

Ulisses Pereira dos Santos

**Ambiente Institucional e Inovação na
Siderurgia de Minas Gerais**

Belo Horizonte, MG
UFMG/Cedeplar
2009

Ulisses Pereira dos Santos

Ambiente Institucional e Inovação na Siderurgia de Minas Gerais

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Economia do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Clélio Campolina Diniz

Belo Horizonte, MG
Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional
Faculdade de Ciências Econômicas - UFMG
2009

Folha de Aprovação

*“Minas é um coração de ouro em peito de ferro”
(Henri Gorceix)*

*A meus pais, Geraldo e Laudelina,
responsáveis por tudo o que tenho e tudo
aquilo que sou.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por mais esta etapa superada em minha vida.

Agradeço aos meus pais, Geraldo e Laudelina, que, mesmo tendo pouca escolaridade, me ensinaram, com amor e atenção, coisas muito maiores que aquelas que aprendi nas salas de aula pelas quais passei. Sem estes ensinamentos e sua confiança não teria conseguido nada do que alcancei. Obrigado por me trazerem até aqui e saibam que eu amo vocês.

Agradeço à minha irmã, Angélica, por sempre ter sido uma grande amiga e pela companhia em tantas idas e vindas entre nossa casa e a UFMG.

À Fran, pelo companheirismo e pelo amor incondicional. Obrigado por fazer com que eu encontrasse a paz em meio a tantas turbulências.

Ao professor Clélio Campolina por toda a atenção que me foi dada durante a elaboração desta dissertação. Sua orientação foi uma fonte de intenso aprendizado e uma contribuição incomensurável para minha formação profissional.

Agradeço aos professores do Cedeplar por também contribuírem com a minha formação acadêmica.

Aos professores do Departamento de Engenharia Metalúrgica da UFMG e à secretaria do CPGEM pela atenção e pelas valiosas informações concedidas nas várias visitas que fiz à Escola de Engenharia. Da mesma forma ao Departamento de Metalurgia do CETEC e ao Pólo Mineral Metalúrgico da Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia. Agradeço, ainda, ao Professor Evando Mirra pela atenção e pelos conselhos preciosos.

Aos colegas do Cedeplar que se tornaram grandes amigos nesta jornada; Aline, Carla, Clarissa, Éder, Fabrício, Fernanda, Luiz, Ramón, Ricardo, Tiago Prata e Weslem e, em especial, aos companheiros das intermináveis pausas para o café, Alejandro, Sibelle, minha irmãzinha acadêmica, e Thiago Caliarí. Aos amigos do Dinter-Unimontes, e aos calouros e veteranos de CEDEPLAR com os quais convivi neste período.

Aos amigos Fabiana e Raphael, companheiros desde os primeiros passos, e ao grande amigo Fabio pela ajuda com o *abstract*. Agradeço ainda aos vários amigos, da universidade e da vida, que me acompanharam e incentivaram neste período de mestrado.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABM – Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais
- ACESITA – Aços Especiais Itabira S. A.
- AÇOMINAS – Aços Minas Gerais S. A.
- ARBED - *Acieries Reunies De Burbach-Eich-Dudelange*
- CEDEPLAR – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional
- CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
- CPGEM – Curso de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas
- CSBM – Companhia Siderúrgica Belgo Mineira
- CSM – Companhia Siderúrgica Mineira
- CSN – Companhia Siderúrgica Nacional
- CST – Companhia Siderúrgica de Tubarão
- COSIPA – Companhia Siderúrgica Paulista
- IBS – Instituto Brasileiro de Siderurgia
- INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial
- ITI – Instituto de Tecnologia Industrial de Minas Gerais
- METAMIG – Metais de Minas Gerais S. A.
- REDEMAT – Rede Temática em Engenharia de Materiais
- SME – Sociedade Mineira de Engenheiros
- SRI – Sistema Regional de Inovação
- UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais
- UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto
- UNIDO – United Nations Industrial Development Organization
- USIMINAS – Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais
- USIMEC – Usiminas Mecânica
- V&M – Vallourec Mannesmann

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO	4
2.1 O conceito de inovação e o desenvolvimento econômico	4
2.2 Inovação e Desenvolvimento Regional	11
2.3 Os Sistemas de Inovação	14
2.3.1 Os sistemas nacionais de inovação	14
2.3.2 Os sistemas regionais de inovação e o aprendizado regional	18
2.4 O arranjo institucional Mineral-Metalúrgico de Minas Gerais como sistema regional de inovação	24
3 A FORMAÇÃO DO PARQUE SIDERÚRGICO DE MINAS GERAIS	28
3.1 Os primeiros desenvolvimentos da atividade Siderúrgica em Minas Gerais.....	28
3.2 A Cia. Belgo-Mineira, a ascensão da siderurgia em Minas Gerais e o desafio da siderurgia brasileira a carvão vegetal.....	34
3.3 A Cia. de Ferro Brasileiro e as iniciativas de menor porte	38
3.4 O Contrato de Itabira e a perda do grande projeto siderúrgico de Minas Gerais	40
3.5 Mais um projeto de Farquhar: a ACESITA.....	46
3.6 A Cia. Mannesmann	48
3.7 O Debate em torno da USIMINAS, regionalismo político e capital externo	50
3.8 A AÇOMINAS e a grande usina do Vale do Paraopeba.....	54
3.9 Privatização e reestruturação do sistema siderúrgico nacional e de Minas Gerais.....	57
3.10 Conclusões acerca do parque siderúrgico mineiro.....	60
4 O AMBIENTE INSTITUCIONAL MÍNERO-METALÚRGICO EM MINAS GERAIS	63
4.1 O Pioneirismo da Escola de Minas de Ouro Preto	63

4.2 As Engenharias de Minas e Metalúrgica na UFMG e suas relações com o setor produtivo	71
4.3 O CETEC e o desenvolvimento tecnológico em Minas Gerais.....	77
4.4 Reflexões sobre a formação do ambiente institucional mineral-metalúrgico de Minas Gerais.....	82
5 O AMBIENTE INSTITUCIONAL E A ATIVIDADE INOVATIVA NA SIDERURGIA MINEIRA	84
5.1 A produção tecnológica da indústria siderúrgica de Minas Gerais a partir das patentes do setor.....	84
5.2 Padrões de desenvolvimento tecnológico na siderurgia mineira a partir dos dados de patentes	91
5.3 Articulação entre as instituições de ensino e pesquisa e o setor produtivo	96
5.3.1 A infra-estrutura humana no desenvolvimento tecnológico regionalizado	97
5.3.2 Suporte à atividade tecnológica da siderurgia mineira.....	105
5.4 Um exemplo de interação e inovação: a concepção do aço <i>Bake Hardening</i> pela USIMINAS	110
6 CONCLUSÃO.....	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119
ANEXOS.....	127

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

QUADRO 1 – PRINCIPAIS EMPREENDIMENTOS SIDERÚRGICOS EM MINAS GERAIS ENTRE 1812 E 1920.....	33
QUADRO 2 – PRINCIPAIS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS, ESTRUTURAÇÃO HISTÓRICA E ORGANIZAÇÃO ATUAL	59
TABELA 1 – PARTICIPAÇÃO DE MINAS GERAIS NA PRODUÇÃO BRASILEIRA DE AÇO – 1925-2007*	61
GRÁFICO 1 – CUSTOS DE PRODUÇÃO DE BOBINAS LAMINADAS A QUENTE, USINAS INTEGRADAS A COQUE, JUNHO DE 2005	85
TABELA 2 – SIDERÚRGICAS BRASILEIRAS QUE REGISTRARAM PATENTES JUNTO AO INPI ATÉ JANEIRO DE 2009.....	86
TABELA 3 – DISTRIBUIÇÃO DOS DEPÓSITOS DE PATENTES DAS PRINCIPAIS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS POR PERÍODOS 1979-2008.....	92
GRÁFICO 2 – ALUNOS TITULADOS PELO CPGEM-UFMG, MESTRES (1973 – 01/2009) E DOUTORES (1988 – 01/2009)	98
GRÁFICO 3 – ALUNOS TITULADOS PELA REDEMAT, MESTRES (2000 – 2008) E DOUTORES (2005 – 2008)	99
TABELA 4 – NÚMERO DE MESTRES E DOUTORES TITULADOS PELA PÓS-GRADUAÇÃO CPGEM - UFMG POR EMPRESAS A QUE SÃO VINCULADOS, 1975-JAN/2009.....	101
TABELA 5 – TOTAL DE TESES DE DOUTORADO DEFENDIDAS NO CPGEM – UFMG, TESES QUE ABORDARAM TEMAS RELACIONADOS À SIDERURGIA E QUE SÃO RELACIONADAS A EMPRESAS, 1988 – 2008.....	103
GRÁFICO 4 – FINANCIADORES DOS PROJETOS DE PESQUISA ELABORADOS PELO DEPARTAMENTO DE METALURGIA DO CETEC, 1972-2009	106

QUADRO 3 – ALGUNS RESULTADOS DA INTERAÇÃO ENTRE O DEPARTAMENTO DE METALURGIA DA UFMG E O SETOR SIDERÚRGICO.....	109
TABELA 6 – VENDAS DA USIMINAS NO MERCADO NACIONAL DO AÇO BAKE HARDENING POR TRÊS SETORES (%) 2005-2008.....	114
TABELA A 1 – ANEXO 1: PRODUÇÃO DE AÇO EM MINAS GERAIS (TON), 1936-2007	127

RESUMO

A inovação tecnológica vem ganhando cada vez mais reconhecimento teórico e espaço em meio às estratégias para o crescimento e a competição empresarial. Essa tendência é confirmada inclusive no que tange às teorias acerca do desenvolvimento regional, destacando o papel de aspectos locais no estímulo à inovação. Neste sentido, importantes contribuições teóricas passaram a retratar o papel dos Sistemas Regionais de Inovação no processo de desenvolvimento tecnológico regionalizado. Tomando por base tais orientações, o presente trabalho apresenta o papel de um sistema regional de inovação específico, o mineral-metalúrgico de Minas Gerais, no fomento à atividade inovativa da indústria siderúrgica local, que se destaca no cenário nacional pela sua importância econômica e pelo seu potencial tecnológico. São apresentados, então, os agentes que contribuem para a ascensão de inovações tecnológicas na siderurgia de Minas Gerais, enfatizando o papel desses neste processo, com destaque para o pioneirismo da Escola de Minas de Ouro Preto e para a atuação do Departamento de Engenharia Metalúrgica da Universidade Federal de Minas Gerais junto ao setor produtivo. Nesta análise, verificou-se que o arranjo institucional que dá suporte para a inovação na siderurgia de Minas Gerais atua fornecendo para as empresas pessoal com elevada qualificação profissional, inclusive em níveis de mestrado e doutorado. Este sistema atua ainda no auxílio às demandas tecnológicas do setor baseado num intenso fluxo de informações entre as instituições, na maior parte das vezes a universidade, e as empresas. Foi possível perceber que o arranjo institucional que sustenta este sistema regional de inovação específico tem uma importância vital para o desenvolvimento do setor siderúrgico do estado e para o seu sucesso em termos de competitividade assegurando uma posição estratégica para Minas Gerais nos mercados siderúrgico nacional e internacional.

Palavras-chave: Sistema Regional de Inovação, Siderurgia, Minas Gerais.

ABSTRACT

Technological innovation is gaining importance in the midst of economic theory. This trend is increasing ground even in regard to the theories of regional development, highlighting the role of local aspects in promoting innovation. In this sense, important theoretical contributions began to portray the role of the Regional Innovation Systems in the process of local technological development. Based on these guidelines, this work presents the role of a specific regional innovation system, the mineral-metallurgical of Minas Gerais, in fostering to the innovative activity of the local steel industry, which stands on the national scene by its technological potential. Are presented, then, the agents who contribute to the rise of technological innovations in the steel industry in Minas Gerais, emphasizing their role in this process, highlighting the pioneering of the Escola de Minas de Ouro Preto and the actions of the Department of Metallurgical Engineering of the Universidade Federal de Minas Gerais. In this analysis, it was found that the institutional arrangement that supports innovation in the steel industry in Minas Gerais acts providing, to the companies, personnel with high professional qualifications and in assistance to the technological sector sustaining, so , an intense flow of information between institutions, in most cases between the university, and businesses. It was possible to perceive that the institutional arrangement that supports this specific regional innovation system is of vital importance for the development of steel industry in the state and for its success in terms of competitiveness by ensuring a strategic position for the state of Minas Gerais in the international steel market.

Keywords: Regional Innovation Systems, Steel Industry, Minas Gerais.

1 INTRODUÇÃO

A inovação tecnológica vem ganhando cada vez mais importância em meio às teorias do desenvolvimento econômico. A crescente flexibilização do comércio, a ascensão do mercado global e o desenvolvimento da tecnologia da informação deram respaldo para a afirmação das teorias acerca da importância deste conceito para a ciência econômica, dando seqüência à contribuição seminal de Schumpeter.

Neste sentido, também as teorias modernas acerca do desenvolvimento regional incorporaram o conceito de inovação ao seu foco de estudo. Sendo assim, as teorias tradicionais da economia regional abriram espaço para as novas contribuições alinhadas à economia do conhecimento. Diversos estudos relacionando aspectos inerentes às escalas regional e local à dinâmica inovativa dos agentes vieram à tona nos últimos anos, tratando de temas como os parques tecnológicos, os arranjos produtivos e inovativos locais e os sistemas regionais de inovação. Nesta perspectiva, a existência de uma cultura produtiva e inovativa local, a identificação social dos agentes e a partilha de uma mesma realidade local foram assimilados como facilitadores da inovação. Essas condições facilitam e estimulam a inovação e os ganhos de competitividade das regiões e, como consequência, a sobrevivência de seus sistemas produtivos no paradigma do mercado global.

Neste contexto, as estratégias de desenvolvimento regional através da estruturação de sistemas regionais de inovação vêm se consolidando, tanto em termos de teoria quanto em termos de políticas. A atuação destes e seu sucesso dependem de sua formação histórica, condicionada a aspectos políticos, sociais e econômicos locais. Estes fatores potencializam o fluxo de informações entre os diversos agentes, convertendo o conhecimento científico-acadêmico em insumo tecnológico para o setor produtivo.

Partindo destas orientações teóricas, a motivação para o presente trabalho é a importância da inovação para o desenvolvimento regional e seus efeitos sobre a dinâmica de competição que envolve as diferentes regiões frente ao mercado cada vez mais globalizado. Assumindo esta concepção, buscar-se-á apresentar e discutir a trajetória e os méritos de um sistema de inovação específico, localmente identificado. Trata-se do sistema

de inovação que dá suporte à atividade tecnológica das empresas que compõem o setor mineral-metalúrgico em Minas Gerais, em especial a siderurgia, foco do presente trabalho.

Em Minas Gerais existe um bem estruturado parque siderúrgico, que faz do estado o principal produtor de aço do país. Neste parque siderúrgico também há uma intensa atividade tecnológica. Em meio a isso, o aço produzido no Brasil destaca-se por sua elevada competitividade, sendo as siderúrgicas brasileiras altamente inovadoras. Neste sentido, acredita-se que a convivência com um sistema de ensino e pesquisa alinhado às suas necessidades e localmente identificado daria sustento à atividade tecnológica da siderurgia mineira. Este sistema funciona como um ambiente institucional facilitador da atividade tecnológica da siderurgia mineira.

Com isto, o presente trabalho visa a identificar como o arranjo institucional relacionado ao setor mineral-metalúrgico presente em Minas Gerais (composto por instituições de ensino e pesquisa, base produtiva e empresariado) gera externalidades capazes de impulsionar atividades inovativas no setor siderúrgico do estado.

O texto está dividido em seis capítulos, incluída esta introdução. O segundo capítulo trata dos aspectos teóricos envolvendo o conceito de inovação e os processos de desenvolvimento econômico e regional. É feita uma resenha teórica dos principais trabalhos sobre a importância da inovação para o desenvolvimento econômico e daqueles que constituem os pilares da associação deste conceito à teoria de economia regional. O terceiro capítulo aborda o desenvolvimento histórico do parque siderúrgico mineiro, desde as tentativas pioneiras de se instalar em Minas Gerais a indústria do ferro, no século XIX, até a consolidação do núcleo central da siderurgia no Brasil, durante o século XX. O quarto capítulo versa sobre a construção histórica do aparato de ensino e pesquisa que compõe o sistema regional de inovação que é tema do presente trabalho. É apresentada uma resenha histórica da gênese e atuação dos principais agentes que compõem este sistema de inovação, como a Escola de Minas de Ouro Preto, a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC e o Departamento de Engenharia Metalúrgica da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. O quinto capítulo apresenta as formas de interação entre o sistema de ensino e pesquisa e o sistema produtivo na busca das melhorias tecnológicas para o setor. São apontadas as formas pelas quais o sistema de ensino e pesquisa dá suporte à atividade tecnológica das empresas do setor siderúrgico, em termos

de qualificação profissional e consultorias técnicas. O último capítulo apresenta as conclusões alcançadas pelo presente estudo.

2 INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

2.1 O conceito de inovação e o desenvolvimento econômico

A partir das contribuições de Joseph Schumpeter (1911:1982; 1939:1964; 1942: 1984) e seus seguidores, o termo inovação passou a ser considerado o principal condicionante do processo de desenvolvimento econômico. Para ele o entendimento dos processos econômicos passaria necessariamente pela compreensão da natureza evolutiva do capitalismo. E o processo fundamental do desenvolvimento capitalista seria marcado pela necessidade da introdução do novo, ou da inovação.

Inicialmente, para Schumpeter (1911: 1982) a inovação seria introduzida, quase que exclusivamente, pela atuação das novas empresas a adentrarem no mercado. Ao se estabelecerem estas empresas entrantes, lideradas por um empresário inovador, trariam consigo novos métodos e produtos que originariam as inovações tecnológicas. Neste sentido, a inovação viria de fora do sistema então estabelecido, dado que as empresas já existentes não atuariam neste processo, tendo um caráter exógeno ao sistema econômico estabelecido¹.

A inovação pode ser definida como a busca, a experimentação, a imitação, o desenvolvimento ou a adoção de novos produtos, processos e estruturas organizacionais (DOSI, 1988). Consistiria, portanto, no uso de novas combinações de fatores ou materiais no meio produtivo, sendo este um processo de mudança técnica marcado por ser cumulativo e incerto (LUNDVALL, 1995; DOSI, 2006). Cumulativo, porque, este processo emerge necessariamente de algum conhecimento adquirido, sendo as possibilidades de avanço de uma firma no futuro, em termos de sua capacidade em inovar, determinadas em grande parte pelo seu grau de aprendizado técnico científico acumulado (DOSI, 1988). Já a incerteza é marcada pela imprecisão dos agentes na previsão do seu sucesso ou fracasso com a introdução de uma inovação, o que somente pode ser definido após sua seleção frente ao mercado.

¹ Como será abordado adiante, o próprio Schumpeter ao avaliar as estruturas competitivas e o esforço de inovação para a competição, posteriormente, passa a entender que o processo inovativo é gerado dentro da própria estrutura produtiva sendo, portanto, endógeno ao sistema econômico.

As inovações seriam introduzidas pela figura do empreendedor. Este é estimulado a inserir a inovação no sistema econômico devido à possibilidade alcançar um sobre-lucro diferencial. Este lucro adicional do empreendedor é obtido graças à condição transitória de monopólio que a inovação possibilita ao seu introdutor no mercado. É a existência deste lucro diferencial e a possibilidade de sua apropriação que definem o grau de compromisso do empresário *schumpeteriano* em introduzir inovações no mercado (DOSI, 2006). No entanto, a existência deste sobre-lucro atrai novos empreendedores que buscarão também inovar (ou imitar a inovação inicial) de modo a dividirem o mercado com o primeiro inovador partilhando de seu sobre-lucro até que este se torne nulo, quando da completa difusão desta inovação (NELSON; WINTER, 2005).

Cabe ainda salientar que a inovação não constitui exclusivamente a introdução de novos produtos no mercado, mas também pode configurar a introdução de novos métodos e processos produtivos mais eficientes para um determinado produto já existente. Isso culminaria com a criação de uma vantagem produtiva que se materializa na redução de custos, por meio da introdução de novas combinações de fatores ou da utilização de novas estruturas organizacionais, entre outros aspectos. Deste modo, pode-se fazer referência às inovações tanto de produto como de processo. A inovação pode ter ainda um caráter radical ou incremental. Sendo radical quando rompe com uma tradição técnico-científica pré-existente, como na introdução de novos produtos e equipamentos, e incremental quando há alteração apenas em rotinas ou estruturas organizacionais.

Ademais, o termo inovação não deve ser confundido com o termo invenção. Uma dada invenção somente irá configurar uma inovação a partir do momento em que detenha alguma importância econômica. A inovação deve ser entendida como um objetivo a ser alcançado a partir de motivações econômicas, e por isso emana de processos de busca e se materializa após passar por processos de seleção (NELSON; WINTER, 2005). Já a invenção, que também pode vir a constituir uma inovação, não surge necessariamente de uma busca ou de motivações econômicas.

Outro termo recorrente em meio à análise das contribuições schumpeterianas diz respeito à 'Imitação'. As imitações constituem variações da inovação inicial, sendo introduzidas no mercado por outros agentes com vistas a partilharem do lucro de monopólio auferido pelo inovador inicial. Esse processo pode ser interpretado como a fase de difusão da inovação no mercado. Deste modo, a inovação apresenta um ciclo marcado por três etapas: invenção

– inovação – difusão (HASENCLEVER; FERREIRA, 2002). A duração destas etapas tem impacto sobre os ganhos do inovador e sobre a dinâmica da competição no mercado.

Com amadurecimento do pensamento *schumpeteriano* o conceito de inovação vai ganhando novos traços, sem perder sua essência, sendo alguns dos seus determinantes, inicialmente apontados por Schumpeter (1911: 1984), alterados. Este autor muda sua visão à respeito da natureza da inovação passando a assumir seu caráter endógeno. O entendimento da inovação como um fruto da ação de firmas novas, ou seja, das que vem de fora do sistema estabelecido, abre caminho para a visão da inovação, também, como resultado da atuação das firmas que já se encontravam no mercado (SCHUMPETER, 1939: 1964). Neste sentido, aceita-se que as firmas já estabelecidas no mercado poderiam se adequar ou introduzir os novos produtos e métodos produtivos, superando a idéia que seriam totalmente suplantadas pelas firmas entrantes no mercado. O autor afirmava, àquele momento, que as atividades de pesquisa tecnológicas se tornavam cada vez mais organizadas e disseminadas e, ademais, as firmas antigas já não mais poderiam ser consideradas em sua totalidade resistentes às novidades tecnológicas, mas sim adaptáveis a estas (SCHUMPETER, 1939: 1964). Ou seja, afirma-se que a inovação é um processo intrínseco ao sistema econômico.

Verifica-se, ainda, a ascensão de um caráter cada vez mais evolucionário nas formulações *schumpeterianas*, que se origina de sua análise da dinâmica de mercado imposta pela inovação. Segundo este autor, a introdução de uma inovação por uma determinada firma e a reação das outras firmas por processos de adaptação daria o tom da evolução capitalista. Isso porque as firmas inovadoras e as suas seguidoras atuariam substituindo as estruturas econômicas velhas por estruturas novas. Por outro lado, as firmas presentes no mercado que fossem incapazes fazê-lo caminhariam para a morte, por não deterem a capacidade de acompanhar a evolução do sistema. Assim, seria constituído um processo análogo ao de seleção natural, pelo qual a evolução do sistema seria marcada pela atividade inovativa (SCHUMPETER, 1939: 1964).

No decorrer de sua análise, Schumpeter insere ainda a idéia de “destruição criadora”, que figura como mais uma forma de entendimento do papel da inovação em meio ao sistema capitalista (SCHUMPETER, 1942: 1984). Segundo esta idéia, a partir do processo de criação de novas estruturas econômicas, por meio das inovações, haveria a destruição das estruturas pré-existentes revolucionando de forma incessante o ambiente econômico.

Assim, os produtos e processos apresentariam constante mutação e as inovações introduzidas no mercado, de forma endógena, marcariam o ritmo deste processo. O autor também se esforçou em estilizar uma abordagem particular sobre a competição. Segundo sua ótica, a competição se daria através da capacidade de inovar dos agentes, ou seja, pelo seu potencial em destruir as estruturas pré-existentes e criar novas estruturas frente ao mercado, através de um modelo marcado por descontinuidades e desequilíbrios. Portanto, a introdução de novas mercadorias, novas técnicas produtivas ou novas estruturas organizacionais daria a tônica desta competição (SCUMPETER, 1942: 1984). Esse entendimento da competição parte de um ponto de vista dinâmico que não supõe qualquer tipo de ajustamento ao equilíbrio, mas sim uma busca de espaço e novas oportunidades por parte das firmas no mercado, implicando no surgimento contínuo da diversidade no sistema capitalista (POSSAS, 2002). A introdução das inovações gera necessariamente assimetrias entre as firmas, sendo estas reduzidas ao passo em que ocorre um processo de imitação no mercado. Porém as assimetrias são recorrentemente recriadas a partir da constante introdução de inovações, objetivando cada vez mais a captação do lucro diferencial pelo empreendedor, o qual gera possibilidades de crescimento para a firma inovadora. Apresenta-se, então, um afastamento da idéia de equilíbrio entre os agentes, quando se assume a ótica *schumpeteriana* da competição (DOSI, 2006). Schumpeter ainda salienta a importância da grande empresa capitalista para o processo inovativo, dado sua escala produtiva e sua melhor condição de arcar com os custos da inovação, entendendo o capitalismo como um sistema marcado pelas grandes corporações² (SCHUMPETER, 1942: 1984).

A concepção da inovação como estímulo para o desenvolvimento econômico motivou a retomada deste termo em fins do século XX, quando da revisão das contribuições de Schumpeter. A releitura dos trabalhos deste autor, sobre a inovação e a dinâmica capitalista, deu origem às principais formulações da escola *neoschumpeteriana*. Os autores alinhados a esta escola se voltaram ao estudo das estratégias e possibilidades de desenvolvimento econômico por meio dos processos inovativos e da criação de

² Durante certo período prevaleceu o entendimento de que a inovação somente poderia ser introduzida por grandes firmas. Esta premissa veio a ser contestada em períodos recentes, a partir de estudos sobre o papel das pequenas e médias empresas nos processos inovativos. Nesse sentido, pode ser feita referência às aglomerações e aos distritos industriais inovativos que criam condições para que as firmas de pequeno porte possam atuar introduzindo inovações no mercado (ASHEIM, 1995; MYTELKA; FARINELI, 2003).

condicionantes para sua ascensão. No escopo de análise *neoschumpeteriano* é verificável o estudo de modelos visando ao entendimento dos processos de crescimento das firmas e das nações, nas quais estas se inserem. Em meio a estes desenvolvimentos teóricos vieram à tona novos conceitos com o intuito de explicar os fatores determinantes da inovação e seus reflexos sobre o desempenho econômico. Assim, temas como o aprendizado e o conhecimento, bem como suas formas de apropriação e difusão no sistema, entraram na pauta desta corrente, figurando dentre os objetos de estudo dos principais autores nesta linha.

A inovação parte de um processo de busca pela diferenciação por parte dos agentes. Esta busca é o resultado de esforços de pesquisa e desenvolvimento e de apropriação e difusão de conhecimentos técnicos e científicos, além de sua adequação ao conhecimento tácito inerente aos processos produtivos³. Neste contexto, um processo inovativo pode ser um resultado de atividades intensas de pesquisa ou de rotinas de produção, ou ainda da combinação de ambos. Deste modo, seria um fruto do diálogo entre a produção científica e a produção econômica como uma etapa do processo contemporâneo de aprendizado. Logo, o empresário e os trabalhadores empregados na produção assumem papel fundamental como introdutores da inovação no meio econômico. Da mesma forma, uma série de instituições voltadas à criação e difusão de conhecimento técnico e científico assume vital importância para a ascensão deste processo. No entanto, para constituir uma inovação de sucesso, a nova combinação deve ter êxito no processo de seleção, ou seja, após sua introdução no mercado a inovação deve ser ‘selecionada’, se mostrando adequada às condições de demanda (NELSON; WINTER, 2005).

As firmas, para seu sucesso econômico, devem alinhar seus esforços inovativos à dinâmica das trajetórias tecnológicas presentes, que por sua vez atendem aos paradigmas tecnológicos vigentes. Paradigmas Tecnológicos constituem o conjunto de princípios, conhecimentos e técnicas, que derivam das ciências e das tecnologias, como padrão para a solução de problemas tecnológicos selecionados. Já as trajetórias tecnológicas representam as possíveis direções do progresso técnico, definidas pela natureza do paradigma tecnológico a que estão submetidas (DOSI, 2006). Neste sentido, tanto as firmas quanto os

³ Conhecimento tácito é aquele que se forma pelo acumulo de competências e experiências ao longo do tempo por um determinado indivíduo. Este apresenta grande dificuldade em ser formalizado ou transmitido simplesmente por meio de comunicação escrita ou verbal. Sua transmissão ocorre de forma mais efetiva através da observação ou prática de uma determinada atividade ou habilidade (NELSON; WINTER, 2005).

países onde estas se inserem necessitam criar condições para que se mantenham atualizados frente aos deslocamentos da Fronteira Internacional de Conhecimento Técnico Científico. Isso deve ser feito de modo que sejam aproveitadas as janelas de oportunidade que se abrem no decorrer de tais deslocamentos para que, assim, as nações possam manter, ou criar, capacidade competitiva no comércio internacional (PEREZ; SOETE, 1988). Essa necessidade é acentuada quando se leva em consideração ascensão de uma dinâmica de competição internacional cada vez mais pautada na inovação e na diferenciação, a partir da década de 1970 quando dos processos de globalização dos mercados (MYTELKA; FARINELLI, 2003).

Assim, a capacidade de inovar determina as possibilidades de sobrevivência e crescimento das empresas frente a um mercado cada vez mais globalizado, o que também ocorre para os países ou regiões nas quais estas estão inseridas afetando seu desenvolvimento. Nesse sentido, o processo de seleção que determina as firmas sobreviventes, dado o processo de mudança tecnológica, atua também sobre as nações e regiões definindo sua posição no cenário econômico internacional, segundo sua capacidade de atuar frente aos processos inovativos.

Deste modo, quando uma firma introduz uma determinada inovação no mercado internacional esta estará gerando uma condição de monopolista para ela. Pode-se considerar que esta firma estará também proporcionando a mesma condição de monopolista para o seu país, ou região, de origem (FREEMAN, 2004). Deste modo, a vantagem de ser o primeiro não se restringe à firma como agente isolado, mas gera uma série de possibilidades e vantagens para o sistema econômico no qual esta se insere. Neste contexto, vantagem similar à do inovador pode ser considerada para as firmas, ou economias, capazes de imitar uma determinada inovação. Se este processo ocorre com a rapidez necessária, as firmas imitadoras, assim como os sistemas econômicos nos quais estas se inserem, deterão condições de desfrutarem de parte das vantagens de monopólio proporcionadas pelo domínio do processo inovativo. Se replica, então, no âmbito do comércio internacional a dinâmica da concorrência interna, a qual, como mencionado acima, é marcada pelos processos de inovação e imitação de forma sistemática ao longo do tempo (POSSAS, 2002).

Ademais, a teoria *neoschumpeteriana* assume a existência de uma forte interconexão entre o progresso científico, a mudança tecnológica e o desenvolvimento econômico (DOSI,

2006). Estes três fatores atuam se influenciando mutuamente em meio a um dado sistema econômico de forma a se alimentarem. Geralmente as economias mais desenvolvidas são as principais responsáveis pelos avanços da fronteira científica. Por geralmente serem detentoras de maiores recursos financeiros e pessoal qualificado, tais economias conseguem fomentar de forma mais intensa atividades de pesquisa básica e aplicada, que dão suporte para os avanços científicos. Por outro lado, é fato que desde a revolução industrial os avanços científicos foram sistematicamente apropriados pela esfera produtiva de modo a fomentar seus desenvolvimentos tecnológicos. Isso dado que na medida em que ocorrem avanços científicos são abertas novas possibilidades para os processos inovativos. Ou seja, um contexto de progresso científico gera condições para a ocorrência de mudanças tecnológicas, por meio de sua assimilação pelo setor produtivo. Neste contexto, temos que quando novos conhecimentos são gerados a habilidade em aproveitá-los economicamente proporcionaria uma série vantagens para o desenvolvimento econômico das nações onde serão materializadas as inovações. Logo, o avanço científico e sua aplicação em meio a processos de mudança tecnológica fomentam o desenvolvimento econômico a partir da atuação inovativa das firmas. Da mesma forma, o avanço da indústria e o aprofundamento dos processos de desenvolvimento econômico e suas demandas abrem novas possibilidades para os avanços científicos ao longo dos anos, fomentando seu progresso. Portanto, verifica-se uma grande interação entre estas três esferas (científica, tecnológica e produtiva) o que as tornam inseparáveis numa concepção da evolução dos sistemas econômicos.

Portanto, a introdução da inovação, geradora de desequilíbrios e discontinuidades e estimulante da competição, seria o motor do crescimento econômico num modelo capitalista, dado que estimularia uma série de ações e reações por parte dos agentes que definem os câmbios do sistema. A inovação constitui, então, o determinante da competição e do desenvolvimento econômico, sendo que esta tem de estar atrelada aos paradigmas e trajetórias tecnológicas vigentes. Tudo isto, justifica a importância deste conceito para a teoria econômica, sobretudo, para aquela que é voltada para o desenvolvimento econômico.

2.2 Inovação e Desenvolvimento Regional

A existência de relações entre a inovação e o desenvolvimento regional veio à luz em um primeiro momento a partir da contribuição de François Perroux (1967) e seu conceito de “Pólos de Crescimento”, elaborado a partir de sua revisão das contribuições schumpeterianas.

Esta perspectiva foi introduzida como uma alternativa aos desenvolvimentos teóricos acerca da economia regional que se apresentavam até meados do século XX. Destes pode-se fazer referência às Teorias Clássicas da Localização e das Áreas de Mercado, que tiveram seus maiores expoentes em Johann Von Thunen (1826), Alfred Weber (1909: 1969), August Losch (1939: 1967) e Walter Christaller (1933: 1966). Em linhas gerais, estas teorias buscaram o entendimento dos aspectos determinantes da localização das atividades econômicas no espaço, assim como a constituição das áreas de mercado para tais atividades, e seus reflexos sobre a dinâmica urbana. Weber desenvolveu um modelo para a localização das atividades industriais baseado no custo de transporte, enquanto Losch e Christaller apresentaram modelos relacionados às áreas de mercado. Por sua vez, Von Thunen tratou do papel de fatores desaglomerativos na dinâmica da localização das atividades agrícolas. Sua contribuição posteriormente foi generalizada para outras atividades econômicas por outros autores.

As contribuições destes autores foram retomadas inicialmente pela vertente conhecida como ‘*Regional Science*’, sustentada principalmente pelas contribuições de Walter Isard (1956), a partir da década de 1950 (DINIZ, 2001). Esta vertente se baseou no uso de modelos estáticos e dependentes de pressupostos relativos ao arcabouço microeconômico neoclássico e da incorporação do conceito de multiplicador da renda keynesiano, além do instrumental de insumo-produto. Apesar de contar com um instrumental amplo, a *Reginal Science* negligenciou o desenvolvimento regional e o seu caráter endógeno das atividades econômicas internas a uma região, ficando, assim como as teorias clássicas da localização, focada na análise da dinâmica locacional destas atividades no espaço.

De forma alternativa à visão da *Regional Science*, Perroux (1967) sugeriu que uma possível estratégia de crescimento regional consistiria na existência de uma indústria motriz a qual espalharia seu crescimento a partir de suas ligações, ou encadeamentos, com firmas associadas a seu processo produtivo, tanto para trás quanto para frente, ou seja,

fornecedores e compradores. Estas firmas complementares buscariam se localizar nas proximidades da firma motriz de modo a melhor atendê-la e também desfrutarem dos ganhos de proximidade. Esta idéia fomentaria teoricamente a constatação da concentração das atividades econômicas em alguns pontos do espaço, originando a idéia de Pólos de Crescimento. Assim, quanto maior a capacidade inovativa da indústria motriz maior seria sua capacidade de gerar crescimento para a região onde esta se insere. Por isso, a possibilidade de maior expansão da firma inovadora desencadearia um processo de crescimento das firmas alinhadas aos seus processos produtivos, possibilitando uma expansão da renda da região onde tal cadeia produtiva se encontra.

Contudo, mesmo a inovação, e seus efeitos sobre o desenvolvimento das regiões, detendo grande importância na análise de Perroux (1967), não ocorreram grandes desdobramentos a partir de sua análise visando diretamente ao entendimento das relações entre a ascensão da inovação e o desenvolvimento regional (DINIZ, 2001). Isto passou a configurar uma deficiência teórica de maior monta a partir dos processos de reestruturação industrial que começaram a ocorrer na década de 1970 se estendendo até o fim do século XX, acompanhados por uma nova divisão internacional do trabalho, dado a emergência das novas nações industrializadas e o surgimento de uma dinâmica locacional diferenciada para as atividades focadas em novos padrões tecnológicos nos países de industrialização avançada.

Tampouco, as outras visões teóricas da economia regional estabelecidas até então apresentaram condições para interpretar tais processos que se intensificavam, mesmo aquelas de orientação heterodoxa, como as Teorias do Desenvolvimento Desigual (HIRSHIMANN, 1977; MYRDAL, 1960). Somente, após a ascensão da teoria *neoschumpeteriana* e sua aproximação ao estudo do desenvolvimento regional tal lacuna foi preenchida (COOKE, 1998). Este novo esforço teórico se orientou a incorporar de forma concreta à teoria regional o papel da inovação para a superação dos entraves regionais ao crescimento e ao desenvolvimento, bem como o papel da região na mudança tecnológica.

Neste contexto, os avanços na tecnologia da informação e a ascensão de um modelo econômico global criaram novos padrões de competitividade (DINIZ, 2001) frente a um modelo globalizado de acumulação de capitais. As mudanças estruturais propiciadas por estes avanços atuaram comprimindo a relação espaço-tempo (HARVEY, 2007;

SWYNGEDOUW, 1989), de modo a redefinir as relações sociais e econômicas entre as diferentes nações e regiões num contexto econômico cada vez mais globalizado. Nessa linha, necessitou-se de um novo entendimento para as vantagens competitivas das empresas (PORTER, 1989) no mercado internacional cada vez mais integrado. O conhecimento e a capacidade de absorção e difusão deste passaram a figurar, então, dentre os diferenciais essenciais para a competição externa, isso fez com que as vantagens competitivas baseadas em preços e escala produtiva perdessem espaço para vantagens baseadas no conhecimento e na inovação.

Por outro lado, ao passo em que a escala global ganhava cada vez mais força a escala regional ressurgia como o lócus da produção e conseqüentemente da inovação. Deste modo, a sistemática retirada da atuação estatal da economia no âmbito nacional a partir da crise do modelo de acumulação Fordista fez com que as localidades passassem a ser entendidas como o ambiente onde se materializa a produção, e onde ocorre sua regulação e seu estímulo (SWYNGEDOUW, 1989). Neste sentido, o sucesso de experiências regionais como a do Vale do Silício, nos Estados Unidos, e a dos distritos industriais da chamada terceira Itália reavivaram a importância da localidade e de suas peculiaridades para o desenvolvimento produtivo trazendo à tona as vantagens da aglomeração industrial e seus reflexos sobre a produção de inovações. Neste contexto, resgatou-se inicialmente a concepção de distritos industriais formulada por Marshall (1890: 1983). Posteriormente vários autores passaram a enfatizar o papel das aglomerações, seja do ponto de vista heterodoxo, na linha dos distritos industriais, seja na linha das formulações da chamada Nova Geografia Econômica condensadas por Fujita, Krugman e Venables (2002).

