de ensino profissionalizante, que é fundamentado em uma estrutura de qualificações nacional. Os currículos são organizados a partir de unidades de competências, que formam a estrutura para a organização curricular em módulos que contêm tanto disciplinas básicas como específicas. O conteúdo dessas disciplinas varia conforme o grau de dificuldade, ou seja, do básico ao mais avançado, em função do nível de qualificação. Esse tipo de organização é considerado como elemento motivador de aprendizagem porque permite que os alunos tenham contato com especificidades da área escolhida desde o início do curso.

Especificamente em relação à formação profissional de Técnicos em Fundição de Metais, observam-se como características principais a generalização e a flexibilidade. A formação profissional é voltada a um conjunto de ocupações, ao invés de a uma ocupação única. Esse conjunto é estruturado com base nos processos de fabricação, como, por exemplo, forjamento, conformação e moldagem de materiais, acabamento de superfícies e fabricação/soldagem. Essa tendência facilita a polivalência profissional, que favorece a articulação com o mercado de trabalho, respondendo mais rapidamente às variações na demanda.

A flexibilidade é verificada pela ausência de pré-requisitos. O itinerário de formação apresenta certa rigidez, expressada pela determinação dos campos

de unidades de competências que devem ser cursados, como, por exemplo, fabricação e conformação de metais. Dentro de cada campo, entretanto, não existem pré-requisitos, bem como não existem pré-requisitos entre diferentes campos. Isso significa que um aluno pode cursar, ao mesmo tempo, unidades de competência de fabricação e conformação de metais. Tal flexibilidade contribui para reduzir o tempo para a obtenção da certificação.

Outra característica importante da formação de Técnicos em Fundição na Austrália compreende a separação entre competências básicas, fundamentais e de especialização. Essa organização contribui para conferir melhor clareza ao itinerário de formação, facilitando a identificação de competências essenciais, que são consideradas obrigatórias. Ao mesmo tempo, sua classificação em bandas ou faixas facilita a identificação do grau de dificuldade, que é apresentado aos alunos com maior clareza, ou seja, não é necessário acessar conteúdos para a identificação de competências mais fáceis ou mais difíceis.





## 6 Conclusões

**E**ste estudo compreendeu uma análise de sistemas de educação com ênfase na formação profissional de Técnicos em Fundição de Metais na Austrália e Estados Unidos. Partindo de um nível mais geral, representado por uma visão dos sistemas educacionais desses países, apresentou-se uma comparação de estruturas curriculares. Essa comparação estruturou-se em três etapas. Em primeiro lugar, apresentaram-se características de currículos da formação profissional desses técnicos nos países estudados. A seguir, apresentaram-se características curriculares de cursos de formação desses profissionais no Brasil.

Os resultados apontam algumas similaridades e diferenças entre as estruturas curriculares analisadas. Em geral, os currículos brasileiros são bastante semelhantes aos americanos em relação à sua estrutura e conteúdo. Os currículos australianos seguem um padrão geral, baseado na estrutura nacional de qualificações. Esse padrão confere maior flexibilidade e clareza ao itinerário de formação profissional.

Tais resultados têm como objetivo favorecer um maior entendimento das diferenças e similaridades entre sistemas de educação profissional e contribuir para a promoção de ações de formação que permitam minimizar futuros impactos decorrentes da demanda de mão-de-obra especializada.



# Referências

AUSTRALIAN CASTING. **Cast your investment in the right direction.** Australia: Minister for Industry, Tourism & Resources, 2002.

AUSTRALIAN FOUNDRY INSTITUTE. Disponível em: <<http://www.afiaustralia.org>>

CENSUS OF WORLD CASTING PRODUCTION, 38., 2003, [s.l.]. **Modern casting**, [s.l.], , p. 25-27, Dec. 2004.

IBISWORLD. Department of Industry. **Tourism and resources key automotive statistics 2001.** Oct. 2002. Disponível em: <<http://www.ibisworld.com>>

NATIONAL METAL AND ENGINEERING COMPETENCY STANDARDS. **Statistics for industry groups and industries: 2003**, annual survey of manufactures. Australia: US Census Bureau, April, 2005.

METAL CASTING. **Metal casting annual report: fiscal year 2003.** Washington: US Department of Energy, 2004.

METAL CASTING. **Industry of the future report, 2004.** Washington: US Department of Energy, 2005.

STRATECAST. **AFS metalcasting forecast & trends 2004 american foundry society.** Washington: Des Plaines, Oct. 2003.

