

A interação universidade-empresa na siderurgia de Minas Gerais

Ulisses Pereira dos Santos

Doutorando em economia CEDEPLAR/FACE/UFMG,

Bolsista do CNPq

Clélio Campolina Diniz

Professor titular aposentado do

CEDEPLAR/FACE/UFMG, Reitor da UFMG

Palavras-chave

sistemas regionais de inovação, interação universidade-indústria, siderurgia, Minas Gerais

Classificação JEL R11, R58, O31

Key words

regional innovation systems, university-industry interaction, steel industry, Minas Gerais.

JEL Classification R11, R58, O31

Resumo

Verifica-se em Minas Gerais a presença de um aparato de apoio à inovação regionalmente identificado e alinhado a uma das principais atividades econômicas locais, a siderurgia. Esse sistema regional de inovação foi constituído a partir do século XIX, sendo caracterizado pelo intenso fluxo de informações entre as instituições de ensino e pesquisa, principalmente o Departamento de Metalurgia da UFMG e o setor produtivo. Observou-se que a parceria entre a universidade e o setor produtivo na qualificação profissional e na busca por soluções para a melhoria de processos e produtos representa a materialização desse fluxo informacional, historicamente constituído, viabilizando a inovação tecnológica na siderurgia mineira.

Abstract

There is in Minas Gerais (Brazil) an institutional apparatus to support innovation processes, especially in the local steel industry – one of the most important economic activities in the state. This regional innovation system, established in the 19th century, is characterized by an intense information flow between the university system and the industry. The partnership involving universities and firms is based on professional qualification and the joint search for new products and processes. We observed that the historically constituted university-firm interaction fosters technological innovation in the Minas Gerais steel industry.

1 Introdução

A siderurgia de Minas Gerais é a mais dinâmica do Brasil e está entre as mais competitivas do mundo, tendo seu sucesso explicado, entre outros fatores, pelo seu bom desempenho tecnológico. Este, por sua vez, resulta da existência de instituições de suporte à atividade tecnológica local, que também se alinha aos avanços na fronteira tecnológica internacional. Tal arranjo institucional começou a ser construído em fins do século XIX, com a criação da Escola de Minas de Ouro Preto, em 1875, sendo consolidado posteriormente com a criação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais (CPGEM) do Departamento de Minas e Metalurgia da Escola de Engenharia da UFMG, em 1971. Desde então, é possível observar que a relação entre o sistema universitário e a indústria siderúrgica tem sido marcada por forte interação. Essa relação interativa vem resultando em diversas inovações tecnológicas, tanto de processo quanto de produto, para a siderurgia do Estado, ao longo dos anos.

Neste contexto, o presente trabalho apresenta e caracteriza o processo de interação entre a universidade e a indústria do setor siderúrgico nesse sistema de inovação especializado e localmente identificado. Objetiva-se, portanto, mostrar as principais vias pelas quais interagem especialmente o

CPGEM-UFMG e a indústria siderúrgica de Minas Gerais, considerando a construção histórica e os resultados desse processo, à luz dos conceitos de sistemas regionais de inovação, aprendizado regional e interação universidade-indústria.

Este artigo está dividido em cinco seções, sendo a primeira delas esta introdução. A segunda seção apresenta uma reflexão teórica acerca dos sistemas regionais de inovação, do aprendizado regional e da cooperação universidade-indústria. A terceira trata da formação histórica do arranjo institucional de apoio às atividades tecnológicas no setor minero-metalúrgico de Minas Gerais, com ênfase na criação e atuação da Escola de Minas de Ouro Preto e do CPGEM-UFMG. Na quarta seção, é apresentada e avaliada a interação do CPGEM-UFMG com o setor siderúrgico local, com base em dados relativos à formação de profissionais pelo centro e à prestação de serviços para a indústria. Nessa seção é mostrado também um caso específico no qual a universidade agiu ativamente como parceira na execução de um processo inovativo específico encampado pela indústria local. O trabalho é concluído com as considerações finais, na quinta seção.