Do ponto de vista heterodoxo, as vantagens da aglomeração, como a presença de trabalho qualificado, a interação via cooperação e competição, a imersão local e as economias externas, seriam estimulantes da inovação (ASHEIM, 1995). Daí decorreriam as estratégias de desenvolvimento regional via fomento de clusters, distritos industriais, parques tecnológicos entre outros, com o intuito de aproveitamento das vantagens da proximidade física entre os agentes para a introdução da inovação. Todavia, a inovação não emerge somente da existência de um ambiente produtivo marcado pela aglomeração dos agentes. A ascensão das inovações dependeria também da presença de um aparato institucional capaz de sustentar um processo de aprendizado regional convertendo-o na inovação (ASHEIM, 1995).

Assim, passou-se a advogar que deveriam ser criadas, nas regiões, as condições estruturais para que o conhecimento possa nascer e circular em seus limites gerando inovações produtivas visando a sustentar sua competitividade econômica (FLORIDA, 1995). Isto se daria pela implantação e desenvolvimento de instituições de ensino e qualificação profissional e tecnológica e instituições de pesquisa básica e aplicada, sendo que este quadro institucional seria marcado pela sua associação às especializações econômicas regionais. Um desdobramento da presença de uma determinada organização institucional numa dada região corresponde ao estabelecimento de um sistema regional de inovação caracterizado fortemente pela sua imersão regional (ASHEIM, 1995), como será tratado na seção seguinte.

2.3 Os Sistemas de Inovação

2.3.1 Os sistemas nacionais de inovação

A inovação não surge como um fato isolado, mas sim como o desenrolar de um processo envolvendo não só o empreendedor, como também um conjunto de agentes (FREEMAN, 1995a). Logo, apresenta vital importância o entendimento dos fatores que condicionam e motivam a introdução destas inovações pelos empresários, sabendo-se dos seus efeitos para a evolução dos sistemas econômicos.

Nesse sentido, entende-se que há certa correlação entre a ascensão dos processos inovativos e a existência de relações cooperativas entre as firmas e instituições voltadas para a busca e difusão de conhecimentos técnicos e científicos, como universidades, centros de treinamento profissional e centros de pesquisa e desenvolvimento. Os fluxos de informações que se estabelecem entre estes agentes possibilitam que o conhecimento técnico-científico se associe ao conhecimento produtivo, muitas vezes tácito, marcado por habilidades que se estabelecem por meio da rotina de produção dentro dos muros da própria fábrica, fazendo com que a inovação se efetive. Este conjunto de instituições que atua promovendo e facilitando a introdução das inovações nos mercados, através da criação e da difusão do conhecimento e do estabelecimento dos fluxos de informações em direção ao setor produtivo, pode ser definido como Sistema Nacional de Inovação (SNI) (LUNDVALL, 1995). O grau de desenvolvimento destes sistemas de inovação deve ser vislumbrado como um determinante fundamental para a competitividade e o

desenvolvimento econômico das nações onde estes se situam (FREEMAN, 2004). Neste contexto, haja vista o entendimento do termo sistema como um conjunto de elementos e as relações entre estes elementos, deve-se levar em consideração, necessariamente o grau de relacionamento entre as partes do SNI para que sejam compreendidas suas potencialidades e seu nível de desenvolvimento (LUNDVALL, 1995). Estas idéias foram bem sistematizadas e sintetizadas por Mytelka e Farinelli (2003, p. 250) nos seguintes dizeres:

As a conceptual framework, it [the National Innovation Systems] lays emphasis on the process by which enterprises in interaction with each other and supported by a institutions and organizations – such as industry associations, R&D, innovation and productivity centres, standard setting bodies, university and vocational training centres, information gathering and analysis services, and banking and other financing mechanisms – play a role in bringing new products, new processes and new forms of organization into economic use.

Um sistema de inovação pode ser vislumbrado como um ambiente institucional marcado por uma forte componente contextual atuando sobre suas possibilidades de sucesso. Esta componente contextual é definida por serem os aspectos que permitem a ascensão da inovação influenciáveis pelo ambiente em que esta ocorre. Deste modo, é necessário considerar tanto as instituições formais que atuam na promoção da evolução tecnológica, quanto às instituições informais que estabelecem as interações entre as primeiras, como os aspectos culturais e sociais que afetam os fluxos de informações e o aprendizado (JOHNSON, 1995).

Fica, assim, explícito que a inovação não é resultado da atuação isolada de um agente econômico, seja um indivíduo ou uma firma. A inovação é o resultado da atuação de um conjunto de agentes e seus contatos de modo que o setor produtivo se beneficie de insumos, muitas vezes imateriais, provindos de consumidores, instituições públicas, universidades e institutos públicos de pesquisa e desenvolvimento envolvidos num intenso processo de troca de informações.

The institutions involved in scientific and technical activities (the ‘national system of innovation’ in the narrow sense) should therefore be viewed as a network and a one-sided emphasis either on individual people or on individual institutions fails to capture the true nature of innovative entrepreneurship, which is essentially a process of combining multiple inputs (FREEMAN, 1995a, p. 181).

Nesse sentido, pode-se considerar de extrema importância a capacidade de comunicação e interação do setor produtivo com as instituições voltadas para atividades relacionadas a

ciência e tecnologia para que seja assegurado o sucesso do processo inovativo. Logo, entende-se que os elementos de um determinado Sistema de Inovação estariam imersos num processo interativo onde cada componente geraria efeitos sobre os demais dando, assim, origem a um processo dinâmico de promoção do aprendizado e da inovação, sendo possível a identificação de um mecanismo de “causação circular” (LUNDVALL, 1995). Ou seja, verifica-se a existência de externalidades partindo de determinados elementos do SNI e atuando sobre outros elementos deste mesmo sistema de modo a beneficiar o desenvolvimento de um determinado processo de inovação.

Na sua construção do conceito de sistemas de inovação Freeman (1995) retomou a contribuição de List (1841:1983) e seu conceito de ‘Sistema Nacional de Economia Política’, formulado a partir da análise deste autor sobre os processos de desenvolvimento econômico das nações. Uma das principais constatações de List (1841:1983) diz respeito ao uso de políticas para a promoção do aprendizado e uso de novas tecnologias, explicitando em seu trabalho a importância do investimento na acumulação de conhecimento técnico-científico e da utilização econômica do estoque de conhecimento interno. Para ele, as nações que detivessem melhores condições de gerar conhecimento e aproveitá-lo em aplicações econômicas estariam mais propensas ao desenvolvimento. Ao criticar as teorias econômicas clássicas, no que diz respeito ao desenvolvimento econômico das nações, este autor deu importância central ao que chamou “capital mental”. Nas palavras deste autor:

O atual estado das nações é um resultado do acúmulo de todas as descobertas, invenções, melhorias, aperfeiçoamentos e atividades de todas as gerações que viveram antes de nós; constituem o *capital mental da humanidade atual*, e cada nação individualmente é produtiva somente na proporção em que souber apropriar-se dessas conquistas das gerações anteriores e fazê-las crescer por seus próprios recursos [...] (LIST, 1841: 1983, p. 101).

Esse conceito diz respeito à existência de um corpo de trabalho qualificado e que detenha condições de assimilar os desenvolvimentos tecnológicos externos de modo importá-los e adaptá-los à realidade nacional, sendo também capacitado a ponto de criar novos conhecimentos adequados à sua realidade local (LIST, 1841: 1983). Nesse sentido, reflète-se a necessidade de criação de uma estrutura institucional capaz de habilitar a força de trabalho local a integrar este capital mental interno através da presença de sistemas de ensino e treinamento profissional que forneçam subsídios para tal (FREEMAN, 2004).

Torna-se, assim, fundamental a presença de um aparato voltado para a educação superior e profissionalizante na conformação dos sistemas de inovação.

Assumindo-se que a inovação é o fruto dos processos de aprendizado, deve-se então ter em mente que as instituições que formam um determinado sistema de inovação devem necessariamente buscar formas de aprender (JOHNSON, 1995). Nesse sentido, todos os agentes que atuam em meio a um sistema de inovação devem atuar no aprendizado próprio, além de contribuírem para o aprendizado dos outros agentes envolvidos neste processo. Este aprendizado se dá por diferentes vias, podendo se considerar o aprendizado via interação como uma das mais importantes. Por meio desta forma de aprendizado as instituições presentes em um determinado sistema criariam sinergias através de sua interação promovendo um processo de transferência de conhecimento. Portanto, as interações entre as instituições voltadas à criação e à difusão do conhecimento e o setor produtivo forneceria um aprendizado mútuo entre estas duas partes do sistema potencializando suas capacitações para a promoção da inovação. Isso apoiado na constatação que a existência de um “capital mental” é fundamental para o progresso econômico (LIST, 1841: 1983; FREEMAN, 2004), fomenta a idéia que a existência de instituições de ensino e treinamento profissional, materializada na existência de universidades também voltadas às atividades de pesquisa, se coloca como uma das bases essenciais para a construção de um sistema de inovação.

A infra-estrutura relacionada ao sistema educacional tem de deter uma mentalidade relacionada à importância do progresso científico e tecnológico, se colocando como um dos pilares essenciais para consolidação e o avanço inovativo de um sistema econômico. Isso porque a existência de um sistema de ensino superior alinhado aos avanços tecnológicos proporciona a constituição da força de trabalho capacitada a se adequar e a atuar na promoção de inovações. Da mesma forma, a execução da pesquisa básica, desenvolvida quase que exclusivamente em universidades, é fundamental para os posteriores avanços tecnológicos que se desencadeiam em inovações no mercado.

Ademais, em meio a um modelo econômico pautado no mercado internacional, o grau de evolução dos sistemas de inovação atuaria como indutor da competitividade externa das nações (FREEMAN, 2004). Isso ocorreria devido à capacidade de estimular a introdução de inovações em um dado sistema econômico que um SNI bem estruturado detém. Sabendo-se que a maior capacidade de introduzir inovações criaria para um determinado

país maiores ganhos no mercado internacional, pode-se dizer que a presença de um SNI eficiente elevaria a posição desta economia no comércio internacional. Por outro lado, mesmo não sendo o indutor da inovação um determinado agente conseguirá ganhos maiores se estiver em condições de assimilar tal processo inovativo rapidamente de modo a imitá-la ainda em seus primeiros estágios de difusão no mercado. Esta situação somente pode ser verificada caso esse agente conte com a colaboração de um corpo técnico-científico atuando em instituições de ensino e pesquisa (pública e/ou privada), alinhado aos avanços na Fronteira Internacional de Conhecimento Científico, e com pessoal qualificado e capacitado para a execução de tal processo de imitação.

Na medida em que se ampliou o processo de internacionalização dos mercados, os SNI's ampliaram sua importância passando a constituírem diferenciais na competição econômica, independentemente das posições ocupadas pelas nações no mercado internacional, seja para os inovadores ou para os imitadores. Isso porque o que define a sobrevivência de uma firma, ou de uma nação no mercado internacional, no sentido da competição *schumpeteriana*, é sua capacidade de acompanhar e se adequar às novas trajetórias tecnológicas que se estabelecem. Verifica-se, então, que as nações que desejam ocupar uma posição mais central no mercado internacional necessitam de sistemas de inovação bem estruturados. Para isso devem levar em conta, principalmente, o investimento na reprodução do capital mental e em pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico, para que, assim, possam apresentar melhores condições de competitividade e maior grau de desenvolvimento econômico (FREEMAN, 2004).

2.3.2 Os sistemas regionais de inovação e o aprendizado regional

Na década de 1990 foi introduzido o conceito de “Sistema Regional de Inovação” (SRI), o qual ascendeu a partir da busca de novas estratégias para o desenvolvimento regional (COOKE, 1998). Trata-se de uma ponte entre a teoria sobre os sistemas de inovação e a economia regional. Sendo que este conceito dá vital importância a fatores mais comuns às escalas regional e local, ressaltando o papel dos aspectos sociais, políticos e geográficos para a execução da atividade inovativa (OINAS; MALECKI, 1999). A partir daí, além dos outros fatores até então explorados pelos autores alinhados às teorias sobre os sistemas de inovação, os aspectos inerentes à realidade local também passaram a ser observados na compreensão dos processos de mudança tecnológica. Ganhava espaço, assim, a

preocupação pelo entendimento dos reflexos de fatores locais sobre as firmas e os variados agentes na promoção da inovação.

Nesse sentido, surgiram paralelamente à ascensão da economia evolucionária trabalhos teóricos abordando a relação entre a dinâmica regional e os processos inovativos, motivados principalmente pela mudança no paradigma produtivo com a crise do fordismo e a ascensão de novas dinâmicas de produção, como os conceitos de pós-fordismo e especialização flexível. Estes estudos versaram em grande parte sobre temáticas como os parques tecnológicos, as incubadoras de empresas, as redes tecnológicas, os distritos industriais inovativos, as políticas regionais de inovação entre outros. Estes temas constituíam, naquele contexto, interesse das variadas esferas governamentais, sendo consideradas estratégias para o desenvolvimento econômico via inovação (MYTELKA; FARINELLI, 2003). Isso porque, como já mencionado, essa fase foi marcada, sobretudo, pela reorientação da competição para uma esfera voltada para a inovação e para a economia do aprendizado, segundo a qual o conhecimento e suas aplicações aos processos de produção ganharam grande importância para o sucesso comercial das organizações e das regiões e nações (ASHEIM, 1995).

Na escala regional a proximidade física e a partilha de uma realidade social comum entre os agentes promovem situações que estimulam e dão suporte à atividade inovativa. Portanto, o entendimento dos Sistemas Regionais de Inovação leva em conta aspectos sociais e culturais inerentes a um ambiente local e seus reflexos sobre os agentes que se vinculam de variadas formas ao processo inovativo. Assim, essa nova teoria regional assume a importância do *milieu* sociocultural baseado na região onde se formam relações entre os elementos presentes neste sistema (COOKE, 1998). Nesse sentido, haveria todo um contexto ligado à imersão social da firma e dos agentes na partilha de um mesmo contexto local, social e econômico, a qual possibilitaria seu sucesso econômico e inovativo a partir do estabelecimento de pontes para a transmissão do conhecimento entre os agentes (GRANOVETER, 1985).

Essa imersão se daria por um processo histórico de construção de relações entre os agentes e a realidade local pautada numa contínua geração de influências tanto do meio em direção ao agente quanto do agente em direção ao meio. Esse conceito de imersão é mais próximo à idéia de identificação social e regional dos agentes sendo entendido como mais apropriado para a idéia de sistema de inovação que os conceitos de *network* ou de parcerias

comerciais, por envolver determinadas interdependências não transacionais entre os agentes (COOKE, 2001). Portanto, num processo incerto e muitas vezes custoso como o de introdução de uma inovação no mercado a imersão dos agentes num determinado meio estimularia a atividade reduzindo, assim, seus custos dado que facilitaria um processo de contínua troca de informações e em certas etapas facilitaria processos de difusão de conhecimento tácito assim como de conhecimento técnico e científico.

Um determinado sistema de inovação se constrói por meio de instituições que devem estar imersas numa determinada realidade social, cultural e econômica local de forma tal que sejam criadas relações de confiança e fluxos de informação entre os agentes. Este sistema de inovação se estabeleceria também com vistas a gerar os condicionantes para ampliar ou facilitar a imersão destes agentes produtivos de modo a impulsionar e ampliar a criação de inovações. Nesse sentido, a existência de uma condição de imersão como fonte promotora de relações entre os agentes de um determinado sistema se colocaria como a matriz das inter-relações que promovem a inovação. Estas instituições informais definiriam o processo de imersão dos agentes num ambiente regional, a partir de hábitos e costumes, enquanto as instituições formais atuariam dando sustento às atividades inovativas regionalmente localizadas, os dois tipos de instituições em conjunto promoveriam a interação para a difusão do conhecimento.

Por outro lado, o setor produtivo se caracteriza pela sua organização em aglomerações produtivas que definem o caráter regional de uma determinada atividade econômica. Uma aglomeração se forma devido a fatores históricos, naturais ou políticos que geram vantagens para as firmas. Em muitos casos uma determinada aglomeração produtiva possibilita a formação de uma especialização econômica para a região onde esta se localiza. Nesse sentido, as interações verticais e horizontais vigentes nestas aglomerações teriam um importante papel para o seu potencial inovativo (MYTELKA; FARINELLI, 2003). As interações verticais dizem respeito aos fluxos de informação entre produtores e consumidores, sejam estas empresas ou indivíduos, que possibilitam a redução de riscos no processo inovativo entre outros aspectos. Já as interações horizontais são referentes à colaboração entre firmas de um mesmo setor para um determinado processo, ou seja, constitui a cooperação entre potenciais concorrentes. Deste modo, considera-se as aglomerações como principais facilitadores da inovação justamente devido à sua

capacidade de promover a cooperação entre os agentes nela localizados, que se origina a partir da proximidade territorial (ASHEIM, 1995).

Contudo, mesmo estando banhada pelos benefícios da aglomeração, a esfera produtiva não deteria condições de sozinha sustentar os processos inovativos. Ou seja, as empresas por si mesmas não conseguiriam arcar com o processo inovativo em todas as suas fases. Cabe, portanto, às firmas a busca por suporte junto a outros agentes regionais para a consolidação dos processos inovativos. O sistema produtivo estabeleceria, então, fluxos de informações com outros sistemas (educacional e de pesquisa) visando a adquirir bases para fomentar sua atividade inovativa.

Deste modo, o setor produtivo contaria com a atuação de seu ambiente externo, ou seja, com as instituições, localizadas em suas proximidades, que teriam condições de apoiar suas atividades inovativas (OINAS; MALECKI, 1999). Ademais, a presença de uma aglomeração que resulte na formação de uma especialização econômica regional atuaria fazendo com que o ambiente externo às firmas também se alinhasse a esta especialização. Ou seja, as instituições de ensino e pesquisa de uma dada região seguiriam o sentido da especialização da indústria ali estabelecida para seus desenvolvimentos. Tanto a qualificação profissional quanto as atividades científicas de uma região tendem a atuarem orientadas pela atividade econômica de seu ambiente. A aglomeração se colocaria, então, não somente como uma estratégia para a captação dos benefícios da proximidade física em relação às outras empresas como também para a captação dos benefícios da proximidade de um determinado arranjo institucional, envolvendo, sobretudo, instituições responsáveis pela produção de conhecimento que se alinhariam também à realidade econômica local.

Assim, coloca-se como um quesito fundamental para a evolução econômica das regiões, frente à competição via inovações, a transformação das aglomerações produtivas espaciais em sistemas regionais de inovação. Para isso faz-se necessário um esforço consciente de ampliação das interconexões entre os fluxos de conhecimento produtivo internos à aglomeração e os novos conhecimentos técnico-científicos internacionalmente gerados de modo a fomentar a produção inovativa local (OINAS; MALECKI, 1999; MYTELKA; FARINELLI, 2003). Desta forma, a promoção de mecanismos de interação que promovam um transbordamento do conhecimento científico produzido nas universidades e instituições de pesquisa e desenvolvimento para as empresas seria uma das formas de motivação da

atividade inovadora. Este processo estaria relacionado ao grau de imersão local dos agentes responsáveis pela atividade inovativa.

Nesse sentido, tal qual o SNI, um sistema regional de inovação, por estar inserido no paradigma da economia do aprendizado, demanda instituições formais e informais que sustentem processos de criação e captação de conhecimento (COOKE, 1998). Portanto, faz-se necessário que sejam estabelecidos nas regiões os condicionantes para que nestas se desenvolva uma cultura inovativa. Em outros termos, é preciso criar fontes de existência das externalidades locais no sentido de induzir o surgimento de inovações por parte do setor produtivo por meio do processo cumulativo apontado por Lundvall (1995). O grau de interação das firmas com as instituições externas que constituiriam seu ambiente institucional regional se coloca como um fator fundamental para a materialização da inovação, sendo essa interação marcada por fatores que transcendem as relações comerciais tradicionais (OINAS; MALECKI, 1999).

Em meio a isso Florida (1995) afirma que no novo contexto global as regiões se tornam o lugar da criação do conhecimento, ao mesmo tempo em que este é cada vez mais fundamental para sua sobrevivência econômica no cenário internacional e, por isso, aponta a importância da criação de uma estrutura de aprendizado por parte das regiões. Este cenário, que pode ser chamado economia do conhecimento e pelo o qual a competição passa a ser definida pela capacidade interna de geração e captação de conhecimento e sua aplicação aos processos produtivos (DINIZ; GONÇALVES, 2005), define um novo conjunto de estratégias para o desenvolvimento regional. Estas estratégias são baseadas em grande parte na criação de um aparato institucional e infra-estrutural capaz de assegurar a materialização da atividade inovativa.

Sendo a inovação fruto do aprendizado como processo social, o desenvolvimento regional passa, então, pelo esforço de criação de uma estrutura tal que possibilite a estas regiões se tornarem 'regiões de aprendizado' (FLORIDA, 1995; ASHEIM, 1995). A importância da sistematização regional de uma estrutura de aprendizado é referente ao valor deste em meio à economia do conhecimento e de seus reflexos sobre a atividade inovativa.

Learning is viewed as the ultimate virtue, because it represents the capability to respond to new situations, new opportunities, and to participate in the process of creating emergent new Technologies (OINAS; MALECKI, 1999 p.14).

Logo a capacidade de aprendizado de uma região determinaria sua sobrevivência frente a uma economia cada vez mais marcada pela competição em termos de conhecimento técnico-científico.

Uma região de aprendizado, além da infra-estrutura física visando à promoção do fluxo de conhecimento, de idéias e de aprendizado, deve incorporar o que Florida (1995, p.532) chama por “infra-estrutura humana”, sendo esta formada de acordo com as estratégias regionais de desenvolvimento. Esse conceito diz respeito à existência de uma força de trabalho local qualificada e alinhada aos avanços da fronteira internacional de conhecimento técnico-científico. Ou seja, esta infra-estrutura humana deve ser capaz de aplicar suas capacidades adquiridas ao processo produtivo fomentando o grau de competitividade da região. Esta atuação deve-se dar de acordo com a função fundamental dos sistemas regionais de inovação que consiste em adequar os conhecimentos globalmente gerados a uma determinada realidade produtiva. Deste modo, esta força de trabalho qualificada deve se manter atualizada quanto à fronteira de desenvolvimentos científicos e tecnológicos e ser capaz de responder aos seus movimentos possibilitando ao setor produtivo, ao qual se vincula, condições de participar dos processos de mudança tecnológica ou acompanhá-los.

O conceito de infra-estrutura humana e seus desdobramentos para o desenvolvimento regional apresentam, então, uma forte semelhança com as formulações sobre o conceito de ‘capital mental’, esboçado por List (1983: 1841). O que isso deixa claro é que tanto na esfera nacional como na esfera regional, um sistema de inovação deve possuir condições para qualificar sua força de trabalho ao ponto que esta seja capaz de produzir e incorporar novas formas de conhecimento técnico-científico. Deste modo, a presença de universidades e centros de treinamento que detenham condições de fornecer esta infra-estrutura humana coloca-se como uma das principais estratégias para o ganho de competitividade e para o desenvolvimento regional através do estabelecimento de um sistema regional de inovação. Ademais as universidades apresentam um papel fundamental ao estarem entre os principais fornecedores de informações técnico-científicas para as firmas inovadoras (COOKE, 1998).

Visto isso, temos que as capacidades locais de gerar e absorver conhecimento e aplicá-lo ao processo de produção figuram dentre os novos determinantes locais na atual dinâmica de desenvolvimento (DINIZ; GONÇALVES, 2005). A presença de um sistema

regional de inovação imerso à realidade local e capaz de gerar uma infra-estrutura humana e pontes junto ao sistema produtivo capazes de promover o aprendizado regional e a competitividade da região frente ao mercado internacional, por meio de seu potencial inovativo, se coloca, então, como uma estratégia chave para os processos de crescimento e desenvolvimento regional.

2.4 O arranjo institucional Mineral-Metalúrgico de Minas Gerais como sistema regional de inovação

Tendo em vista os objetivos do presente trabalho buscar-se-á caracterizar o que se entende por sistema de inovação mineral-metalúrgico de Minas Gerais. Este setor, que constituiu uma das principais áreas de atuação econômica do estado de Minas desde as primeiras tentativas de implantação da fabricação de metais no Brasil, tem história e dinamismo diferenciados em relação a outros setores no que diz respeito à sua atividade tecnológica, sendo esta em grande parte influenciada pela presença de instituições voltadas para a atividade de ensino e pesquisa.

As bases institucionais deste sistema de inovação particular remetem ao século XIX, com a criação da Escola de Minas de Ouro Preto, que deu origem à atual Universidade Federal de Ouro Preto, e seu empenho na formação de uma força de trabalho altamente qualificada para os padrões brasileiros da época. Destaca-se também sua intensa atividade de pesquisa, dado que a Escola de Minas foi o berço da produção científica nas áreas de geologia e mineralogia no país entre as últimas décadas daquele século e as primeiras do século XX.

À Escola de Minas de Ouro Preto veio se somar a Escola de Engenharia de Belo Horizonte, criada em 1911, vindo a ser parte da Universidade de Minas Gerais (UMG), posteriormente federalizada como UFMG. A criação dos cursos de Engenharia Metalúrgica e de Minas da Escola de Engenharia da Universidade de Minas Gerais nas décadas de 1940 e 1950 reforçou o aparato institucional deste sistema de inovação. Esta universidade contribuiu intensamente para a formação de pessoal qualificado e para a produção científica no campo mineral-metalúrgico, abrigando uma pós-graduação em engenharia metalúrgica e de minas que se destaca pela interação com o setor produtivo.

Na década de 1940 foi criado pelo governo do estado o Instituto de Tecnologia Industrial (ITI), o qual foi vinculado à Escola de Engenharia da UMG. O ITI apresentou em seus

quadros grande participação de pesquisadores egressos da Escola de Minas de Ouro Preto, atuando de forma intensa na produção tecnológica do estado, contudo sofreu com problemas administrativos e burocráticos ao longo de sua existência. Na década de 1970 o ITI foi incorporado ao recém criado Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC). Àquela época o ITI se encontrava no cume de sua crise administrativa enquanto o CETEC havia sido criado com o objetivo de estimular o setor produtivo do estado por meio do desenvolvimento tecnológico. Nesse sentido, o CETEC se destinou a desenvolver atividades de P&D em variados ramos de atividade, inclusive na metalurgia, num contexto no qual se vislumbrava uma retomada do desenvolvimento da economia mineira. Deste modo, o CETEC atua desde sua fundação prestando serviços tecnológicos para o setor produtivo e estabelecendo uma ponte entre a atividade científica e as empresas.

A esfera produtiva deste sistema começa a se formar no século XIX com a instalação de forjas e altos-fornos com vistas a utilizar o minério de ferro abundante no estado. Mas, a consolidação deste sistema foi impulsionada somente no decorrer do século XX, com a implantação de grandes unidades siderúrgicas a carvão vegetal, a partir da Cia. Belgo-Mineira, criada em 1921, e outras como a ACESITA e a Mannesmann, nas décadas de 1940 e 1950, e, posteriormente, das siderúrgicas a coque, como a USIMINAS e a AÇOMINAS, nas décadas de 1960 e 1980 (DINIZ, 1981). Por meio da instalação destas unidades produtivas foi formado em Minas Gerais um moderno e grandioso parque siderúrgico, responsável pela maior parcela da produção brasileira de aço durante a quase todo o século passado. Além do parque siderúrgico, outras atividades relacionadas à mineração e à metalurgia de outros metais se instalaram no estado. Cabe mencionar a atuação da Cia. Vale do Rio Doce, criada em 1942, e que é a principal mineradora brasileira com importância internacional e grande atuação tecnológica. A metalurgia do alumínio também tem destaque tendo seu impulso inicial em Minas Gerais com a instalação da Eletroquímica Brasileira S. A. – ELQUISA, que iniciou operações em 1945 em Ouro Preto. A produtora de alumínio fundada pelo empreendedor mineiro Américo Gianetti foi posteriormente adquirida pelo grupo canadense Alcan.

Assim, foram criados ao longo daquele século um sistema institucional e um sistema produtivo que juntos fundamentaram um sistema de inovação diferenciado. Este sistema ganhou consistência ao longo dos anos com o estabelecimento de inter-relações entre as instituições de ensino superior e pesquisa e as grandes empresas, a partir de articulações

entre o sistema de pós-graduação e as siderúrgicas presentes em Minas Gerais, por meio de convênios e parcerias entre estas partes deste arranjo institucional (PAULA E SILVA, 2007; SÁ, 1984). Nesse sentido, a presença de instituições de ensino e pesquisa de excelência e sua associação com setor produtivo dedicado a este ramo de atividade têm culminado num vigoroso processo de transferência de conhecimento e criação científica e tecnológica neste estado.

Atualmente, tanto a UFMG quanto a UFOP podem ser consideradas centros de excelência na formação de recursos humanos nesta área. Isto por contarem com cursos de graduação e pós-graduação de reconhecimento nacional e internacional e atuarem na condução de pesquisas alinhadas a uma das especializações econômicas do estado (LEMOS; DINIZ, 1999). Tal condição contribui para que neste setor em Minas Gerais se encontre uma das características que Florida (1995) aponta como fundamentais para a manutenção de competitividade internacional das regiões frente à economia global, a presença de uma infra-estrutura humana. Estas instituições apresentam, ainda, fortes interações envolvendo o setor produtivo em vários aspectos. Cita-se a condução de pesquisas conjuntas com o setor privado ou sob encomenda de empresas e a existência de convênios abarcando atividades de treinamento e qualificação de mão-de-obra ocorrendo em Minas Gerais (RAPINI et al., 2006). Há, portanto, neste sistema de inovação outra das características chave para a evolução do processo inovativo, a cooperação entre os agentes que atua de forma a disseminar o conhecimento internamente gerado propiciando a materialização das externalidades geradas pela presença de tal arranjo institucional. Isso proporciona um ambiente facilitador para a execução das atividades tecnológicas por parte das siderúrgicas mineiras impulsionando seu potencial inovativo.

Influenciadas pela presença destas instituições de pesquisa e de uma força de trabalho altamente qualificada para o setor, as empresas constituintes do parque siderúrgico mineiro se esforçaram em implantar no estado laboratórios de P&D e atuar intensivamente no fomento da produção tecnológica. A participação destas na produção tecnológica do estado teve ao longo dos anos uma posição de destaque em relação às demais atividades econômicas presentes em Minas Gerais. Albuquerque (2007) identifica a considerável participação de empresas relacionadas ao setor mineral-metalúrgico dentre as principais depositantes de patentes do estado, com especial destaque para as siderúrgicas, o que pode ser identificado como um sinal da intensa produção tecnológica deste setor em Minas

Gerais é um reflexo da existência de um ambiente institucional propício ao desenvolvimento inovativo. Para este autor as empresas ligadas à siderurgia detêm um papel relevante na produção tecnológica do estado devendo, assim, incrementar seu potencial para o aproveitamento das “janelas de oportunidade” que se abrem no atual contexto, dado o seu peso para o conjunto da economia mineira.

O estabelecimento desde o século XIX de unidades produtivas associada à implantação de uma estrutura institucional de ensino e pesquisa, iniciada com a Escola de Minas e desenvolvida ao longo do século XX, podem ter contribuído positivamente para o surgimento de uma cultura inovativa na siderurgia de Minas Gerais. Logo, a convivência em um mesmo ambiente regional possibilitou a estas unidades produtivas, aos trabalhadores do ramo e aos pesquisadores o estabelecimento de fluxos de informação e relações de confiança e cooperação.

Logo, frente a um novo paradigma no cenário internacional, o da economia global as empresas que compõem o parque siderúrgico de Minas Gerais encontram-se em uma condição diferenciada. Isso, pois, contam com um aparato institucional apto a dar suporte à sua atividade inovativa. Este aparato institucional pode ser identificado como um sistema regional de inovação específico, delimitado por fatores locais, culturais e sociais. Nesse sentido, justifica-se a importância do entendimento dos determinantes para o sucesso inovativo da atividade siderúrgica mineira e qual é o efeito gerado por este sistema de inovação na atividade tecnológica deste setor industrial.

3 A FORMAÇÃO DO PARQUE SIDERÚRGICO DE MINAS GERAIS

3.1 Os primeiros desenvolvimentos da atividade Siderúrgica em Minas Gerais

Situam-se no século XVI as primeiras referências a respeito das possibilidades de produção de ferro e artigos metálicos no Brasil, em especial no atual estado de São Paulo. Lá foram identificadas as primeiras reservas de minério de ferro no país, sendo lá também instaladas as primeiras forjas destinadas à produção de utensílios leves para o consumo doméstico (BAER, 1970), contudo sem que houvesse um desenvolvimento posterior desta atividade nos séculos seguintes. A partir do século XVIII, em função do descobrimento e exploração de ouro e diamantes em Minas Gerais houve uma crescente necessidade de instrumentos para a atividade mineradora, o que poderia figurar como um estímulo ao crescimento da produção de artigos metálicos no país (BAETA, 1970). Porém, os possíveis interesses internos de implantação de atividades industriais em território colonial foram proibidos pela metrópole, Portugal, por meio do Alvará de D. Maria I, de 1785. Assim, não ocorreram grandes esforços para estabelecimento de uma indústria siderúrgica no país até o século XIX.

No início do século XIX registrou-se o primeiro esforço com o objetivo de instalar no Brasil uma indústria siderúrgica. Em 1801 foram iniciadas as obras da Fábrica de Ipanema, na região de Sorocaba no estado de São Paulo, primeira iniciativa brasileira visando à produção industrial de artigos metálicos com o objetivo de explorar reservas de minério encontradas naquele estado. A implantação da Fábrica de Ipanema foi extensa e conturbada, se arrastando por dezessete anos, tendo sua produção somente se iniciado em 1818. Esta fábrica passou por uma série de dificuldades no decorrer de sua história ao longo do século XIX. Paralisações temporárias de suas operações a competição com produtos importados de maior qualidade e menores custos foram algumas das principais dificuldades enfrentadas pela fábrica paulista. Demasiado foi o esforço estatal no sustento da Fábrica de Ipanema ao longo de sua história, sendo esta definitivamente fechada no ano de 1895. (BAER, 1970; GOMES, 1983).

Mesmo com o pioneirismo paulista na construção da Fábrica de Ipanema, o primeiro alto-forno a funcionar neste país se localizou em Minas Gerais. Este pertenceu à Fábrica Real do Morro Gaspar Soares, ou Fábrica do Morro do Pilar, como ficou conhecida, situada no atual município de Morro do Pilar localizado na zona metalúrgica do estado. A partir de fundos governamentais e da supervisão de Manuel Ferreira da Câmara Bethencourt e Sá, ou Intendente Câmara, um dos precursores da siderurgia no Brasil, foi iniciada a construção da fábrica em 1809, sendo que o alto-forno começou a operar em 1814, com sua produção majoritariamente destinada à mineração de diamantes no estado. Contudo, a Fábrica do Morro do Pilar teve vida curta, encerrando suas atividades em 1831. Problemas estruturais e econômicos, como a ausência de mão-de-obra qualificada e a competição externa, aliados ao planejamento falho, reflexo da pouca experiência brasileira nessa atividade, determinaram a não sobrevivência desta iniciativa (BAER, 1970; GOMES, 1983).

As outras tentativas de se implantar a produção siderúrgica em Minas Gerais de maior relevância durante a primeira metade do século XIX tiveram origem na iniciativa privada, mais especificamente no empreendedorismo de dois estrangeiros, Eschwege e Monlevade. O primeiro, Guilherme de Eschwege, de origem alemã chegou ao Brasil acompanhando a família real e foi destinado a Minas Gerais em 1811 com o intuito de realizar explorações mineralógicas (BAETA, 1973). Este com a intenção de ser o primeiro a produzir ferro de forma industrial no Brasil e consciente das possibilidades da produção deste artigo naquele período instala em Congonhas do Campo sua fábrica, denominada Patriótica, a qual começou a operar em 1812, ou seja, ainda antes da Fábrica do Morro do Pilar. A fábrica de Eschwege fazia uso de um método de produção defasado em relação às Fábricas de Ipanema e Morro do Pilar. Nesse sentido, ao invés dos alto-fornos instalados nestas Fábricas Eschwege utilizava forjas catalãs no processo de produção do ferro⁴. Embora atingisse uma escala produtiva inferior, a fábrica contava com os conhecimentos e a experiência de seu fundador que em variados momentos se fizeram sentir falta nas iniciativas de maior porte. A fábrica Patriótica também teve vida curta encerrando suas

⁴ Trata-se do uso de pequenos fornos denominados catalães, muito difundidos na idade média, e destinados à redução direta do ferro. Dentre os tipos de forjas empregadas em Minas Gerais no século XIX (além das forjas catalãs foram utilizados o método dos cadinhos e as forjas italianas) este era considerado o de maior produtividade, todavia exigia preparo técnico mais qualificado para sua operação ficando restrito às forjas que contavam com técnicos mais capacitados, como as de Eschwege e Monlevade (BAETA, 1973). Entretanto, seu nível de complexidade em termos operacionais, assim como sua eficiência produtiva, era menor que o dos altos-fornos, quando bem operados.

atividades já em 1820, oito anos após começar a operar (BAER, 1970; GOMES, 1983; BAETA, 1973).

Já Jean Antoine de Monlevade chegou ao Brasil em 1817 com o interesse de aplicar seus conhecimentos relacionados à metalurgia, adquiridos durante os estudos na França, onde nasceu. Em 1825 deu início, em São Miguel do Piracicaba, à construção de uma fábrica para a produção de ferro utilizando o método das forjas catalãs. Sua fábrica se destinou a produzir ferramentas e implementos para a agricultura e mineração de ouro e diamantes (BAER, 1970). A forja de Monlevade, como ficou conhecida, foi considerada a mais importante e bem sucedida de Minas Gerais à época tendo, funcionando até fins daquele século, iniciando sua decadência somente após a morte de seu fundador em 1872 (BAETA, 1973).

Estas três iniciativas em Minas Gerais, mais a de Ipanema, sofreram com a maior competitividade de produtos importados, seja devido às melhores técnicas de produção estrangeiras ou pelos tratados de comércio favoráveis à indústria da Inglaterra aos quais se submeteu a economia brasileira, ou ainda devido a problemas estruturais internos, como os relacionados a transportes e energia. Outro ponto, neste sentido, consiste no retorno de D. João VI a Portugal, o que resfriou os esforços brasileiros na tentativa de se implantar a siderurgia industrial no país, devido à partida de um dos seus principais motivadores. Some-se a isso a instabilidade política que foi instaurada e a decorrente dificuldade financeira que passou a se verificar naquele período no país (BAETA, 1973). Estes podem ser considerados os principais determinantes da decadência das tentativas de se implantar a siderurgia industrial em Minas Gerais e no Brasil durante o século XIX. Todavia, mesmo constituindo insucessos, a presença destas fábricas pioneiras pode ser considerada um divisor de águas na siderurgia mineira, já que marcaram a passagem de uma condição de produção de ferro doméstica, como ocorria até o início do referido século, para um nível industrial. Estas iniciativas pioneiras irradiaram sobre o território mineiro a possibilidade da produção industrial de ferro e de artigos metálicos, a partir criação de uma mentalidade setorial e de uma força de trabalho voltada a estas atividades.