UNEP WORKING GROUP FOR CLEANER PRODUCTION. **Cleaner production manual for the Queensland:** foundry industry Queensland. Australia: UNEP, 1999.

U.S. CENSUS BUREAU. **Economic census 2002:** other metals commonly produced as castings include zinc, magnesium, lead, and nickel. Washington: U.S. Census Bureau, [2003].

US DEPARTMENT OF THE INTERIOR. Metal industry indicators. **US Geological Survey**, Washington, Oct. 2005.

U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE. Bureau of Census. **Annual survey of manufactures 2003**. Washington: U.S. Department of Commerce, 2003.

\_\_\_\_\_. **Annual survey of manufactures 2001**: table 3 NAICS code 3315. Washington: U.S. Department of Commerce, 2001.

VICTORIAN METAL FABRICATION INDUSTRY STRATEGIC. **Plan june 2002**. Australia: Minister for Manufacturing Industry, 2002.

# **ANEXOS**



**Anexo A – Unidades padrões de competências para o Certificado III  
em Engenharia com ênfase em Fabricação.**

<b>1 Competências Básicas</b>	<b>Pontos</b>
MEM1.1FA Comunicar-se interativamente no ambiente de trabalho	0
MEM1.2FA Aplicar princípios de saúde e segurança no trabalho	0
MEM1.3FA Aplicar procedimentos para garantia de qualidade	0
MEM1.4FA Planejar a execução de tarefas rotineiras	0
<b>2 Competências Fundamentais</b>	
MEM2.1C12A Aplicar sistemas de qualidade	2
MEM2.2C11A Organizar e analisar informações	2
MEM2.3C11B Realizar operações em equipes de trabalho	2
MEM2.4C11A Assistir em treinamentos para o trabalho	2
MEM2.5C11A Medir, utilizando instrumentos de medição	2
MEM2.6C10A Planejar uma atividade completa	4
MEM2.7C10A Realizar cálculos básicos	2
MEM2.8C10A Realizar cálculos	2
MEM2.9C10A Utilizar computadores	2
MEM2.10C5A Escrever relatórios	2
MEM2.11C5A Pesquisar e preparar apresentações e relatórios	2
MEM2.13C5A Efetuar cálculos matemáticos	4
MEM2.14C5A Utilizar técnicas gráficas e efetuar cálculos estatísticos simples	2
MEM2.15C5A Trabalhar em equipes autônomas	2
MEM2.16C5A Interpretar especificações de qualidade e manuais	4
<b>3 Montagem</b>	
MEM3.1AA Realizar Montagem manual	4
MEM3.2AA Realizar Montagem de precisão	4
MEM3.3AA Realizar Montagem utilizando materiais em folhas	4
MEM3.3AA Realizar Montagem elétrica/eletrônica	8
MEM3.5AA Efetuar reparos (elétricos/eletrônicos/de precisão)	8
MEM3.6AA Preparar locais de montagem	2
MEM3.7AA Preparar linhas de produção de processo contínuo em vários estágios	6
<b>4 Conformação e Moldagem</b>	
MEM4.1AA Operar fornos de fundição	4
MEM4.2AA Fundição por gravidade	2
MEM4.3AA Operar máquinas de fundição sob pressão	4
MEM4.4AA Preparar e misturar areia para moldagem de metais	4
MEM4.5AA Produzir moldes e modelos, manualmente	16
MEM4.6AA Operar máquinas para fundição em casca e utilizando moldes de areia	8
MEM4.7AA Vazar metais	4

Continua...