2_ Os sistemas regionais de inovação, o aprendizado regional e a interação universidade-empresa

O conceito de Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) veio à tona como fruto de vários estudos elaborados e publicados nas décadas de 1980 e 1990, abarcando a importância da inovação tecnológica para o desenvolvimento econômico (Lundvall, 1995). Esse conceito derivou da observação e da análise de um conjunto de instituições que atua promovendo e facilitando a introdução das inovações nos mercados, por meio da criação e da difusão do conhecimento e do estabelecimento dos fluxos de informação em direção ao setor produtivo na escala nacional. Desde então, tornou-se convenção entre os pesquisadores da área assumir a existência de uma correlação entre a ascensão dos processos inovativos e as relações cooperativas entre as firmas e as instituições voltadas para a busca e a difusão de conhecimentos técnicos e científicos. Entre tais instituições inseridas nesse processo, é possível mencionar as universidades, os centros de treinamento profissional e os centros de pesquisa e desenvolvimento, entre outros facilitadores diretos e indiretos dos processos de inovação tecnológica.

Segundo os autores que tratam dessa temática, o grau de desenvolvimento

desses sistemas de inovação é um determinante fundamental para a competitividade e o desenvolvimento econômico das nações, o que justificaria sua importância estratégica (Freeman, 2004). Contudo, na sua primeira fase, os estudos voltados a essa temática deram ênfase quase que exclusiva às características e aos impactos dos sistemas de inovação numa escala nacional, desconsiderando aspectos ligados às escalas regional e local na promoção das inovações. Somente a partir da década de 1990, o conceito foi adaptado para a análise das diferenças de desenvolvimento e de escalas territoriais dentro dos países, dando origem à concepção de Sistemas Regionais de Inovação (SRI) (Cooke, 1998). A adaptação e a evolução desse conceito permitiram e facilitaram a construção de uma ponte entre as teorias acerca dos sistemas de inovação e a economia regional.

O desenvolvimento a esse respeito atribui vital importância a fatores mais comuns às escalas regional e local, ressaltando o papel de aspectos sociais, políticos, culturais e geográficos, potencializados pela proximidade física entre os agentes, na promoção da atividade inovativa (Oinas; Malecki, 1999). Ou seja, o entendimento dos Sistemas Regionais de Inovação leva em conta aspectos inerentes a um ambiente local e seus reflexos sobre os agentes que se vinculam de variadas formas ao proces-

so inovativo. Essa nova concepção teórica de desenvolvimento regional assume, então, a importância do *milieu* sociocultural baseado na região onde se formam relações entre os elementos presentes nesse sistema (Cooke, 1998). Ela “bebeu” no que anteriormente havia sido desenvolvido pela sociologia econômica com base na análise dos contextos sociais inerentes à imersão social da firma e dos agentes no ambiente local (social e econômico). Tal aspecto foi denominado por Granoveter (1985) como “embeddeness” ou imersão social. Essa imersão dar-se-ia por meio de um processo histórico de construção de relações entre os agentes e a realidade local, pautada num contínuo trânsito de influências tanto do meio em direção ao agente quanto do agente em direção ao meio, criando uma teia de laços interinstitucionais, formais e informais.

Entende-se, assim, que um sistema de inovação se constrói por meio desse conjunto de instituições que devem estar imersas numa realidade social, cultural e econômica local de forma tal que sejam criadas relações de confiança e fluxos de informação entre essas instituições. Esse sistema de inovação estabelecer-se-ia tendo em seu leque de atribuições a geração dos condicionantes para ampliar ou facilitar a imersão dos agentes produtivos de modo a impulsionar a capacidade inova-

tiva do meio onde se insere. 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 ou condicionar suas atividades inovativas (Oinas; Malecki, 1999). Portanto, a aglomeração produtiva em determinada localidade colocar-se-ia não somente como uma estratégia para a captação dos benefícios da proximidade física em relação às outras empresas. A aglomeração também originaria vantagens relacionadas à captação dos benefícios da proximidade de determinado arranjo institucional, envolvendo sobretudo instituições alinhadas à realidade econômica local e responsáveis pela produção de conhecimento técnico-científico. Tais benefícios se associariam aos oriundos do mercado de trabalho, ou de outras facilidades decorrentes da aglomeração produtiva, como inicialmente formulou Marshall (1983), em sua concepção de distrito industrial.