Porém, mesmo neste contexto de dificuldades para as fábricas de maior porte, as atividades de fundição e fabricação de ferro não foram abolidas do cenário econômico mineiro. Durante boa parte do século XIX até a expansão das ferrovias as forjas foram o sustentáculo principal da siderurgia mineira. De acordo com estudos da época, se

encontravam em Minas Gerais em 1821 cerca de 30 forjas, configurando uma produção de aproximadamente 120 toneladas por ano. Embora de forma lenta, o número de forjas e a produção foram sendo ampliados ao longo dos anos. Em 1864 neste estado se encontravam 120 forjas as quais produziam 1550 toneladas por ano (BAER, 1970). Assim, estas forjas instaladas em Minas, apesar de constituírem pequenos estabelecimentos de tecnologia defasada e pouco produtiva, sustentaram a produção de artefatos metálicos neste estado durante a maior parte do século XIX.

Todos estes desenvolvimentos produtivos relacionados à siderurgia mineira no decorrer do século XIX, como as fábricas do Morro do Pilar, de Eschwege e Monlevade mais as forjas, atuaram gerando condições para que se firmasse o ambiente no qual esta atividade se desenvolveria efetivamente no século seguinte (BAER, 1970; BAETA, 1973). Contudo, durante a maior parte do século XIX prevaleciam no estado entraves estruturais para que esta atividade deslanchasse no cenário econômico nacional, sendo uma parcela destes amenizados somente ao fim deste século como com a criação da Escola de Minas em 1876, na cidade de Ouro preto, sendo esta, após os feitos de D. João VI, o maior esforço do governo para a promoção da atividade siderúrgica brasileira (BAETA, 1973). Esta não só atuou na formação de profissionais como também atuou auxiliando o setor produtivo em suas demandas, como na elaboração de projetos e estudos (CARVALHO, 2002), rompendo algumas das várias barreiras que se colocavam para a ascensão da siderurgia mineira. Sob a influência dos mestres da Escola de Minas, em grande parte franceses, e sustentada pela existência de uma força de trabalho qualificada, foi possível que a siderurgia mineira entrasse na fase dos alto-fornos já nas últimas duas décadas do século XIX. Verificando-se, assim, uma mudança de mentalidade entre os empreendedores da época, que passaram a privilegiar métodos mais modernos de produção em detrimento das formas arcaicas de produção nas quais se sustentavam a maioria das fábricas presentes em Minas até então.

Inaugurando essa fase dos altos-fornos na, ainda, incipiente siderurgia de Minas Gerais foi fundada a Usina Esperança, nas proximidades de Itabirito, por Amaro da Silveira, Carlos da Costa Wigg, Henrique Hergreaves e Jean Gerspacher, em 1888. O último destes, de origem francesa, era metalurgista e havia sido diretor da usina Audincourt, em seu país natal, antes de vir ao Brasil por convite de Henri Gorceix (CARVALHO, 2002). Deste modo, verifica-se a influência indireta da Escola de Minas, por meio da atuação de seu primeiro diretor. O alto-forno pertencente a esta usina, o qual utilizava como combustível

carvão vegetal, foi construído sobre a supervisão de Gerspacher, que ocupava o cargo de diretor técnico da usina que se instalava em Itabirito, sendo o primeiro a funcionar no Brasil após as tentativas do início do século XIX.

A Esperança contava com uma excelente localização, próxima às fontes de matérias-primas, às fontes de energia hidráulica e à Ferrovia Central do Brasil, por onde era escoada a sua produção. Porém, a escassez de recursos por parte de seus fundadores limitaria as possibilidades de desenvolvimento da Usina que passou ao controle do filho de Jean Gerspacher, Joseph Gerspacher, e em 1891 foi adquirida pela Cia. Nacional de Forjas e Estaleiros (GOMES, 1983; BAETA, 1973). Posteriormente a Usina Esperança foi renomeada e passou a ser chamada Usina Queiroz Junior, em homenagem ao empresário que a adquiriu junto à Cia de Forjas e Estaleiros, em 1899 (GOMES, 1983). Sob o controle da Cia de Forjas e Estaleiros e do industrial Queiroz Jr. a Usina passou por várias reformulações e ampliações de sua capacidade produtiva baseadas na aquisição de novos equipamentos e melhorias de suas instalações e principalmente de seu alto-forno. Segundo informações de 1894, naquele período a Usina Esperança produzia anualmente cerca de 2 mil toneladas de ferro, atendendo não somente ao mercado mineiro como também outras regiões do país (BAETA, 1973). A Usina chegou também a utilizar o alto-forno da Usina Wigg, localizada em Miguel Burnier, distrito de Ouro Preto, e que foi construído com o auxílio técnico de professores da Escola de Minas. A Usina Wigg, que foi inaugurada em 1893 por Joseph Gerspacher e Carlos Wigg, como desdobramento da usina de Itabirito, foi absorvida posteriormente pela Usina Esperança que, assim, ampliou sua capacidade produtiva naquele período. A instalação de Itabirito permaneceu sob o nome de Usina Queiroz Jr durante quase todo o século XX, sendo incorporada pela VDL Siderurgia, em 1994.

A importância histórica da Usina Esperança diz respeito ao seu papel em abrir caminho para a siderurgia em grandes usinas baseadas no uso do alto-forno em Minas Gerais, a qual se desenvolveu no decorrer do século XX. Por isso foi objeto de cuidadosos estudos de professores da Escola de Minas de Ouro Preto, como Paul Ferrand e Clodomiro de Oliveira, que desenvolveram trabalhos sobre a indústria do ferro e a metalurgia em Minas Gerais naquele período, e fonte de motivação para a atuação empresarial de alguns de seus ex-alunos. Sem dúvidas parcela do sucesso da Usina Esperança pode ser creditada à atuação e à experiência de Jean Gerspacher na construção de seu alto-forno como também

as alterações no ambiente mineral-metalúrgico de Minas Gerais que facilitariam o desenvolvimento da fase dos altos-fornos na siderurgia mineira no fim do século XIX, nesse sentido tem especial importância o início das atividades na Escola de Minas.

Algumas décadas mais tarde, já no início do século XX, foi fundada a Companhia Siderúrgica Mineira (CSM) por dois engenheiros formados pela Escola de Minas de Ouro Preto, Cristiano Guimarães e Amaro Lanari. Seus fundadores contaram com o projeto do engenheiro Alberto Augusto de Magalhães Gomes, professor da Escola de Minas, para construir um alto-forno a carvão vegetal com capacidade para produzir 25 toneladas ao dia no município de Sabará, em 1917. No ano de 1920 começou a funcionar este alto-forno que, contando com uma estrutura considerada moderna para a época em que foi concebido, “[e]ra o maior então posto em marcha em Minas Gerais (e no Brasil)” (GOMES; 1983, p. 189). Este projeto que foi fruto do empreendedorismo de dois engenheiros da Escola de Minas foi também o ponto de partida da criação do moderno parque siderúrgico de Minas Gerais, mostrando a influência positiva da Escola para o desenvolvimento desta atividade no estado. Isso porque a partir da estrutura da CSM foi criada a primeira grande usina siderúrgica do estado, a Cia. Belgo-Mineira.

QUADRO 1 – Principais empreendimentos siderúrgicos em Minas Gerais entre 1812 e 1920

Empreendimento	Fundador	Localidade	Método de Produção	Início das Operações	Fim das Operações
Fábrica Patriótica	Eschwege	Congonhas do Campo	Forjas catalãs	1812	1820
Fábrica do Morro do Pilar	Intendente Câmara	Morro do Pilar	Alto-Forno	1814	1831
Fábrica de Monlevade	Jean Monlevade	Rio Piracicaba	Forjas catalãs	1825	1890
Usina Esperança/ Queiroz Jr	Amaro da Silveira, Joseph Gerspacher e Carlos da Costa Wigg	Itabirito	Alto-Forno	1888	1991
Cia Siderúrgica Mineira	Cristiano Guimarães e Amaro Lanari	Sabará	Alto-Forno	1920	1921

Fonte: Elaboração própria a partir de Baer (1970), Baeta (1973) e Gomes (1983).

O QUADRO 1 apresenta as principais iniciativas visando à fabricação de artigos metálicos no estado de Minas Gerais entre o início do século XIX e a segunda década do século XX. Como pode ser verificado o empreendimento siderúrgico de vida mais duradoura foi a Forja de Monlevade, baseada no método das forjas catalãs, atrasado em relação ao uso do

alto-forno, contudo mais bem sucedido até fins do século XIX, dado o pouco sucesso das iniciativas baseadas no uso dos altos-fornos, como a de Morro do Pilar. Somente ao fim do século XIX o uso de altos-fornos em Minas Gerais é bem sucedido, com a Usina Esperança e os empreendimentos que foram instalados no estado posteriormente.

Pode-se entender, então, que somente a partir do amadurecimento de uma cultura produtiva em Minas Gerais no decorrer do século XIX, baseada nas forjas que se mantiveram por meio do uso de tecnologias produtivas menos avançadas, que se conseguiu implantar no estado uma produção siderúrgica baseada no uso dos altos-fornos. Sendo que a utilização dos altos-fornos se consolidou apenas após a instalação da Escola de Minas, em Ouro Preto. Nesse sentido, o fracasso da Fábrica do Morro do Pilar em utilizar um alto-forno prematuramente no estado pode ser creditado, além de outros fatores de ordem econômica e política, ao baixo grau de desenvolvimento de uma cultura produtiva interna, àquela época, bem como à inexistência de apoio técnico. A perpetuação das forjas no decorrer daquele século e a inauguração da Escola de Minas suprimiram tais entraves e criaram condições para que a fase dos altos-fornos se iniciasse em Minas Gerais ainda em 1888.

3.2 A Cia. Belgo-Mineira, a ascensão da siderurgia em Minas Gerais e o desafio da siderurgia brasileira a carvão vegetal

Em 1920 o rei Alberto II da Bélgica visitou Minas Gerais e acertou juntamente com o presidente do estado Artur Bernardes a cooperação de seu país na promoção da siderurgia mineira. No ano seguinte chegaram a Minas representantes do grupo belga ARBED (*Acieries Reunies de Burbach-Eich-Dudelange*), o qual decidiu investir na siderurgia de Minas Gerais absorvendo e ampliando a CSM, que passou, então, a se chamar Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira (BAER, 1970; GOMES, 1983). A empresa que se originava detinha dimensões tais que o seu capital inicial representava cerca de 25% da receita estadual de Minas Gerais no ano de 1921. Porém, a Belgo-Mineira se deparou logo em sua concepção com o desafio de produzir em larga escala com o uso de carvão vegetal, apesar de seus controladores se originarem da Europa onde a siderurgia se desenvolvera a base do

coque mineral⁵. A favor da Belgo-Mineira frente a este desafio estavam a experiência que os belgas detinham nos grandes empreendimentos siderúrgicos e a experiência local dos mineiros no uso de fornos a carvão vegetal (GOMES, 1983). A Escola de Minas também exerceu papel fundamental, neste contexto, ao fornecer pessoal qualificado e localmente identificado para a siderúrgica, assim como começava a ocorrer com a Escola de Engenharia de Belo Horizonte, criada em 1911.

A usina de Sabará foi expandida a partir da estrutura adquirida da CSM. Foram construídos três fornos Siemens-Martin para a fabricação de aço⁶, sendo que o primeiro deles começou a funcionar em 1925 juntamente com os trens de laminação. Isso fez da usina de Sabará a primeira usina siderúrgica integrada da América Latina, ou seja, a primeira a fabricar laminados de aço a partir do ferro gusa por ela própria fabricado (GOMES, 1983).

O sucesso da usina de Sabará na produção com carvão vegetal incentivou a expansão dos investimentos da Belgo em Minas Gerais. Em 1934 começaram as obras da nova usina no município de João Monlevade, nas proximidades da região onde mais de um século antes o engenheiro francês Jean Monlevade deu início ao mais virtuoso empreendimento siderúrgico no estado no decorrer do século XIX. Em 1937 o alto-forno da usina da Belgo-Mineira em Monlevade começou a operar e a primeira corrida de aço foi no ano seguinte. Já em 1940 a Belgo-Mineira tornou-se a maior siderúrgica integrada da América Latina chegando a ser considerada a mais importante unidade produtiva de aço no mundo a utilizar o carvão vegetal (BAER, 1970; GOMES, 1983).

Para se ter uma noção da dimensão da Cia. Belgo-Mineira no cenário nacional, àquela época, tem-se que enquanto a produção nacional de lingotes de aço foi de 74 mil toneladas, em 1936, somente a usina de Sabará produziu 31 toneladas deste montante. Em 1940 a produção de laminados de aço no Brasil foi de 135 mil toneladas, sendo que a usina de

⁵ A grande siderurgia conta com quatro etapas no processo produtivo. Inicialmente o minério de ferro é preparado e o carvão mineral é transformado em coque para sua introdução no alto-forno, esta primeira etapa é chamada Preparação das Cargas. O carvão vegetal não necessita ser transformado em coque. A etapa seguinte é denominada Redução, pela qual o minério de ferro preparado e o coque, ou o carvão vegetal, são inseridos no alto-forno para que seja produzido o ferro gusa. No Refino, o ferro gusa é transformado em aço por meio de métodos de aciaria. A última fase é a Laminação, na qual o aço é processado, ganhando uma forma final, com a qual é levado ao mercado.

⁶ Os fornos Siemens-Martin foram desenvolvidos na década de 1860, sendo utilizados na siderurgia para o refino do ferro gusa e sua transformação em aço, sendo esta uma das técnicas de aciaria utilizadas na etapa de refino no processo siderúrgico. Os fornos Siemens-Martin foram amplamente utilizados até a década de 1960, perdendo espaço, posteriormente, para os conversores a oxigênio (FERREIRA, 1993; PINHO; OLIVEIRA, 2002).

Monlevade sozinha produziu 96 mil toneladas, cerca de 70% do total (BAER, 1970). Já a produção mineira de aço subiu, entre 1936 e 1950, do patamar de 31 mil toneladas para o patamar de mais de 170 mil toneladas, baseada na atuação da Belgo.

Posteriormente, a siderúrgica efetuou recorrentes expansões de sua capacidade produtiva chegando a produzir 361 mil e 640 mil toneladas de aço em 1971 em 1961, respectivamente (CSBM, 1963; 1972). A capacidade produtiva da siderúrgica continuou a ser ampliada nas décadas subseqüentes, com a empresa alcançando a marca de mais de 1,5 milhão de toneladas produzidas de aço bruto, em 1995. Atualmente as unidades produtivas da Belgo-Mineira instaladas em Minas Gerais têm capacidade produtiva de 2,3 milhões de toneladas de aço por ano (IBS, 2008).

Esta usina representa um outro grande avanço para a siderurgia brasileira, o qual transcende à sua contribuição para o aumento da produção de aço. Este avanço ocorreu em termos do processo de produção. O sucesso desta usina nas melhorias dos processos de produção com uso do carvão vegetal fez desta a mais importante usina do mundo a operar com este material (GOMES, 1983). Esta bem sucedida experiência brasileira serviu de exemplo para outras nações que ambicionavam implantar a siderurgia em escala industrial baseada no uso do carvão vegetal.

Sabe-se que a ausência de reservas de carvão mineral de boa qualidade obrigou à siderurgia brasileira à adequação de seus métodos produtivos ao uso do carvão vegetal. Nesse sentido, a Belgo-Mineira teve especial importância para o desenvolvimento da siderurgia brasileira a base deste tipo de carvão, pois, foi a primeira grande siderúrgica do país, e apresentou demasiado esforço em busca de melhorias no processo de produção com carvão vegetal. Pode-se dizer que a siderúrgica resultante dos investimentos europeus em Minas Gerais abriu as portas para a produção de aço em escala industrial no Brasil por meio do carvão vegetal, sendo posteriormente seguida por outras usinas que também se utilizaram deste tipo de carvão⁷. Esta chegou ainda a ser considerada uma escola da siderurgia prática no país irradiando seus conhecimentos internamente produzidos, a partir da atividade produtiva com este material redutor, para as demais unidades produtivas que se instalariam em Minas Gerais (ABM, 1975).

⁷ Após a iniciativa da Cia. Siderúrgica Belo-Mineira, também começaram a operar em Minas Gerais utilizando carvão vegetal a Cia. de Ferro Brasileiro (1925), a ACESITA (1944) e a Mannesmann (1954).

Mesmo partindo de uma tradição européia baseada no uso de carvão mineral os controladores da Belgo buscaram, então, uma adequação à realidade produtiva mineira. Neste sentido, em documento de 1955, a Belgo-Mineira afirmava a importância do uso do carvão vegetal no Brasil frente à escassez de reservas de outros combustíveis sólidos no país. Da mesma forma demonstra a preocupação da empresa com o desenvolvimento de práticas produtivas:

Muito se tem falado sobre as vantagens e desvantagens desse tipo de siderurgia [com uso de carvão vegetal]. Outros países, com vastas reservas carboníferas minerais, próprias ou acessíveis, puderam abandoná-la. O mesmo, no entanto, não se dá em nosso país, onde a siderurgia a carvão de madeira tem um papel vital a desempenhar, encarecendo, para esse fim, a necessidade de esforços técnicos e econômicos no sentido de seu aperfeiçoamento e renovação constante (CSBM, 1955, p. 1).

Essa mentalidade apresentada pela Belgo demonstra que a empresa, ao se defrontar com o desafio de produzir à base deste redutor, não mediria esforços em busca de soluções para alcançar níveis de produção eficientes e competitivos, como de fato ocorreu. Afirma também a imersão da empresa de originária do investimento belgo-luxemburguês à realidade e às possibilidades produtivas locais em Minas Gerais. Dentre os esforços da Belgo nesse sentido pode se fazer referência à construção de uma usina de sinterização que propiciou o uso de um minério mais redutível nos altos-fornos, ou seja, facilitava-se o processo produtivo, o que geraria uma economia de 25% no uso de carvão vegetal (CSBM, 1955). Este é apenas um exemplo das melhorias incorporadas pela Belgo-Mineira na tentativa de encontrar formas de produzir competitivamente a base de carvão vegetal. Fato é que ao longo da sua história a experiência da Belgo foi marcada pelo sucesso. A empresa foi desde sua fundação até a década de 1940 o sustentáculo da siderurgia brasileira, provando a viabilidade da produção industrial a base do carvão vegetal e dando início ao desenvolvimento, no Brasil, de uma tecnologia siderúrgica própria baseada neste tipo de redutor. Sendo que: “esse resultado foi conquistado pelo contínuo aperfeiçoamento da seleção e do preparo das matérias-primas, da técnica de operação e do controle do processo. Por isso os índices de produtividade foram progressivamente melhorados, atingindo valores sem paralelo” (ABM, 1975, p. 1).

O desenvolvimento de uma tecnologia nacional baseada na produção siderúrgica com carvão vegetal despertou o interesse externo. Isso motivou a *United Nations Industrial Development Organization* – UNIDO – a solicitar junto à Associação Brasileira de Metais

– ABM – a elaboração de um documento relatando a experiência brasileira na siderúrgica com carvão vegetal. Objetivava-se que este documento servisse de incentivo e roteiro para outros países que desejassem incentivar a siderurgia em situação similar à brasileira (ABM, 1975). Este documento, datado de 1975, apresenta um histórico da siderurgia brasileira a carvão vegetal, e as principais iniciativas industriais que até então, se baseavam neste redutor, tendo sido elaborado com a colaboração das empresas brasileiras alinhadas a este método produtivo. Neste sentido, o documento elaborado deu um papel de destaque à Belgo-Mineira e à sua história como pioneira no desenvolvimento da siderurgia a carvão vegetal no Brasil. Inclusive a coordenação do programa que elaborou o documento ficou a cargo do então vice-presidente da Belgo-Mineira, Hanz Schlacher, o que reafirmou o papel central da Belgo no que diz respeito à siderurgia a carvão vegetal no Brasil. Isso demonstra o papel da siderurgia brasileira no desenvolvimento de uma tecnologia siderúrgica nacional, com carvão vegetal, eficiente a ponto de motivar os interesses da indústria estrangeira (GOMES, 1983).

Nesse processo teve uma vital importância a atuação dos engenheiros mineiros, em sua grande maioria egressos da Escola de Minas. Sua contribuição ocorreu na medida em que atuaram associando seus conhecimentos acerca da produção com uso de carvão vegetal, pautada na experiência siderúrgica mineira forjada desde o século XIX, à experiência dos engenheiros belgas, que trouxeram ao Brasil seus conhecimentos alinhados às técnicas produtivas mais avançadas para a atividade siderúrgica àquela época (GOMES, 1983).

Nesse contexto, observou-se um elevado grau de imersão da Belgo-Mineira na produção siderúrgica brasileira sendo que a sua atuação representou, sobretudo, a entrada do Brasil, e de Minas Gerais, no circuito mundial de produção de aço, condição esta que viria a se consolidar no decorrer do século XX. Nascia, assim, a siderurgia industrial em Minas, derrubando de partida o desafio de se produzir em grande escala com o uso do carvão vegetal.

3.3 A Cia. de Ferro Brasileiro e as iniciativas de menor porte

A década de 1920 foi caracterizada por um grande esforço governamental com o intuito de estimular a produção siderúrgica nacional, faça-se referência ao governo do presidente

Arthur Bernardes (1922-1926)⁸. O presidente Bernardes teve uma postura desenvolvimentista e nacionalista visando a aumentar a produção siderúrgica brasileira durante seu governo. Para isso tomou uma série de medidas para que o parque siderúrgico nacional fosse ampliado⁹. Dentre estas pode-se fazer referência ao decreto de 9 de janeiro de 1924 o qual autorizava o poder executivo a amparar a produção siderúrgica existente no país, principalmente no que tange ao suporte financeiro deste setor. Este decreto autorizava, ainda, a construção de novas usinas siderúrgicas no Brasil, sendo sugerida a construção de três usinas, uma no vale do Rio Doce, uma no vale do Paraopeba, ambas em Minas Gerais, e uma terceira em Santa Catarina. Em 21 de outubro de 1925 Bernardes publicou outro decreto isentando as siderúrgicas brasileiras de uma série de impostos. Os incentivos beneficiaram sobre as importações de maquinário e materiais, sobre a construção e a expansão de usinas e o escoamento da produção (GOMES, 1983).

No bojo destas medidas surgiram varias usinas de pequeno porte no país, principalmente em Minas Gerais, todas elas a carvão vegetal e mirando o exemplo da Cia. Belgo-Mineira (GOMES, 1983). Assim, pode-se citar os casos do Alto Forno Pedro Gianetti fundado em 1922 e que em 1931 se converteu na Metalúrgica Santo Antônio, em Rio Acima, a Hime & Cia. foi fundada em 1925 no município de Barão de Cocais, transformando-se na Cia. Brasileira de Usinas Metalúrgicas, posteriormente adquirida pela CIMETAL. Estas, entre outras se somaram aos empreendimentos já estabelecidos em Minas Gerais, como a Usina Esperança datada de 1888, estabelecendo uma importante base siderúrgica para o país (DINIZ, 1981). Contudo, a mais importante destas iniciativas foi a Cia. de Ferro Brasileiro.

Foi criada em 1925 na cidade de Caeté pelos engenheiros da Escola de Minas José Brandão e Euvaldo Lodi associados ao negociante Abílio de Figueiredo, sob o nome de J. S. Brandão e Companhia, a empresa que mais tarde se tornaria a Cia. de Ferro Brasileiro, após sua incorporação por capitais franceses. A J. S. Brandão e Cia. contou com o apoio técnico de engenheiros da escola de Ouro Preto no projeto de sua usina, que foi batizada em homenagem ao principal expoente e fundador daquela instituição como Usina Gorceix (GOMES, 1983). A usina começou a operar no ano de 1927 com capacidade de produção

⁸ Arthur Bernardes já havia sido presidente do estado de Minas Gerais entre 1918 e 1922 tendo participado efetivamente do processo que culminou com a instalação da Cia. Belgo-Mineira em seu estado.

⁹ Muitas das medidas de Bernardes visando a estimular a siderurgia nacional podem ser consideradas respostas ao chamado Contrato de Itabira (GOMES, 1983). Este contrato, que será discutido na próxima seção, foi o centro de um intenso debate acerca da exportação do minério de ferro brasileiro e da implantação da grande siderurgia no país.

de 25 toneladas diárias. Porém, foi repassada a industriais franceses já em 1931 adotando, então, o nome de Companhia de Ferro Brasileiro, sendo que assim como sua contemporânea, a Cia. Belgo-Mineira, constituiu um empreendimento inicialmente conduzido por engenheiros da Escola de Minas que num segundo momento foi absorvido por capitais externos.

Em 1931 a Cia. de Ferro Brasileiro produziu 3.000 toneladas de gusa, apresentando elevações em sua escala produtiva quando em 1940 alcançou a produção 28 mil toneladas. Inicialmente voltada para a produção de gusa, para moldagem, a usina se direcionou para a produção de tubos centrifugados de ferro para o abastecimento de água, posteriormente, chegando a ser considerada, antes da ascensão da grande siderurgia umas das principais usinas de Minas Gerais, ao lado da Belgo-Mineira, e uma das principais produtoras de tubos centrifugados do país (BAER, 1970; GOMES, 1983; DINIZ, 1981). A Cia. de Ferro Brasileiro foi incorporada pela Companhia Metalúrgica Barbará do grupo francês Saint-Gobain no ano de 1991, e funcionou em Caeté até o ano de 1995 quando encerrou suas atividades nesta cidade, tendo a produção de sua controladora se transferido para o Rio de Janeiro.

A presença de siderúrgicas de menor porte, das quais a Cia. de Ferro Brasileiro foi uma das mais importantes, somadas à presença da Belgo-Mineira foi responsável pela reestruturação da economia de Minas Gerais ocorrida entre as primeiras quatro décadas do século XX. Assim, se verificou uma ascensão da indústria na composição da economia mineira em detrimento das atividades agropecuárias, bem como uma reordenação da geografia econômica mineira, com um ganho de importância da região central, aliada à presença da nova capital, culminando com a decadência industrial da Zona da Mata (DINIZ, 1981).

3.4 O Contrato de Itabira e a perda do grande projeto siderúrgico de Minas Gerais

Em 1911 foi fundada na região de Itabira, Minas Gerais, a *Itabira Iron Ore Company*, de propriedade de um capitalista inglês chamado Ernest Cassel. A empresa era detentora de grandes reservas de minério de ferro, adquiridas após a constatação de sua existência naquela região, e foi criada para atuar na exportação deste recurso natural (BASTOS,

1959). Em 1918 a Itabira Iron passa ao controle de Percival Farquhar, sem que tivessem sido efetivamente exploradas as reservas pertencentes à empresa. Farquhar, empresário americano que já detinha investimentos em variados ramos de atividade econômica em alguns dos países latino americanos, inclusive no Brasil, visava a atuar na exportação de minério de ferro e na grande siderurgia. Entretanto, existiam dúvidas a respeito do real interesse deste em implantar uma grande usina siderúrgica no país (BAER, 1970). Em 1919 Farquhar apresentou ao governo brasileiro um plano envolvendo a exportação de minério de ferro e a construção de uma siderúrgica de grande porte, a qual utilizaria coque mineral em Santa Cruz nas proximidades de Vitória no Espírito Santo. A proposta englobava duas etapas de atuação, consistindo primeiro na construção de uma ferrovia ligando Minas Gerais ao porto de Espírito Santo, para o escoamento do minério, e num segundo momento na construção de uma moderna siderúrgica que utilizaria como matéria prima o produto das jazidas da própria Itabira Iron e coque mineral importado. O coque chegaria ao Brasil aproveitando nos mesmos navios da empresa que levariam os minérios exportados (BASTOS, 1959). No ano seguinte a proposta de Farquhar, batizada Contrato de Itabira, foi aprovado pelo congresso brasileiro, porém necessitava ainda da aprovação da Assembléia do Estado de Minas Gerais contando com a oposição de alguns setores da sociedade e da política brasileira, especialmente em Minas Gerais (BAER, 1970; BASTOS, 1959).

Dentre os opositores ao projeto da Itabira Iron pode-se mencionar políticos, funcionários públicos, empresários do setor siderúrgico e os engenheiros formados pela Escola de Minas, que em sua grande parte formavam a tecnocracia mineira atuando na política e no setor público estadual e federal (DINIZ, 1981). Nesse sentido, um dos principais nomes em meio ao debate contrário ao Contrato de Itabira é o de Arthur Bernardes que já como presidente do Estado se mostrara contrário à proposta de Percival Farquhar. Assim, em 1919 o governo do estado de Minas gerais atuou aumentando o imposto de exportação de minérios, objetivando defender os interesses do estado (DINIZ, 1981). Além disso, medidas como o já mencionado decreto de 9 de janeiro de 1924¹⁰ demonstravam o teor

¹⁰ Seguindo uma orientação nacionalista, o decreto previa a atuação governamental por meio de medidas relacionadas ao auxílio financeiro aos empreendimentos siderúrgicos presentes no país que fossem controlados por capitais nacionais (BASTOS, 1959). Ademais estava prevista a construção de três grandes siderúrgicas em parceria com a iniciativa privada. No entanto, havia também a exigência que os capitalistas interessados em participarem deste projeto fossem brasileiros (GOMES, 1983). Tais exigências configuravam uma resposta direta aos propósitos de Farquhar, demonstrando o interesse do governo Bernardes em que a siderurgia nacional fosse comandada por capitais nacionais.

nacionalista e avesso à Itabira Iron do governo do então presidente Bernardes, que considerava a iniciativa de Farquhar oposta aos interesses nacionais (GOMES, 1983). Por isso, a atuação estatal neste período restringiu os benefícios concedidos às siderúrgicas a aquelas controladas por capitais nacionais (BASTOS, 1959).

Em geral os opositores não viam com bons olhos a exportação das riquezas naturais do estado controlada por capitais estrangeiros, sem que ficassem no país os ganhos dessa atividade, como ocorreu com a exploração do ouro e dos diamantes (DINIZ, 1981). Essa sensação fica explícita nas palavras de Clodomiro de Oliveira ex-professor e diretor da Escola de Minas de Ouro Preto, com atuação no governo do estado de Minas Gerais como Secretário da Agricultura:

É na transformação da matéria prima em produtos manufaturados de consumo do país que a sua utilização é posta em valor, e não na sua transfusão em organismo do estrangeiro para voltar transformada em produtos de consumo do país...Um país dispoendo de poderosas concentrações de minério de ferro e de manganês e que permite a sua transfusão para o estrangeiro sem correlativa compensação à sua siderurgia é um país perdido (OLIVEIRA, 1934, p. 1-2).

Assim, este sentimento que inquietou a sociedade mineira em defesa das riquezas minerais deste estado se assemelhava ao que outrora impulsionou algumas das revoltas ocorridas durante o século XVIII. Outro motivo de desconfiança em relação ao plano de Farquhar foi a existência de dúvidas sobre a real intenção por parte deste em construir, de fato, uma grande siderúrgica em território nacional. Dado que o estabelecimento no país da grande siderurgia era no referido período uma das maiores ambições econômicas dos brasileiros, esta clausula do contrato era fundamental para a sua aceitação. Isso fica claro, novamente, nas palavras de Clodomiro de Oliveira: “É a siderurgia o principal fator da independência econômica de um país, sem a qual a independência política é pura ficção. Poderosamente, intervém para a balança comercial de um país quando a possui” (OLIVEIRA, 1934, p. 384).

Entretanto, o Contrato de Itabira passou por várias reviravoltas entre análises e debates envolvendo todas as esferas dos governos de Minas e do Brasil. Numa dessas reviravoltas, em 1927, a Itabira Iron ganhou novo fôlego com uma tentativa de conciliação por parte do governo Antônio Carlos em Minas Gerais (1926-1930) em 1927, que atuou revendo algumas das clausulas do contrato para que este pudesse ser viabilizado. Nesse sentido, desaparecia a obrigatoriedade de atuação na siderurgia por parte da empresa o que

desagradou aqueles que defendiam o estabelecimento da grande siderurgia no país (BASTOS, 1959). Não obstante essa tentativa de viabilização, o contrato emperrou novamente devido aos quadros político e econômico que se formavam no fim da década de 1920. Em seguida a crise de 1929 atuou restringindo as possibilidades de Farquhar levantar recursos e depois a Revolução de 1930 que levou o Contrato a ser reavaliado pelo governo. Isso fez com que o Contrato ficasse emperrado em discussões no congresso e entre as esferas de governo por quase dez anos. Em meio a isso, em 1938 o contrato foi encaminhado, pelo presidente Getúlio Vargas (1930-1945) ao Conselho Técnico de Economia e Finanças. Dentre os componentes deste conselho se encontrava o engenheiro Pedro Rache que foi favorável ao projeto da Itabira Iron. Deste modo, o Conselho elaborou um parecer validando a iniciativa de Farquhar, ainda que este não atuasse também na siderurgia, e se opondo à intervenção estatal na economia (CARVALHO, 2002).

Este relatório motivou uma série de reações contrárias, em especial de membros da Escola de Minas de Ouro Preto e da Sociedade Mineira de Engenheiros (SME), criada em 1931. Em 1938 a Sociedade Mineira de Engenheiros elaborou e publicou um detalhado parecer denominado “Siderurgia Nacional e Exportação de Minério de Ferro”. Este parecer surgiu como uma reação às posições favoráveis ao contrato da Itabira Iron refutando-o com veemência e afirmando que a exportação de minério de ferro brasileiro deveria ser controlada por empresas de origem nacional (DINIZ, 1981). A participação da Escola de Minas se verificara no envio de um telegrama pela sua Congregação ao presidente da república apelando contra o Contrato de Itabira e julgando-o prejudicial ao desenvolvimento da economia nacional. Cabe mencionar que a oposição da Escola ao contrato já se mostrara anteriormente na elaboração dos estudos que serviram de base para a constituição do decreto de 1924, proposto por Arthur Bernardes, e em especial pela atuação de seu ex-professor e diretor Clodomiro de Oliveira, convicto combatente do Contrato de Itabira. (CARVALHO, 2002). Assim, a oposição ao contrato ganhava cada vez mais peso. Além da Escola de Minas e da SME também se opunham ao Contrato de Itabira o Exército, os outros proprietários estrangeiros de jazidas, os grupos ligados ao carvão de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul entre outros (CARVALHO, 2002). Neste contexto, o presidente Vargas não levou adiante as propostas do Conselho de Técnico de Economia e Finanças favoráveis ao Contrato de Itabira mantendo o contrato inerte, ao mesmo tempo em que este foi se desgastando, dado o longo período de rejeição (DINIZ, 1981). Até que a discussão foi encerrada definitivamente em 1939, quando o contrato foi

enfim recusado pelo governo federal, vinte anos após a sua proposição, sem que as reservas da Itabira Iron fossem exploradas.

Nesse meio tempo muitas foram as reações favoráveis e desfavoráveis ao contrato e, por isso, variados debates foram travados nos diversos circuitos políticos e sociais. Sobretudo, aflorou um determinado sentimento nacionalista enraizado principalmente em Minas Gerais e pautado na defesa das reservas naturais do país. Porém, mesmo tendo o debate em torno da grande siderurgia no Brasil tomado uma grande dimensão durante a década de 1930, não tinha sido encontrada ainda uma solução definitiva para essa questão. Na tentativa de romper com esta condição já no ano de 1931 o governo criou a Comissão Siderúrgica Nacional com o intuito de avançar na busca da solução para a grande siderurgia no país.

Nesse sentido, a proposta de Farquhar estimulou a manifestação de vários setores da sociedade brasileira sobre a questão siderúrgica nacional. Assim, temas relacionados ao controle externo ou interno desta iniciativa, sua localização e o tipo de combustível a ser utilizado se fizeram presentes nas recorrentes discussões a respeito do desenvolvimento da grande siderurgia nacional. Dentre as manifestações que ascenderam naquele período pode ser feita referência às da Sociedade Mineira de Engenheiros (SME) e da Escola de Minas de Ouro Preto. Estas reações afirmavam a maior aplicabilidade do carvão vegetal a um projeto nacional, bem como a melhor localização de tal iniciativa nos limites de Minas Gerais, em especial na região do Vale do Rio Doce devido à existência de abundantes fontes hidroenergéticas e de matérias primas através da intervenção estatal (DINIZ, 1981; GOMES; 1983; CARVALHO, 2002). Contudo, outros grupos se opunham a esta posição e divergiam dos nacionalistas principalmente pelo fato de não enxergarem no carvão vegetal condições para sustentar uma siderúrgica de grandes proporções. Estes se mostravam favoráveis ao uso do coque, que, devido à má qualidade do carvão mineral brasileiro, deveria ser majoritariamente importado. Ademais, alguns grupos estrangeiros efetuaram estudos sobre a viabilidade de investimentos num projeto siderúrgico nacional a base de

coque e apontavam para a localização na região litorânea do sudeste brasileiro (BAER, 1970; DINIZ, 1981; GOMES, 1983)¹¹.

Nesse contexto, motivado pelas necessidades econômicas do país e pelo aquecimento do debate que se criara sobre a siderurgia no Brasil a partir do Contrato de Itabira, o governo buscou formas de instalar uma grande siderúrgica em solo nacional tentando atrair parceiros estrangeiros para este projeto. Ao mesmo tempo deixava de lado as manifestações das sociedades de classe mineiras, sem especial da SME, e de outros estudiosos favoráveis à construção de uma grande siderúrgica em Minas fazendo uso de carvão vegetal, dado as declarações do presidente contrárias ao carvão vegetal (GOMES, 1983). Deste modo, em 1937 a Dupont fez um estudo que priorizava a construção de uma usina que utilizasse coque importado e que deveria se localizar próxima ao litoral, porém o projeto foi recusado pelo governo dado as pressões em favor do controle nacional de um projeto deste patamar.

Em 1939 o governo brasileiro criou a Comissão Nacional do Aço que conjuntamente a uma missão de técnicos americanos elaborou um estudo para a viabilidade de implantação de uma siderúrgica de grande porte no país. Os estudos aconselhavam a construção de uma usina que mesclasse o uso de coque nacional e importado a qual deveria se localizar no estado do Rio de Janeiro (DINIZ, 1981). O governo mineiro reagiu reivindicando a localização da siderúrgica em seus territórios, no município de Conselheiro Lafaiete. Iniciou-se, então, um novo debate o qual versava sobre a localização da grande siderúrgica, porém o governo federal optou definitivamente pela localização do empreendimento em Volta Redonda no estado do Rio de Janeiro, motivado mais por fatores políticos que técnicos, iniciando então, a construção da Companhia Siderúrgica Nacional – CSN, a partir de 1941 (GOMES, 1983). No entanto, mesmo sendo motivo de intensos debates a localização da usina nas proximidades do litoral foi justificada em termos técnicos, dadas as dificuldades de transporte dos insumos utilizados na unidade, sendo, então, aquela localização a mais acertada para a época.

¹¹ Em função da Segunda Guerra Mundial e dos Acordos de Washington, um engenhoso acordo envolvendo os governos americano e britânico possibilitou que mais tarde fosse criada a Cia. Vale do Rio Doce, em 1942, a partir da desapropriação de reservas de Itabira e sua nacionalização. Por este acordo o Brasil se comprometia a fornecer minério de ferro a esses países, através da estatal criada (BASTOS, 1959). Assim foi resolvido o problema da exportação de minério de ferro, e através do mesmo acordo foi facilitada a implantação da Companhia Siderúrgica Nacional na década de 1940, no Rio de Janeiro, como solução para o grande projeto siderúrgico nacional, como será tratado adiante.