MEM4.8AA Aparar e preparar peças fundidas	4
MEM4.9AB Inspeccionar e testar peças fundidas	6
MEM4.10AA Desenvolver e manufaturar modelos em madeira	20
MEM4.11AA Produzir modelos em polímeros	8
MEM4.12AA Montar modelos utilizando metal em folhas	8
MEM4.13AA Desenvolver e manufaturar modelos em poliestireno	2
MEM4.14AA Desenvolver e manufaturar modelos para produção	8
MEM4.15AA Desenvolver e manufaturar moldes e respectivos equipamentos para fundição a vácuo	6
MEM4.16AB Desenvolver e manufaturar modelos de precisão	6
MEM4.17AA Desenvolver e manufaturar modelos para hélices, engrenagens e parafusos para esteiras transportadoras	4
MEM4.18AB Realizar operações gerais em máquinas de carpintaria	4
MEM4.19AA Instalação e reparo de fornos refratários	4
<b>5 Fabricação</b>	
MEM5.1AA Soldagem/dessoldagem manual de componentes utilizando liga de solda	4
MEM5.2AA Soldagem/dessoldagem de alta confiabilidade	4
MEM5.3AA Soldagem básica utilizando liga de solda	2
MEM5.4AB Realizar soldagem comum por oxiacetileno	2
MEM5.5AA Realizar corte mecânico	2
MEM5.6AA Realizar brasamento e/ou soldagem com liga de prata	2
MEM5.7AB Aquecimento manual e corte térmico	2
MEM5.8AB Corte térmico e moldagem manual avançados	2
MEM5.9AB Corte térmico automático	2
MEM5.10AA Conformar, dobrar e moldar metais	8
MEM5.11AB Montar componentes manufaturados	8
MEM5.12AB Realizar soldas comuns manuais a arco	2
MEM5.13AB Soldagem manual em linha de produção	2
MEM5.14AB Monitorar a qualidade de soldas	2
MEM5.15AB Soldagem manual a arco	4
MEM5.16AB Soldagem a arco avançada	4
MEM5.17AB Soldagem a arco com gás	4
MEM5.18AB Soldagem a arco com gás avançada	4
MEM5.19AB Soldagem a arco com gás tungstênio	4
MEM5.20AB Soldagem a arco com gás tungstênio avançada	4
MEM5.22AB Soldagem por oxiacetileno avançada	6
MEM5.23AB Soldagem a arco submerso	4
MEM5.24BA Supervisionar processos de soldagem	12
MEM5.25BB Inspeccionar processos de soldagem	12
MEM5.26AA Aplicar princípios de soldagem	4
MEM5.36AB Reparar/Repor/Modificar produtos manufaturados	4



Continuação...

MEM5.37AA Geometria	6
MEM5.38AA Geometria avançada – cilindros/retângulos	2
MEM5.39AA Geometria avançada – cones	2
MEM5.40AA Geometria avançada – transições	4
MEM5.41AA Pulverização térmica	4
MEM5.42AA Realizar soldagem com arame tubular para codificar padrões	6
MEM5.43AA Realizar soldagem a gás-metal para codificar padrões	6
MEM5.44AA Realizar soldagem a arco com gás tungstênio para codificar padrões	6
MEM5.45AA Soldar tubulações para codificar padrões utilizando o processo de soldagem a gás-metal manual	6
MEM5.46AA Realizar soldagem para codificar padrões utilizando o processo de soldagem a gás-metal manual	6
MEM5.47AA Realizar soldagem com arame tubular	4
MEM5.48AA Realizar soldagem com arame tubular	4
MEM5.49AB Realizar soldagens comuns a gás tungstênio	2
MEM5.50AA Realizar soldagens comuns a gás-metal	2
<b>6. Forjamento</b>	
MEM6.1AA Forjamento manual	4
MEM6.2AA Forjamento com martelo	4
MEM6.3AB Realizar tratamento térmico de superfícies	6
MEM6.4AB Selecionar processos de tratamento térmico e testar produtos acabados	6
MEM6.5AA Forjamento a quente e a frio	4
MEM6.6AB Reparo de fios de metal	4
MEM6.7AA Têmpera de metais por imersão	2
<b>7. Máquinas e Processos de Operação</b>	
MEM7.1AA Manutenção operacional de máquinas e equipamentos	2
MEM7.2AA Realizar operações de precisão de modelagem, planificação e encaixe	4
MEM7.3AA Preparar máquinas (rotina)	4
MEM7.4AA Preparar máquinas (complexas)	8
MEM7.5AA Realizar operações gerais utilizando máquinas	8
MEM7.6AA Realizar operações de tornearia	4
MEM7.7AA Realizar operações de moagem	4
MEM7.8AB Realizar operações de afiação	4
MEM7.9AA Realizar operações de perfuração de precisão	4
MEM7.10AA Realizar operações de afiação de facas e ferramentas	4
MEM7.11AA Operações de moagem complexas	4
MEM7.12AA Operações de afiação complexas	4
MEM7.13AA Realizar operações utilizando máquinas de perfuração horizontais e verticais	4
MEM7.14AA Realizar operações de aterramento de máquinas	4

Continua...