Nesse sentido, ascende um novo desafio, que diz respeito à transformação das aglomerações produtivas espaciais em sistemas regionais de inovação, o que se daria a partir da associação de tais aglomerações a um corpo institucional local. Para isso, faz-se necessário o esforço consciente de ampliação das interconexões entre os fluxos de conhecimento produtivo

internos à indústria e os novos conhecimentos técnico-científicos nacionalmente e internacionalmente gerados de modo a fomentar a produção inovativa local (Oinas; Malecki, 1999; Mytelka; Farinelli, 2003). A promoção de mecanismos de interação que fomentem um transbordamento do conhecimento científico produzido nas universidades e nas instituições de pesquisa para as empresas seria, portanto, uma das formas de motivação da atividade inovadora regionalizada. Esse processo estaria relacionado ao grau de imersão local dos agentes responsáveis pela atividade inovativa. O grau de interação das firmas com as instituições externas que constituiriam seu ambiente institucional regional se coloca como fator fundamental para a materialização da inovação, sendo essa interação marcada por elementos que transcendem as relações comerciais tradicionais (Oinas; Malecki, 1999).

Nesse novo contexto, as regiões devem se transformar em lugares de criação de conhecimento, dado que este é cada vez mais fundamental para sua sobrevivência econômica no cenário internacional. Por isso, ganha importância vital a manutenção de uma estrutura de aprendizado por parte das regiões. Uma região de aprendizado, além da infraestrutura física visando à promoção do fluxo de conhecimento, de ideias e de aprendizado, de-

ve incorporar o que Florida (1995, p. 532) chama de “infraestrutura 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, tal infraestrutura humana deve ser capaz de aplicar sua capacidade ao processo produtivo, fomentando o grau de competitividade da região. Essa atuação deve ocorrer de acordo com a função fundamental dos sistemas regionais de inovação, que consiste em adequar os conhecimentos globalmente gerados a determinada realidade produtiva, almejando ampliar o desenvolvimento tecnológico local. Desse modo, essa força de trabalho qualificada teria de se manter atualizada no que diz respeito aos deslocamentos da fronteira internacional de conhecimentos científicos e tecnológicos. Deveria ainda ser capaz de responder aos movimentos dessa fronteira, possibilitando ao setor produtivo, ao qual se vincula, condições de participar dos processos de mudança tecnológica ou acompanhá-los aproveitando possíveis janelas de oportunidades.

Fica claro, então, que, na esfera regional, assim como na esfera nacional, um sistema de inovação deve possuir condições suficientes para qualificar sua for-

ça de trabalho, fazendo essa ser capaz de produzir e incorporar novas formas de conhecimento técnico-científico aos processos produtivos. Deste modo, a presença de universidades e de centros de treinamento que detenham condições de fornecer tal infraestrutura 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 papel fundamental ao estarem entre os principais fornecedores de informações técnico-científicas para as firmas inovadoras (Cooke, 1998). Essa infraestrutura relacionada ao sistema educacional regionalmente identificado tem de deter uma mentalidade voltada à importância do progresso científico e tecnológico para o desenvolvimento local. Tal condição resulta, em maior escala, do grau de imersão local dessa instituição, o que favorece seu grau de interação para com o ambiente que a cerca.

Ao serem estabelecidas, as interações entre o setor produtivo e o sistema universitário configuram importante fator para o desenvolvimento dos sistemas de inovação, tanto na escala regional quanto na escala nacional. Nesse sentido, as universidades podem ser definidas também como o ambiente da produção científica, gerando, por isso, transbordamentos que favo-

receriam a indústria local. Esse esforço local de pesquisa universitária cumpriria com a necessidade de alinhar o ambiente regional à fronteira científico-tecnológica internacional, sendo ao mesmo tempo alinhado às necessidades tecnológicas locais (Rosenberg; Nelson, 1994). Isso faz com que a pesquisa universitária ocupe papel fundamental para o desenvolvimento do sistema de inovação, uma vez que pode ser identificada como a principal referência para o desenvolvimento tecnológico nos mais diversos setores econômicos (Narin *et al.*, 1997; Mazzoleni; Nelson, 2005).

Deste modo, não são raros os casos nos quais se observa a pesquisa conduzida nas universidades como origem de importantes desenvolvimentos tecnológicos industriais (Mazzoleni; Nelson, 2005). Enquadram-se nesse perfil tanto setores com forte dotação tecnológica como setores econômicos já tradicionais, como o aeronáutico por um lado e o agrícola por outro (Suzigan; Albuquerque, 2011). Tudo isso faz com que as universidades e sua atuação na produção e na transferência de conhecimento sejam identificadas como peças-chave nos processos de desenvolvimento econômico nacional, como se observou nos casos norte-americano e sul-coreano, e regional, como no Vale do Silício ou na região do MIT, por exemplo (Mazzoleni; Nelson, 2005; Diniz, 2001).