Este episódio trouxe aos mineiros uma grande insatisfação, dado que o maior empreendimento siderúrgico nacional, de controle estatal, não seria localizado no estado que, além de deter as maiores reservas de minério, foi o motor da incipiente siderurgia que até então se desenvolvia no Brasil. A sensação que ascendia era de um esquecimento por parte do governo central em relação ao estado que tanto havia contribuído para a economia nacional e de frustração pela perda do projeto siderúrgico tão necessário às aspirações de desenvolvimento mineiras (DINIZ, 1981; GOMES, 1983). A frustração dos mineiros somente seria reparada com a criação da USIMINAS na década de 1950.

3.5 Mais um projeto de Farquhar: a ACESITA

Após o fracasso da *Itabira Iron*, Farquhar, associado aos empreendedores brasileiros, Amintas Jaques de Moraes e Athos de Lemos Rache, dois ex-alunos da Escola de Minas de Ouro Preto, fundou a Aços Especiais de Itabira S.A. (ACESITA), no ano de 1944. O norte-americano demonstrara mais uma vez seu espírito empreendedor ao encampar um projeto pleno de dificuldades e audacioso, como será visto adiante, e ao consolidar-se como mais um personagem estrangeiro presente na história siderúrgica mineira.

Como o nome da empresa sugere, esta foi criada com o objetivo de produzir aços de qualidade diferenciada, essa foi uma das explicações a respeito da localização da ACESITA, no Vale do Rio Doce (BAER, 1970). Segundo seus idealizadores mesmo estando relativamente distante do mercado a qualidade dos produtos finais garantiria a estes competitividade, mesmo submetidos aos custos de transportes. Estes ainda previam que a usina alcançaria a capacidade de produção de 60.000 toneladas por ano de aço em lingotes (DINIZ, 1981).

A criação de uma siderúrgica na região do Vale do Rio Doce, na cidade de Timóteo, demandou a criação de uma grandiosa infra-estrutura, incorporando o fornecimento de energia elétrica e a construção de vias de acesso, dado que constituía uma área, até então, de difícil acesso e sem infra-estrutura (BASTOS, 1959; GOMES, 1983) Tal situação culminou em elevados custos para a implantação do projeto da ACESITA, o que levou a um crescente endividamento da empresa junto ao Banco do Brasil. Em 1952 o Banco do Brasil assumiu o controle da ACESITA, que por isso passou então da condição de uma empresa de iniciativa privada para uma empresa estatal, inaugurando a participação direta

do governo federal nos projetos siderúrgicos estabelecidos em Minas Gerais no século XX (BAER, 1970; DINIZ, 1981).

A primeira corrida de aço da ACESITA ocorreu no ano de 1952, ainda antes da sua transferência para o Banco do Brasil. Esta siderúrgica seguiu o exemplo da Belgo-Mineira apostando na utilização de carvão vegetal como combustível e redutor para seus altos-fornos. A ACESITA chegou a ser considerada, ao lado da Belgo, uma das usinas mais importantes a utilizar este insumo no Brasil (GOMES, 1983). Foi ainda instalado um forno elétrico para a redução de minério a ferro gusa em 1962 (BAER, 1970). A usina passou por dois processos de expansão no decorrer das décadas de 1960 e 1970, chegando ao ano de 1972 com capacidade de produção de 300 mil toneladas de aço por ano. Em 1979 foi inaugurado o segundo alto-forno da ACESITA com capacidade para produção de 900 toneladas de gusa ao dia. Este alto-forno foi à época o maior do mundo em operação utilizando carvão vegetal. Na década de 1980 a usina de Timóteo concluiu uma nova fase de expansão chegando a contar com capacidade instalada para a produção de 600 mil toneladas de aço ao ano. Atualmente a ACESITA tem capacidade para produzir mais de 900 mil toneladas de aço bruto ao ano¹² (IBS, 2008).

Além das expansões de sua capacidade produtiva, ACESITA investiu na criação de subsidiárias para dar suporte às suas operações na produção siderúrgica. Nesse sentido, foram criadas a três subsidiárias na década de 1970, seguindo o fluxo de expansão da usina. A Florestal ACESITA foi criada com o intuito de atuar nos processos de reflorestamento e abastecimento de carvão vegetal para a siderúrgica, cuja demanda havia aumentado com a expansão produtiva. A Forjas ACESITA foi fruto da parceria da siderúrgica mineira com capitais japoneses e seus produtos foram destinados à indústria automobilística e outras correlatas. A terceira subsidiária em questão é a Itavale, originária de uma associação entre a ACESITA e a Cia. Vale do Rio Doce para a exploração de minerais em uma reserva pertencente à siderúrgica (GOMES, 1983).

A ACESITA teve um importante papel no cenário tecnológico da siderurgia mineira. Sua atuação na produção de aços especiais demandou um grau maior de densidade tecnológica e grandes esforços na busca de capacitação de seus quadros. Em especial, na produção de aço inoxidável a necessidade de assimilar as técnicas produtivas guardadas como segredo

¹² As informações sobre as expansões da capacidade produtiva da ACESITA ao longo dos anos estão disponíveis na página da empresa na internet (www.acesita.com.br).

industrial pelas siderúrgicas estrangeiras despertou a necessidade de busca de alternativas tecnológicas para siderúrgica de Timóteo. Essa condição fez da ACESITA uma das siderúrgicas brasileiras mais empenhadas na busca de incrementos tecnológicos. Nesse sentido, nas décadas de 1970 e 1980 foram enviadas equipes de técnicos em missões para países da Europa, para os Estados Unidos e Japão, em busca de novos conteúdos tecnológicos a serem assimilados na atividade produtiva da usina¹³. A empresa também se associou ao departamento de metalurgia da UFMG em programas de qualificação profissional e de pós-graduação, ainda na década de 1970, buscando a melhor qualificação de seu corpo técnico e a proximidade ao conhecimento científico gerado na universidade (PAULA E SILVA, 2007). A busca pelo auxílio de institutos de pesquisa em suas demandas tecnológicas e o incentivo a projetos científicos também fizeram parte do conjunto de alternativas tecnológicas que a ACESITA buscou ao longo de sua trajetória.

3.6 A Cia. Mannesmann

Após os investimentos que originaram a Belgo-Mineira e incorporaram a Cia. de Ferro Brasileiro na década de 1920, a participação direta do capital estrangeiro no desenvolvimento do parque siderúrgico de Minas Gerais somente se repetiria em escala similar com chegada da Cia. Siderúrgica Mannesmann, grupo de origem alemã e de grande importância internacional (BASTOS, 1959). A usina da Mannesmann, situada em uma região periférica de Belo Horizonte, foi o primeiro investimento de origem alemã no Brasil após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), sendo inaugurada no ano de 1954 (SOUZA, 1986).

Naquele período o fornecimento de energia elétrica se colocou como uma exigência fundamental para a instalação da Mannesmann em Minas Gerais, dado que esta instalou em sua unidade brasileira, além de um alto-forno a carvão vegetal, um forno elétrico para a redução de minério de ferro, sendo este seu principal diferencial em relação às outras usinas instaladas no estado até então (GOMES, 1983). Nesse contexto, a estrutura energética viria a ser fornecida pelo governo do estado como parte do projeto de expansão da rede de distribuição de energia elétrica em Minas Gerais (DINIZ, 1981). A companhia alemã, que após o início de suas operações em Belo Horizonte passou a figurar entre os

¹³ Informação disponível na página da empresa na Internet: www.acesita.com.br.

maiores consumidores de energia elétrica do estado, estimulou e pressionou o governo de Minas, por meio da instalação de seu forno elétrico, a executar seu plano de expansão energética, em operação desde o início da década de 1950 (DINIZ, 1981).

A chegada da Mannesmann contribuiu para a expansão da produção mineira de aço. A empresa, que em 1956 produziu 48 mil toneladas de aço lingotes, mais que dobrou sua produção em apenas quatro anos, chegando a produzir 111 mil toneladas, em 1960. A expansão produtiva da empresa continuou e em 1975 a empresa produziu mais de meio milhão de toneladas de aço em lingotes (MANNESMANN, 1962; 1976). Em 1980 a siderúrgica de origem alemã produziu 722 mil toneladas de aço bruto, figurando neste ano como a quinta maior produtora de aço do país e terceira maior do estado de Minas Gerais¹⁴ (MACIAL, 1985). Entretanto, a atividade produtiva desta siderúrgica apresentou um recuo nas décadas posteriores, chegando esta a produzir 561 mil toneladas em 1995 e figurando em dias atuais com capacidade produtiva de pouco menos de 700 mil toneladas por ano de aço bruto (IBS, 2008). Ademais, com o início de operações na AÇOMINAS e a expansão da ACESITA, a Mannesmann perdeu espaço na produção mineira de aço, sendo a quinta maior siderúrgica do estado.

Mesmo assim, a Mannesmann teve grande importância no cenário siderúrgico brasileiro, contribuindo de forma intensa para sua expansão bem como para o desenvolvimento do parque siderúrgico de Minas Gerais e hoje é uma das principais siderúrgicas do país, atuando no setor de tubos sem costura. Sua chegada ao Brasil se fez em um período oportuno quando do início da exploração petrolífera no país que levou a uma crescente demanda por tubos. A empresa alemã especializada na produção de tubos sem costura e detentora de tecnologias específicas para a produção deste produto siderúrgico, que é um dos de maior complexidade tecnológica, acrescentou mais uma área de atuação à siderurgia mineira, que se expandia em termos de capacidade e diversidade produtiva. Ao mesmo tempo a Mannesmann incorporou novas tecnologias ao parque siderúrgico mineiro por meio da tradição produtiva alemã na siderurgia. Em 1956 a produção de tubos da siderúrgica foi de 24 mil toneladas e em 1960 já era de 45 mil (MANNESMANN, 1962). Em 2000, o grupo Mannesmann foi adquirido pelo grupo Vallourec, grande conglomerado francês, passando a filial brasileira ser denominada Vallourec & Mannesmann do Brasil,

¹⁴ Para aquele ano a Mannesmann só não produziu mais que a tríade baseada no uso do coque mineral, CSN, USIMINAS e COSIPA, e que a Cia. Siderúrgica Belgo-Mineira.

desde então. Em 2007 a V&M Tubes do Brasil foi responsável pela produção de 546 mil toneladas de tubos sem costura (V&M, 2008). Setores como o automobilístico e o petrolífero estão entre os principais demandantes dos tubos produzidos pela siderúrgica.

A atuação da Mannesmann em Minas Gerais demandou investimentos em tecnologia e em qualificação de pessoal. Por isso a empresa também criou em 1955 um centro de formação objetivando a qualificação do pessoal empregado, o qual era formado em grande parte por pessoal anteriormente ocupado em atividades agrícolas (GOMES, 1983; SOUZA, 1986). Nesse sentido, a empresa buscava qualificar sua futura força de trabalho com vistas a torná-la apta a contribuir com seus processos produtivos. Da mesma forma, a empresa buscou também a se associar à instituições de ensino e pesquisa estabelecendo convênios com a UFMG e a UFOP e estimulando a qualificação de seus engenheiros em nível de pós-graduação. O intenso apoio a projetos de pesquisa também se colocou como uma das estratégias tecnológicas da siderúrgica (MANNESMANN, 2008).

3.7 O Debate em torno da USIMINAS, regionalismo político e capital externo

A chegada da grande siderurgia baseada no uso do carvão mineral em Minas Gerais, com a construção da USIMINAS, tem raízes em intensos debates a respeito das políticas mineral e siderúrgica no país, as quais se arrastaram por um período de quase 50 anos. Dois episódios foram fundamentais para o desenvolvimento do processo que levou ao surgimento da USIMINAS, são estes o Contrato de Itabira e a criação da CSN, que alteraram os ânimos dos mineiros em relação à instalação de uma grande no estado.

Com a ascensão de Juscelino Kubitschek à presidência da república, no ano de 1956, as esperanças dos mineiros de voltarem a deter destaque no cenário econômico nacional seriam restauradas. As modificações estruturais introduzidas no estado pelo ex-governador, e então presidente, e a sua identificação regional levaram os mais diversos setores em Minas a apostarem em tempos de desenvolvimento (PIMENTA, 1967). Nesse contexto, um grupo de industriais, representados pela Federação das Indústrias de Minas Gerais associados à Sociedade Mineira de Engenheiros, elaborou estudos para a criação de um projeto para a implantação de uma grande siderúrgica em Minas Gerais. Este projeto foi o embrião das Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais – USIMINAS (PIMENTA, 1967).

Paralelamente ao movimento mineiro, o sucesso da usina de Volta Redonda inspirava uma tentativa de se estabelecer uma grande siderúrgica também no estado de São Paulo. Deste modo, foi concebido o plano da Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA. O projeto paulista envolvia o apoio da CSN, o uso de coque importado e de minério de ferro provindo de Minas Gerais (GOMES, 1983). Tal como foi concebida, esta proposta afetava diretamente os interesses mineiros, dado que a siderúrgica paulista sufocaria a atividade industrial mineira e levaria ao colapso o já sucateado sistema de transporte ferroviário do estado (PIMENTA, 1967). Deste modo, surgiram reações contrárias ao projeto paulista em vários núcleos da sociedade mineira como nas entidades de classe, na imprensa e na assembléia legislativa do estado. Nesse contexto, a ação conjunta da Federação das Indústrias de Minas Gerais, da Sociedade Mineira de Engenheiros e da Associação Comercial de Minas Gerais, pressionando o governo federal a adiar a assembléia da CSN na qual seria decidido o apoio à COSIPA, foi exitosa (DINIZ, 1981).

A partir daí iniciou-se uma queda de braço entre os grupos industriais mineiro e paulista visando à implantação da grande siderurgia nos territórios dos dois estados. Os paulistas motivados pelo interesse na manutenção de sua hegemonia industrial e os mineiros pelo sentimento de revolta que os acompanhava desde a época da mineração do ouro e dos diamantes, no século XVIII, referente à extração de suas riquezas naturais com seu aproveitamento fora de seus domínios, sem que neste estado se materializassem os benefícios desta atividade. Logo, a repetição do caso CSN, com uma possível vitória dos paulistas neste debate, traria uma grande insatisfação aos mineiros, sabendo-se que:

[o]s industriais, engenheiros e políticos mineiros acalentavam abrigar no seu território o sonho de contribuir para a grandeza nacional com uma indústria do ferro comparável à das grandes nações do antigo e do novo continentes economicamente integradas. Os ouvidos mineiros ouviam cantar o metal enterrado com o minério e seu canto significava o desejo de vê-lo emergir para ser útil ao homem (GOMES, 1983, p. 306).

O impasse foi resolvido de forma diplomática por parte do governo federal que concedeu apoio aos dois projetos, sabendo que estes seriam fundamentais para o atendimento de suas metas (PIMENTA, 1967). Assim, os dois projetos foram levados a diante com o apoio do governo federal e da CSN possibilitando uma real expansão da produção siderúrgica brasileira na década de 1960.

Resolvido o impasse, as entidades mineiras envolvidas no projeto da USIMINAS buscaram parceiros externos para a execução do projeto. Ressalte-se que antes mesmo dos embates

com os paulistas o embaixador japonês no Brasil já havia demonstrado interesse de orientar os investimentos provenientes de seu país à siderurgia brasileira. Dado isto, foi enviada uma missão brasileira ao Japão, bem como missões japonesas ao Brasil, objetivando avaliar a viabilidade de materialização destes interesses em prol da construção da grande siderúrgica a coque em Minas Gerais. Estas missões possibilitaram a aproximação entre brasileiros e japoneses interessados na constituição do empreendimento siderúrgico. Neste sentido, as constantes trocas de informações e o estreitamento das relações culminaram com a constituição da siderúrgica em 1956, que foi estabelecida definitivamente com a entrada dos capitais japoneses em 1958 (PIMENTA, 1967).

Destaca-se ainda a associação do capital público brasileiro com o capital externo, para a implantação da usina, necessária devido à debilidade da burguesia industrial nacional na promoção da indústria, bem como pelo atraso tecnológico brasileiro. Os dois fatores se realimentaram no sentido de estabelecerem entraves à expansão da indústria brasileira, sendo estes somente superados pela intervenção do Estado ou pela ação de capitais externos. Para os japoneses exalta-se o interesse destes em mostrar para o mundo seus avanços também no campo da siderurgia, já que no pós-guerra o Japão apresentava um grandioso avanço em seu processo de reconstrução (DINIZ, 1981). A siderurgia japonesa alcançou patamares de inovação e competitividade que a levaram a disputar a liderança do mercado internacional de aço em fins do século XX. Esta condição foi motivada pela necessidade de reconstrução da indústria interna, que deveria obter rapidamente as condições de competir com a indústria internacional, utilizando em maior proporção o aço japonês como uma de suas matérias-primas, e pela busca de mercados externos para diferentes setores, entre eles o siderúrgico com vistas a acumular divisas (MORANDI, 1997).

A sociedade foi constituída, então, com participação de 60% dos capitais de origem brasileira e 40% de origem japonesa, sendo que entre os acionistas brasileiros figuraram os governos federal e do estado de Minas Gerais, a Cia Vale do Rio Doce, a CSN, a ACESITA, o Banco de Crédito Real de Minas Gerais, o Banco Mineiro da Produção e o Banco Hipotecário e Agrícola de Minas Gerais. Ficou determinada a localização da usina no município de Ipatinga nas proximidades da já existente usina da ACESITA e nas margens da Estrada de Ferro Vitória-Minas (GOMES, 1983; PIMENTA, 1967). O que levaria a grande siderúrgica a se beneficiar da estrutura urbana pré-existente e do *know-*

how derivados da presença da siderúrgica já estabelecida na região. Os acionistas japoneses se comprometeram com a supervisão técnica, com a construção e aparelhagem do projeto, que contou ainda com o apoio do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE) (BAER, 1970).

Deste modo, nasceu a usina Intendente Câmara da USIMINAS, batizada em homenagem ao idealizador do primeiro alto-forno de Minas Gerais, para ser a mais moderna usina da América Latina. Sendo uma usina totalmente integrada utilizando uma mistura de carvão mineral importado (60%) e nacional (40%) para a produção de coque, desde a sua inauguração em 1962 (PIMENTA, 1967). A grande siderúrgica assegurou a retomada da importância mineira para o cenário siderúrgico nacional. Em 1966, a USIMINAS produziu cerca de 500 mil toneladas de lingotes de aço e 390 mil toneladas de laminados planos, e ao fim da década de 1980 a usina já havia alcançando o montante de 4,3 milhões de toneladas de aço bruto (USIMINAS, 1990; BAER, 1970; DINIZ, 1981; MACIAL, 1985). Daí em diante a empresa não apresentou expansões em sua unidade produtiva em Minas Gerais, porém com o processo de privatização buscou se expandir por meio da aquisição de outras unidades, o que se efetivou com a incorporação da COSIPA após o processo de privatização das siderúrgicas brasileiras ocorrido a partir de 1991¹⁵. Atualmente a usina de Ipatinga da USIMINAS constitui a segunda maior unidade produtiva de aço do país com capacidade de produção de 4,8 milhões de toneladas de aço bruto por ano. O Sistema Usiminas, constituído pela usina de Ipatinga e pela COSIPA apresenta capacidade produtiva de 9,4 milhões de toneladas de aço bruto (IBS, 2008).

A grande siderúrgica a coque mineral possibilitou uma mudança de nível da produção de aço em Minas. Entre o início da década de 1960 e seu final a produção do estado cresceu cerca de três vezes e meia, passando de 600 mil toneladas para 1,9 milhões de toneladas entre 1961 e 1969. Durante a década de 1970 a produção mineira de aço mais que dobrou subindo de 2 milhões de toneladas em 1971 para mais de 5 milhões de toneladas de aço em 1979 (FJP, 2002; IBS, 2008). A produção mineira de aço continuou subindo, principalmente com a implantação da AÇOMINAS, em 1985, chegando a 9 milhões de toneladas ao fim da década de 1980. Sem grandes expansões entre as décadas de 1990 e 2000, a produção de aço em Minas Gerais gira em torno dos 11 milhões de toneladas.

¹⁵ O processo de desestatização das siderúrgicas brasileiras, assim como a reestruturação deste setor ocorrida a partir da década de 1990, será abordada na seção 3.8 do presente capítulo.

Estes dados podem ser identificados no ANEXO 1 do presente trabalho que apresenta a evolução histórica da quantidade produzida de aço em Minas Gerais durante boa parte do século XX.

A construção da USIMINAS representou a realização de um sonho para os mineiros referente ao desenvolvimento econômico do estado. A grande siderúrgica reviveu o orgulho mineiro em liderar a siderurgia nacional e valorizou os ambientes industrial e institucional relacionados a este ramo de atividade que foram criados neste estado desde fins do século XIX.

3.8 A AÇOMINAS e a grande usina do Vale do Paraopeba

A expansão da grande siderurgia de Minas Gerais continuou ainda após a criação da USIMINAS, sendo o maior passo nesta direção a criação da Aços Minas Gerais S. A. – AÇOMINAS. Empreendimento, também de origem estatal, que ampliou a siderurgia a base de carvão mineral.

Desde a sanção da lei estadual que criara a AÇOMINAS, em 1963, até a inauguração da usina no município de Ouro Branco, região do Vale do Paraopeba, decorreram 22 anos marcados por instabilidades políticas e econômicas que determinaram uma tortuosa trajetória até o início das operações da siderúrgica.

Entretanto, a criação da AÇOMINAS remete a fases ainda muito anteriores do processo de formação da base siderúrgica nacional. Sabe-se que o debate em torno do caso da Itabira Iron gerou variadas manifestações ao longo dos vinte anos em que esteve em pauta, sendo uma a criação de um decreto do então presidente da república Arthur Bernardes em 1924. Em tal decreto, de cunho nacionalista, o presidente sugeria a construção de três usinas siderúrgicas em território nacional com o apoio governamental. Uma na região do Vale do Rio Doce, onde anos mais tarde foi instalada a USIMINAS, outra no Vale do Paraopeba e a última no sul do país, próxima às reservas brasileiras de carvão mineral (SOUZA, 1985; BASTOS, 1959; GOMES, 1983). Posteriormente, durante o debate em torno da localização da CSN, o governo de Minas Gerais reivindicou para o município de Conselheiro Lafaiete, nas proximidades do Vale do Paraopeba, a localização da siderúrgica a ser instalada pelo governo federal (GOMES, 1983). Assim, pode-se dizer que havia entre os mineiros o entendimento que a região do Vale do Paraopeba estava apta, assim como o

Vale do Rio Doce, a receber uma grande usina siderúrgica. Deste modo, logo após a inauguração da USIMINAS e no bojo do processo brasileiro de industrialização via substituição de importações o governo de Minas Gerais se empenharia na instalação de uma grande siderúrgica também no Vale do Paraopeba.

Nesse contexto, em 1961 o governo de Minas criava a Metais de Minas Gerais S. A.-METAMIG uma sociedade de economia mista a qual objetivava atuar nas atividades de exploração, industrialização, exportação e demais formas de aproveitamento dos minérios provindos deste estado (SOUZA, 1985). No ano de 1963 o governo estadual sancionou a lei que criou a AÇOMINAS, entretanto a empresa somente foi constituída 3 anos mais tarde sendo sua incorporadora a METAMIG. O estado de Minas Gerais assumiu o controle da empresa em 1975, detendo participação de 79,6% do capital da siderúrgica. No mesmo ano o CONSIDER, órgão normativo do setor siderúrgico brasileiro, recomendava um processo de expansão das siderúrgicas de participação do governo federal: CSN, USIMINAS e COSIPA. Ainda ficou estabelecido que a USIMINAS deveria apresentar um estudo para a construção de uma nova usina. Este foi o contexto de viabilização da construção da AÇOMINAS.

Deste modo, no final de 1975 a USIMINAS apresentou um estudo de viabilidade para a instalação de uma usina no município de Ouro Branco, sendo esta integrada e com capacidade de produção inicial de 2 milhões de toneladas de aço em lingotes por ano, com possibilidades de expansão para a quantidade produtiva de 10 milhões de toneladas (SOUZA, 1985). Em 1976 a SIDERBRAS, uma empresa *holding* do sistema siderúrgico estatal, e o governo de Minas assinaram o acordo de acionistas segundo o qual a primeira passava a controlar a AÇOMINAS, marcando a entrada definitiva do governo federal no projeto. Ainda neste ano começaram as obras para a construção da usina de Ouro Branco.

O projeto que contou com o financiamento de um grupo de bancos europeus e americanos, liderados por britânicos, se arrastou por nove anos até que fosse inaugurado. Dentre as dificuldades encontradas pela AÇOMINAS em sua fase de construção pode ser feita referência á crise da década de 1980 que teve sérios efeitos sobre a economia brasileira, o que levou à paralisação das obras no ano de 1984. Contudo, após um esforço final do governo federal as obras foram retomadas, sendo a usina inaugurada no ano de 1985 sob o nome de “Usina Presidente Arthur Bernardes”, em referência ao estadista que 61 anos antes indicara a região para abrigar uma grande unidade siderúrgica (SOUZA, 1985).

Da construção da AÇOMINAS cabe destacar dois pontos importantes, sendo o primeiro destes já mencionado: 1) a cooperação da USIMINAS no projeto, atuando esta como consultora durante a fase de implantação da siderúrgica do Vale do Paraopeba; 2) o estabelecimento de um convenio entre a AÇOMINAS e a Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP – que, em 1982, deu origem ao curso de Especialização em Estrutura Metálica, para atender às demandas da usina em construção. Isso mostra algumas peculiaridades relevantes de um sistema de inovação: a cooperação entre as firmas, sendo que, mesmo não detendo um caráter espontâneo, este fator propiciou à AÇOMINAS a desfrutar do conhecimento anteriormente adquirido pela USIMINAS, facilitando alguns aspectos de sua estruturação. A USIMINAS atuou ainda fornecendo para a siderúrgica de Ouro Branco uma série de bens de capital através de sua subsidiária USIMEC (Usiminas Mecânica), que configurou umas das principais fornecedoras de máquinas e equipamentos para a usina em construção. A USIMEC foi um esforço bem sucedido da USIMINAS no seu processo de integração horizontal, com a incorporação da produção de bens de capital. Esta subsidiária atuou de forma positiva no processo de expansão da siderurgia brasileira levando a influência da siderúrgica de Ipatinga sobre os novos projetos siderúrgicos brasileiros, como no caso da AÇOMINAS (DINIZ, 1981). O outro ponto relevante assinalado é a cooperação entre universidade e empresa, o que fez com que os sistemas de ensino e pesquisa e de produção se alinhassem em torno de um projeto comum que traga benefícios para os dois lados. Neste caso, a AÇOMINAS se beneficiou das externalidades causadas pela proximidade da UFOP, que já atuava em atividades de ensino e pesquisa no setor por mais de 100 anos.

A criação da AÇOMINAS veio a consolidar o já relativamente maduro parque siderúrgico de Minas Gerais estabelecendo definitivamente a grande siderurgia a coque mineral neste estado. No ano de 1995, dez anos após sua inauguração, a usina do Vale do Paraopeba produziu 2,4 milhões de toneladas de aço. Em 2000 a AÇOMINAS foi responsável pela produção de 2,6 milhões de toneladas e atualmente a siderúrgica tem condições de produzir cerca de 4,5 milhões de toneladas de aço ao ano (IBS, 2001; 2008). Ou seja, a implantação da AÇOMINAS contribuiu para a continuidade da expansão da produção mineira de aço. Pela tabela apresentada no ANEXO 1 deste trabalho pode-se observar que a produção mineira de aço ganhou um novo impulso após a implantação da usina em Ouro Branco, em 1985, tendo a produção do estado saltado do patamar de 6,5 milhões de toneladas, em 1985, para o de 8,5 milhões, em 1990, e chegando aos 11 milhões de toneladas em 2007.

A implantação da AÇOMINAS constituiu o último grande esforço para a ampliação do parque siderúrgico de Minas Gerais, sendo o início de suas operações fundamental para assegurar a posição do estado como principal produtor siderúrgico do país. Porém, o demorado processo de implantação da usina coincidiu com o esgotamento da participação do estado em projetos de tal monta, que culminou com o processo de privatização das siderúrgicas estatais.

3.9 Privatização e reestruturação do sistema siderúrgico nacional e de Minas Gerais

Mesmo com a inauguração da AÇOMINAS, a década de 1980 marcou um período de crise no setor siderúrgico nacional seguindo a tendência do conjunto da economia para aquele período. Observou-se, então, uma queda da demanda interna por aço acompanhada de uma redução dos seus preços internos e externos resultando em queda dos lucros e dos investimentos no setor (ANDRADE; CUNHA, 2002). Deste modo, as siderúrgicas brasileiras apresentavam dificuldades de modernização em seus processos produtivos se distanciando dos padrões internacionais de qualidade e competitividade, gerando perspectivas sombrias para o seu desenvolvimento.

No mesmo período ganhava fôlego um processo mundial de desestatização das companhias siderúrgicas revertendo uma tendência de aumento da participação estatal nesse setor iniciada na década de 1950. Assim, verificou-se casos como o da Alemanha, da Hungria e França entre outros, nos quais o Estado repassava à iniciativa privada o controle das usinas (DE PAULA, 1997; ANDRADE; CUNHA, 2002).

Tudo isso demonstrava que a solução natural para as dificuldades pelas quais passava o parque siderúrgico nacional apontava para a retirada do Estado do controle acionário e decisório destas empresas. Nesse sentido, entre 1991 e 1993 foi implementado o Plano Nacional de Desestatização, pelo qual o governo federal privatizou as companhias siderúrgicas que estavam sob o seu controle (ANDRADE; CUNHA, 2002). Assim, as três usinas presentes em Minas Gerais que estavam sob a égide do governo federal, a USIMINAS, a ACESITA e a AÇOMINAS, foram transferidas ao capital privado. A USIMINAS foi adquirida pelo consorcio composto pelos grupos Cia. Vale do Rio Doce, Previ, Valia e Bozano, em 1991, em 1992 a ACESITA passou ao controle do consorcio

formado pelos grupos Previ, Sistel, Safra e Real e a AÇOMINAS foi vendida aos grupos Mendes Junior, Econômico e BCN em 1993 (PINHO; SILVEIRA, 1998).

A privatização fez com que as siderúrgicas desestatizadas fossem reestruturadas pelos seus novos proprietários, alcançando reduções significativas em suas despesas e melhorias em termos de gestão (PINHO; SILVEIRA, 1998). Nessa linha as siderúrgicas se alinharam a um processo de reestruturação produtiva, pelo qual atravessou esse setor no Brasil a partir da década de 1990. Nesse meio tempo algumas das usinas nacionais buscaram implementar estratégias de compras e fusões com outras usinas sendo ainda afetadas pelos movimentos internacionais de fusões. Ainda naquela década a AÇOMINAS se abriu à participação do grupo brasileiro Gerdau, que no processo de privatização atuara na compra da CIMETAL e da COSIBA¹⁶, e que em 1999, já detinha o controle da siderúrgica. O grupo Gerdau juntamente à companhia Natsteel, de Cingapura, adquiriram a participação do grupo Mendes Jr, na siderúrgica de Ouro Branco, sendo que o grupo brasileiro assumiu o controle acionário da empresa já em 2001 (GRECO; COUTINHO, 2002). A USIMINAS atuou adquirindo parte significativa do capital da COSIPA, ampliando seu poder frente ao sistema siderúrgico nacional. E a ACESITA partiu para a compra das demais usinas que operavam em seu segmento de mercado, aços especiais, incorporando a Indústria Villares e posteriormente a Eletrometal, de modo tornar-se a principal produtora desse tipo de aço no país (PINHO, SILVEIRA; 1998).

Dentre as usinas de controle privado, a Cia. Belgo-Mineira também buscou sua expansão passando à condição de controladora da usina de Juiz de Fora da Cia. Siderúrgica Mendes Jr. em fins da década de 1990. Ademais, essa empresa juntamente à ACESITA, que em 1998 se associara à companhia siderúrgica francesa Usinor, sentiria os reflexos do processo internacional de fusões no setor siderúrgico (DE PAULA, 2007). No ano de 2001 foi criada a Arcelor por meio da fusão dos grupos ARBED (Bélgica-Luxemburgo), Usinor (França) e Aceralia (Espanha) (GOMES; AIDAR; VIDEIRA, 2006). Dado que a Belgo-Mineira era controlada desde sua criação na década de 1920 pela ARBED e que a ACESITA se associara à Usinor, as duas passaram então ao controle do mesmo grupo econômico, um dos maiores do mundo no setor siderúrgico àquela época. Posteriormente, a Arcelor foi comprada pela gigante mundial Mittal Steel sendo assim criado o maior

¹⁶ A CIMETAL Siderúrgica está localizada em Barão de Cocais (MG) e atualmente é mais uma das unidades do Grupo Gerdau, tendo sido adquirida em novembro de 1988. A Usina Siderúrgica da Bahia S. A. foi adquirida pela Gerdau em outubro de 1989 e está localizada em Simões Filho (BA).

conglomerado siderúrgico do mundo, a Arcelor Mittal. O QUADRO 2 resume como ficou configurado o setor siderúrgico mineiro, após os processos de privatização e fusão.

QUADRO 2 – Principais Siderúrgicas de Minas Gerais, estruturação histórica e organização atual

Empreendimento	Fundador	Localização	Início das operações	Atual controlador	Denominação Atual	Capacidade produtiva ton/ano
Cia. Belgo Mineira	Arbed (Bélgica-Luxemburgo)	Sabará, Monlevade e Juiz de Fora.	1921	Arcelor Mittal	Arcelor Mittal Aços Longos	2.300.000
ACESITA	Percival Farquhar, Amintas J. Morais, Athos Rache	Timóteo	1944	Arcelor Mittal	Arcelor Mittal Inox Brasil	922.000
Vallourec & Mannesmann	Mannesmann (Alemanha)	Belo Horizonte	1954	Vallourec & Mannesmann Tubes	V&M do Brasil	685.000
USIMINAS	Governo Federal	Ipatinga	1962	Sistema Usiminas	USIMINAS	4.800.000
AÇOMINAS	Governo Federal e Estadual de MG	Ouro Branco	1985	Grupo Gerdau	Gerdau Açominas	4.500.000

Fonte: Gomes (1983), Pimenta (1967), Souza (1986), Souza (1985), Gomes; Aidar; Videira (2006), www.acesita.com.br, www.usiminas.com.br, www.vmtubes.com.br, www.belgo.com.br. Elaboração própria.

CAPACIDADE

No que diz respeito à produção, mesmo depois dos processos de privatização e reestruturação do setor siderúrgico brasileiro, a produção siderúrgica de Minas Gerais se manteve relativamente estável durante a década de 1990. A produção de aço para esse período esteve sempre próxima ao montante de nove milhões e meio de toneladas passando a oscilar em torno de 11 milhões de toneladas na década de 2000. Esta estagnação pode representar uma conseqüência da ausência de novos investimentos em expansão produtiva após a fase de privatização, seja com a ampliação significativa das unidades já existentes no estado ou com a construção de novas usinas.

Já o consumo aparente de produtos siderúrgicos no Brasil se ampliou a partir de 2004, passando de cerca de 18 milhões de toneladas de produtos siderúrgicos para 22 milhões de toneladas. Este consumo foi sustentado pela ligeira ampliação da produção do parque siderúrgico nacional que subiu entre 2000 e 2007 de 28 milhões de toneladas para 34 milhões e nas importações que se expandiram, especialmente em 2006 e 2007, quando ultrapassaram o montante de 1 milhão e meio de toneladas (IBS, 2008). Mesmo assim, a posição de Minas Gerais como principal produtor brasileiro de aço permanece assegurada

por meio da grandiosa estrutura produtiva que foi formada no estado no decorrer do século XX.

3.10 Conclusões acerca do parque siderúrgico mineiro

Uma vez entendido como ocorreu a formação do parque siderúrgico de Minas Gerais, o qual define o ambiente produtivo voltado a este setor, cabe uma reflexão sobre suas principais características.

Alguns pontos foram capitais para o relativo atraso do desenvolvimento da siderurgia no estado. A debilidade do sistema de transportes nacional e a ausência de pessoal qualificado foram alguns destes pontos, sendo que se buscou resolver estes dois problemas somente em fins do século XIX com o início da construção das ferrovias no país e com a criação da Escola de Minas, em Ouro Preto. Outra fonte do atraso na constituição do parque siderúrgico brasileiro é referente à tardia industrialização brasileira. Deste modo, a demora em se instalar no país um parque industrial atuou restringindo as possibilidades de desenvolvimento de uma indústria de base interna, como a siderurgia. Assim, somente com intensificação do processo de substituição de importações, no pós-segunda guerra, a siderurgia brasileira entrou definitivamente na fase das grandes usinas, ressaltando-se a criação em Minas da USIMINAS e da AÇOMINAS no período referido.

Identificou-se ainda uma grande debilidade do empresariado mineiro na promoção da siderurgia. Esta de certo modo justificada nos entraves estruturais acima referidos e na ausência de capitais e de um espírito empresarial interno. A ausência da participação do empresariado nacional constitui uma das características fundamentais do subdesenvolvimento determinando a dependência de capitais externos e estatais para a promoção da indústria interna e seus efeitos sobre a economia de Minas Gerais foram apontados por Diniz (1981) que demonstrou que a industrialização de Minas Gerais foi pautada no esforço estatal e de capitais externos. Portanto, pode-se verificar que os principais empreendimentos siderúrgicos constituídos em Minas Gerais como também no Brasil, no decorrer do século XX, foram frutos da atuação do Estado ou do capital estrangeiro, ou ainda da parceria entre os dois. Nesse contexto, as principais iniciativas provenientes da atuação do empresariado local foram absorvidas pelo capital externo ou pelo Estado, dado a sua incapacidade em dar seqüência aos grandes projetos siderúrgicos.

Entretanto, mesmo atravessando problemas de tal ordem, Minas Gerais constituiu o principal parque siderúrgico do país, sendo este fundamental para a evolução da indústria nacional. Fica, assim, evidente a importância das usinas instaladas em território mineiro para a evolução da economia nacional, tendo-se em vista o dinamismo alcançado por estas e sua inserção local.

TABELA 1 – Participação de Minas Gerais na produção brasileira de aço – 1925-2007*

Ano	MG	Brasil	Participação da produção mineira (%)
1925/1933**	15.908	25.308	63,1
1935	25.935	64.231	40,4
1940	85.397	141.201	60,5
1945	117.714	205.935	57,2
1950	170.262	788.557	21,6
1955	244.795	1.162.466	21,1
1960	587.152	1.843.019	31,9
1965	1.142.583	2.895.834	39,5
1970	2.059.641	5.390.360	38,2
1975	3.671.469	8.308.046	44,2
1980	5.757.741	15.337.310	37,5
1985	6.674.790	20.455.694	32,6
1990	8.436.000	20.567.000	41,0
1995	9.604.500	25.076.000	38,3
2000	10.752.000	27.865.000	38,6
2005	11.755.000	31.610.000	37,2
2007	11.914.000	33.782.000	35,3

*até 1975 considerou-se a produção de aço em lingotes, a partir de 1980 considerou-se a produção de aço bruto.

**% valor médio para o período considerado.

Fonte: Anuário Estatístico de Minas Gerais (1952; 1980; 2000-2001); Anuário Estatístico do Brasil (1938, 1955; 1957; 1963; 1966; 1971; 1978; 1982; 1988; 1991); Anuário Estatístico do IBS (2000 - 2007). Elaboração Própria.