MEM7.15AA Preparar máquinas CN/CNC (básico)	2
MEM7.16AB Preparar e editar máquinas/processos CN/CNC	4
MEM7.18AB Programação básica CN/CNC	4
MEM7.19AB Programação de centros de usinagem NC/CNC	2
MEM7.20AB Programação de centros de usinagem NC/CNC com múltiplos eixos	2
MEM7.21AA Realizar operações de tornearia complexas	4
MEM7.22AB Programação avançada de máquinas CN/CNC de corte fino	2
MEM7.23BB Programação e preparação de células de manufatura CNC	6
MEM7.24AA Operar e monitorar máquinas/processos	4
MEM7.25AA Operação avançada de máquinas/processos	6
MEM7.26AA Processamento avançado de plásticos	6
MEM7.27AA Operações avançadas de prensas	6
MEM7.28AA Operar máquinas/processos CN/CNC (básico)	2
MEM7.29AA Realizar operações de rotina de afiação/manutenção de facas e ferramentas	4
MEM7.30AB Realizar operações de tornearia giratórias (básico)	6
MEM7.31AB Realizar operações de tornearia giratórias (complexo)	4
MEM7.32AA Utilizar máquinas de treinamento em operações básicas	2
MEM7.33AA Operar e monitorar caldeiras industriais	6
<b>8 Acabamento de Superfícies</b>	
MEM8.1AA Carregar/descarregar grandes volumes (gabaritos, tambores, fiação)	4
MEM8.2AA Conferir pré-acabamento em superfícies de metal	4
MEM8.3AB Realizar operações de eletrolgalvanização	6
MEM8.4AA Conferir acabamento utilizando métodos de deposição de vapor seco e molhado	4
MEM8.5AA Preparar e produzir acabamentos especiais	4
MEM8.6AA Produzir filmes em óxido de alumínio transparentes e/ou coloridos e/ou selados	2
MEM8.7AA Controlar o processo de acabamento e a qualidade de superfícies acabadas	4
MEM8.8AA Controlar o tratamento de resíduos de superfícies acabadas	3
MEM8.9AB Preparar soluções	2
MEM8.10AB Polir materiais, manualmente	6
MEM8.11AA Preparar superfícies mecanicamente ou utilizando solventes	2
MEM8.12AA Preparar superfícies por abrasão (básico)	4
MEM8.13AA Preparar superfícies por abrasão (avançado)	4
MEM8.14AA Aplicar revestimentos de proteção (básico)	4
MEM8.15AA Aplicar revestimentos de proteção (avançado)	4
MEM8.16AA Controlar subprodutos, materiais e emissões de tratamentos de superfícies por deposição química	1
MEM8.18AA Revestimentos engenheirados por eletrolgalvanização	6
MEM8.19AA Revestimentos por eletrolgalvanização para proteção de superfícies	6
MEM8.20AA Revestimentos decorativos por eletrolgalvanização	6

## Anexo B – Formação de Técnicos em Metalurgia nas Instituições de Formação Profissional no Brasil<sup>10</sup>

Instituição de Ensino	Cidade – UF	Categoria
CEFET – Maranhão	São Luís – MA	Pública Estadual
Escola Técnica Municipal de Sete Lagoas	Sete Lagoas – MG	Pública Estadual
CEFET – Pará	Belém – PA	Pública Estadual
Escola Técnica Cenecista Carolino Euzébio Nunes	Charqueadas – RS	Privada Particular
Centro de Educação Tecnológica SENAI Blumenau	Blumenau – SC	Privada Particular
Escola SENAI Nadir Dias de Figueiredo	Osasco – SP	Privada Particular

<sup>10</sup> Fonte: S.I.E.P. Sistema de Informação da Educação Profissional. **Cadastro nacional de cursos de educação profissional de nível técnico.** Disponível em: <<http://siep.inep.gov.br>. >

## **SENAI/DN**

### **Unidade de Tendências e Prospecção – UNITEP**

*Luiz Antonio Cruz Caruso*

Gerente-Executivo

#### **Equipe Técnica**

*Marcello José Pio*

*Denise Cristina Côrrea da Rocha*

### **SUPERINTENDÊNCIA DE SERVIÇOS COMPARTILHADOS – SSC**

#### **Área Compartilhada de Informação e Documentação – ACIND**

*Renata Lima*

Normalização

*Suzana Curi*

Produção Editorial

---

*Maria Ilca Lima*

Elaboração

*Cely Curado*

Revisão Gramatical

*Exa World*

Projeto Gráfico

*Projects Brasil Multimídia*

Diagramação









*Confederação Nacional da Indústria  
Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial  
Departamento Nacional*