No que tange ao papel das regiões nesse processo, pode-se dizer que as interações entre universidades e empresas seriam potencializadas tendo em vista a proximidade geográfica entre os agentes (Rapini, 2007). Além disso, a atuação das universidades pautada na resolução de problemas locais seria vista como uma das suas frentes de ação para a promoção do desenvolvimento econômico da economia regional (Rosenberg; Nelson, 1994). Nesse contexto, seriam verificáveis importantes transbordamentos (*spillovers*) regionais oriundos das universidades para o meio empresarial, fomentando e incentivando a atividade tecnológica local (Jaffe, 1989). Tal processo se daria por meio do estabelecimento de uma via de mão dupla pela qual haveria o trânsito de conhecimento da universidade para a indústria e da indústria para a universidade.

Deste modo, é possível afirmar que a presença de universidades com capacitação para a condução de pesquisas científicas se coloca como um sustentáculo fundamental para o sistema de inovação, seja na escala nacional, seja na escala regional. Entretanto, deve-se ter em mente que a contribuição das universidades para o desenvolvimento dos sistemas de inovação é materializada apenas quando há o devido fluxo de informações para o meio in-

dustrial, ou seja, quando há interação entre essas duas partes. Tal processo, por sua vez, é determinado por fatores inerentes à firma, ao processo de inovação, à tecnologia empregada e ao campo da ciência envolvido (Rapini, 2007). Além desses, ainda é possível mencionar a imersão social dos agentes envolvidos nesse processo como um facilitador da interação universidade-empresa, o que seria catalisado pela partilha de um mesmo ambiente social, econômico e cultural na maioria das vezes relacionada à proximidade regional (Granoveter, 1985; Cooke, 2001). Ressalta-se também a necessidade de um processo histórico de construção das relações entre o sistema universitário e o sistema industrial para o sucesso da atividade interativa entre essas partes (Suzigan; Albuquerque, 2011).

Dado isso, tem-se que algumas áreas de pesquisa científica apresentam maior aplicabilidade no meio produtivo. Em outros termos, alguns campos da ciência se apresentam mais aptos a ser utilizados no desenvolvimento de tecnologias industriais que outros. A literatura internacional pontua a metalurgia entre esses setores, apesar de se tratar de um campo de atividade já tradicional (Rosenberg; Nelson, 1994; Rapini, 2007). No Brasil, tal setor é vislumbrado como um dos poucos que apresentam sucesso em termos de intera-

ção universidade-empresa quando se trata especificamente do sistema de inovação mínero-metalúrgico de Minas Gerais (Suzigan; Albuquerque, 2011). A construção desse sistema setorial e regional de inovação com forte interação entre o sistema universitário e a indústria será discutida adiante.

3_ A tradição em ensino e pesquisa em mínero-metalurgia em Minas Gerais

A implantação da Escola de Minas de Ouro Preto, em uma região com tradição mineradora e com grande abundância de recursos minerais diversificados,¹ constituiu o primeiro esforço na tentativa de se criar um arranjo institucional voltado à pesquisa e ao ensino nos setores mineral e metalúrgico em Minas Gerais. Criada em 1875, a Escola foi planejada para se localizar numa região na qual os alunos pudessem ter contato direto com a prática produtiva. A cidade de Ouro Preto, capital da província e centro urbano já com grande tradição, possuía boas condições para se transformar também num importante polo educacional capaz de atrair estudantes de várias partes do Brasil. Com o apoio direto do imperador D. Pedro II, para a implantação da Escola de Minas foi contratado ojo-

vem cientista francês Henri Gorceix, vindo diretamente da Escola de Minas de Paris (Carvalho, 2002), que, por sua vez, recrutou outros professores estrangeiros visando a compor o primeiro corpo docente da instituição.

Sob a orientação de Gorceix, a escola estabeleceu, desde o início, 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 vigente aos docentes. A Escola de Minas ainda seria caracterizada pela valoração das atividades práticas e das viagens de estudos para complementar a formação de seus professores e alunos.