O parque siderúrgico de Minas Gerais apresenta uma posição de destaque no cenário nacional devido ao seu porte, nesse estado se concentra quase 40% da produção nacional, ao grau de diversificação da produção do estado, as usinas mineiras produzem em praticamente todos os segmentos da siderurgia, e ao seu grau de competitividade baseado não só na escala produtiva como também na capacidade de inovar do setor (DE PAULA, 2007; PAULA SILVA 2007). Como mostra a TAB. 6 a produção siderúrgica de Minas Gerais sempre teve uma participação fundamental para a produção de aço brasileira. Até a década de 1950, quando já estava em operações a CSN, no Rio de Janeiro, Minas apresentava uma altíssima participação na produção nacional. Contudo, a participação mineira na produção nacional voltou a se ampliar após a criação da USIMINAS e

posteriormente da AÇOMINAS. Verifica-se que desde a década de 1960 foram raras as vezes em que a produção mineira de aço teve participação abaixo de 35% da produção nacional o que demonstra seu peso sobre a siderurgia nacional.

Tudo isso indica que a siderurgia mineira ocupou historicamente um papel especial para a produção brasileira de aço. Mas, além desta sua grande participação na produção nacional, este estado conseguiu consolidar um ambiente propício para os desenvolvimentos do setor pautado na proximidade geográfica das empresas, na presença de instituições de ensino e pesquisa de excelência e de uma cultura produtiva e inovativa local, voltada para este setor.

4 O AMBIENTE INSTITUCIONAL MÍNERO-METALÚRGICO EM MINAS GERAIS

4.1 O Pioneirismo da Escola de Minas de Ouro Preto

A Escola de Minas de Ouro Preto constitui o primeiro capítulo da história do arranjo institucional voltado à pesquisa e ao ensino, associados, em Minas Gerais. Sua criação pode ser vista como o principal esforço no sentido da promoção do desenvolvimento da atividade siderúrgica em território mineiro, no século XIX (BAETA,1973). Sendo, sobretudo, um fruto do interesse científico do imperador D. Pedro II e da necessidade de melhor exploração das riquezas nacionais que se encontravam sob o solo mineiro.

O contexto econômico que antecedeu o surgimento da Escola de Minas demonstrava uma certa dificuldade de desenvolvimento da atividade siderúrgica em Minas Gerais, a qual durante boa parte do século XIX esteve alicerçada nas pequenas forjas. Por outro lado, verificava-se uma crescente importância da cafeicultura que despontava como motor da economia brasileira. Assim, não se apresentava, no Brasil, uma grande demanda por engenheiros e profissionais capazes de elaborar atividades científicas, tal como ocorrido em outras nações onde o desenvolvimento da indústria motivou o ensino das engenharias e a formação de pesquisadores e cientistas (CARVALHO, 2002).

No que diz respeito ao sistema de ensino superior brasileiro, antes da iniciativa de Ouro Preto, este era constituído basicamente de escolas de direito e medicina, sendo que a então capital de Minas Gerais, Ouro Preto, contava com uma Escola de Farmácia criada em 1839. Grande parte dos professores das instituições de ensino superior acumulava outras atividades profissionais, na maioria das vezes visando a complementar os baixos salários pagos na educação superior no país. Havia ainda as escolas militares, mas, que não detinham grande influência fora do exercito, sendo o destino de seus alunos o seguimento da carreira militar. O ensino de engenharias começara a se esboçar no país somente em 1874 quando foi criada a Escola Politécnica no Rio de Janeiro. Nesse contexto, as atividades de pesquisa no Brasil se concentravam no Museu Nacional, única instituição

brasileira destinada a buscar e propagar os conhecimentos nas áreas de ciências naturais, naquele período.

No que tange especificamente aos estudos mineralógicos e geológicos, que constituíram o carro chefe da Escola de Minas, tem-se que em 1810 foi criado o Real Gabinete de Mineralogia do Rio de Janeiro, dirigido inicialmente por Eschwege. Este gabinete foi transferido no ano seguinte para a Academia Militar e incorporado pelo Museu Nacional em 1818. No Museu foi ainda criada uma Seção de Mineralogia e Geologia, sendo também criada uma cadeira voltada a esta área do conhecimento na Escola Militar. Estas iniciativas foram as únicas fontes do ensino em mineralogia e geologia pela maior parte do século XIX (CARVALHO, 2002).

Entretanto, desde o início daquele século se aventava a possibilidade da criação de um estabelecimento de ensino nas áreas de mineralogia e metalurgia, para dar suporte às atividades de exploração mineral no país. Pelo alvará de 1803, o qual criou o cargo de Intendente Geral da Minas, que foi ocupado por Manuel Ferreira da Câmara, também conhecido e aqui já referenciado como Intendente Câmara, foi criada também a Real Junta Administrativa de Mineração e Moedagem na Capitania de Minas Gerais. Uma das atribuições desta Junta seria a criação de escolas mineralógicas e metalúrgicas com vistas a qualificar o trabalho empenhado na exploração mineral no estado. Dado o não cumprimento desta atribuição, quando das discussões na Assembléia Constituinte, em 1823, entrou em pauta a criação de universidades em território nacional, o mesmo Manuel Ferreira Câmara apresentou uma emenda sugerindo a criação de uma escola mineralógica em Minas Gerais. O pioneiro da siderurgia mineira vislumbrava a queda de um dos entraves ao desenvolvimento desta atividade em Minas Gerais, sendo suas idéias os pilares iniciais para a implantação da Escola de Minas mais de cinquenta anos mais tarde. No entanto, posteriormente a Assembléia foi dissolvida sem que nada fosse resolvido a este respeito (ESCOLA DE MINAS, 1931).

A partir da criação dos cursos jurídicos no país começaram as discussões no Conselho Geral da Província acerca da criação de uma instituição de ensino superior na província de Minas, já que esta foi a única dentre as mais importantes da nação a não ser contemplada com uma escola superior no Império. Estas discussões deram origem a um projeto de lei que foi aprovado pela Assembléia Geral Legislativa em 1832. A aprovação desta lei refletia a visão que somente pelo desenvolvimento da técnica e da ciência poderia ser

superada a condição de decadência vivida pela economia mineira, naquele período. Sendo que o texto da lei que propunha a escola adiantara em muito características que marcaram a instituição que somente se criaria mais de quarenta anos depois (ESCOLA DE MINAS, 1931; CARVALHO, 2002).

Porém, tal esforço, como os anteriores, não chegou a resultados tangíveis no curto prazo, o que somente veio a acontecer através da ação direta do Imperador D. Pedro II ao criar a Escola de Minas de Ouro Preto, em 1875. Após uma viagem à Europa, na qual teve contato com estudiosos da mineralogia, este entusiasta das ciências ficou convencido da necessidade de se implantar no Brasil uma escola de minas, com o objetivo de melhor explorar as riquezas naturais disponíveis no território nacional. Para isso contratou o jovem pesquisador francês Claude Henri Gorceix que se empenharia em criar e organizar tal instituição de ensino. Gorceix, licenciado em ciências físicas e matemáticas pela Escola Normal Superior de Paris, em 1866, onde fora reconhecido por sua aplicação aos estudos, iniciara na mesma Escola sua vida acadêmica, na área de mineralogia. Antes de vir ao Brasil, o pesquisador esteve na Grécia atuando na Escola Francesa de Atenas até 1874, e já apresentava vasta experiência de campo quando voltou à França, tendo em seguida recebido o convite do Imperador brasileiro.

Chegando ao Brasil, após uma série de estudos e avaliações, em 1875, Gorceix apresentou um relatório indicando o local a ser instalada e o formato que adotaria a escola de minas a ser implantada no país. Para o francês esta deveria se localizar numa região na qual os alunos tivessem contato direto com a prática. Por isso, foi escolhida a cidade de Ouro Preto, em meio ao ambiente voltado à mineração e siderurgia que se havia criado na então província por meio da instalação de pequenas fábricas e forjas ao longo daquele século. Já o método de ensino era baseado no que Gorceix viu de melhor nas escolas de minas da França, e que por isso diferia em muito do que já se encontrava no Brasil, em termos de ensino superior. Fatores como a obrigatoriedade da dedicação integral de professores e alunos, a concessão de bolsas aos alunos carentes e a introdução de um exame de admissão, além da determinação de uma remuneração acima da média nacional aos docentes, foram as principais inovações da escola que se criava em Minas Gerais. A escola ainda seria caracterizada pela valoração da prática e das viagens de estudos para complementar a formação de seus quadros discentes. Para a execução de seu audacioso projeto Gorceix, que se tornou o primeiro diretor da recém criada escola, necessitou

contratar professores estrangeiros, dado a inexistência, no Brasil, de profissionais aptos a lecionar determinadas cadeiras. Dentre os cinco professores que compuseram os quadros da escola entre sua fundação e a década de 1880 dois, além de Gorceix, tinham origem francesa, Armand De Bovet e Arthur Thiré. Posteriormente outro professor de origem francesa integraria o quadro docente da instituição durante a gestão de Gorceix, que terminou em 1891, Paul Ferrand. Em 1876 foram iniciadas as aulas na instituição batizada como Escola de Minas, a qual formaria Engenheiros de Minas inaugurando uma tradição em Minas Gerais na pesquisa e formação profissional nesta área e em áreas correlatas como a metalurgia (CARVALHO, 2002).

A história de Escola de Minas se iniciaria frente a uma série de dificuldades. Dentre estas deve ser feita referência à desconfiança por parte de setores da sociedade e as dificuldades inerentes à seleção de alunos. Nos seus primeiros anos a Escola de Minas teve de enfrentar críticas e ataques de membros de outras instituições de ensino, em especial da Escola Politécnica, e de opositores ao desenvolvimento do ensino e pesquisa em ciências, tal como desejado por Gorceix. Estes defenderam, inclusive junto às representações políticas, o encerramento das atividades da Escola de Minas, sendo o seu diretor obrigado muitas vezes a buscar o apoio do Imperador para a manutenção da Escola. Uma das críticas destes opositores à Escola foi referente à falta de alunos, que constitui a outra grande dificuldade para sua afirmação. A debilidade do ensino secundário no Brasil dificultou a entrada de alunos na escola, dado que poucos foram os candidatos aptos a serem aprovados nos exames de seleção realizados nos primeiros anos de funcionamento da instituição. Além disso, o isolamento geográfico da cidade de Ouro Preto em relação aos centros econômicos do país atuava de forma a minar a motivação de candidatos a vagas na Escola de Minas. Esta situação perdurou até a intervenção do presidente da província de Minas Gerais introduzindo na Escola cadeiras relacionadas à construção de ferrovias, aproximando, assim, o curso de engenharia de minas à engenharia civil, qualificação que apresentava crescente demanda no mercado de trabalho no fim do século XIX. Em 1893, dois anos depois da saída de Gorceix da diretoria da Escola, esta passou a agraciar seus alunos com o título de Engenheiros de Minas e Civil (CARVALHO, 2002).

No que tange ao mercado de trabalho para os formados pela Escola de Minas, o baixo desenvolvimento das atividades siderúrgicas e de mineração em território mineiro não criavam campos de trabalho suficientes para os engenheiros de Ouro Preto. Na siderurgia,

que somente teria grande impulso a partir da década de 1930, era ainda pequena a demanda por pessoal qualificado. Já na mineração os maiores empreendimentos eram de origem estrangeira e, por isso, empregavam engenheiros também estrangeiros, provindos de seus países de origem, na maioria dos casos. Assim, os formandos da Escola de Minas se destinavam, quase sempre, ao setor público ou à docência, em muitos casos na própria Escola de Ouro Preto.

É importante ter em mente que desde a origem da Escola de Minas as atividades de pesquisa foram privilegiadas pelo método de ensino proposto por Gorceix. Sendo que, para este professor e pesquisador o ensino não deveria se restringir à sala de aula, mas deveria também valorizar a pesquisa em laboratório e as viagens de estudos práticos. Deste modo, o idealizador da Escola queria que seus alunos desenvolvessem uma capacidade criativa e o espírito de investigação que são características inerentes aos pesquisadores. A Escola objetivou, portanto, formar engenheiros aptos à elaboração e ao desenvolvimento de estudos dos mais avançados nos campos da mineralogia e da geologia (ESCOLA DE MINAS, 1931). Esta ambição apresentou resultados rapidamente com a publicação de dois trabalhos resultantes das excursões de estudos dos alunos já da primeira turma da Escola de Minas nos *Anais* do Museu Nacional (CARVALHO, 2002).

Verificou-se também uma intensa participação da Escola em exposições geológicas e mineralógicas no exterior. Observou-se desde a época de Gorceix a apresentação nestas exposições de amostras minerais provindas de Minas Gerais, sendo estas previamente estudadas e identificadas pelos professores de Ouro Preto (ESCOLA DE MINAS, 1931). O que veio a demonstrar tanto as riquezas minerais brasileiras quanto a capacidade dos profissionais da Escola de Minas para o estudo destas frente a estudiosos de todo o mundo. Neste sentido, a Escola desde suas fases mais incipientes buscou se inserir nos meios pelos quais se difundiam os novos conhecimentos em suas áreas de atuação, como nestas exposições que ocorreram por diversas localidades mundo afora. Isso demonstrou a preocupação da Escola de Minas de Ouro Preto não somente em utilizar métodos avançados de ensino como também em se manter próxima aos desenvolvimentos científicos internacionais levando também suas contribuições para estas exposições.

Ainda no campo do estímulo à atividade científica, para dar vazão aos conhecimentos gerados por seus alunos, ex-alunos e professores, em 1885 começaram a ser publicados os *Anais* da Escola de Minas. Nestes estão registrados estudos elaborados por importantes

figuras que passaram pela instituição de Ouro Preto (CARVALHO, 2002; ESCOLA DE MINAS, 1931). Os *Anais* da Escola de Minas vieram a constituir juntamente aos *Anais* do Museu Nacional os veículos de difusão do conhecimento técnico e científico brasileiro naquele período.

Toda essa ênfase dada à pesquisa e aos mecanismos de estímulo a esta atividade resultou na formação de vários pesquisadores, dentre os alunos da Escola. No período entre 1876 e 1930 tem-se que a quase totalidade da produção científica em mineralogia e geologia executada por brasileiros foi devida aos pesquisadores oriundos da Escola de Minas de Ouro Preto. Constituindo, os pesquisadores formados em Ouro Preto, o núcleo central de uma primeira geração de pesquisadores brasileiros nestes campos do conhecimento (CARVALHO, 2002).

Grande parte dos estudos científicos elaborados por ex-alunos da Escola de Minas se deu também fora desta instituição, a qual já na década de 1890 contava com seu quadro docente formado em sua maioria por ex-alunos. Devido à qualidade do ensino, os profissionais formados em Ouro Preto sempre figuravam nos quadros profissionais das principais instituições governamentais e de pesquisa que se estabeleceram no país. Nesse sentido, uma grande proporção dos estudos elaborados por ex-alunos de Ouro Preto foram desenvolvidos no Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil – SGMB-, criado em 1907, e que na década de 1930 passou a se chamar Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. Esta instituição, desde seus primeiros anos de existência, contou com o trabalho de muitos profissionais formados em Ouro Preto, tendo alguns destes exercido posição de destaque dentro do SGMB. Destes pode-se fazer referência a Gonzaga de Campos, primeiro engenheiro de Ouro Preto a dirigir o SGMB, a partir de 1915, e segundo diretor da instituição. Este buscou incutir nesta instituição a preocupação com o estudo de fontes minerais e recursos energéticos, criando seções para a pesquisa de petróleo e coque mineral de forma pioneira no país. A produção científica dos ex-alunos da Escola de Minas nesta instituição serviu de base também para a elaboração das políticas minerais adotadas em tal período.

Outra instituição onde os alunos de Ouro Preto puderam aplicar seus conhecimentos adquiridos foi o Instituto de Tecnologia Industrial de Minas Gerais – ITI –, onde estes tiveram atuação marcante para o desenvolvimento tecnológico no estado. O ITI, criado na década de 1940, pela secretaria da Agricultura de Minas Gerais e vinculado à Escola de

Engenharia da, então, Universidade de Minas Gerais, foi um reduto de engenheiros formados pela Escola de Ouro Preto (DINIZ, 2008; CARVALHO, 2002). Dentre estes o nome mais expressivo é o de Djalma Guimarães. Este engenheiro, formado pela Escola de Minas, em 1919, enquanto pesquisador do ITI foi responsável pela descoberta de uma gigantesca reserva de nióbio, na região de Araxá, sendo esta considerada a maior do planeta. Guimarães liderou o ITI e o grupo de pesquisadores mineiros na área de mineralogia e geologia, formado por egressos de Ouro Preto, nos anos de 1940, sendo considerado um dos principais cientistas formados pela Escola de Minas (CARVALHO, 2002). Contando com a presença de pesquisadores formados pela Escola, o ITI foi o responsável por boa parte da pesquisa em mineralogia, geologia e metalurgia em Minas Gerais entre as décadas de 1940 e 1960, até ser incorporado pelo CETEC, no início década de 1970, após padecer sob problemas burocráticos e de gestão.

Além da pesquisa, muitos dos ex-alunos da Escola de Minas também se empenharam no desenvolvimento da siderurgia de Minas Gerais. Nesse sentido, grande parte dos ex-alunos da Escola conduziu projetos de altos-fornos pelos municípios do estado formando a base do, ainda, frágil empresariado que se desenvolvera no início do século XX neste setor. Muito do que se desenvolveu em termos de indústria siderúrgica em Minas Gerais, a partir da criação da Escola de Minas, foi marcado pela liderança de egressos desta instituição de ensino. Ademais, a participação da Escola ainda foi marcante no auxílio às pequenas usinas que se situavam em Minas, atuando também os professores desta instituição na elaboração de alguns projetos industriais que foram implantados no estado naquele período. Essa atuação pode ser exemplificada no auxílio prestado pela Escola a iniciativas como na construção dos altos-fornos da Usina Wigg, inaugurada em 1893, da Companhia Siderúrgica Mineira, em 1917, e da usina denominada Gorceix, em 1925, dentre outras.

Logo, o desenvolvimento da siderurgia em Minas Gerais contou fortemente com a presença dos engenheiros formados em Ouro Preto. Evidências desta afirmação são encontradas na participação efetiva de engenheiros da Escola de Minas, associados a engenheiros formados também em outras instituições de ensino do estado, em todo o processo que desencadeou a criação da USIMINAS, a mais importante usina siderúrgica do estado, estando estes presentes na Sociedade Mineira de Engenheiros e na Associação Comercial, entidades de classe que encabeçaram a luta pela instalação da grande siderurgia em Minas Gerais. A USIMINAS, após sua constituição apresentou laços estreitos com a

Escola, tanto a partir da contratação de ex-alunos, sendo que muitos ocuparam cargos diretivos, quanto com a contratação de pesquisas junto a esta instituição (CARVALHO, 2002). O mesmo ocorreu com a AÇOMINAS, segunda grande siderúrgica a coque mineral de origem estatal instalada em Minas Gerais, que já na sua fase de implantação associou-se, à então UFOP, no estabelecimento de convênios de cooperação e que tem sua localização nas proximidades da cidade de Ouro Preto (SOUZA, 1985).

Portanto, um dos principais legados da Escola de Minas foi o estabelecimento de uma cultura de proximidade entre as empresas e a instituição de ensino. Como um dos reflexos desta cultura, verificou-se posteriormente a criação de fortes laços entre a Escola de Engenharia da UFMG, herdeira da tradição de Ouro Preto, e o setor produtivo do estado, em especial com as siderúrgicas, como será tratado adiante. Tudo isso proporcionou a presença de um dos fatores fundamentais para um sistema de inovação em Minas Gerais, a criação de vínculos entre instituições de ensino e pesquisa e o setor produtivo.

Os formados pela Escola de Minas tiveram, também, presença marcante em praticamente todas as instituições de ensino de engenharias do estado, assim como na própria Escola de Ouro Preto. Muitos dos alunos da Escola se tornaram professores da mesma, inclusive substituindo o primeiro quadro de professores formado por Gorceix. Já em 1893 nove dos quatorze professores eram ex-alunos da própria Escola. Apesar de ter sido incentivada por Gorceix como forma de assegurar a qualidade dos docentes esta endogenia manteve a Escola fechada às influências externas. Os ex-alunos também participaram da criação das escolas de engenharia de Belo Horizonte, Juiz de Fora, Itajubá e de Viçosa, localidades estas que em dias atuais constituem os pilares do ensino superior e da pesquisa em Minas Gerais. Estas escolas hoje são parte das principais universidades do estado, assim como a Escola de Minas que foi, juntamente à Faculdade de Farmácia da antiga capital do estado, uma das sementes da Universidade Federal de Ouro Preto, criada em 1969 (CARVALHO, 2002).

Tudo isso vem a demonstrar que a Escola de Minas teve um peso importante para a constituição do sistema de inovação de Minas Gerais voltado para a mineração, siderurgia e metalurgia, em geral. Dado que, formou engenheiros aptos a atuarem em atividades de pesquisa, no setor público, no ensino ou na iniciativa privada e também como empreendedores, participou na expansão do ensino superior pelo estado e na ascensão das universidades, e se manteve associada ao setor produtivo, seja na siderurgia ou na

mineração. A Escola, por todas estas atividades encampadas, foi responsável ainda pela inauguração de uma cultura de pesquisa nos ramos da mineralogia, geologia e metalurgia não só em Minas Gerais, mas também no Brasil. Esta cultura se desenvolveu no estado passando também por outras instituições de ensino e pesquisa gerando janelas de oportunidade para estes setores econômicos aumentando, assim, seu dinamismo frente ao mercado internacional. Instituições como o Departamento de Metalurgia da UFMG e o CETEC, que se formaram posteriormente, levaram adiante esta mentalidade retomando muito do que a Escola de Minas já fazia nos seus primeiros anos de existência. Isto leva a crer que esta instituição foi fundamental no processo de estruturação da economia de Minas Gerais ao longo do século XX, sendo o marco inicial da constituição do sistema de inovação mineral-metalúrgico que se constituiu no estado e que veio a ganhar especial importância posteriormente, dado seu dinamismo diferenciado.

4.2 As Engenharias de Minas e Metalúrgica na UFMG e suas relações com o setor produtivo

Com a mudança da capital do estado de Minas Gerais muitas instituições estabelecidas na antiga capital, Ouro Preto, foram transferidas para Belo Horizonte, com o intuito de auferir dos ganhos da localização na nova sede do estado. Dentre estas instituições que migraram para Belo Horizonte pode-se citar a Faculdade de Direito, criada em 1892, que logo buscou se instalar na nova capital. Contudo, permaneceram em Ouro Preto as escolas de Farmácia e de Minas. Em 1907 seria fundada em Belo Horizonte uma escola de Odontologia, e em 1911 as Escolas de Medicina e de Engenharia (MOURÃO, 1975).

Como acima referenciado a Escola de Engenharia de Belo Horizonte contou na sua criação com a participação efetiva de muitos ex-alunos da Escola de Minas de Ouro Preto. Dentre os fundadores da Escola de Engenharia da nova capital, quase todos haviam passado pela instituição da antiga sede do estado. Dos quatorze professores que lecionaram no primeiro ano letivo da Escola de Engenharia de Belo Horizonte oito foram alunos da Escola de Minas de Ouro Preto, alguns chegaram ainda a atuar como professores desta. A participação dos ex-alunos da Escola de Minas no desenvolvimento da Escola da nova capital se manteve ao longo dos anos, uma evidência disso é o fato que em 1936, vinte e cinco anos após a sua fundação, quatorze dos trinta e três professores desta instituição tinham se formado em Ouro Preto até o ano de 1931 (ESCOLA DE MINAS, 1931;

MOURÃO, 1975). A forte presença de ex-alunos de Ouro Preto na Escola de Belo Horizonte entre sua fundação e seu desenvolvimento marca a incorporação na nova Escola de grande parcela do estilo de formação adotado na primeira instituição a formar engenheiros em Minas Gerais. É sabido que os egressos da Escola de Minas, em sua maioria, se identificavam e assumiam o espírito desta instituição, que detinha traços das propostas de Gorceix mesmo anos após sua saída da Escola (CARVALHO, 2002). Esta forte identificação marcou em grande aspecto a carreira e a atuação posterior dos ex-alunos de Ouro Preto, e, por isso, sem dúvidas, foi incorporado também pelos egressos que atuaram na Escola da capital do estado.

Entretanto, mesmo sob esta influência, a escola não introduziu desde suas origens o curso de engenharia de minas, ou outro curso correlato. Seus fundadores planejaram a instituição visando a ofertar os cursos de agronomia, eletro-técnica, engenharia industrial e de condutores de obras. Todavia, foi priorizado, desde a criação da Escola, o curso de engenharia civil. Cabe ressaltar que a intenção de se introduzir um curso de engenharia industrial já no projeto de criação da escola demonstrava uma prematura preocupação em relação às bases para a implantação da indústria no país, que até aquele momento era ainda muito débil.

Em relação ao ensino nesta instituição, suas contribuições não se restringem ao ensino superior. Isso, pois, já nos seus primeiros anos de funcionamento a Escola se voltou para a criação de cursos profissionais, que seriam equivalentes aos cursos técnicos de dias atuais, paralelamente à oferta do curso superior de Engenharia Civil. Deste modo, em 1917 foram criados os cursos de Mecânicos-Eletricistas e Aprendizes de Ofícios. Estes cursos foram criados com o intuito de qualificar profissionais para atuarem como intermediários entre os engenheiros e os operários. A Escola atuou, portanto, com o interesse de sanar um dos gargalos que sempre permearam o desenvolvimento industrial brasileiro, a baixa oferta de profissionais qualificados com formação técnica. Em 1921 o curso de Mecânicos-Eletricistas foi substituído pelo curso de Mecânica Prática, sendo criado, no mesmo ano, o curso de Química Industrial. O ensino profissional na Escola de Engenharia de Belo Horizonte foi uma iniciativa bem sucedida da instituição, seja pelo sucesso de seus alunos no meio profissional ou pelos seus desdobramentos posteriores, dando origem a cursos superiores dentro da própria Escola (MOURÃO, 1975).

Em 1927 foi criada a Universidade de Minas Gerais, pelo governo estadual, por meio da união das faculdades de Medicina, Direito, Odontologia e da Escola de Engenharia. Como integrante da universidade a Escola entraria em uma nova fase e se expandiria com a criação de novos cursos, entre eles o curso de Engenharia Industrial Metalúrgica que foi criado em 1945, sua divisão em institutos, posteriormente departamentos, e a contratação de docentes. O curso de Engenharia Metalúrgica foi criado em meio ao crescente interesse nacional na expansão da siderurgia, materializado com a criação da CSN e a pretensão de criação de novas grandes usinas no país. Em 1956 foi criado o curso de Engenharia de Minas e Metalurgia, em substituição à Engenharia Industrial Metalúrgica, e finalmente em 1965 o curso desdobra-se nas formações em Engenharia de Minas e Engenharia Metalúrgica.

Em 1968 um grupo de professores apresentaria um documento sugerindo alterações no escopo do curso de graduação em engenharia metalúrgica oferecido pela Escola de Engenharia. Este documento visava a incorporar melhorias no curso, além de dar especial atenção ao papel da pesquisa e da atividade laboratorial à formação dos alunos. A pesquisa seria o mecanismo indutor do novo curso incrementando a formação dos professores e dos alunos da Escola. Ademais tal documento apresentava uma perspectiva acerca do papel de uma escola de engenharia em meio a uma economia subdesenvolvida, no que tange à capacitação e à internalização de tecnologias em busca da superação desta condição (VEADO et al., 1968)¹⁷. Contudo, a proposta de alteração do curso não seria aceita naquele momento, sendo que muitas daquelas sugestões foram incorporadas por todo o sistema universitário brasileiro posteriormente. O referido documento já salientava, também, a importância da pós-graduação para o desenvolvimento da universidade e a necessidade da incorporação naquela instituição de ensino de cursos desse tipo.

Em 1971 foi criado o Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais (CPGEM), o qual, nascendo quase cem anos após a introdução primeira escola voltada ao estudo dos minerais e da metalurgia, resgataria alguns dos seus objetivos vindo a figurar entre os principais cursos de pós-graduação da universidade e do país. Dentre estes

¹⁷ VEADO, J.; CAMPOS, V.; PAULA E SILVA, E.; LÚCIO, A.; COUTINHO, C.; MARRI, A. Considerações Preliminares para uma Reformulação do Curso de Engenharia Metalúrgica. Belo Horizonte, 1968. 25 p. Mimeografado

objetivos introduzidos pela Escola de Ouro Preto e incorporados pelo CPGEM cabe mencionar a ênfase na pesquisa, enfim incorporada àquele departamento de metalurgia, e o auxílio ao setor produtivo, porém num contexto muito mais avançado da indústria siderúrgica e metalúrgica de Minas Gerais e do Brasil. Essa pós-graduação surgiu num contexto no qual o parque siderúrgico de Minas já se encontrava num grau avançado de maturidade e estruturação. O curso que se formava incorporava algumas das idéias que já figuravam no documento apresentado em fins da década de 1960 sugerindo alterações na graduação em metalurgia, além de representar a materialização de uma das principais aspirações daquele documento (VEADO et. al., 1968).

A pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFMG, em nível de mestrado, foi uma das primeiras pós-graduações a serem estabelecidas no país. O curso que se iniciava contava dentre os seus fundadores com professores que regressavam de seus cursos de doutorado de universidades estrangeiras. Estes objetivaram desde o início criar um curso que apresentasse alguma relevância para os desenvolvimentos regional e nacional. Para isso buscou-se uma aproximação junto ao setor produtivo com vistas a aliar o conhecimento teórico às demandas da prática produtiva. Contudo, esse cenário se caracterizava por uma mudança na pauta de importações, induzida pela tentativa de expansão da indústria interna, abarcando a importação de tecnologia, nem sempre totalmente aplicável ao padrão industrial nacional. Essa importação de tecnologia se deu de forma desenfreada causando certos desequilíbrios, dado a ausência de capacitação interna para seu uso e sua difícil adaptação à estrutura industrial brasileira. Em meio a este cenário os profissionais do CPGEM buscaram estabelecer laços com a indústria, em especial com a siderurgia de Minas Gerais, da qual tinham profundo conhecimento por partilharem um mesmo contexto local, de modo a tentar amenizar os problemas que se estabeleciam neste setor (PAULA E SILVA, 2007).

Este esforço iniciado pela universidade gerou resultados tangíveis a partir do interesse da ACESITA, que se abriu para a parceria com os professores do CPGEM. Assim, os professores do CPGEM começaram a ministrar cursos de curta duração para os técnicos daquela empresa visando a adequá-los às novas tecnologias por ela adquiridas. Esta iniciativa gerou interesse por parte de outras siderúrgicas desembocando na criação de um programa de Cursos de Extensão Tecnológica, os quais passaram a se destinar a interessados de todo o país. Este curso logo transcendeu as fronteiras da siderurgia mineira

passando a ter uma abrangência nacional chegando a ser administrado através da Associação Brasileira de Metalurgia (ABM), que estabelecia a ponte entre as usinas espalhadas por todo o país e os professores e pesquisadores. Este curso gerou benefícios diretos tanto para as empresas como para a própria universidade que se deparou com a realidade e a dinâmica industrial no setor no país. Já as empresas desfrutaram do conhecimento e da competência dos profissionais, altamente qualificados, pertencentes a uma universidade habilitada a desenvolver pesquisas como era a situação da UFMG já naquele momento (PAULA E SILVA, 2007).

Estes desenvolvimentos convergiram para a criação de programas cooperativos de pós-graduação *stricto sensu* entre a universidade e as empresas. Esta associação teve início também em parceria com a ACESITA, em 1975. Os alunos foram selecionados dentre os funcionários da usina que se candidatavam ao curso, sendo os aprovados submetidos às disciplinas da pós-graduação tradicional do CPGEM. Os trabalhos de dissertação seriam realizados na universidade e na usina abarcando temas de interesse comum entre as partes. Tal qual os cursos de extensão, a nova pós-graduação que se criara no CPGEM apresentou desdobramentos rápidos a partir de um crescente interesse das empresas em qualificarem técnica e cientificamente seus quadros. Em seguida, participaram também do programa outras grandes usinas como a USIMINAS e a Belgo-Mineira, chegando esta iniciativa a contar com a participação de siderúrgicas de outras unidades da federação, como a CSN, a COSIPA e a Gerdau.

Esse programa iniciado com o curso de mestrado foi ampliado, em 1983, com a criação do doutorado, nos mesmos moldes de cooperação com as empresas, a partir de uma demanda do setor produtivo. O programa que perdura até os dias atuais formou cerca de 320 mestres, de um total de 673 formados pelo CEPGEM, até janeiro de 2009. O número de doutores titulados, até o mesmo ano, é de 31 ligados a empresas de um total de 179. Os dois níveis de pós-graduação apresentam uma predominância de alunos provindos das maiores empresas siderúrgicas de Minas Gerais¹⁸ (PAULA E SILVA, 2007). Condição tal que pode ser entendida como um reflexo da proximidade entre as empresas que compõem o setor produtivo deste estado e a universidade, o que possibilita a partilha de um mesmo ambiente e a assimilação de uma mesma cultura regional pelas partes.

¹⁸ No capítulo 5 do presente trabalho apresenta dados acerca da interação entre o curso de pós-graduação do CPGEM e o setor siderúrgico.

Com o decorrer dos anos e a consolidação do programa, verificou-se uma fortificação das relações estabelecidas entre a universidade e as empresas, dado a criação de vínculos entre os profissionais que a estas eram filiados e a instituição onde haviam se qualificado, o que atuou possibilitando o estabelecimento de novos estágios de cooperação entre estas partes deste sistema de inovação específico presente em Minas Gerais. Criou-se assim uma renovada rede de relacionamentos entre a universidade e as empresas, atuando na firmamento de outras parcerias como também na manutenção e afirmação do programa de pós-graduação cooperativo. Foram, assim, estabelecidas pesquisas cooperativas envolvendo alunos da pós-graduação tradicional do CPGEM que se dedicavam a temas de interesse das empresas. Em alguns casos as empresas atuaram ainda no apoio a projetos de pesquisas conduzidos internamente à universidade encabeçados por alunos do programa tradicional, mas que se adequavam aos seus interesses no campo produtivo. As empresas componentes do complexo siderúrgico de Minas Gerais atuaram também contratando boa parte dos alunos titulados pelo programa tradicional de pós-graduação do CPGEM para seus quadros. Houve, ainda, uma aproximação entre os alunos da graduação em Engenharia Metalúrgica da universidade e as empresas que se tornaram parceiras do CPGEM, possibilitando a execução de estágios e intercâmbios. Estes fatores deram origem a pontes ainda mais firmes entre a universidade e estas empresas do ramo siderúrgico de Minas Gerais acirrando os fluxos de informação que se estabeleceram (PAULA E SILVA, 2007).

Além disso, a convivência num mesmo ambiente acadêmico entre profissionais de diferentes empresas, porém de um mesmo ramo, atuou na criação de uma rede de relacionamento também entre as diversas empresas, pautada nos diálogos e na confiança estabelecida entre os profissionais que se formavam simultaneamente pelo CPGEM. Tudo isto veio a sustentar a possibilidade de estruturação de um *networking* entre estes profissionais e numa esfera maior entre as empresas a que estes se filiavam, dando margem à existência da cooperação inter-firmas, característica que é um diferencial fundamental para a evolução de um dado sistema de inovação. Neste sentido, a criação de pontes de relacionamentos seria um dos resultados indiretos do processo de qualificação profissional iniciado pelo CPGEM (PAULA E SILVA, 2007). Tal processo estabeleceu contatos cada vez mais dinâmicos entre as empresas, a universidade e os alunos que passaram pelo programa de pós-graduação.

Dentre os resultados diretos deste programa de pós-graduação, além da qualificação profissional deve-se mencionar os resultados das pesquisas que originaram as dissertações e teses. Muitas das pesquisas elaboradas pelos alunos da pós-graduação cooperativa deram origem a novos produtos ou possibilitaram a superação de entraves por parte das usinas instaladas em Minas Gerais, decorrendo não somente em avanços científicos bem como em avanços tecnológicos encampados pelas diversas empresas que se aliaram ao CPGEM. Estas em alguns casos buscaram se equipar incorporando equipamentos de tecnologias sofisticadas e de uso restrito muitas vezes apenas aos laboratórios científicos, sendo isso um reflexo da presença de técnicos com alta qualificação em seus quadros, possibilitando a estas usinas a condução interna de P&D. Pelo lado da universidade, os desenvolvimentos científicos possibilitados pelos trabalhos no CPGEM deram origem a uma série de trabalhos acadêmicos, que em alguns casos chegaram a ser publicados em periódicos de circulação internacional, além da experiência de aliar a teoria e a pesquisa científica aos problemas vivenciados pelo setor produtivo na prática. O curso de pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e Materiais da UFMG é hoje um dos principais programas de pós-graduação da universidade tendo sido avaliado nos últimos anos entre os programas que apresentam qualidade compatível aos de centros internacionais.

Em dias atuais a siderurgia brasileira tem grande competitividade no mercado internacional apresentando condições de competir, em termos de tecnologia, com os principais fornecedores internacionais de aços e produtos metálicos nas suas diversas formas. Esta posição se deve em parte aos avanços da siderurgia de Minas Gerais que se originaram em grande parcela da parceria bem sucedida entre a universidade e as empresas do setor siderúrgico deste estado (PAULA E SILVA, 2007). Assim se verifica que foi criado um sistema de inovação particular, que é fruto de uma construção histórica iniciada ainda com a Escola de Minas de Ouro Preto, e que foi sendo lapidada até culminar com o alto grau de interação entre o setor produtivo e a universidade, com a criação do curso cooperativo do CPGEM, já na década de 1970.

4.3 O CETEC e o desenvolvimento tecnológico em Minas Gerais

A Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC) foi criada em 1972 para preencher uma lacuna na formação do aparato institucional desenvolvido no estado de Minas Gerais. O objetivo da criação desta instituição foi dar sustento tecnológico a um

processo de reestruturação da economia mineira após ser diagnosticada a condição de atraso na qual se encontrava o estado em fins da década de 1960.

O CETEC teve como antecessor o Instituto de Tecnologia Industrial de Minas Gerais, que foi criado na década de 1940, durante a gestão de Lucas Lopes na Secretaria da Agricultura de Minas Gerais, entre 1943 e 1945, sendo vinculado à Escola de Engenharia da Universidade de Minas Gerais (DINIZ, 2008). O ITI aglutinou uma gama de ex-alunos da Escola de Minas de Ouro Preto e foi o berço da produção tecnológica em Minas Gerais entre sua fundação e os anos de 1960, sendo a sua maior contribuição à sociedade a descoberta por parte do pesquisador Djalma Guimarães da maior reserva de nióbio do mundo, localizada na região de Araxá em Minas Gerais. Porém, mesmo trazendo contribuições valorosas e atuando num campo estratégico para o desenvolvimento econômico do estado, o ITI foi se consumindo pela má gestão estatal entrando em crise administrativa.

O cume da crise do ITI ocorreu em fins da década de 1960 concomitantemente à publicação do “Diagnóstico da Economia Mineira” pelo Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG), em 1968. O Diagnóstico apontava um excessivo atraso da economia de Minas Gerais em relação às suas potencialidades. Isso deu impulso a uma série de medidas governamentais com vistas a reverter o quadro no qual se encontrava a economia mineira. Dentre as principais medidas tomadas as principais se relacionam à criação de um novo aparato institucional composto por entidades que atuariam em variadas frentes, juntamente às instituições chaves já existentes àquela época, o BDMG a CEMIG. Este novo corpo institucional foi formado pelo Instituto de Desenvolvimento Industrial de Minas Gerais (INDI), a Companhia de Distritos Industriais de Minas Gerais (CDI) e a Fundação João Pinheiro (FJP). A formação de pessoal qualificado e as atividades de pesquisa já se encontravam em bom estágio de amadurecimento com a presença das universidades. Todavia, faltava a este escopo institucional que se formava um órgão capaz de incentivar o desenvolvimento tecnológico na indústria mineira, atuando como uma ponte formal entre a universidade e as empresas estabelecidas no estado. Para cumprir este papel estratégico para as pretensões econômicas de Minas foi criado o CETEC em 1972, que absorveu o ITI (PEREIRA; LE VEM, 2002; DINIZ, 2008).