Entre a criação dessa instituição e as primeiras décadas do século XX, a quase totalidade da produção científica em mineralogia e geologia executada por brasileiros foi realizada por professores e alunos da Escola de Minas ou dela egressos. Eles constituíram, assim, o núcleo central de uma primeira geração de pesquisadores brasileiros nesses campos do conhecimento (Carvalho, 2002). Ademais, 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 dessa instituição de ensino. A sua participação

.....
¹ Escola de Minas de Ouro Preto, juntamente com a Escola de Farmácia daquela cidade, deu origem à Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), em 1969, mantendo-se, no entanto, a Escola de Minas como o pilar central dessa universidade até os dias atuais.

foi ainda marcante no auxílio às pequenas usinas que se situavam em Minas, atuando também os professores dessa instituição na elaboração de alguns projetos industriais implantados no Estado naquele período. Um dos principais legados da Escola de Minas foi o estabelecimento de uma cultura de proximidade entre as empresas e a instituição de ensino.

Atualmente, a Escola de Minas da UFOP mantém um programa conjunto com a Universidade do Estado de Minas Gerais e a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, o qual possui um curso de pós-graduação *stricto sensu* em Engenharia de Materiais, em níveis de mestrado e doutorado. Trata-se da Rede Temática em Engenharia de Materiais (Redemat), que vigora desde 1995 e tem participação efetiva na formação de quadros altamente qualificados nessa área correlata à metalurgia.

Com a transferência da capital do Estado de Minas Gerais de Ouro Preto para Belo Horizonte, em 1897, foi criada a Escola de Engenharia de Belo Horizonte, em 1911, com predominância de professores egressos da Escola de Minas de Ouro Preto. Nas primeiras fases da Escola de Engenharia de Belo Horizonte, ela orientou seus cursos para outros campos da engenharia, especialmente engenharia civil, agronomia, eletrotécnica, engenharia in-

dustrial e de condutores de obras, visando a atender prioritariamente à demanda da construção civil e do setor industrial emergente àquela época.

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, localizadas em Belo Horizonte. Em 1949, a universidade passou à chancela do governo federal, após processo de federalização, e mais tarde, em 1965, passaria a se chamar Universidade Federal de Minas Gerais, como é conhecida até hoje.

A partir dessa fase, a Escola de Engenharia se ampliou, e em 1956 criou o curso de Engenharia de Minas e Metalurgia e, finalmente, em 1965 o curso se desdobrou nas formações específicas em Engenharia de Minas e Engenharia Metalúrgica, acompanhando a grande expansão da produção mineral e metalúrgica em Minas Gerais.

Em 1971, foi criado o Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais (CPGEM), sendo esse estabelecido quase cem anos após a introdução da primeira escola voltada exclusivamente ao estudo dos minerais e da metalurgia no Brasil, carregando bastante de seu legado. Entre os principais objetivos introduzidos pela Escola de Ouro Preto e incorporados pelo CPGEM, cabe mencionar a ênfase na

pesquisa e a integração com o setor produtivo, porém num contexto muito mais avançado da indústria siderúrgica e metalúrgica de Minas Gerais e do Brasil.

O cenário de criação dessa pós-graduação se caracterizava por uma mudança na pauta de importações brasileira, induzida pela tentativa de expansão da indústria interna, abarcando a importação de tecnologia, nem sempre totalmente aplicável ao padrão da indústria 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 esse quadro, os professores do CPGEM buscaram estabelecer laços com a indústria, em especial com a siderurgia de Minas Gerais, cujos dirigentes e engenheiros provinham, na sua quase totalidade, de egressos da Escola de Minas de Ouro Preto e da UFMG (Paula e Silva, 2007). Esse esforço iniciado pela universidade gerou resultados tangíveis a partir da parceria formal do CPGEM com a Acesita,² em 1975. O CPGEM começou a ministrar cursos de curta duração para os técnicos daquela empresa visando a adequá-los às novas tecnologias por ela adquiridas àquela época. Tal iniciativa gerou interesse por parte de outras siderúrgicas, resultando na criação de um

programa de Cursos de Extensão Tecnológica, com grande impacto na siderurgia de Minas Gerais. Esses cursos logo transcenderam as fronteiras do Estado, passando a ter abrangência nacional, sendo administrados pela Associação Brasileira de Metalurgia³ (ABM), que estabelecia a ponte entre as usinas espalhadas por todo o país e os professores e pesquisadores do CPGEM (Paula; Silva, 2007).