O CETEC contou desde a sua criação com o apoio da UFMG, em especial do Instituto de Pesquisas Radioativas (IPR). Uma gama de técnicos da UFMG, em sua maioria do IPR,

atuou na elaboração do projeto de implantação deste centro tecnológico, além disso, grande parte dos pesquisadores que formaram os seus quadros, ao longo dos anos, se formaram nesta universidade. Desde a gênese de seu programa de implantação, o CETEC foi idealizado para atuar no desenvolvimento tecnológico das áreas de vocação econômica de Minas Gerais, bem como em áreas com potencial para se desenvolverem no estado. Assim, logo de início as pesquisas do Centro se destinavam à tecnologia mineral e metalúrgica, à tecnologia de alimentos, à química, à economia industrial e ao design industrial.

Dentre estas áreas de desenvolvimento tecnológico as quais o CETEC se dedicou desde sua fundação as áreas de tecnologia mineral e metalúrgica sempre tiveram destaque apresentando em vários momentos projetos de elevada relevância para o meio produtivo e estabelecendo parcerias com as empresas do setor. A atuação do CETEC nestas áreas pode ser considerada uma herança dos desenvolvimentos do ITI, assim como uma reafirmação da vocação mineira para a pesquisa científica e tecnológica nos campos da metalurgia e da mineralogia iniciada pela Escola de Minas. Ademais, deve-se ressaltar o peso econômico destas áreas para o estado, o que também se constituiu como determinante para a sua abordagem pelo Centro. Em meio a isso, cabe mencionar que os quadros iniciais de pesquisadores do CETEC foram formados em grande parte por alunos egressos das primeiras turmas da pós-graduação em Engenharia Metalúrgica da UFMG, criada quase que paralelamente ao Centro, reafirmando que desde a origem desta instituição houve uma orientação para este campo de análise.

O Centro contou ainda com uma infra-estrutura de pesquisa qualificada para estes setores, sendo o seu departamento de metalurgia considerado o de estrutura mais avançada em fins da década de 1990. Este departamento chegou em determinados momentos a sustentar o CETEC em termos financeiros, dado sua dinâmica diferenciada junto ao setor produtivo (PEREIRA; LE VEM, 2002; LEMOS; DINIZ, 1999). Nesse contexto, na primeira década de trabalhos do CETEC, os projetos relacionados às pesquisas em metalurgia e mineralogia estavam entre os principais no *ranking* dos projetos conduzidos pelos seus pesquisadores em termos de valores financeiros (SÁ, 1984). Deste modo, os projetos relacionados à metalurgia ocuparam no período observado a segunda posição, no referido *ranking*, sendo seguidos pelos projetos em mineralogia na terceira posição. Em termos de quantidade de projetos, no período em questão, o Centro tinha se ocupado no desenvolvimento de 34 relacionados a engenharia de minas e 15 relacionados a engenharia metalúrgica, estes

valores representam 26% e 11,5% respectivamente do total dos projetos conduzidos pelos técnicos do CETEC. Assim, as áreas de minas e metalurgia ocuparam já na primeira década de trabalhos do Centro a primeira e a quinta posições respectivamente no *ranking* considerando a quantidade de projetos por área tecnológica (SÁ, 1984).

Contudo, outras áreas científicas englobadas pelo programa de pesquisas do CETEC também atuaram subsidiando em termos tecnológicos o complexo mineral-metalúrgico de Minas Gerais, em especial à siderurgia. Desatacam-se os trabalhos elaborados pelos pesquisadores ligados ao departamento de Meio Ambiente sob encomenda das siderúrgicas estabelecidas no estado. Sobretudo, deve-se fazer referência ao interesse das usinas que se utilizavam do carvão vegetal como combustível para seus alto-fornos em projetos de pesquisa relacionados ao meio ambiente e às práticas de reflorestamento. As áreas de tecnologia química e industrial também apresentaram interfaces com o setor siderúrgico, então caminhando para sua maturidade econômica em Minas.

Sobre as ligações do CETEC com o meio produtivo, sempre presentes na vida institucional deste centro de pesquisas, se estabeleceram em diversas frentes. Dentre estas modalidades de ligações com o meio produtivo pode-se fazer menção ao atendimento de demandas tecnológicas das empresas de diferentes setores, levando o Centro ao desenvolvimento de tecnologias demandadas pelas empresas. O atendimento direto ao setor produtivo foi uma das principais formas de atuação do Centro, dado que foi originalmente concebido para realizar esta função, sendo que as siderúrgicas localizadas em Minas sempre estiveram entre os principais clientes do CETEC, em termos de consultorias (SÁ, 1984).

Por meio da demanda do setor produtivo o CETEC chegou a um dos seus principais desenvolvimentos tecnológicos no seu setor de Metalurgia. Este consiste no projeto do Aço Inoxidável Colorido. O Centro buscou desenvolver uma tecnologia paralela para a produção deste produto siderúrgico já ofertado no mercado internacional. O projeto conduzido pelos pesquisadores do CETEC foi desencadeado ao longo de 7 anos até culminar com a criação de uma nova tecnologia de produção, entre 1996 e 1998, menos poluente que a utilizada pelos produtores internacionais. Este projeto deu origem à primeira fábrica de aço inox colorido da América Latina, a Aços Inoxidáveis Coloridos Ltda (Inoxcolor). Esta empresa, apesar de não ter sido a demandante que estimulou o início das pesquisas sobre a produção de aços inoxidáveis coloridos, firmou contrato com CETEC e produz a partir da tecnologia desenvolvida por este centro pagando royalties

sobre o faturamento líquido das vendas deste produto (PEREIRA; LE VEM, 2002). Assim, configura-se, este episódio, como um processo bem sucedido de transferência de tecnologia do centro de pesquisa para o meio produtivo com benefícios para ambas as partes.

O CETEC atuou também realizando parcerias com o setor produtivo com o intuito de otimizar sua produção tecnológica frente às dificuldades impostas a este em sua trajetória ao longo dos anos. Dentre estas, cita-se o estabelecimento de um programa de intercambio de profissionais possibilitando a estes executarem atividades no Centro e em empresas, visando a dirimir a perda de pesquisadores para a iniciativa privada. Considerando, ainda, as parcerias deste Centro de pesquisas tecnológicas com o setor produtivo, em especial com a siderurgia, tem-se que em fins da década de 1980 a ACESITA transferiu seu centro de P&D para o campus do CETEC, configurando talvez o ápice da parceria do Centro com o setor produtivo. Nesta ocasião os pesquisadores do centro de pesquisa da siderúrgica foram transferidos para os laboratórios do CETEC, permanecendo vinculados à ACESITA. Esta siderúrgica que já participara, na década de 1970, da criação da pós-graduação cooperativa entre universidade e empresas do CPGEM-UFMG e já atuara como demandante de estudos pelo Centro, reafirmava, assim, sua inclinação ao estabelecimento de parcerias com vistas a incrementar seu potencial tecnológico. Deste modo, foi possibilitada uma relação de convivência entre os pesquisadores do CETEC e os pesquisadores desta siderúrgica gerando ganhos de interação para os dois lados desta parceria (PEREIRA; LE VEM, 2002).

O CETEC também atuou estabelecendo parcerias institucionais de modo a ampliar o impacto de sua estrutura de pesquisa. O Centro participa desde 1995, em parceria com a UFOP e com a Universidade do Estado de Minas Gerais, da condução da pós-graduação da Rede Temática em Engenharia de Materiais (REDEMAT). A REDEMAT oferece cursos de mestrado e doutorado na área de materiais, tradicionalmente ligada aos estudos de metalurgia, utilizando-se da infra-estrutura de pesquisa das três instituições componentes. Deste modo, os laboratórios do CETEC, especialmente os ligados à área de análise de materiais, da qual as análises de objetos metálicos são parte integrante, são utilizados na promoção do estabelecimento de laços entre os pesquisadores das três instituições, bem como num programa bem estruturado de qualificação do trabalho.

Verifica-se, portanto, que a história de mais de trinta anos do CETEC se pautou na tentativa de gerar condicionantes para a expansão industrial do estado de Minas Gerais. É possível identificar que este cumpriu um importante papel no desenvolvimento de problemas tecnológicos demandados pelo setor produtivo, embora tendo sofrido ao longo dos anos com o fato de ser uma instituição de pesquisas tecnológicas ligada ao estado, e por isso não gozando em determinados pontos da autonomia necessária como também de recursos financeiros. No que diz respeito às suas relações com o desenvolvimento de inovações na siderurgia, pode-se dizer que se construiu ao longo dos anos uma relação firme entre o Centro e este setor econômico. Primeiramente por ter, o CETEC, contado desde sua origem com pesquisadores interessados neste campo, haja vista a participação de egressos do recém criado mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFMG em seus primeiros quadros. Num segundo aspecto por ter estabelecido pontes com as principais usinas do estado na condução de vários projetos de desenvolvimento tecnológico. E em último lugar, podendo ser considerado um desdobramento dos outros pontos, por ter o Centro criado internamente uma condição de excelência para a sua pesquisa neste campo. Esta condição foi coroada com as inovações geradas dentro do CETEC para este setor, sobretudo, a criação de um processo alternativo de produção do aço inoxidável colorido, como acima referenciado. O CETEC foi ainda bem sucedido em sua missão de atuar como elo entre a universidade e as empresas, estabelecendo vínculos fortes com ambas as partes. Tudo isso, coloca o CETEC em uma posição de importância para o sistema regional de inovação particular que se criou em Minas Gerais, o qual se voltou para o complexo mineral-metalúrgico, em especial para a siderurgia.

4.4 Reflexões sobre a formação do ambiente institucional mineral-metalúrgico de Minas Gerais

O complexo siderúrgico de Minas Gerais apresenta em dias atuais uma grande competitividade no mercado internacional do aço. Duas são as fontes deste dinamismo, o grau de maturidade deste setor no estado e o aparato institucional que sustentou sua evolução durante o século XX. O primeiro está relacionado à existência desde o período *joanino* no Brasil de esforços visando a implantar em território mineiro altos-fornos capazes de transformar o minério abundante no estado em gusa ou aço. Sabe-se que este esforço somente se refletiria em resultados sólidos a partir da década de 1930 com entrada definitiva da siderurgia em escala industrial em Minas Gerais, quando da construção da

unidade de Monlevade da Belgo-Mineira. Contudo, a história que se construiu em Minas em torno da siderurgia gerou uma cultura produtiva que atingiu seu ápice com a introdução das siderúrgicas de larga escala a coque mineral, já na segunda metade do século XX.

O segundo ponto é relativo à presença de instituições que deram suporte aos desenvolvimentos técnicos e científicos nos campos da mineralogia, geologia e principalmente metalurgia. A presença dessas instituições de ensino e pesquisa gerou em Minas um ambiente diferenciado para o desenvolvimento da siderurgia, assim como de outros ramos correlatos. Esta condição corrobora os desenvolvimentos teóricos a respeito do desenvolvimento regional por meio do fortalecimento dos sistemas de inovação. Fatores como a presença de uma infra-estrutura humana formada pelos alunos da Escola de Minas e, mais tarde, do CPGEM da Escola de Engenharia da UFMG, e o estabelecimento de relações de confiança entre as instituições de pesquisa e o setor produtivo, assim como ocorreu com o CETEC ou com o próprio CPGEM em seus desenvolvimentos tecnológicos, são algumas das características que definem o grau diferenciado de desenvolvimento deste sistema de inovação particular que se construiu no estado de Minas Gerais para o setor mineral-metalúrgico. Essa base institucional que se formou como um desenrolar da atuação da Escola de Minas herdou em grande parcela os princípios que Gorceix julgava fundamentais para o desenvolvimento da ciência. Nesse sentido, deve-se mencionar o papel da atividade de pesquisa e a proximidade ao setor produtivo, como forma de atender às suas demandas.

5 O AMBIENTE INSTITUCIONAL E A ATIVIDADE INOVATIVA NA SIDERURGIA MINEIRA

5.1 A produção tecnológica da indústria siderúrgica de Minas Gerais a partir das patentes do setor

Pode-se afirmar a existência de certa maturidade tecnológica na siderurgia mundial, a qual limita inovações radicais neste setor, ao contrário do que ocorre em outros setores ligados a indústrias mais novas e de maior densidade tecnológica e aos serviços. Na siderurgia foi observada uma grande intensidade de avanços técnicos no decorrer dos séculos XVIII e XIX, quando da fase de consolidação dos processos de fabricação do aço. Tais avanços ocorreram tanto na etapa de fabricação do ferro quanto na aciaria (FERREIRA, 1993). Por outro lado, durante todo o século XX foram identificadas apenas duas inovações que podem ser consideradas radicais no contexto da siderurgia mundial, são estas o uso de conversores de oxigênio e o lingotamento contínuo¹⁹ (PINHO; OLIVEIRA, 2002). Isso demonstra que o espaço para inovações radicais, tanto em processo quanto em produto, é limitado na indústria do aço. Contudo, há uma grande margem para as inovações incrementais dado o acirrado nível de competição por qualidade e preços. A busca por inovações que reduzam os custos produtivos ou que incrementem a qualidade do produto final figuram, então, entre os determinantes da capacidade competitiva da siderurgia internacional.

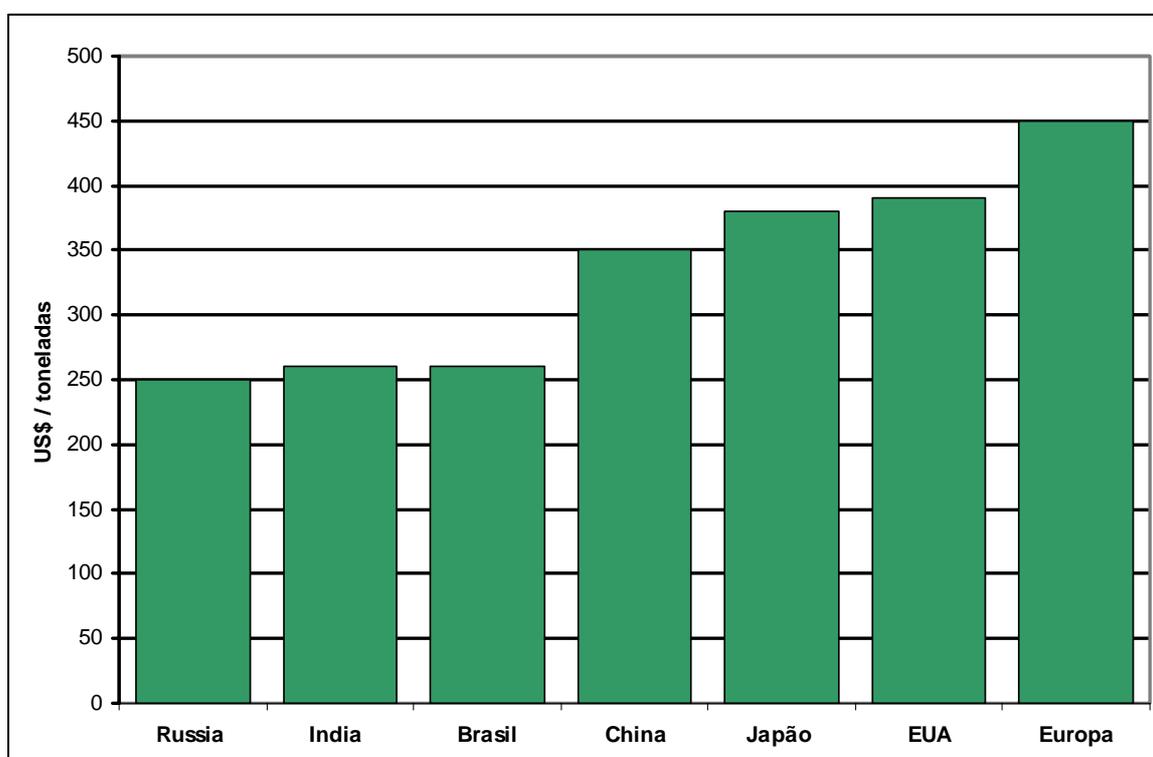
Neste contexto, a siderurgia brasileira apresenta um elevado grau de competitividade em meio ao mercado internacional do aço. As usinas instaladas em território nacional levam ao mercado um produto com baixos custos e elevada qualidade. Embora a escala produtiva nacional seja muito menor que a dos principais produtores mundiais de aço, a siderurgia brasileira apresenta custos produtivos muito competitivos, o que tem de ser creditado,

¹⁹ Os conversores a oxigênio são utilizados na indústria siderúrgica para a transformação do ferro gusa em aço, substituindo os fornos Siemens-Martin, neste processo. Já o lingotamento contínuo diz respeito à produção, contínua, dos tarugos utilizados na laminação, a partir do aço líquido vazado através de moldes de cobre. Anteriormente, era empregado o lingotamento convencional, em que o aço líquido era vazado em lingoteiras de gusa, com forçosas interrupções no processo.

certamente, à capacidade tecnológica deste setor²⁰, além da abundância de matérias-primas.

Do gráfico abaixo percebe-se o grau de competitividade da siderurgia brasileira frente aos maiores produtores mundiais de aço, em termos de seus custos de produção. Como é possível verificar o Brasil está entre os produtores de aço que apresentam menores custos produtivos, juntamente com Rússia e Índia. Localidades como a Europa, os Estados Unidos, o Japão e a China apresentam custos de produção muito mais elevados que os observados para a siderurgia brasileira.

GRÁFICO 1 – Custos de produção de bobinas laminadas a quente, usinas integradas a coque, junho de 2005



Fonte: De Paula (2006). Elaboração Própria.

Este bom índice de competitividade da siderurgia brasileira sugere um bom desempenho tecnológico do setor. Através de estatísticas de patentes para o setor siderúrgico, como forma de medir a atividade tecnológica e inovativa das empresas deste setor, é possível

²⁰ No ano de 2007 o Brasil produziu quase 34 milhões de toneladas de aço bruto, ao passo em que a China produziu 494 milhões de toneladas, o Japão 120 milhões e os Estados Unidos 98 milhões. Os três últimos são respectivamente o primeiro, o segundo e o terceiro maiores produtores de aço do mundo, em quanto o Brasil ocupa a nona posição (WSA, 2009).

observar o desempenho das principais siderúrgicas brasileiras neste quesito²¹. Os dados de patentes apresentados pela TAB. 2 foram coletados no sítio do INPI, considerando as 11 empresas associadas ao Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS). São cinco (5) localizadas em Minas Gerais, três (3) em São Paulo, uma no Rio de Janeiro, uma no Espírito Santo e outra no Rio Grande do Sul. Ao todo foram contabilizados mil cento e oitenta e oito (1188) patentes.

TABELA 2 – Siderúrgicas Brasileiras que registraram patentes junto ao INPI até janeiro de 2009

Empresa	Localização	Total de Patentes	%	Capacidade anual de produção de aço bruto (1000 ton)
Usiminas	Minas Gerais	421	35	4.800
CSN	Rio de Janeiro	343	29	5.750
Cosipa	São Paulo	134	11	4.635
CST	Espírito Santo	111	9	-
Açominas	Minas Gerais	71	6	4.500
Acesita	Minas Gerais	55	5	922
Belgo*	Minas Gerais	23	2	2.300
V&M	Minas Gerais	12	1	685
Aços Villares	São Paulo	9	1	995
Villares Metals	São Paulo	5	0	150
Gerdau Piratini	Rio Grande do Sul	4	0	390
Minas Gerais	-	582	49	

Fonte: INPI (www.inpi.gov.br). Acesso em jan. 2009; Anuário Estatístico do IBS (2008). ArcelorMittal

* Usinas de João Monlevade e Juiz de Fora.

Dentre as evidências apresentadas pela TAB 2, fica claro que há uma forte correlação positiva entre a capacidade de produção das unidades siderúrgicas e seu desempenho em termos de patentes. Nota-se que as duas empresas que apresentam maior capacidade de produção, USIMINAS e CSN, concentram cerca de 64% das patentes registradas pelas afiliadas do IBS junto ao INPI. Portanto, no caso da indústria siderúrgica brasileira a atividade inovativa é, também, associada ao tamanho da empresa. Quanto maior sua escala

²¹ Sabe-se aqui de todas as limitações relacionadas às estatísticas de patentes e seus problemas enquanto *proxy* para inovação (GRILICHES, 1990). Contudo, mesmo levando em consideração tais limitações provenientes do uso de patentes, acredita-se que estas conseguem transmitir informações úteis no âmbito da pesquisa (BERNARDES; ALBUQUERQUE, 2003). Sobretudo, acredita-se que as estatísticas de patentes têm a capacidade de transmitir uma noção do desempenho das firmas em termos de desenvolvimentos tecnológicos, mesmo que nem todos os processos tecnológicos sejam patenteados e nem todas as patentes sejam implementadas.

produtiva, o que reflete suas dimensões, maior tende a ser sua capacidade de inovar. Isso, pois, firmas maiores apresentam melhores condições para investirem em P&D interno, podendo, assim, manter em suas plantas laboratórios e pessoal altamente qualificado atuando em atividades de desenvolvimento tecnológico. Por outro lado, mesmo sendo essa evidência clara para o conjunto das empresas, se observamos novamente a situação da USIMINAS pode-se notar que essa supera inclusive a premissa da escala, se comparada à CSN. Se por um lado podemos notar que o conjunto das maiores produtoras também é o conjunto das siderúrgicas que mais depositaram patentes, por outro podemos ver que a USIMINAS é a maior depositante de patentes mesmo não sendo a maior siderúrgica do país em termos de capacidade de produção, posição que é ocupada pela CSN que por sua vez é a segunda maior em termos de patentes registradas.

Além do exposto, pode-se concluir também que há uma grande concentração na atividade tecnológica das empresas, dado que a grande participação das maiores usinas na atividade inovativa²². Na pesquisa feita junto ao sitio do INPI das vinte e seis unidades produtivas presentes em território nacional somente foram encontradas patentes para as onze (11) apresentadas na TAB 2. Ou seja, é possível concluir que menos da metade das siderúrgicas brasileiras se esforça de forma consistente no desenvolvimento tecnológico, o que se reflete em depósitos de patentes, sendo que deste grupo quase a metade se localiza em Minas Gerais. Isso poderia se justificar pela maior aglomeração das empresas do ramo neste estado, são ao todo dez unidades produtivas presentes no território mineiro, contudo, somente a aglomeração não constitui um diferencial suficientemente capaz de dar suporte à inovação, apesar de todas as vantagens conhecidas da vizinhança. Ou seja, há a necessidade de uma estrutura diferencial em meio ao ambiente no qual estão inseridas essas empresas para o sucesso de sua atividade inovativa. Em outros termos acredita-se que as siderúrgicas mineiras dispõem de um sistema construído ao longo do tempo que, por sua imersão, é capaz de atuar apoiando o setor produtivo na busca de avanços tecnológicos. Por isso a siderurgia mineira tem um desempenho considerável no que tange à sua atividade tecnológica.

Pode-se verificar também que a USIMINAS lidera o ranking de patentes com quatrocentas e vinte e uma (421) patentes registradas junto ao INPI desde 1979, o que representa um

²² Há, também, uma grande concentração no controle dessas, já que apenas oito grupos são responsáveis pelo controle das vinte e seis (26) unidades produtivas espalhadas pelo país.

montante de 35% do total de patentes observadas na análise. Isso afirma a posição de destaque da siderúrgica mineira na produção tecnológica brasileira, justificando sua importância nos mercados nacional e internacional, como uma das principais produtoras de aço do Brasil e da América Latina²³. Já a CSN apresenta setenta e oito (78) patentes a menos que a USIMINAS, sendo a segunda maior patenteadora do setor. Sabendo-se que a CSN foi fundada mais de dez anos antes da siderúrgica mineira, tem-se que USIMINAS superou, em termos de produção tecnológica, uma empresa que detinha maior conhecimento acumulado e que já se encontrava consolidada no setor quando do início de suas operações. Se comparada à COSIPA, que foi inaugurada no mesmo contexto da USIMINAS, em 1963, e que por isso deveria contar com, praticamente, as mesmas condições de conhecimento acumulado, volta a ficar claro o desempenho diferenciado da siderúrgica mineira em seu processo de produção de novas tecnologias. A empresa paulista apresenta menos de um terço do total de patentes depositadas pela a USIMINAS.

Tudo isso leva a crer que a USIMINAS dispôs, ao longo de sua história, de uma situação diferenciada em relação às outras grandes siderúrgicas brasileiras, no que tange aos fatores facilitadores da sua atividade inovativa. Essa situação fez com que a USIMINAS chegasse ao patamar de empresa mais eficiente do setor no país (DE PAULA, 1993). Possível causa disto é o fato de que esta siderúrgica contou desde 1971 com um moderno centro de pesquisa e desenvolvimento empenhado no seu desenvolvimento tecnológico. A USIMINAS gastou desde a década de 1970 cerca de US\$ 100 milhões com a manutenção e aprimoramento deste seu centro de P&D, considerado o maior pólo de desenvolvimento tecnológico na siderurgia da América Latina.. Assim, é possível concluir que esta siderúrgica já há bastante tempo se empenha na busca de soluções tecnológicas internas. Além disso, a interação desta empresa com o seu entorno, em especial com as universidades, também contribuiu para seu desempenho tecnológico, seja com a existência de pessoal qualificado seja com a existência de insumos científicos para sua atividade tecnológica.

Por seu desempenho no depósito de patentes, e sua posição para a economia do estado, é possível considerar que a USIMINAS tem um papel central para o desenvolvimento tecnológico de Minas Gerais. Como observa Albuquerque (2001), esta siderúrgica figura

²³ Segundo informações disponíveis no sitio da USIMINAS (www.usiminas.com.br) a empresa foi responsável nos últimos anos por, aproximadamente, um quarto da produção nacional de aço bruto e cerca de 12% do aço produzido em toda a América Latina.

entre as principais instituições de Minas Gerais no que tange ao depósito de patentes, sendo então um dos agentes, dentre os de caráter público e privado, que mais se esforçam no sentido de promover avanços tecnológicos no estado. Seu poderio econômico, sua comprovada vocação tecnológica e sua imersão regional seriam elementos cruciais para que a empresa cumprisse este papel.

Pode ser observado que as demais usinas siderúrgicas de Minas Gerais, no que tange à sua produção tecnológica, estimada pelas suas patentes depositadas junto ao INPI, aparecem logo após o grupo das quatro maiores siderúrgicas do país. O que demonstra que somente foram superadas pelas outras devido à grande escala em que estas operam. Como já foi aqui exposto, esta condição gera maiores possibilidades para os desenvolvimentos tecnológicos destas maiores siderúrgicas brasileiras.

Ao todo as empresas localizadas no estado de Minas Gerais depositaram no INPI quinhentas e oitenta e duas (582) patentes, montante este que representa cerca de 49% do total de patentes registradas pelas siderúrgicas observadas na presente análise. Deste modo, pode-se inferir que a siderurgia mineira tem um grande destaque nos esforços inovativos da siderurgia brasileira o que se soma à sua já reconhecida capacidade de produção. Tal constatação reafirma e justifica sua importância para o setor siderúrgico brasileiro e sua posição em meio ao mercado internacional. Deste modo, pode-se concluir que a cultura produtiva que se construiu em Minas Gerais desde o século XIX relacionada à siderurgia gerou um contexto favorável, também, aos desenvolvimentos tecnológicos. Assim, Minas Gerais transcende seu potencial em termos de produção física, em relação ao conjunto da economia nacional, apresentando também um forte potencial tecnológico para o setor. A siderurgia mineira assume, portanto, um papel central no que diz respeito à sua contribuição ao desenvolvimento tecnológico da siderurgia brasileira.

Da pesquisa acima pôde-se observar que a siderurgia de Minas Gerais tem grande peso para o desenvolvimento tecnológico da indústria siderúrgica brasileira. Contudo, muitos dos desenvolvimentos tecnológicos de uma determinada firma podem não ser patenteados, da mesma forma que muitas patentes não necessariamente representam inovações que serão, de fato, aplicadas ao processo produtivo. Desenvolvimentos específicos passam a ser considerados como uma cultura produtiva local ou, em outros casos, inovações locais podem ser incrementadas externamente à sua região de origem, após a aquisição de uma patente ou alguma forma de transferência tecnológica.

Cabe, portanto, mencionar que a siderurgia mineira é responsável por avanços em várias frentes, mesmo que não estejam registrados em patentes como alguns casos em especial. Um destes diz respeito ao processo de produção de ferro gusa por meio do uso de carvão vegetal em altos-fornos que produzem em pequenas escalas, que foi desenvolvido e disseminado em Minas Gerais e deu origem a uma gama de pequenos altos-fornos que operam no estado e atendem aos mercados interno e externo (ANDRADE, 2002). Além do modo de produção, os equipamentos e a tecnologia de produção de ferro gusa em pequenos altos-fornos foi desenvolvida no estado, consistindo num processo localmente identificado.

Outro exemplo da contribuição tecnológica da siderurgia mineira para a siderurgia em geral diz respeito ao desenvolvimento do método de produção denominado *Corex*. Este método consiste numa nova tecnologia de produção do aço, dispensando um elemento até então fundamental para a transformação de minério de ferro em ferro gusa, o coque. O *Corex* foi desenvolvido na Siderúrgica Pains, localizada no município de Divinópolis, que contava com participação do capital alemão, através da Cia. Korf. Por meio dessa empresa alemã foram desenvolvidos no centro de pesquisas da Pains, durante a década de 1970, estudos sobre a viabilidade da produção sem necessidade do uso de coque. Destes estudos foi gerado *Corex*, que eliminava duas das fases do processo siderúrgico tradicional, a coqueria e a sinterização, reduzindo os impactos ambientais e os custos da produção siderúrgica. A dimensão desta inovação desenvolvida em meio ao ambiente de produção e pesquisas estabelecido em Minas Gerais atraiu grandes empresas do ramo no exterior. Logo, na década de 1980 o grupo austríaco Voest Alpine adquiriu a patente deste novo método junto à Cia. Siderúrgica Pains e ao grupo Korf e em 1984 foi instalada na África do Sul a primeira unidade produtiva a utilizar o método *Corex*. O desenvolvimento deste método constitui uma mudança de tecnologia na produção do aço, inicialmente desenvolvido em Minas Gerais, contudo não se disseminou de forma ampla na siderurgia mundial, e não é utilizado no Brasil. Embora este processo pareça ser um grande avanço tecnológico sua não generalização deixa dúvidas sobre isso. Neste sentido, não é claro se essa situação é derivada de razões técnicas, econômicas ou de outras naturezas. Atualmente a Cia. Siemens VAI controla e distribui esta tecnologia de produção siderúrgica.

A presença de tais desenvolvimentos demonstra que em Minas Gerais há um conjunto de fatores que propiciam o desenvolvimento tecnológico da atividade siderúrgica, embora na sua maioria estes não sejam necessariamente radicais, como o desenvolvimento do método

Corex. Da mesma forma fica explícito que existe no setor siderúrgico mineiro, já há algum tempo, a consciência da necessidade de inovar para a sobrevivência frente ao mercado, mesmo se tratando de um setor econômico de baixa densidade tecnológica. A melhoria de processos e produtos siderúrgicos, constantes nesta atividade, é fortemente beneficiada pela existência, em Minas Gerais, de um moderno parque siderúrgico e de um ambiente institucional voltado às demandas desta indústria. Portanto, mesmo não havendo espaço para inovações de caráter radical, a siderurgia mineira apresenta altos índices de inovação levando esta indústria a um patamar de elevada competitividade internacional.

5.2 Padrões de desenvolvimento tecnológico na siderurgia mineira a partir dos dados de patentes

A TAB. 3 apresenta os pedidos de depósitos de patentes por empresas divididos em dois períodos escolhidos não ao acaso. São dois períodos semelhantes, em termos de extensão temporal: o primeiro é de 14 anos e o segundo de 16 anos. O primeiro período compreende a fase que antecede o processo de desestatização das siderúrgicas brasileiras, abarcando os anos entre 1979 e 1992²⁴. O segundo período pode ser considerado o de pós-desestatização, caracterizado pela consolidação do controle das siderúrgicas, antes estatais, pela iniciativa privada. Este último período leva em consideração também uma fase de reestruturação do setor siderúrgico mundial, abarcando as fusões e aquisições de grandes corporações internacionais que vieram a afetar o quadro siderúrgico brasileiro, principalmente com a ascensão da gigante mundial Arcelor Mittal.

Observando o desempenho tecnológico das siderúrgicas, é possível observar que a ACESITA e a USIMINAS diminuíram seu fôlego em termos de pedidos de patentes após a privatização. A pergunta que surge frente a este cenário é referente à alteração nos padrões de desenvolvimento tecnológico das siderúrgicas consideradas após as mudanças nos quadros político e administrativo que as envolveram ao longo das duas fases observadas. A USIMINAS, que detinha 265 pedidos de patentes até 1992, apresentou mais 156 pedidos entre 1993 e 2007, já a ACESITA apresentou uma queda de 36 pedidos depositados para 19, entre os dois períodos. O total de pedidos decresceu de 348 para 234, sendo que AÇOMINAS, V&M e Belgo aumentaram seus pedidos no segundo período observado.

²⁴ A USIMINAS foi privatizada no ano de 1991, a ACESITA em 1992 e a AÇOMINAS em 1993, assim como está exposto no Capítulo 3 do presente trabalho.

TABELA 3 – Distribuição dos depósitos de patentes das principais siderúrgicas de Minas Gerais por períodos 1979-2008

	1979-1992	1993-2008	Total
Usiminas	265	156	421
Acesita	36	19	55
Açominas	33	38	71
Belgo	11	12	23
V&M	3	9	12
Total	348	234	582

Fonte: INPI (www.inpi.gov.br) acesso em jan. 2009

No primeiro ano para o qual foram identificados registros de patentes na base do INPI, 1979, USIMINAS e ACESITA já apresentavam depósitos de patentes. Isso reflete que a atuação tecnológica destas empresas antecede a esse ano, dado que o avanço tecnológico, aqui representado pela patente, é resultante de um processo duradouro de pesquisa e desenvolvimento, que dificilmente apresenta resultados imediatos. Ainda por meio da TAB. 3, é possível verificar que a ACESITA apresentou uma quantidade de pedidos de patentes bastante inferior à apresentada pela USIMINAS. Verifica-se um total de 55 depósitos ao longo dos quatro períodos de análise, sendo que os últimos depósitos de patentes da siderúrgica de Timóteo foram referentes ao ano de 2005. Curiosamente o decréscimo no depósito de pedidos de patentes da ACESITA coincide com a criação de seu centro de pesquisas, após sua privatização. Até então os pesquisadores vinculados à empresa trabalhavam nas dependências do CETEC, e antes disso junto ao setor de produção na usina²⁵.

A AÇOMINAS, apesar de ser a empresa mais jovem entre as consideradas na análise demonstra um bom desempenho em termos das patentes depositadas. A empresa é a segunda que mais patenteou no período, chegando a um montante total de 71 depósitos de patentes junto ao INPI. Esta siderúrgica, que somente entrou em operações em 1985 (SOUZA, 1985), havia apresentado no primeiro intervalo considerado um total de 33 patentes depositadas. Daí em diante a AÇOMINAS se firmou como uma das principais depositantes de patentes entre as principais siderúrgicas do estado. Ao apresentar, no período pós-desestatização, 38 pedidos de patentes a AÇOMINAS ultrapassou a ACESITA

²⁵ Até 1989 os pesquisadores da ACESITA exerciam suas funções junto à produção na usina de Timóteo. A partir deste ano o setor de pesquisas da empresa foi deslocado para o CETEC, onde os pesquisadores da empresa trabalharam até o ano de 1992, quando foi construído o centro de pesquisas interno à usina.

em termos de sua dinâmica tecnológica. Cabe observar que mesmo detendo uma trajetória ainda curta na história siderúrgica do estado, esta siderúrgica se consolidou como uma das siderúrgicas mais importantes, não só em termos de produção, como também em termos de inovação tecnológica, como é possível inferir a partir da análise de seus depósitos de patentes. Porém, esta siderúrgica ainda está muito abaixo do potencial tecnológico que é apresentado pela USIMINAS, mesmo apresentando escala produtiva quase tão elevada quanto a usina de Ipatinga. Neste sentido, deve-se ressaltar que uma das possíveis causas da distância tecnológica entre as duas maiores siderúrgicas do estado pode ser um fruto do maior conhecimento acumulado pela USIMINAS, que já apresentava certa dinâmica tecnológica quando da fundação da AÇOMINAS. Ademais, ao contrário da USIMINAS, a AÇOMINAS não se esforçou na criação de um centro de pesquisas interno com vistas a sustentar seus esforços tecnológicos. Estas podem configurar dentre explicações para a disparidade em termos de atividade tecnológica entre as duas principais siderúrgicas do estado, tomando por base suas patentes, dado que em tese apresentam as mesmas condições de escala produtiva e desfrutam do mesmo ambiente.

Mais uma vez fica claro que para a siderurgia a atividade tecnológica está intimamente ligada ao tamanho da firma. Nesse sentido, mesmo a ACESITA tendo iniciado suas operações anteriormente à inauguração das duas maiores usinas do estado, USIMINAS e AÇOMINAS, como pôde ser observado pela leitura do Capítulo 3 do presente trabalho, sua atividade tecnológica foi superada por estas. Resultado esse que pode-se acreditar seja intimamente relacionado à escala produtiva, já que USIMINAS e AÇOMINAS apresentam escalas produtivas muito superiores à da Acesita. Ademais, deve-se destacar o esforço tecnológico que marcou a história da USIMINAS que ao longo dos anos vem investindo intensamente em pesquisa e desenvolvimento.

Já as duas empresas originárias de capitais privados internacionais, Belgo-Mineira e Vallourec & Mannesmann (V&M), apresentam resultados tímidos para sua atividade tecnológica se comparadas às empresas que passaram pelo controle estatal. A Belgo, primeira grande siderúrgica de Minas Gerais, apresenta um total de 23 depósitos de patentes. Já V&M apresentou um total de 12 depósitos de patentes, apenas, ao longo do período avaliado. A Belgo apresentou quase que o mesmo montante de depósitos de patentes para cada um dos dois períodos observados pela análise, já a V&M apresentou no segundo período três vezes mais depósitos que no primeiro período. As nove (9) patentes

depositadas pela V&M no segundo período de análise se concentraram no intervalo temporal entre 2004 e 2008, justamente após a aquisição do grupo Mannesmann pelo grupo Vallourec, ocorrida em 1997. Portanto, é possível concluir que a alteração no comando desta siderúrgica mudou os rumos de sua atividade inovativa no início do presente século, dando a esta um novo impulso.

Se somadas as patentes das duas empresas de origem estrangeira sua participação chega a pouco mais de 60% do total alcançado pela ACESITA que é a empresa de origem estatal com menor quantidade de patentes depositadas dentre as siderúrgicas radicadas em Minas Gerais que registraram patentes junto ao INPI. Uma possível explicação para o menor desempenho das siderúrgicas originárias de capitais internacionais se dá pelo fato destas terem concentrado seus esforços tecnológicos, como investimentos em P&D, em suas matrizes no exterior. Assim, as unidades produtivas dessas corporações multinacionais no Brasil não apresentariam dedicação intensa no que tange aos desenvolvimentos tecnológicos, incorporando em grande parte desenvolvimentos elaborados em seus países de origem ou onde se localizariam seus centros de P&D. Deste modo, os avanços tecnológicos destas não necessariamente seriam registrados em patentes no Brasil, mas prioritariamente nos países onde foram desenvolvidos, dado que estas não endogenizaram em suas unidades brasileiras o esforço de pesquisa.