Essa experiência convergiu para a criação de um programa cooperativo de pós-graduação entre a universidade e as empresas, oferecendo o curso de mestrado aos funcionários dessas. Iniciado com a Acesita, em 1975, os alunos desse curso foram selecionados entre os funcionários da usina, 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. Assim como nos cursos de extensão, a nova pós-graduação que se criara no CPGEM apresentou desdobramentos rápidos a partir de um crescente interesse das empresas em qualificar técnica e cientificamente seus quadros e a possibilidade de absorção dos conhecimentos necessários para a solução de problemas internos às usinas. O programa foi rapidamente estendido para outras empresas, com destaque para a Usiminas

.....
² Siderúrgica mineira fundada em 1944 no município de Timóteo (MG). Embora tenha sido fundada pela iniciativa privada, a empresa foi estatizada logo em seus primeiros anos de atividade, mantendo-se nessa condição até 1992. Naquele ano, a empresa foi privatizada e em 2001 se integrou ao grupo Arcelor; atualmente é parte do conglomerado Arcelor Mittal, sob a denominação Arcelor Mittal Inox Brasil.

³ Atual Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais.

e a Belgo-Mineira⁴ e, posteriormente, para empresas de outras unidades da Federação, como a Companhia Siderúrgica Nacional (RJ), a Cosipa (SP) e a Gerdau (RS).

Em 1983, esse curso de pós-graduação foi ampliado, sendo oferecida também a modalidade de doutorado, nos mesmos moldes de cooperação com as empresas (Paula e Silva, 2007). 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 dessas empresas e a instituição onde haviam se qualificado, criando-se outros estágios de cooperação entre as empresas e o CPGEM.

Tal interação realizada pelo CPGEM-UFMG corrobora a herança da cultura de proximidade para com o setor produtivo introduzida pela Escola de Minas ainda nos seus primeiros anos de vida.

4_ Interação universidade-indústria e seus reflexos sobre a siderurgia mineira

4.1_ A capacitação tecnológica da siderurgia mineira

A construção de uma trajetória de interação universidade-empresa na siderurgia

mineira criou as bases para a melhor qualificação do trabalho nela empregado como também para a criação de outros vínculos entre essas duas partes do sistema regional de inovação. Como indicadores dos possíveis benefícios alcançados com essa comunicação, são considerados o número de patentes depositadas por siderúrgicas mineiras no INPI, como forma de avaliar a atividade tecnológica do setor, o número de mestres e doutores empregados no setor e a relação com os grupos de pesquisa acadêmica registrados no CNPq. Tais informações permitirão uma caracterização ampla do sistema de inovação minero-metalúrgico de Minas Gerais para uma posterior análise das relações entre o sistema universitário e a indústria.

a_Patentes depositadas no INPI

Uma informação relevante sobre a capacitação tecnológica diz respeito às estatísticas de patentes para o setor siderúrgico. Embora existam limitações relacionadas às estatísticas de patentes e seus problemas enquanto *proxy* para inovação (Griliches, 1990), acredita-se que essas conseguem transmitir informações úteis no âmbito da pesquisa (Bernardes; Albuquerque, 2003). As estatísticas de patentes têm a capacidade de transmitir uma noção do desempenho das firmas em termos de desenvolvimento tecnológico, mesmo levan-

.....
⁴ A Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira foi a primeira produtora de aço em escala industrial no Brasil, tendo se estabelecido em 1921, no município de Sabará (MG). Hoje também é parte do grupo Arcelor Mittal, sendo denominada Arcelor Mittal Aços Longos.

do-se em conta que nem todos os processos tecnológicos sejam patenteados.

Os dados de patentes apresentados pela Tabela 1 foram coletados no sítio do INPI, considerando as empresas do setor associadas ao Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS) em 2009. São apresentadas 1.188 patentes contabilizadas para esse grupo de siderúrgicas brasileiras, sendo 582 ou 49% das empresas de Minas Gerais. A Usiminas lidera o ranking com 421 patentes registradas no INPI, desde 1979, o que representa um 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 posição de destaque nos mercados nacional e internacional. Ressalte-se que o peso das patentes como indicador do desenvolvimento tecnológico em Minas Gerais pode ser subestimado, uma vez que as filiais de empresas estrangeiras, embora tecnologicamente modernas e utilizando-se das facilidades locais, tendem a depositar um pequeno número de patentes no país, como foi o caso da Belgo Mineira. Em muitos deles, as inovações obtidas por essas empresas são patenteadas prioritariamente em seus países de origem.