Essa evidência corrobora a idéia que há uma tendência das empresas de origem estrangeira, em geral, principalmente as oriundas de economias mais avançadas, a não investirem no desenvolvimento de novas tecnologias em suas filiais, localizadas em economias periféricas²⁶. Ou seja, a indústria periférica derivada de capitais externos não incorporaria departamentos voltados para os desenvolvimentos tecnológicos, os quais permaneceriam restritos às suas sedes em centros econômicos mais desenvolvidos. Logo, mesmo havendo uma determinada endogenização dessa indústria, não se verificaria isso para sua atividade tecnológica, fazendo com que essa permanesse importada de economias mais avançadas. A economia brasileira padece, em parte, deste problema com relação à sua indústria derivada de capitais externos. Esta em geral contribui para a modernização produtiva

²⁶ Fajnzylber (1979: 1990:2000) verificou essa situação para a América Latina. Segundo este autor a região não contava com um núcleo endógeno gerador de tecnologia, sendo esta uma das causas de seu atraso em relação às economias centrais. Gonçalves (2007) confirmou esta tendência para a economia brasileira, observando que, mesmo tendo um papel importante para o contexto da economia, as empresas transnacionais não internalizam no país seus esforços inovativos, sendo que na maioria dos casos as filiais brasileiras absorvem a tecnologia gerada nas matrizes localizadas em seus países de origem.

nacional se apropriando dos avanços tecnológicos oriundos de suas matrizes, porém apresenta relativamente pouco empenho interno em P&D (GONÇALVES, 2007).

A comparação das duas siderúrgicas de origem estrangeira com as de origem brasileira, no depósito de patentes, confirmaria, então, esta idéia para o caso da siderurgia de Minas Gerais. Enquanto as brasileiras apresentaram uma intensa atividade inovativa mensurada por suas patentes, Belgo e V&M tiveram um desempenho bastante inferior. Isso leva a crer que enquanto as empresas brasileiras investiram em buscas por avanços tecnológicos internamente, as estrangeiras não o fizeram com o mesmo fôlego, pelo menos em território brasileiro. Mesmo a Belgo, que iniciou suas atividades em Minas Gerais no início do século XX com um intenso esforço de modernização tecnológica com vistas a adequar seus sistemas produtivos ao uso do carvão vegetal com resultados satisfatórios, não teve um bom desempenho em termos de patentes. Neste sentido, cabe, ainda, ressaltar que Belgo-Mineira e V&M não criaram em suas unidades brasileiras departamentos de pesquisa e desenvolvimento em linhas formais.

Tal resultado possibilita especular que, caso não existisse no Brasil um empenho especial do Estado na promoção da indústria siderúrgica deixando, assim, esta a cargo de capitais externos somente, a siderurgia brasileira tenderia a não apresentar um grau satisfatório de desenvolvimento tecnológico. Isso fica claro já que as principais siderúrgicas brasileiras a apresentarem um bom desempenho em termos do número de patentes registradas tiveram origem estatal, como é observado pela TAB 2. Ou seja, a geração de tecnologia interna relacionada à siderurgia em Minas Gerais foi fruto, sobretudo, dos investimentos do Estado, que teve um grande peso na promoção da industrialização mineira ao longo do século XX (DINIZ, 1981).

Contudo, sabe-se que essas siderúrgicas de origem estrangeira tiveram em grande medida suas histórias marcadas por esforços tecnológicos com o intuito de adequarem suas práticas produtivas, originalmente importadas, aos aspectos locais. Dado que a siderurgia é uma atividade que é em grande medida influenciada por peculiaridades regionais, como o clima e a altitude, a instalação de uma unidade produtiva, originária de uma base de conhecimento e experiência produtiva forjada externamente, requer um esforço tecnológico no sentido de adaptação dos processos de produção. Nesse sentido, Ferreira (1983) em estudo elaborado para o caso da Belgo-Mineira no início da década de 1980 observa uma série de adaptações e melhorias que foram feitas nas unidades dessa

siderúrgica ao longo do tempo como forma de adaptação à sua realidade local. Ou seja, mesmo que não contempladas pelas patentes observadas, essas siderúrgicas necessariamente sofreram adequações tecnológicas marginais em seus processos produtivos. Além disso, para dar andamento a tal processo de adequação, que evoluiria ao longo do tempo, estas siderúrgicas demandariam pessoal qualificado capacitado a conduzi-lo. Nesse sentido, a proximidade de uma base de ensino e pesquisa também é fundamental para as empresas, mesmo que não sejam tão intensos os esforços tecnológicos nestas unidades produtivas.

Da presente análise é possível observar que a liderança dos desenvolvimentos tecnológicos na siderurgia de Minas Gerais coube à USIMINAS, tanto antes quanto após sua privatização. As outras duas ex-estatais, ACESITA e AÇOMINAS, também apresentaram bom desempenho em termos de depósitos de patentes se comparadas às duas empresas originárias de capitais privados. Esses dados demonstram, sobretudo, que houve atividade tecnológica nas principais companhias siderúrgicas de Minas Gerais, mesmo que essa esteja subestimada, já que nem todos os avanços técnicos internos à empresa são patenteados. Uma análise superficial pode creditar a maior intensidade de tais avanços tecnológicos na siderurgia mineira, apenas, à concentração da produção no estado. Contudo, a análise mais a fundo do caso da USIMINAS, por exemplo, em comparação com as outras duas usinas que foram concebidas para produzir em escalas similares a esta, em outros estados do Brasil, leva a crer que esta desfrutou de condições que melhor viabilizaram seus desenvolvimentos tecnológicos. Tais condições seriam relacionadas a outros aspectos estaduais, inerentes ao meio na qual esta está inserida.

5.3 Articulação entre as instituições de ensino e pesquisa e o setor produtivo

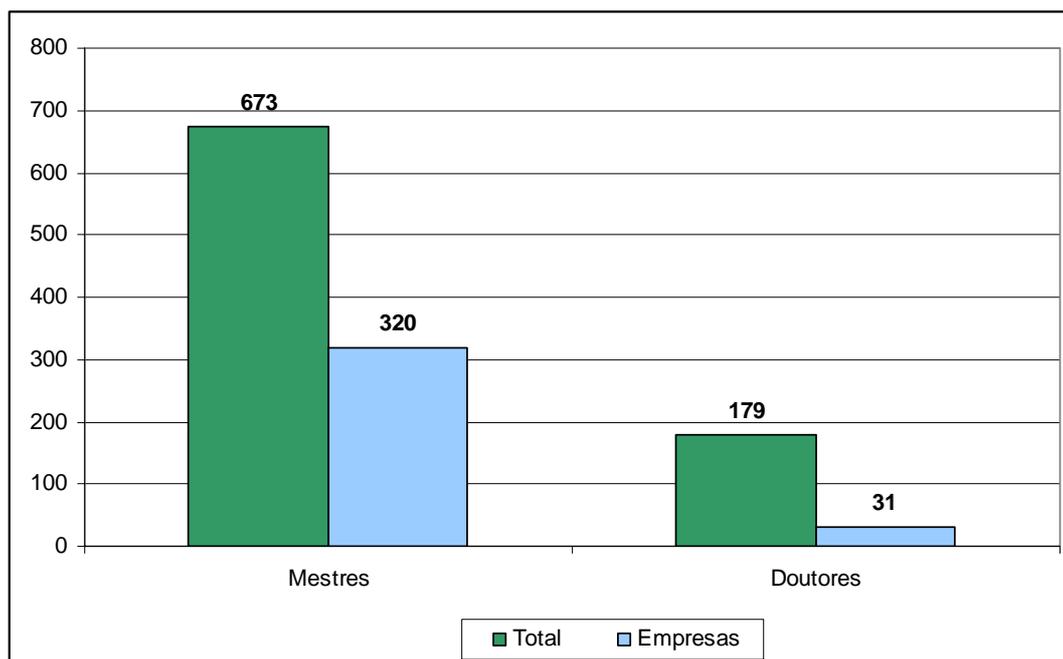
Visto que a siderurgia brasileira apresenta bases tecnológicas firmes e que em especial as siderúrgicas de Minas Gerais demonstraram, no que diz respeito às estatísticas de patentes, um bom desempenho tecnológico, cabe aqui o avaliar os fatores que geram condições para o desenvolvimento destas inovações. Ou seja, deve ser feita uma avaliação mais apurada para a identificação de quais seriam os condicionantes locais que facilitam o bom desempenho tecnológico das empresas ligadas a esse setor em Minas Gerais.

5.3.1 A infra-estrutura humana no desenvolvimento tecnológico regionalizado

Acredita-se que a criação de uma estrutura de ensino e pesquisa em Minas Gerais, antes mesmo do estabelecimento da grande siderurgia no estado, com a constituição da Escola de Minas de Ouro Preto, atuou gerando bases para a existência de um ambiente propício ao desenvolvimento produtivo e tecnológico do setor. Nesse sentido, a proposta inicial da Escola de Minas em atuar incorporando a atividade prática em seus projetos de ensino levou esta a atender às demandas do incipiente sistema produtivo que existira em Minas Gerais. Esta prática pioneira gerou raízes que culminaram na sua própria atuação posterior e na atuação do Departamento de Engenharia Metalúrgica da UFMG, que atualmente apresenta uma relação sólida com o setor produtivo. Portanto, paralelamente à criação de uma estrutura produtiva para a atividade siderúrgica foi se desenvolvendo, também, um sistema voltado para o ensino e pesquisa de modo a proporcionar uma oferta de trabalho qualificado assim como os insumos científicos necessários para o desenvolvimento do setor produtivo.

Para as siderúrgicas mineiras a contratação de ex-alunos das instituições de ensino do estado e o envio de funcionários para qualificação em cursos de especialização e pós-graduação nas principais universidades de Minas Gerais têm sido, ao longo do tempo, fontes de obtenção de profissionais atentos aos problemas e avanços tecnológicos nesse ramo de atuação. A Escola de Engenharia da UFMG tem um papel especial nesse processo ao incorporar em seus cursos de pós-graduação uma parcela considerável de alunos egressos de empresas por meio de seu programa de pós-graduação *stricto sensu* em parceria com o setor produtivo. A atuação deste departamento pode ser comprovada pelo total de alunos titulados nos programas de mestrado e doutorado e da parcela destes que eram vinculados ao setor produtivo (GRÁFICO 2).

GRÁFICO 2 – Alunos titulados pelo CPGEM-UFMG, Mestres (1973 – 01/ 2009) e Doutores (1988 – 01/2009)

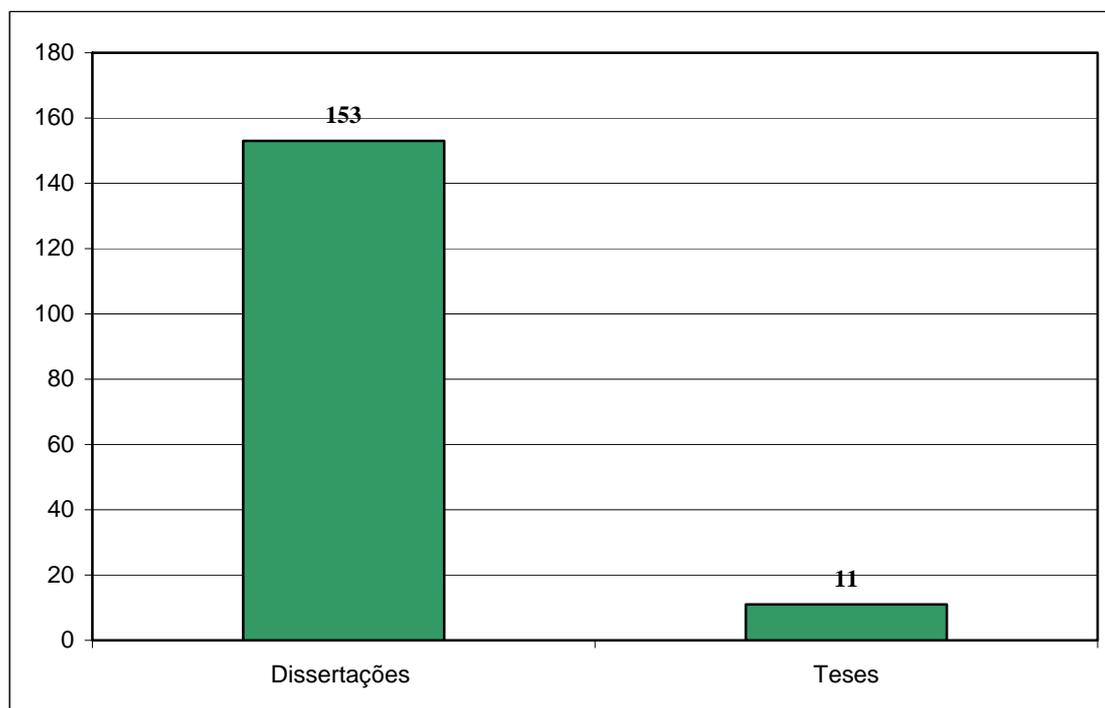


Fonte: CPGEM-UFMG. Elaboração Própria

Do total de seiscentos e setenta e três (673) mestres titulados pelo CPGEM, segundo dados fornecidos pela secretaria deste centro de pós-graduação, pode-se verificar que trezentos e vinte (320) eram vinculadas às empresas atuantes em áreas correlatas às áreas de conhecimento contempladas pelo referido curso de pós-graduação. Esse valor representa quase 48% do total de mestres titulados pelo programa. Em termos de doutorado foram trinta e um (31) doutores titulados vinculados a empresas de um total de cento e setenta e nove (179), sendo quinze (15) egressos do setor siderúrgico. Cabe ressaltar que o curso de doutorado do programa foi iniciado apenas no final da década de 1980, tendo seu primeiro aluno titulado somente no ano de 1988.

Outra instituição que vem atuando no processo de qualificação de pessoal para o setor metalúrgico em Minas Gerais é a Rede Temática em Engenharia de Materiais – REDEMAT-UFOP. Mesmo tendo uma contribuição menor, se comparada à do CPGEM-UFMG, a REDEMAT vem contribuindo para a formação de quadros qualificados para as atividades voltadas ao desenvolvimento tecnológico do setor siderúrgico. A REDEMAT formou entre 2000 e 2008 cento e cinquenta e três (153) mestres e onze (11) doutores em Engenharia de Materiais (GRÁFICO 3).

GRÁFICO 3 – Alunos titulados pela REDEMAT, Mestres (2000 – 2008) e Doutores (2005 – 2008)



Fonte: REDEMAT (www.redemat.ufop.br). Elaboração Própria

Num período de 9 anos, são ao todo cento e cinquenta e três (153) mestres titulados pelo programa que envolve a Escola de Minas da UFOP, o CETEC e a Universidade do Estado de Minas Gerais. Quanto aos doutores o programa titulou apenas onze (11), contudo, é importante deixar claro que este nível de qualificação teve início na REDEMAT apenas em 2001, sendo a primeira defesa em 2005.

Além da REDEMAT e do CPGEM-UFMG, Minas Gerais conta mais um curso de pós-graduação *stricto sensu* na área de Metalurgia e Materiais²⁷. Trata-se do curso de Materiais para Engenharia em nível de mestrado, da Universidade Federal de Itajubá²⁸.

Dos dados acima apresentados é possível tirar duas importantes conclusões. A primeira diz respeito ao importante papel ocupado pela UFMG na formação de trabalho qualificado e especializado para o setor. O CPGEM do departamento de Metalurgia da UFMG apresenta uma média de titulação de oito (8) doutores por ano, desde a primeira defesa em 1988. O programa apresentou, ainda, média de 18 mestres titulados por ano, a partir de 1973. Da

²⁷ No Brasil são ao todo vinte e dois (22) programas de pós-graduação nesta área de formação.

²⁸ Informação obtida junto à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) no site www.capes.gov.br.

mesma forma a REDEMAT vem ganhando importância neste quesito dado que, mesmo estando ainda num patamar menos elevado que o CPGEM, já conta com um contingente considerável de profissionais formados, sobretudo mestres, quando se leva em consideração o curto período entre a primeira e a última defesa do programa. Cabe mencionar que o programa de pós-graduação de Ouro Preto apresenta uma média de dezessete (17) mestres titulados por ano, e a taxa de formação de doutores esteja em torno de 3 por ano. Nesse sentido observa-se que existe a oferta de pessoal qualificado para o setor de modo a atuar estabelecendo a ponte entre o conhecimento técnico científico internacionalmente gerado e a atividade tecnológica local. E, dado que, trata-se de duas das principais universidades do país, com uma longa trajetória de ensino e pesquisa, a qualidade do trabalho formado nestas instituições é assegurada.

A segunda conclusão é referente à existência de demanda por trabalho qualificado no setor produtivo. Quase 50% dos mestres e 18% dos doutores formados pelo CPGEM já eram vinculados a alguma empresa quando da sua entrada no programa de pós-graduação. Ademais, segundo informações da coordenação do CPGEM, também não são raros os casos em que as empresas contratam alunos bolsistas atuantes em pesquisas de seu interesse, com vistas a se apropriar dos resultados das teses e dissertações e do conhecimento técnico-científico do profissional incorporado. Tudo isso demonstra a preocupação do setor produtivo em reunir em seus quadros profissionais com formação apurada e capacidade de pesquisa.

Ressalta-se que esta força de trabalho qualificada formada em Minas Gerais se caracteriza pelo alinhamento às necessidades tecnológicas locais como também à produção de conhecimento técnico-científico direcionado a uma das principais atividades produtivas de Minas Gerais. Isso seria uma decorrência da imersão em meio a uma estrutura econômica altamente apoiada na mineração e na metalurgia e em atividades correlatas. Isso corrobora aspectos da teoria, aqui apresentada, voltada para a importância da infra-estrutura humana na utilização de seus conhecimentos adquiridos ao desenvolvimento produtivo. A presença desta infra-estrutura humana e a sua inserção no setor produtivo constituem aspectos decisivos para o incremento da competitividade da região, assim como pode-se considerar que ocorre para a siderurgia de Minas Gerais.

Faz-se necessário observar como tem se comportado a demanda de cada uma das principais siderúrgicas mineiras por este trabalho qualificado observado na presente

análise. A TAB 4 demonstra a distribuição dos funcionários das siderúrgicas de Minas Gerais que se qualificaram na pós-graduação do CPGEM – UFMG em níveis de mestrado e doutorado divididos por empresas a que são vinculados. Assim, é possível verificar como tem se comportado a demanda destas empresas junto à instituição de ensino. Sabendo-se que o setor produtivo buscou intensamente a qualificação ofertada pela universidade como forma de capacitação de seus quadros profissionais, é possível observar quais foram as empresas que buscaram com mais intensidade qualificar seus profissionais aproveitando-se dos benefícios da proximidade de um centro de ensino e pesquisa de reconhecida qualidade.

TABELA 4 – Número de Mestres e Doutores Titulados pela Pós - graduação CPGEM - UFMG por Empresas a que são Vinculados, 1975-jan/2009

Empresa	Mestres	%	Doutores	%
ACESITA	72	23	3	10
AÇOMINAS	16	5	1	3
Belgo-Mineira	28	9	0	0
USIMINAS	63	20	8	26
USIMEC	25	8	0	0
V&M	8	3	1	3
CSN	12	4	1	3
CST	7	2	0	0
COSIPA	8	3	1	3
Outras*	81	25	16	52
Total	320	100	31	100

Fonte: Secretaria do CPGEM-UFMG. Elaboração própria.

*Engloba empresas que não atuam na siderurgia, sendo que nenhuma delas apresenta mais que 3 doutores titulados pelo CPGEM.

Dessa análise é possível observar que as maiores siderúrgicas do estado foram as principais demandantes de qualificação profissional, com 66% dos mestres titulados dentre o grupo restrito de alunos provindos de empresas. As siderúrgicas mineiras figuravam, ainda, como origem de 27% do total de mestres formados pelo programa (provindos de empresas ou não), em seus trinta e quatro (34) anos de atuação. A ACESITA foi a empresa siderúrgica que enviou maior quantidade de profissionais para a qualificação no curso de mestrado do CPGEM, sendo seguida pela USIMINAS, considerando-se a USIMEC uma empresa independente²⁹. A ACESITA, que devido à sua atuação no mercado produzindo aços

²⁹A USIMEC, como já mencionado no capítulo 3, é uma empresa do Sistema USIMINAS, assim como a COSIPA, empenhada na produção de bens de capital voltados para o setor siderúrgico.

especiais, envolvendo maior tecnologia nos processos, demandava trabalhadores qualificados e aptos a tal atividade, enviou setenta e dois (72) profissionais para a qualificação no CPGEM-UFMG. A USIMINAS foi a origem de sessenta e três (63) alunos do referido curso de mestrado. No envio de alunos para o doutorado as posições se invertem. A USIMINAS é a que mais titulou doutores no programa seguida pela ACESITA, são oito (8) doutores oriundos da primeira e três (3) da segunda. A maior demanda da USIMINAS por doutores, mesmo que esta não seja ainda tão elevada, pode ser explicada pela intensidade de seu esforço tecnológico, cujo maior exemplo se refere a seus investimentos em pesquisa e desenvolvimento.

É possível vislumbrar também que empresas do setor siderúrgico de outras unidades da federação também buscaram a qualificação profissional oferecida pelo CPGEM-UFMG, como é o caso de CSN, CST e COSIPA. Juntas estas empresas figuram como origem de 9% dos mestres titulados dentre os vinculados ao setor produtivo. Cabe mencionar, ainda, que o referido departamento apresenta forte interação também com empresas atuantes em outros setores de atividade que são correlatos às linhas de pesquisa contempladas pelo referido programa, como a mineração e a metalurgia de outros minerais que não o ferro.

Mesmo assim, pode-se visualizar que o setor siderúrgico de Minas Gerais figura como o principal demandante de qualificação de trabalho junto ao CPGEM-UFMG tendo sua demanda atendida por uma instituição que, além do ensino, contempla ainda a pesquisa e os desenvolvimentos científicos. Deste modo, uma das principais demandas de um sistema regional de inovação, a base para a formação de uma infra-estrutura humana, tal como apontam os teóricos dos Sistemas Regionais de Inovação, está presente no arranjo institucional que foi se construindo em Minas Gerais ao longo do tempo e que atualmente proporciona condições favoráveis para a atividade inovativa do setor siderúrgico no estado. Observa-se também que esta característica é bem aproveitada pelo setor produtivo que busca a constante qualificação de seu trabalho junto às instituições de ensino.

Percebe-se, então, que as empresas do setor siderúrgico mineiro incorporam a infra-estrutura humana capacitada a se adequar aos constantes avanços científicos e tecnológicos, de modo a possibilitar à sua organização de origem a sobrevivência frente ao constante fluxo inovativo internacional. Esse mecanismo possibilita uma intensa troca de informações entre a universidade e o setor produtivo, dado que estes funcionários que se qualificam junto à instituição de ensino deixam lá vínculos (PAULA E SILVA, 2007). Tais

vínculos possibilitam o estabelecimento de uma comunicação mais apurada entre a universidade e a empresa, considerando que por meio de seus quadros a empresa detém maior conhecimento sobre o potencial científico do sistema universitário. Deste modo, os profissionais qualificados pela universidade atuam tanto aplicando e disseminando os novos conhecimentos adquiridos na constante busca de melhorias de processos e produtos das organizações a que estão vinculados como estabelecendo conexões com a instituição de ensino e pesquisa. Cabe, ainda, ressaltar que essa é uma via de mão dupla, já que por meio dessa sistemática a instituição de ensino e pesquisa também se alinha cada vez mais à direção na qual se orientam as demandas tecnológicas ligadas ao sistema econômico. O que conduz a um determinado grau de imersão do setor responsável pela produção científica à realidade econômica local.

Dado isso, visando a demonstrar a atenção do sistema de ensino e pesquisa enraizado em Minas Gerais às necessidades tecnológicas da atividade siderúrgica, foram analisadas as teses de doutorado defendidas pelos alunos do CPGEM-UFMG desde 1988, ano da primeira defesa, até dezembro de 2008. Nesse período foram titulados cento e setenta e nove (179) doutores sendo grande parte de suas teses direcionadas à siderurgia e em especial a questões que envolvem produtos e processos relacionados às principais usinas siderúrgicas do estado. A TAB. 5 demonstra a distribuição das teses apresentadas ao CPGEM ao longo do tempo e quantas se voltaram para temas ligados à siderurgia, levando observando ainda as teses que mencionaram alguma empresa que, de alguma forma, tenha relação com o desenvolvimento do trabalho.

TABELA 5 – Total de teses de doutorado defendidas no CPGEM – UFMG, teses que abordaram temas relacionados à siderurgia e que são relacionadas a empresas, 1988 – 2008

	Total de teses defendidas	Teses relacionadas a siderurgia	Teses relacionadas a alguma empresa
1988-1992	6	4	2
1993-1997	30	15	9
1998-2002	55	16	9
2003-2008	88	26	15
Total	179	61	35

Fonte: Sítio do CPGEM (<http://www.pos.demet.ufmg.br/hpcpgem/>), e Secretaria do CPGEM. Elaboração própria.

Os dados apresentados permitem observar uma tendência crescente das defesas ao longo dos quatro períodos abordados que compreendem um intervalo de 20 anos. O salto de 6 teses defendidas no primeiro período para 88 no último demonstra que a produção científica e a formação de profissionais altamente qualificados pelo CPGEM se expandiram. É possível notar também que número de teses relacionadas à siderurgia e das que se relacionam a alguma das empresas do setor acompanharam a expansão do total de teses defendidas, apresentando uma tendência ascendente ao longo dos quatro intervalos em questão. Cabe lembrar que além da siderurgia o programa aborda as áreas de Engenharias de Minas e Materiais, além da Metalurgia de outros materiais metálicos, como o cobre e o alumínio (TABELA 5).

Por meio da análise das teses, foi possível identificar um padrão de relacionamento bastante próximo entre o referido programa de pós-graduação e as empresas do setor. Deste modo, pode-se mencionar casos onde a empresa atua cedendo materiais para análise e a liberação de laboratórios e equipamentos para a execução de experimentos, dentre outras formas de atuação das empresas junto aos trabalhos científicos na universidade. Ou seja, as empresas assumem um determinado patrocínio aos desenvolvimentos científicos propiciados dentro do programa de pós-graduação visando, sobretudo, a auferir benefícios dessa relação construída ao longo do processo de pesquisa, seja com a possível contratação de egressos do programa, seja com a aquisição de informações que as possibilitem impulsionar seu crescimento tecnológico ou mesmo com a execução de trabalhos que atuem diretamente na busca de soluções para suas pendências tecnológicas. Nesse sentido, menciona-se as teses que se propõem a estudar casos específicos relacionados aos problemas das empresas atendendo, desta forma, diretamente a uma demanda tecnológica específica. Tais situações ocorrem recorrentemente quando esses doutorandos são provenientes das empresas siderúrgicas e, por isso, detêm uma relação direta com as necessidades e pendências do setor e de sua empresa de origem. Essa relação demanda um elevado grau de imersão das partes envolvidas, sendo que no caso mineiro esta foi se construindo ao longo dos anos paralelamente à consolidação das estruturas produtiva e de ensino e pesquisa.

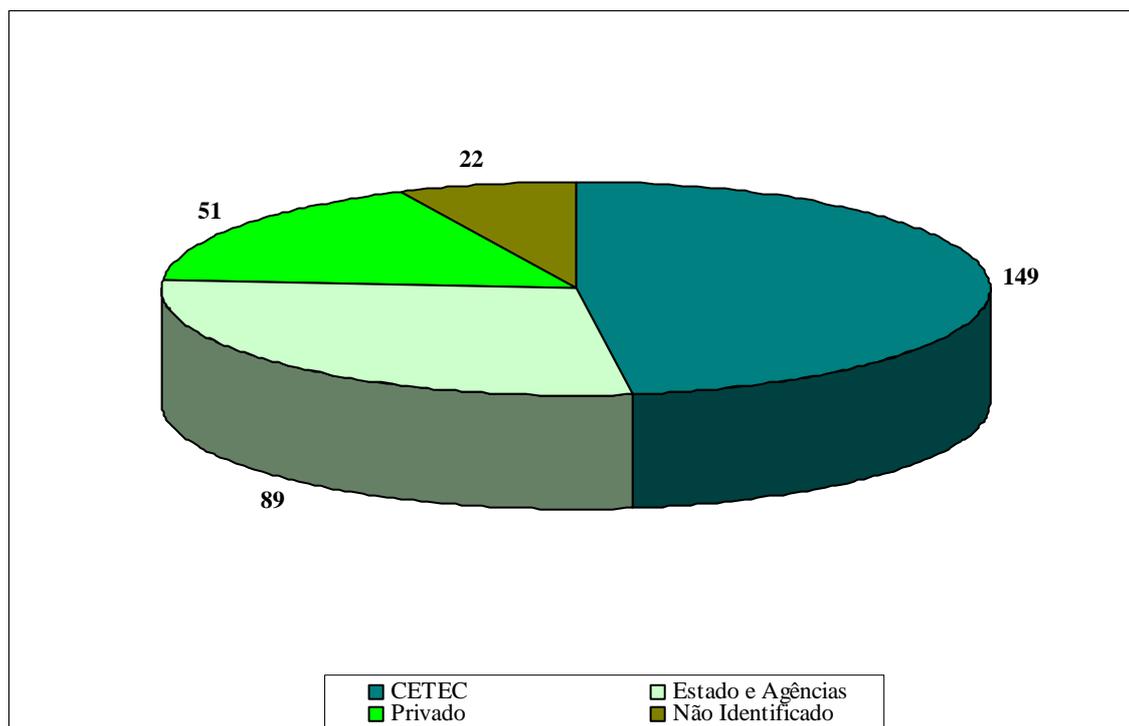
Essas teses relacionadas à temática da siderurgia se direcionaram em várias frentes abordando questões referentes a processos e produtos. Entre os temas recorrentemente abordados figuram questões desde o tratamento de matérias-primas e propriedades de

altos-fornos até o estudo de características dos aços. Devido à sua atenção às demandas tecnológicas do setor produtivo, os trabalhos acadêmicos desenvolvidos na universidade, não somente os de doutorado, mas também os de mestrado, geraram ao longo dos anos insumos científicos para novos desenvolvimentos em termos de inovação para este setor de atividade econômica que figura entre as principais vocações produtivas do estado de Minas Gerais contribuindo, assim, para a manutenção da sua competitividade frente aos mercados nacional e internacional. Conclui-se que há um relevante papel da instituição de pesquisa e qualificação de pessoal, aqui representada pela atuação do CPGEM, como criador e disseminador de conhecimentos capazes de atender às necessidades de desenvolvimento tecnológico do setor siderúrgico.

5.3.2 Suporte à atividade tecnológica da siderurgia mineira

Além das instituições de ensino antes mencionadas, uma instituição chave no suporte tecnológico do setor siderúrgico é o CETEC. Idealizado para apoiar o setor produtivo em termos de desenvolvimento tecnológico, uma das formas de atuação desta instituição consiste no desenvolvimento de projetos tecnológicos. A atuação do setor produtivo no financiamento dos projetos geridos pelo CETEC demonstraria o interesse das empresas na busca por soluções tecnológicas em conjunto com esta instituição de pesquisa. O GRÁF. 4 apresenta a distribuição dos financiadores de projetos de pesquisa elaborados pelos pesquisadores do Departamento de Metalurgia do CETEC desde a sua criação. São ao todo trezentos e onze (311) projetos executados pelo referido departamento, sendo que quase a metade destes foi financiada por recursos do próprio CETEC. Percebe-se que o setor privado apresentou uma participação ainda tímida no apoio a tais projetos, com cinquenta e um (51) projetos financiados por capitais privados representando apenas 16% do financiamento dos projetos. Dentre os financiadores externos as agências de fomento e instituições ligadas ao Estado têm maior participação.

GRÁFICO 4 – Financiadores dos Projetos de Pesquisa Elaborados pelo Departamento de Metalurgia do CETEC, 1972-2009



Fonte: CETEC. Elaboração Própria.

As siderúrgicas de Minas Gerais apresentaram uma participação de 10,5% no financiamento de projetos e pesquisas do departamento de metalurgia do CETEC. As principais empresas do setor siderúrgico que atuaram no financiamento dos projetos elaborados no departamento de Metalurgia do CETEC foram a ACESITA e a Belgo-Mineira. Como já foi aqui mencionado, a ACESITA construiu um bom relacionamento com o CETEC ao longo da história desta instituição. O fato de não possuir um centro de pesquisas explica, pelo menos em parte, o interesse da Belgo nos projetos do CETEC.

Além de sua atuação em atividades de ensino, a universidade também atendeu a muitas das demandas tecnológicas das empresas do setor siderúrgico mineiro. Segundo informações do Departamento de Engenharia Metalúrgica da UFMG, oito empresas do setor siderúrgico brasileiro buscaram parcerias junto à universidade chegando ao estabelecimento de dezesseis (16) contratos de cooperação somente no ano de 2007.

Nesse sentido, a forma de interação entre a universidade e as empresas mais recorrente diz respeito à elaboração de projetos de pesquisa de interesse da empresa por parte dos professores da instituição. Nesse sentido, em 2007 as quatro grandes siderúrgicas do estado de Minas Gerais estabeleceram contratos de pesquisa conjunta com a universidade. Foram

cinco (5) os projetos de pesquisa envolvendo a universidade e o setor produtivo, segundo informações do departamento de metalurgia da UFMG. Essa forma de interação configura uma busca direta por parte do setor produtivo das habilidades e do conhecimento científico inerentes à universidade para a solução de seus entraves ou para dar suporte a seus processos de busca por inovações tecnológicas. Essa fonte de interação tem o papel de alinhar a produção científica universitária às necessidades de desenvolvimentos tecnológicos do setor produtivo partindo das demandas deste. Ao mesmo tempo possibilita ao setor produtivo o uso dos insumos científicos e tecnológicos, gerados pela universidade, em seus processos produtivos.

Deste modo, a partir do contato entre os conhecimentos técnico-científicos, oriundos da universidade, com os conhecimentos tácitos, relacionados à vivência produtiva de funcionários da empresa, objetivando solucionar uma questão em conjunto, são potencializadas as possibilidades de criação de novos desenvolvimentos tecnológicos. Dessa forma, os ganhos são mútuos dado que o setor produtivo ganha por poder aplicar conhecimentos técnicos e científicos de ponta a seus processos produtivos e a universidade ganha pela possibilidade de adequar seus desenvolvimentos teóricos científicos à prática produtiva que figura como parte da realidade local. Contudo, tal processo também demanda um grau elevado de imersão por parte dos agentes envolvidos, de forma que sejam estabelecidas as condições de confiança necessárias para a elaboração de projetos de pesquisa de interesse conjunto.

Embora o departamento de metalurgia da UFMG tenha atendido também às demandas de siderúrgicas de outros estados, os projetos de pesquisa foram estabelecidos apenas com empresas mineiras. Essa pode ser considerada uma evidência do efeito proximidade sobre as interações que definem um sistema de inovação. O fato de partilharem de uma mesma realidade local faz com que os membros da universidade tenham conhecimento especial das demandas locais. Da mesma forma, a busca de pessoal qualificado pelo setor produtivo na universidade e o constante trânsito de funcionários destas empresas até a instituição de ensino para qualificação estabelece relações de confiança e fluxos de informações cada vez mais intensos. Estes fluxos de informações trazem à universidade o conhecimento da realidade produtiva abrindo a possibilidade de por meio de suas linhas de pesquisa suprimir a distância para com as empresas. Por outro lado, por contar em seus quadros com funcionários qualificados egressos da universidade o setor produtivo cria uma relação de

afinidade e confiança com esta podendo potencializar tais fluxos de informação pelos quais pode obter base científica que seja aplicada às suas estratégias de busca por inovações tecnológicas.

Dentre outras as formas de interação entre a universidade e o setor produtivo pode-se mencionar, ainda, a contratação de bolsistas de iniciação científica, consultorias técnicas e a elaboração de cursos de extensão e treinamento, entre outras. Assim como a elaboração de pesquisas em conjunto, estas parcerias entre a universidade e o setor produtivo necessitam de um considerável grau de interação entre estes agentes, extrapolando meras relações comerciais formais. Trata-se da transferência de conhecimento pautada numa busca que deve associar os objetivos científico-acadêmico e tecnológico-produtivo. Este processo depende de questões relacionadas à iniciativa empresarial, à qualificação do trabalho e à intensidade da produção científica e universitária. Porém é potencializada pela vivência de uma mesma realidade local. Essa condição traz à tona questões que são fundamentais para o avanço da interação entre as partes constituintes de um sistema de inovação como a confiança, a comunicação e a partilha de objetivos em comum.

Toda essa interação, que foi se construindo ao longo do tempo de modo a formar um ambiente propício para a troca de informações entre a universidade e as empresas desde a fundação da Escola de Minas, trouxe uma série de benefícios para o setor produtivo. O constante trânsito de pessoas da universidade para as usinas e das usinas para a universidade bem como as recorrentes consultorias prestadas pelos professores às empresas geraram avanços tecnológicos para a siderurgia mineira. Nesse sentido, pode-se mencionar uma série de inovações de produto e processo introduzidas nesse setor e que foram possibilitadas pela interação entre estas duas esferas, a universitária e a produtiva, em Minas Gerais. O QUADRO 3 demonstra alguns dos benefícios auferidos pelo setor produtivo por meio da alta interação com a universidade em termos de redução de custos produtivos ou da introdução de novos produtos.

QUADRO 3 – Alguns resultados da interação entre o departamento de Metalurgia da UFMG e o setor siderúrgico

Empresa	Tipo de Inovação	Tipo de Interação	Ganho
Acesita	Formabilidade a quente de aços Ressulfurados	Mestrado	Economia de US\$ 4 milhões por ano
	Controle fim de sopro de LD	Mestrado	Economia de US\$ 1,3 milhões por ano
	Controle AOD	Mestrado	Economia de US\$ 1,3 milhões por ano
Belgo-Mineira	Fio Máquina para parafusos	Mestrado	Novo Produto
Usiminas	Chapa de Aço Bake Hardening	Mestrado	Novo Produto
Açonorte	Trefilação de Arames	Consultoria	Economia de US\$ 150.000 por ano
Sid. Rio Grandense	Trefilação de Arames	Consultoria	Aumento nos lucros da empresa em US\$ 300.000 por ano.

Fonte: Departamento de Engenharia Metalúrgica da UFMG. Elaboração própria.

Este quadro demonstra apenas uma pequena parcela do total de inovações de produto e processo alcançadas por meio da interação entre a universidade e a empresa, seja através dos trabalhos desenvolvidos durante os cursos de pós-graduação seja na elaboração de pesquisas e consultorias pela universidade a pedido do setor produtivo. Dentre os casos englobados pelo QUADRO 3 pode-se verificar que nos casos de melhorias nos processos produtivos as cifras alcançadas são substanciais em termos de redução de custos. Toma-se, por exemplo, o caso da ACESITA que em três inovações tecnológicas baseadas em resultados alcançados em meio a trabalhos desenvolvidos no curso de pós-graduação da universidade chegou a economizar cerca de US\$ 6,3 milhões anuais. Por outro lado, também se destacam os casos da USIMINAS e da Belgo-Mineira que introduziram novos produtos também a partir dos resultados de trabalhos elaborados no decorrer de cursos de pós-graduação na UFMG.