É possível observar que a Usiminas apresenta 78 patentes a mais que a segunda colocada, a CSN. Sabendo-se que a CSN foi fundada mais de dez anos antes da side-

rúrgica mineira, tem-se que a Usiminas superou, em termos de produção tecnológica, uma empresa que detinha maior conhecimento acumulado quando da sua entrada no mercado. Observando-se o caso da Cosipa, que foi inaugurada pouco antes da Usiminas, e que por isso deveria contar com 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, concebida no mesmo período da mineira, apresenta menos de um terço do total de patentes depositadas pela a Usiminas.

Não só a Usiminas se aproveitou da existência de um ambiente diferenciado para a siderurgia em Minas Gerais, mas as outras siderúrgicas do Estado também. Pode-se observar que as demais usinas siderúrgicas de Minas Gerais, no que tange à sua produção tecnológica, estimada pelas suas patentes depositadas no INPI, também figuram na relação apresentada. É possível verificar, portanto, que a siderurgia de Minas Gerais apresenta alto peso no que diz respeito à sua contribuição ao desenvolvimento tecnológico da siderurgia brasileira, sendo também o principal produtor de aço do país, respondendo por um terço da produção.

Esses dados demonstram, sobretudo, que houve atividade tecnológica en-

Tabela 1 Siderúrgicas brasileiras que registraram patentes no INPI, até janeiro de 2009

Empresa	Localização	Total de patentes	%	Capacidade de produção de aço bruto (ton/ano)
Usiminas	Minas Gerais	421	35	4.800.000
CSN	Rio de Janeiro	343	29	5.750.000
Cosipa	São Paulo	134	11	4.635.000
CST	Espírito Santo	111	9	-
Açominas	Minas Gerais	71	6	4.500.000
Acesita	Minas Gerais	55	5	922.000
Belgo*	Minas Gerais	23	2	2.300.000
V&M	Minas Gerais	12	1	685.000
Aços Villares	São Paulo	9	1	995.000
Villares Metals	São Paulo	5	0	150.000
Gerdau Piratini	Rio Grande do Sul	4	0	390.000
Minas Gerais	-	582	49	
Total		1.188	100	

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

*Usinas de João Monlevade e Juiz de Fora.

tre as principais companhias siderúrgicas de Minas Gerais, mesmo que essa tenha sido subestimada, já que nem todos os avanços técnicos internos à empresa são patenteados. A maior intensidade de tais avanços tecnológicos na siderurgia mineira pode ser creditada à concentração da produção por uma análise superficial. Contudo, a análise mais profunda de casos como o da Usiminas, por exemplo, em comparação com outras usinas concebidas para produzir em escala similar a essa, em outros Estados do Brasil, leva a crer que essa desfrutou de condições que melhor viabilizaram seu desenvolvimen-

to tecnológico. Tais condições seriam relacionadas ao sistema de inovação na qual essa empresa se insere, em especial à construção histórica de uma cultura local e setorial de interação universidade-indústria.

b_Absorção de mestres e doutores

A interação entre as empresas siderúrgicas e a universidade criou grande capacitação dos quadros dessas empresas. A Tabela 2 mostra a participação dos cinco Estados com maior produção de aço no Brasil na absorção de mão de obra altamente qualificada pela indústria siderúrgica local.

Tabela 2 Participação percentual dos Estados com maior produção de aço do Brasil no emprego de trabalhadores com títulos de mestrado e doutorado – 2008 (%)

	Participação na produção brasileira de aço 2008 (%)	Participação no número de trabalhadores mestres - % (a)	Participação no número de trabalhadores doutores - % (b)	Total (a + b)
Minas Gerais	35,6	35	35	35
Espírito Santo	19,8	28	2	22
Rio de Janeiro	19,8	5	6	5
São Paulo	18,7	13	7	12
Rio G. do Sul	2,4	11	1	9
Resto do Brasil	4	8	49	17
Total	100	100	100	100

Fonte: Instituto Brasileiro de Siderurgia (2009) Rais-MTE (2011). Elaboração própria.

Os dados mostram Minas Gerais como o Estado com maior participação no número de mestres e doutores empregados em atividades siderúrgicas no Brasil.⁵ Seu contingente de trabalhadores no setor conta com mais de um terço do total de funcionários com alta qualificação atuando na siderurgia brasileira, sendo esse número similar à participação mineira na produção de aço. A disparidade em relação aos demais grandes produtores de aço no país é ainda maior quando se observa o número de doutores empregados no setor. O percentual apresentado por Minas Gerais não é acompanhado por nenhum outro Estado brasileiro, nesse quesito.