Tais resultados demonstram que a estrutura de ensino e pesquisa cristalizada na universidade atua de fato contemplando a proposta de um sistema de inovação regionalmente identificado. Deste modo, o sistema universitário constitui, no caso de Minas Gerais e da siderurgia, bases em termos científicos e de capacitação de pessoal

capazes de fomentar os desenvolvimentos tecnológicos do setor produtivo local tornando-o competitivo em meio ao paradigma do mercado global. A universidade faz o papel de ponte interligando o conhecimento científico, produzido e discutido nacional e internacionalmente na esfera acadêmica universitária, e o setor produtivo. Os pilares desta ponte são construídos por meio dos cursos de pós-graduação (mestrado e doutorado) e pelos serviços prestados pela universidade junto às empresas (cursos de capacitação e treinamento, desenvolvimento de projetos de pesquisa e consultorias entre outros).

5.4 Um exemplo de interação e inovação: a concepção do aço *Bake Hardening* pela USIMINAS

De agora em diante será apresentado um caso específico no qual a interação entre a universidade com a indústria foi capaz de dar origem a uma inovação emblemática para o mercado siderúrgico. Trata-se do desenvolvimento do aço tipo *bake hardening* desenvolvido em meio ao ambiente universitário a partir da demanda do setor produtivo e posteriormente comercializado pela USIMINAS.

Em fins do século XX a indústria siderúrgica japonesa introduziu no mercado um novo tipo de chapas de aço que detinha características inovadoras e interessantes para o mercado automobilístico. Tratava-se de um tipo de chapa de aço que quando entregue ao fabricante automobilístico se apresentava muito macia, de modo que poderia ser mais facilmente trabalhada para se chegar à forma desejada e que apresentava um forte aumento da resistência mecânica a partir do processo de acabamento. O uso deste tipo de aço na indústria automobilística traria, entre outras vantagens, a redução do peso dos veículos dado que com o uso desse tipo de aço poderiam ser empregadas chapas mais finas que as até então utilizadas e que detinham ao mesmo tempo uma grande resistência ao impacto. Assim, esse tipo de material se tornou interessante para a indústria automobilística e conseqüentemente estratégico para a siderúrgica, que tem na primeira um de seus principais demandantes. Este novo aço desenvolvido foi denominado *Bake Hardening*. Deste modo, pode-se dizer que um novo produto foi introduzido no mercado, acirrando a concorrência no setor. Essa condição despertou o desejo das empresas em assimilar a tecnologia de produção do aço *Bake Hardening*.

Em meio a isso a indústria siderúrgica brasileira tentou, sem sucesso, comprar tal tecnologia junto aos japoneses que por sua vez a consideravam estratégica para seus objetivos comerciais (PAULA E SILVA, 2007). Neste contexto, os inovadores optaram por continuar se beneficiando da condição de monopólio transitório por meio da qual desfrutavam de uma posição privilegiada no mercado. Assim, levantaram uma barreira à entrada de concorrentes através da exclusividade da tecnologia. Por outro lado as demais empresas se viram frente a uma situação crucial. Havia a necessidade de incorporar tal inovação tecnológica ou introduzir outra capaz de substituí-la.

Neste contexto, a solução encontrada pela USIMINAS, empresa que detém no setor automobilístico um de seus principais demandantes de produtos siderúrgicos, foi recorrer ao auxílio da universidade com vistas a encontrar alternativas para imitar ou introduzir um produto ainda melhor que o japonês. Paula e Silva (2007, p. 438), professor diretamente envolvido nesse caso, retrata como se encontrava a universidade frente a tal demanda tecnológica do setor produtivo: “Quando este problema foi trazido, nós nos dispusemos a abordá-lo no quadro de uma tese. Nós conhecíamos o princípio físico em que esse comportamento se baseia e tínhamos uma linha de pesquisa que trabalhava nesse campo”. Portanto, pode-se inferir que, a demanda tecnológica foi levada à universidade que se dispôs a atendê-la dado que já detinha conhecimentos científicos e interesses acadêmicos nos processos envolvidos na introdução de tal inovação.

A busca pela assimilação da concepção deste novo produto se deu por meio da elaboração de uma pesquisa de mestrado a qual envolveu um aluno vinculado profissionalmente à empresa interessada, a USIMINAS. O trabalho resultante desta pesquisa apresenta a importância, do ponto de vista econômico, do aço *bake hardening*: “Esse tipo de aço tem despertado o interesse pelo baixo custo e pelo fato do aumento da resistência ser conferido à peça acabada” (PEREIRA, 1986 P.1-2). E da mesma forma o trabalho aponta a lacuna científica a ser preenchida:

Embora exista uma vasta literatura abrangendo os vários aspectos relacionados ao envelhecimento, não se conhece, em casos de aços acalmados com alumínio, produzidos em recozimento em caixa convencional, nenhum estudo abordando a influência de pequenas adições de fósforo, silício e manganês na cinética de envelhecimento após deformação desse tipo de aço (PEREIRA, 1986, p.2)³⁰.

³⁰ Embora se trate de linguagem técnica, o trecho destacado aponta a importância acadêmica do trabalho e sua contribuição científica para a área de estudo.

No decorrer da pesquisa foi executada uma série de estudos e experimentos contemplando possíveis soluções para o problema em questão até que se chegou a um resultado definitivo. Ao fim do trabalho foram obtidas chapas de aço com uma resistência 40% maior que a dos materiais até então utilizados pelo setor automobilístico. Disso seria possível a fabricação de peças 40% mais leves decorrendo na produção de veículos mais leves e capazes de economizar combustível e reduzir o impacto ambiental. Deste ponto de vista, chegou-se a um resultado muito interessante para o setor automobilístico e com propriedades similares ao produto originalmente produzido no Japão. Entretanto, o produto final desenvolvido apresentava também propriedades melhores que o concorrente internacional. Uma dessas propriedades, a título de exemplo, seria o que os especialistas chamam por maior resistência à *indentação*. Segundo essa propriedade inerente ao aço desenvolvido pela parceria entre a universidade e a empresa, após um determinado choque essa chapa absorve o impacto, sendo inicialmente deformada, mas é capaz de voltar à sua forma original quase que imediatamente. Ou seja, um automóvel fabricado com o aço *bake hardening* brasileiro que fosse atingido por um pedregulho não sofreria danos, ao passo que a chapa de aço estrangeira não detinha essa característica (PAULA E SILVA, 2007)..

A própria patente na qual esse desenvolvimento tecnológico auferido pela interação entre a universidade e a empresa é registrado enfatiza a melhor qualidade do produto brasileiro em relação aos concorrentes internacionais, explicitando o fato de o aço brasileiro sintetizar em um só produto propriedades de tipos distintos de aços até então produzidos:

O aço desenvolvido, além de apresentar as vantagens inerentes aos aços isotrópicos e 'bake hardening', possui desempenho superior aos aços isotrópico e 'bake hardening', por associar numa mesma composição química, as características de isotropia e 'bake hardenability' (USIMINAS, 2003).

Deste modo, temos que esse caso de interação entre a universidade e a empresa resultou em uma dissertação de mestrado, bem como numa patente registrada pela empresa envolvida em seu desenvolvimento. Portanto, foram obtidos resultados tanto do ponto de vista científico quanto do ponto de vista tecnológico. Assim as duas partes do sistema de inovação ligado à siderurgia em Minas Gerais se beneficiaram do fluxo informativo estabelecido.

O desafio subsequente dizia respeito às possibilidades de produção comercial deste novo tipo de aço, produzido até então somente em escala laboratorial. Para alcançar condições

de tornar tal incremento tecnológico comercial e produtivamente viável a USIMINAS teve de se adequar adquirindo novos equipamentos. A empresa investiu, então, na incorporação de tecnologias sofisticadas que demandariam a existência de pessoal altamente qualificado nos quadros da empresa. Mais uma vez a partilha de um mesmo contexto regional com a universidade beneficiaria o desenvolvimento da indústria já que a primeira forneceria para os quadros do setor produtivo profissionais qualificados em nível de pós-graduação e capacitados a ponto de dominarem as tecnologias necessárias para a adoção dos novos métodos e produtos em meio à usina.

A primeira corrida do aço desenvolvido pela parceria entre a universidade e a USIMINAS ocorreu em 1987 para avaliação do produto junto a uma fabricante do setor automobilístico no Brasil³¹. Inicialmente denominado *Usitar* o produto atualmente é comercializado sob a denominação de USI – BH em três modalidades (BH – 180, BH – 220, BH – 260). Este é um produto que vem sendo recorrentemente incrementado, tendo sido objeto de outros trabalhos acadêmicos envolvendo funcionários da USIMINAS em qualificação em cursos de mestrado e doutorado na universidade, como também de pesquisas internas realizadas dentro da própria empresa. Apesar de ser objeto de um estudo elaborado ainda em fins da década de 1980, a patente referente a este desenvolvimento tecnológico somente foi registrada no ano de 2003.

A produção anual das chapas de aço *bake hardening* pela USIMINAS segue por volta de vinte e cinco mil toneladas anuais, segundo dados fornecidos pela empresa³². O maior demandante deste produto siderúrgico é o setor automobilístico, como não poderia deixar de ser. A TAB. 6 demonstra a distribuição das vendas desse produto pela siderúrgica mineira no mercado interno.

³¹ Informação fornecida pela Usiminas.

³² Em 2008 a produção do aço *Bake Hardening* na USIMINAS foi de 25 mil toneladas, superando 2007 e 2006 quando a produção foi de aproximadamente 24 mil toneladas. Em 2005 a produção da empresa foi maior que nos anos subsequentes, fechando em 27,6 mil toneladas, segundo informações obtidas junto à empresa. Neste sentido, apesar do sucesso do *Bake Hardening* sua produção está estabilizada desde 2005 em torno de 25 milhões de toneladas. Comparativamente o setor automotivo brasileiro teve sua produção ampliada em cerca de 27% entre 2005 e 2008, segundo dados da Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores – ANFAVEA no sitio www.anfavea.com.br.

TABELA 6 – Vendas da Usiminas no mercado nacional do Aço Bake Hardening por três setores (%) 2005-2008

	2005	2006	2007	2008
Autopeças	24	23,9	20,4	24,8
Automobilístico	72,9	74,9	79,3	74,8
Distribuição	3,1	1,2	0,3	0,4
Total	100	100	100	100

Fonte: Usiminas. Elaboração Própria

A vendas direcionadas ao setor automobilístico respondem por algo entre 70% e 80% do total de vendas da Usiminas deste tipo de aço no mercado nacional. Isso assegura uma condição estratégica para a siderúrgica mineira que é a líder nacional no fornecimento de aços para este setor, dado que tem participação de 50% nesse mercado específico (USIMINAS, 2008) ³³. Ou seja, trata-se de um produto siderúrgico que mesmo não sendo produzido em grande escala tem demanda assegurada junto ao setor automobilístico.

Desta análise pode-se concluir que a universidade cumpriu um papel decisivo para o desenvolvimento de uma inovação tecnológica por parte da USIMINAS. A transferência de conhecimento técnico-científico possibilitada pela interação entre o setor produtivo e o setor científico criou bases sólidas para o desenvolvimento de uma pesquisa de mestrado de interesse comum, tanto acadêmico quanto produtivo, culminando com a inserção no mercado de um produto mais competitivo que os concorrentes. Do ponto de vista da teoria moderna a cerca dos sistemas regionais de inovação temos que a competitividade da região foi assegurada frente ao mercado internacional cada vez mais globalizado. O que somente foi conquistado através da imersão dos agentes que possibilitou o fluxo de informações entre a universidade e a empresa.

³³ USIMINAS. Relatório da administração 2008. Disponível em http://www.usiminas.com.br/irj/go/km/docs/prtl_hs/Usiminas/pt/RelatorioDaAdministracao/Usiminas_Relatorio%20da%20Administração%202008.pdf. 2008.

6 CONCLUSÃO

Observou-se, no presente trabalho, que ao longo dos anos foram constituídos no estado de Minas Gerais um parque siderúrgico bastante diversificado e competitivo e um aparato de ensino e pesquisa a ele articulado. A simbiose entre estas partes gerou um sistema regional de inovação específico bem sucedido, pautado num intenso fluxo de informações em meio a este arranjo institucional, em especial entre a universidade e as empresas do setor.

Minas Gerais conta com a presença de grandes unidades produtivas que atuam em vários campos da siderurgia, e constituem o principal parque siderúrgico do país, participando com um terço do aço bruto produzido no Brasil. Este parque siderúrgico teve grande presença do Estado e do capital estrangeiro em sua constituição e foi beneficiado pela existência prévia de uma estrutura de ensino e pesquisa em Minas Gerais. Isto decorre da presença da Escola de Minas de Ouro Preto que, através de sua proposta de ensino, inovadora para a época, forneceu trabalho qualificado e os insumos científicos necessários para a adequação das práticas siderúrgicas européias à realidade mineira, quando da chegada da grande siderurgia. Ademais, a atuação da Escola criou uma tradição de apoio ao setor produtivo que foi assumida por outras instituições e tem sido determinante para assegurar a competitividade deste setor.

Assim, além da UFOP, destaca-se a atuação do Departamento de Metalurgia da UFMG, que tem sua trajetória marcada pela boa relação para com o setor produtivo. O referido Departamento ocupa um importante papel no escopo deste sistema regional de inovação ao figurar como formador de uma infra-estrutura humana qualificada a ponto de estabelecer a ponte entre os desenvolvimentos científicos e acadêmicos internacionais e a atividade produtiva local. Muitos dos alunos formados em nível de pós-graduação pelo Departamento de Metalurgia da UFMG são vinculados às principais empresas do setor siderúrgico mineiro, o que possibilita o estabelecimento de laços de confiança entre o referido departamento e o setor produtivo, facilitando o transito de informações neste sistema de inovação.

Portanto, é possível identificar no caso da siderurgia mineira um ponto fundamental levantado pela teoria acerca dos sistemas regionais de inovação e do aprendizado regional.

Este diz respeito à necessidade de uma infra-estrutura humana local apta a aplicar seus conhecimentos técnicos e científicos às demandas do setor produtivo. O Departamento de Engenharia Metalúrgica da UFMG, através de seus cursos de mestrado e doutorado, fornece essa infra-estrutura humana e de pesquisa para o setor produtivo. Por serem vinculados às empresas muitos dos profissionais que se qualificam nesta instituição tem o conhecimento da realidade tecnológica da indústria local. Deste modo, estes seriam aptos a estabelecerem a ponte entre o conhecimento científico internacionalmente criado e sua realidade produtiva local. Isso faz com que as empresas se beneficiem diretamente da existência de um ambiente institucional favorável e facilitador de sua atividade tecnológica.

Além disso, a forte interação entre o Departamento de Metalurgia da UFMG e as principais empresas que formam o parque siderúrgico de Minas Gerais tem proporcionado um intenso fluxo de informações pelo qual a universidade e o setor produtivo se beneficiam mutuamente. As empresas desfrutam do conhecimento gerado pela universidade e a universidade da possibilidade de identificar novas lacunas científicas por meio das demandas tecnológicas do setor produtivo. Tudo isso gerou a ascensão de uma cultura inovativa na base produtiva do aço em Minas Gerais. Este processo figura como o resultado da partilha de uma mesma realidade local, que dirimiu a distância entre os sistemas produtivo e de ensino e pesquisa relacionados à área siderúrgica no estado. A identificação cultural entre os agentes e a relação de confiança estabelecida ao longo do tempo proporcionam um ambiente favorável para a consolidação deste SRI específico facilitando o processo inovativo local. Deste modo, o Departamento de Engenharia Metalúrgica da UFMG, por meio da sua pós-graduação e das consultorias técnicas prestadas pelos professores, pode ser identificado como o principal agente deste SRI.

Outro ator que contribui para a dinâmica tecnológica da siderurgia mineira é o CETEC que, mesmo tendo uma atuação mais restrita, tem um grande potencial para o auxílio técnico ao setor produtivo. Exemplo disso é a gama de estudos elaborados pelos técnicos do Centro com a obtenção de resultados efetivos em termos de inovação tecnológica, como foi o caso do aço inoxidável colorido desenvolvido nos laboratórios desta instituição. Sua parceria recente com Escola de Minas na criação da REDEMAT também afirma a importância do CETEC para este arranjo institucional, ampliando a formação da infra-estrutura humana no estado para esta área.

Pode-se concluir que o sistema de inovação do setor siderúrgico gera os insumos necessários para incrementar o potencial competitivo do aço produzido em Minas Gerais, hoje considerado um dos melhores do mundo. Assim, o sucesso da siderurgia mineira está relacionado não só à abundância de matérias-primas no estado, mas também ao fato de ter sido formada, conjuntamente ao parque siderúrgico, uma estrutura de apoio baseada no ensino e na pesquisa e que gerou os condicionantes necessários para o bom desempenho tecnológico desta atividade no estado. Tal situação pode ser exemplificada pela atuação das siderúrgicas mineiras no depósito de patentes junto ao INPI. Foi possível observar que Minas Gerais responde por uma grande parcela das patentes do setor, quase 50%, além de contar com a empresa que acumulou a maior quantidade de patentes depositadas individualmente, a USIMINAS. O desenvolvimento do aço *bake hardening* brasileiro por meio da parceria entre a universidade e o setor produtivo, como foi aqui apresentado, exemplifica a forma como este arranjo institucional favorece a indústria local.

Conclui-se, então, que o bom desempenho tecnológico da siderurgia mineira é fruto da forte articulação observada entre as instituições que compõem este sistema regional de inovação de Minas Gerais e as empresas do parque siderúrgico estadual. Foi possível verificar que a boa relação existente entre o setor produtivo e o setor de ensino e pesquisa gera condições propícias para a sobrevivência das empresas do setor siderúrgico mineiro em meio ao paradigma da economia do conhecimento. Dentre as principais virtudes deste SRI específico, deve-se ressaltar o alinhamento do conhecimento gerado à realidade local, na qual as instituições se inserem, e a constante busca pela interação junto ao setor produtivo.

A trajetória histórica das instituições e das empresas que compõem este sistema de inovação específico, desde o século XIX, demonstra que a forte interação entre as partes deste sistema foi forjada num processo de longo prazo. Ademais essa experiência demonstra o peso da partilha de um mesmo ambiente local por parte dos agentes na gênese da inovação tecnológica.

O sucesso deste sistema regional de inovação serve como motivação e exemplo para a busca pela consolidação do sistema nacional de inovação brasileiro. Este caso reafirma o papel do Estado na promoção dos Sistemas de Inovação, dado que no caso apresentado os principais atores derivam da atuação estatal em Minas Gerais ao longo do tempo. Além disso, deve-se ressaltar que a preocupação das instituições de ensino e pesquisa para com

as demandas tecnológicas locais deve ser generalizada para que de fato exista uma interação benéfica com o setor produtivo, assim como se identificou no caso da siderurgia mineira. Somente assim os sistemas de inovação localizados em economias periféricas terão condições de romperem com os entraves locais aos processos inovativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, Eduardo. National systems of innovation and Non-OECD countries: notes about a rudimentary and tentative typology. **Brazilian Journal Of Political Economy**, São Paulo, v. 19, n. 4, p.35-52, Out./Dez. 1999.

ANDRADE, M. L. A.; CUNHA, L. M. S. O setor siderúrgico. In: SÃO PAULO, Elizabeth Maria de; KALACHE FILHO, Jorge. **BNDES 50 anos: histórias setoriais**. São Paulo: DBA Artes Graficas, 2002. 387p.

ARCELOR MITTAL AÇOS LONGOS. **Belgo Mineira**. Desenvolvido por Foster Web Solutions e Consulting, 2009. Apresenta informações sobre a Belgo Mineira. Disponível em <www.belgo.com.br> . Acesso em: 12 jun. 2009.

ARCELOR MITTAL BRASIL. **Arcelor Mittal Brasil**. Desenvolvido por Foster Web Solutions e Consulting, 2009. Apresenta informações sobre a Arcelor Mittal Brasil. Disponível em <www.arcelormittal.com.br> . Acesso em: 12 jun. 2009.

ARCELOR MITTAL TIMÓTEO. **Acesita**. Desenvolvido por Foster Web Solutions e Consulting, 2009. Apresenta informações sobre a Acesita. Disponível em: <www.acesita.com.br> . Acesso em 12 jun. 2009.

ASHEIM, B. Industrial districts as 'learning regions': condition for prosperity? In: CONFERENCE OF THE IGU COMMISSION ON 'INTERDEPENDENT AND UNEVEN DEVELOPMENT: Global-local perspectives', 1995, Seoul. [Texto] Seoul: Step Group, 1995. Disponível em: <<http://www.step.no/reports/Y1995/0395.pdf>> . Acesso em: jul. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METAIS (ABM). **Siderurgia brasileira a carvão vegetal**. São Paulo: ABM, 1975. 234 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METALURGIA E MATERIAIS. **Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais**. Desenvolvido por KBRTEC, 2009. Apresenta informações referentes às empresas associadas. Disponível em <www.abm.org.br> . Acesso em: 15 mar. 2009.

BAER, W. **Siderurgia e desenvolvimento brasileiro**. Rio de Janeiro: Zahar, 1970. 243p.

BAETA, Nilton. **A indústria siderúrgica em Minas Gerais**. Belo Horizonte: FJP/Imprensa Oficial, 1973. 309 p.

BASTOS, Humberto. **A conquista siderúrgica no Brasil**. São Paulo: Martins, 1959. 360p

BERNARDES, A. T.; ALBUQUERQUE, E. Cross-over, thresholds, and interactions, between science and technology: lessons for less-developed countries. **Research Policy**, Amsterdam, v. 32, n. 5, p. 865-885, May. 2003.

CARVALHO, J. M. **A Escola de Minas de Ouro Preto: o peso da glória**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2002.

CASSIOLATO, José E.; LASTRES, Helena M. Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 19, n. 1, p.34-45, jan./mar, 2005.

CASTRO, L. F. A. *et al.* **Controle ambiental das indústrias de ferro-gusa em altos-fornos a carvão vegetal**. Belo Horizonte: Segrac, 2002. 302 p

CHRISTALLER, Walter. **Central places in Southern Germany**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, c1966. 230p.

COMPANHIA SIDERÚRGICA BELGO MINEIRA - CSBM. **Carvão vegetal para siderurgia**. Belo Horizonte: Companhia Siderurgica Belgo Mineira, 1955. 24 p.

COMPANHIA SIDERÚRGICA BELGO-MINEIRA - CSBM. **Relatório anual 1962**. Belo Horizonte: CSBM, 1963.

COMPANHIA SIDERÚRGICA BELGO-MINEIRA - CSBM. **Relatório anual 1971**. Belo Horizonte: CSBM, 1972.

COMPANHIA SIDERÚRGICA MANNESMANN. **Relatório Anual 1961**. Belo Horizonte: CSM, 1962.

COMPANHIA SIDERÚRGICA MANNESMANN. **Relatório Anual 1975**. Belo Horizonte: CSM, 1976.

COOKE, P. Introduction: origins of the concept. In: BRACZYK, H; COOKE, P; HIDERNREICH, M (Eds.). **Regional innovation systems**. London:UCL, 1998. p. 2- 25.

COOKE, P. Regional innovation systems, clusters, and the knowledge economy. **Industrial and Corporate Change**, Oxford, v. 10, n. 4, p. 945-974, Aug. 2001.

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA METALÚRGICA E DE MINAS. **Pós graduação**. Desenvolvido por Eduardo Galvão, 2009. Apresenta informações sobre o Curso de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas da UFMG. Disponível em <www.pos.demet.ufmg.br>. Acesso em: 15 jan. 2009.

DE PAULA, G. Avaliação do processo de privatização da siderurgia brasileira. **Revista de Economia Política**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 92-109, abr. 1997.

DE PAULA, G. M. . Perspectivas da Indústria Siderúrgica. **Cadernos BDMG.**, n. 15. p. 31-52, set. 2007.

DE PAULA, Germano Mendes. **Competitividade da indústria siderurgica**. Campinas: UNICAMP, 1993. 124 p.

DINIZ, C. C. Lucas Lopes, o visionário do desenvolvimentismo. **Revista do Arquivo Público Mineiro**, Belo Horizonte, n. 2, p. 80-95, dez. 2008.

DINIZ, C. C. O papel das inovações e das instituições no desenvolvimento local. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 29., 2001, Salvador. **Anais...** Salvador: ANPEC, 2001.

DINIZ, C. C.; GONÇALVES, E. Economia do conhecimento e desenvolvimento regional no Brasil. In: DINIZ, C. C.; LEMOS, M. B. (Orgs). **Economia e território**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. p.131-170.

DINIZ, C. **Estado e capital estrangeiro na industrialização mineira**. Belo Horizonte: UFMG/PROED, 1981. 256 p.

DOSI, G. **Mudança técnica e transformação industrial: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores**. Campinas: UNICAMP, 2006. 460 p.

DOSI, G. The nature of the innovative process. In: DOSI, G. *et al.* **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988. p. 221-238.

ESCOLA DE MINAS. **A Escola de Minas**. 3.ed. Ouro Preto: Livraria Mineira, 1931.190 p.

FAJNZYLBBER, Fernando. A Empresa internacional no processo de industrialização da América Latina. In: SERRA, J. (Org). **América Latina: ensaios de interpretação econômica**. 2 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979. p. 172-207.

FAJNZYLBBER, Fernando. Industrialização na América Latina: da “caixa-preta” ao “conjunto vazio”. In: BIELSCHOWSKY, R (Org). **Cinquenta anos de pensamento na CEPAL**. Rio de Janeiro; São Paulo: Record, 2000. p. 851-886.

FERREIRA, Cândido G. A Evolução das normas técnicas de produção na siderurgia principais tendências históricas. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 225-246, set. 1993.

FERREIRA, Cândido G. **Processo de trabalho e transferência tecnológica na indústria siderúrgica de Minas Gerais**. Belo Horizonte: UFMG/CEDEPLAR, 1983. 210 p.

FLORIDA, Richard. Toward the learning region. **Futures**, London, v. 27, n. 5, p.527-536, Jun. 1995.

FREEMAN, Chris. Formal scientific and technological institutions in the national system of innovation. In: LUNDVALL, B. A. **National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning**. London: Pinter, 1995a. p. 169-187.

FREEMAN, Chris. Technological infrastructure and international competitiveness. **Industrial And Corporate Change**, Oxford, v.13, n. 3, p.541-569, Jun. 2004.

FREEMAN, Chris. The ‘national system of innovation in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, London, v. 19, n.1, p. 5-24, Jan. 1995.

FUJITA, Masahisa; KRUGMAN, Paul R; VENABLES, Anthony. **Economia espacial**. São Paulo: Futura, 2002. 391 p.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO - FJP. **Anuário estatístico de Minas Gerais 2000-2001**. Belo Horizonte: Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral, 2002.

GOMES, C; AIDAR, O; VIDEIRA, R. Fusões, aquisições e lucratividade: uma análise do setore siderúrgico brasileiro. **Economia**, Campinas, v.7, n. 4, p. 143-163, dez. 2006.

GOMES, Francisco Magalhães. **História da siderurgia no Brasil**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1983. 409p.

GONÇALVES, Eduardo. **Firma e território: três ensaios sobre inovação em ambientes periféricos**. 2007. 174 f. Tese (Doutorado em Economia) - Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

GRANOVETER, Mark. Economic Action and Social Structure: the problem of embeddedness. **Ajs**, Chicago, v. 91, n. 3, p.481-510, Nov. 1985.

GRECO; Coutinho. Açominas: um exemplo polêmico de privatização. In: SEMINÁRIO SOBRE ECONOMIA MINEIRA, 10., 2002, Diamantina, **Anais**. CEDEPLAR-UFMG: Belo Horizonte, 2002. 18 p.

GRILICHES, Z. **Patent statistics as economic indicators: a survey part I**. NBER. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 1990. 62 p. (Working Paper, 3301). Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w3301.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2009.

HARVEY, David. **Condição pós-moderna: uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural**. 16. ed. São Paulo: Loyola, 2007. 349 p.

HASENCLEVER, L.; FERREIRA, P. Estrutura de mercado e inovação. In: KUPFER, David S; HASENCLEVER, Lia. **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 2002. 640 p.

HIRSCHMAN, A. O. transmissão inter-regional e internacional do crescimento econômico. In: SCHWARTZMAN, J. **Economia regional: textos escolhidos**. Belo Horizonte: Cedeplar, 1977. p 35-52.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Anuário estatístico de Minas Gerais 1952**. Belo Horizonte: IBGE, 1953.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA – IBS. **Anuário Estatístico**. Rio de Janeiro: IBS, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA – IBS. **Anuário Estatístico**. Rio de Janeiro: IBS, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA – IBS. **Anuário Estatístico**. Rio de Janeiro: IBS, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA. **Instituto Brasileiro de Siderurgia**. Desenvolvido por Sirius Interativa, 2009. Apresenta informações sobre o Instituto Brasileiro de Siderurgia e suas afiliadas. Disponível em <www.ibs.org.br> . Acesso em: 12 fev. 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL – INPI. **Base de patentes do INPI.** Rio de Janeiro, [20--]. Disponível em: <http://pesquisa.inpi.gov.br/MarcaPatente/jsp/base_pesquisa.jsp>. Acesso em: jan. 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL **Instituto Nacional de Propriedade Industrial.** Desenvolvido por INPI, 2009. Apresenta informações sobre patentes e propriedade industrial. Disponível em <www.inpi.gov.br>. Acesso em: 10 abr. 2009.

ISARD, Walter. **Location and space-economy:** a general theory relating to industrial location market areas, land use, trade, and urban structure. Cambridge: The Mit, 1956. 350 p.

JOHNSON, B. Institutional learning. In: LUNDVALL, B. A. **National systems of innovation:** towards a theory of innovation and interactive learning. London: Pinter, 1995. p. 23-44.

LE MOS, M. B; DINIZ, C. C. Sistemas locais de inovação: o caso de Minas Gerais. In: CASSIOLATO, J.; LASTRES, H. **Globalização e inovação localizada:** experiências de sistemas locais no Mercosul. Brasília: IBICT, 1999. p. 245-278.

LIST, G. F. **Sistema nacional de economia política.** São Paulo: Abril Cultural, 1983. 340 p.

LOSCH, August. **The economics of location.** New Haven ; London: Yale University, 1967. 520 p.

LUNDVALL, B. A. Introduction. In: LUNDVALL, B. A. **National systems of innovation:** towards a theory of innovation and interactive learning. London: Pinter, 1995. p. 1-19.

MACIAL, Claudio S. **A indústria siderúrgica brasileira:** diagnóstico setorial. Campinas: UNICAMP, 1985. 133 p.

MARSHALL, A. **Princípios de economia.** São Paulo: Abril Cultural, 1983. 368p.

MARTINS, H; AVELLAR, A, MIRO, V. Interação das dimensões científico e tecnológica em Minas Gerais: um estudo com base em indicadores recentes. In: SEMINÁRIO SOBRE ECONOMIA MINEIRA , 12., 2006, Diamantina, **Anais...** Belo Horizonte: CEDEPLAR-UFMG, 2006. 23 p.

MORANDI, Ângela. **Na mão da história:** A CST na siderurgia mundial. Vitória: EDUFES, 1997. 390p.

MOURÃO, Paulo Kruger Correa. **Dados históricos da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 1911 a 1974.** Belo Horizonte: EEUFMG, 1975. 148 p.

MYRDAL, Gunnar. **Teoria económica e regiões subdesenvolvidas.** Rio de Janeiro: Saga, 1960. 240 p.

MYTELKA, Lynn; FARINELLI, Fulvia. From Local clusters to innovation systems. In: CASSIOLATO, J. E., LASTRES, H. M., MACIEL, M. L. **Systems of innovation and development: evidence from Brazil**. Cheltenham, UK; Northampton, USA: E. Elgar, 2003. p 249-272.

NELSON, Richard R; WINTER, Sidney G. **Uma teoria evolucionária da mudança econômica**. Campinas: UNICAMP, 2005. 631 p.

OINAS, P.; MALECKI, E. Spatial innovation systems. In: MALECKI, E.; OINAS, P. **Making connections: technological learning and regional economic change**. Aldershot (UK): Ashgate, 1999.

OLIVEIRA, Clodomiro De. **A concessão Itabira Iron Ore Company, limited**. Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1934. 387 p.

PAULA e SILVA, Evando Mirra de. A experiência de colaboração do departamento de engenharia metalúrgica e de materiais da UFMG com empresas: lições para a lei de inovação. **Revista Brasileira de Inovação**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 6, p.433-459, jul/dez. 2007.

PEREIRA, João Francisco Batista. **Cinética de envelhecimento por deformação de aços baixo carbono com pequenas adições de fósforo, silício e manganês**. 1986. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Universidade Federal de Minas Gerais, 1986.

PEREIRA, Lígia Maria Leite; LE VEN, Michel Marie. **Ciência, tecnologia e estado: trajetória da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais / CETEC, 1972-2002**. Belo Horizonte: CETEC, 2002. 183 p.

PEREZ, C; SOETE, L. Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity. In: DOSI, G. *et al.* **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988. p. 458-479.

PERROUX, François. **A economia do século XX**. Lisboa: Livraria Moraes, 1967. 755 p.

PIMENTA, Dermeval José. **Implantação da grande siderurgia em Minas Gerais**. Belo Horizonte: Univ. Federal de Minas Gerais, 1967. 214 p.

PINHO, M.; SILVEIRA, J. M. Os efeitos da privatização sobre a estrutura industrial da siderurgia brasileira. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 10, p. 91-109, jun. 1998.

PINHO, M; OLIVEIRA, V. P. **Internacionalização e tecnologia em empresas líderes da siderurgia mundial: relatório do projeto Comportamento Tecnológico das Empresas**. São Carlos, 2002. Disponível em: <http://geein.fclar.unesp.br/atividades/finep/cte/finep_diag+grupos.pdf>. Acesso em: 20 maio. 2009.

PORTER, Michael E. **A Vantagem competitiva das nações**. 5.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1989. 897 p.

POSSAS, M. L. Concorrência Schumpeteriana. In: KUPFER, David S; HASENCLEVER, Lia. **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 2002. 640 p.

RAPINI, M. S. *et al.* **Spots of interaction: na investigation on the relationship between firms and universities in Minas Gerais, Brasil**. Belo Horizonte: CEDEPLAR, 2006. Disponível em: <<http://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/td/TD%20286.pdf>> . Acesso em: 05 Jun. 2008.

REDE TEMÁTICA DE MATERIAIS. **Rede Temática de Materiais**. Desenvolvido por CucoStudio, 2009. Apresenta informações sobre a pós graduação em Engenharia de Materias da UFOP. Disponível em <www.redemat.ufop.br> . Acesso em: 15 jan. 2009.

SÁ, William Ricardo de. **A experiência do centro tecnologico de Minas Gerais: implantação e desenvolvimento, perfil da produção e natureza da clientela**. 1984. 139 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional , Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1984.

SCHUMPETER, J. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, credito, juro e o ciclo econômico**. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

SCHUMPETER, Joseph Alois (1942). **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: Zahar, 1984. 534 p.

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Business cycles: a theoretical, historical and statistical analysis of the capitalism process**. New York ; London: McGraw-Hill, 1964. 461 p.

SOUZA, Antonio Augusto de. **Barreiro: 130 anos de historia, da argila ao aço**. Belo Horizonte: Mannesmann, 1986. 84p.

SOUZA, Miguel A. **AÇOMINAS: apiração de várias geraoes de mineiros**. Belo Horizonte: AÇOMINAS, 1985. 237p.

STORPER, M.; VENABLES, A. O Burburinho: a força econômica das cidades. In: DINIZ, C.; LEMOS, M. **Economia e território**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. p. 21-56.

THUNEN, Johann Von. **Der isolierte staat in bezinehung auf landwirtschaft und nationalokonomie**. Berlim: Schumacher-Zarchlin, 1875.

USINAS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS S. A. (Belo Horizonte – MG), João Francisco Batista Pereira; Roberta de Oliveira Rocha. **Aço laminado a frio para fabricação de peças conformadas de alta resistência mecânica e seu processo de produção**. C22C 38/04. BR. n. PI0302782-1, 15 jul. 2003; 16 ago. 2005.

USINAS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS. **Relatório da administração 2008**. Belo Horizonte: USIMINAS, 2009. Disponível em: <http://www.usiminas.com.br/irj/go/km/docs/prtl_hs/Usiminas/pt/RelatorioDaAdministracao/Usiminas_Relatório%20da%20Administração%202008.pdf> . Acesso em: 15 fev. 2009.

USINAS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS. **Relatório USIMINAS 1989**. Belo Horizonte: USIMINAS, 1990.

USINAS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS. **Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais**. Desenvolvido por BHtec, 2009. Apresenta informações sobre a USIMINAS. Disponível em <www.usiminas.com.br>. Acesso em: 12 jun. 2009.

VALLOUREC & MANNESMANN DO BRASIL. **Balanco social e ambiental**. Belo Horizonte: V&M do Brasil, 2008. Disponível em: <<http://www.vmtubes.com.br/vmb/balancosocial2007/index.swf>> . Acesso em: 20 abr. 2009.

VALLOUREC E MANNESMANN TUBOS DO BRASIL. **Vallourec e Mannesmann Tubos do Brasil**. Desenvolvido por E4W, 2004. Apresenta informações sobre a V&M Tubes. Disponível em: <www.vmtubes.com.br>. Acesso em: 12 jun. 2009.

WEBER, Alfred. **Theory of the location of industries**. Chicago: University of Chicago, 1969. 256 p.

WORD STEEL ASSOCIATION – WSA. **Steel statistical yearbook 2008**. WSA: Brussels, 2009. Disponível em: <[http://www.worldsteel.org/pictures/publicationfiles/SSY2008\[1\].pdf](http://www.worldsteel.org/pictures/publicationfiles/SSY2008[1].pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2009.

WORLD STEEL ASSOCIATION. **World Steel Association**. Desenvolvido por World Steel, 2009. Apresenta informações sobre o mercado siderúrgico internacional. Disponível em: <www.worldsteel.org>. Acesso em: 05 mai. 2009.

ANEXOS

TABELA A 1 – ANEXO 1: Produção de aço em Minas Gerais (ton), 1936-2007

Ano	Quantidade (ton)	Ano	Quantidade (ton)	Ano	Quantidade (ton)
1936	30.811	1960	587.152	1984	6.276.236
1937	31.005	1961	603.100	1985	6.674.790
1938	40.702	1962	662.414	1986	7.208.000
1939	59.901	1963	781.215	1987	8.016.538
1940	85.397	1964	1.034.096	1988	9.736.300
1941	92.541	1965	1.126.096	1989	9.676.400
1942	97.968	1966	1.356.326	1990	8.435.400
1943	108.276	1967	1.370.942	1991	9.285.200
1944	132.190	1968	1.646.311	1992	9.426.900
1945	117.714	1969	1.910.367	1993	10.055.500
1946	133.900	1970	2.059.641	1994	9.719.000
1947	129.476	1971	2.295.725	1995	9.604.500
1948	113.846	1972	2.599.039	1996	9.776.000
1949	149.537	1973	2.904.781	1997	9.664.000
1950	170.262	1974	2.956.356	1998	9.433.000
1951	183.345	1975	3.671.469	1999	8.661.000
1952	-	1976	4.287.856	2000	10.796.000
1953	225.707	1977	4.743.067	2001	10.896.000
1954	259.127	1978	4.787.973	2002	10.937.000
1955	244.795	1979	5.310.571	2003	11.634.000
1956	270.597	1980	5.757.741	2004	12.186.000
1957	274.432	1981	4.691.109	2005	11.755.000
1958	332.514	1982	5.211.809	2006	11.918.000
1959	390.896	1983	5.067.981	2007	11.914.000

Fonte: IBGE (1953); FJP (2002); IBS (2001; 2005; 2008). Elaboração própria.