A relação de interação universidade-indústria, no caso da siderurgia mineira, favorece a inserção de profissionais com alta qualificação no setor, graças, entre outros fatores, à sua sensibilidade às demandas tecnológicas locais. Tal condição possibilita à indústria contar com um corpo de trabalho alinhado ao desenvolvimento técnico-científico internacional e às necessidades locais do setor. Tudo isso reflete o processo histórico de formação de capacitação local para atuação no setor desde os primeiros anos de atuação da Escola de Minas, formando a infraestrutura humana demandada pelo setor e pela região para o seu desenvolvimento.

.....
⁵ Na análise foram consideradas as seguintes classes da CNAE 2.0: 24113, 24121, 24211, 24229, 24237, 24245, 24318 e 24393.

Tabela 3_Grupos de pesquisa e sua interação nas áreas de Engenharia de Materiais e Metalúrgica: Estados selecionados (2008)

	Nº interações (a)	Nº de grupos (b)	Razão de interação (a/b)
Minas Gerais	45	18	2,5
Rio de Janeiro	51	25	2,0
São Paulo	75	37	2,0
Rio G. do Sul	92	24	3,8

Fonte: Diretório de Grupos de Pesquisa CNPq (2008).⁶ Elaboração própria.

c_Grupos de pesquisa acadêmicos e sua interação com empresas

A Tabela 3 mostra a quantidade de grupos de pesquisa interativos, de acordo com dados do Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq, em Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul na área de Engenharia de Materiais e Metalúrgica⁷ e a quantidade de interações desses para com o setor produtivo.⁸ A comparação com esses Estados é justificada pelo fato de São Paulo e Rio de Ja-

neiro possuírem maior estrutura universitária e de pesquisa que Minas Gerais e em razão de o Rio Grande do Sul também apresentar importante base de ensino e pesquisa nas áreas de mineralogia e metalurgia. Trata-se também de três Estados com importante estrutura produtiva no âmbito da siderurgia.

A Tabela 3 mostra a razão entre o número de relacionamentos e o número de grupos por Estado, de modo a de-

⁶ Os dados do Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq foram obtidos no Grupo de Pesquisa em Economia da Ciência e Tecnologia do Cedeplar – UFMG e são parte de um banco de dados que conta com informações da base corrente do diretório para o dia 5 de dezembro de 2008. Ressalta-se que o Grupo

de Pesquisa fica isento de possíveis erros de manipulação e interpretação dos dados por parte dos autores.

⁷ Os dados disponibilizados pelo Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq não são capazes de discriminar os grupos pertencentes às subáreas de Engenharia de Materiais e Engenharia

Metalúrgica, que, apesar de correlatos, são campos que podem apresentar objetivos e temáticas muito distintos. Mesmo assim, os dados apresentados contém informações que podem ser utilizadas como proxy para a análise de interações entre universidades e empresas no setor, sendo frequentemente

abordados pela literatura especializada, como em Rapini (2007).

⁸ Estes estados foram os que apresentaram maior número de grupos de pesquisa na área de engenharia de materiais e metalúrgica, segundo dados da base corrente do diretório do CNPq em 5 de dezembro de 2008.

monstrar a quantidade de relacionamentos médio por grupo.

É possível verificar que, embora seja o Estado com menor número de grupos de pesquisa interativos na área, a densidade da interação em Minas Gerais fica abaixo apenas da apresentada pelo Rio Grande do Sul, para o período avaliado. Nesse sentido, cada grupo de pesquisa do Estado na área apresentaria em média mais de duas interações para com o setor produtivo. Ou seja, mesmo ficando abaixo de outros Estados produtores em números absolutos, Minas Gerais detém considerável intensidade na comunicação com o setor produtivo em termos relativos, quando se leva em consideração os grupos de pesquisa nas áreas de materiais e metalurgia.

Esse dado demonstra que há intensa atividade interativa entre os grupos de pesquisa da área de engenharia metalúrgica e as empresas em Minas Gerais, a qual não é restringida por uma menor estrutura de pesquisa em comparação aos outros Estados brasileiros. A interação captada pelos dados do CNPq aponta, portanto, a existência de fluxos de informação entre a pesquisa acadêmica conduzida principalmente nas universidades e o meio produtivo no Estado.

Apesar de configurar um importante indicador dos relacionamentos entre o sistema de pesquisa e o setor produtivo,

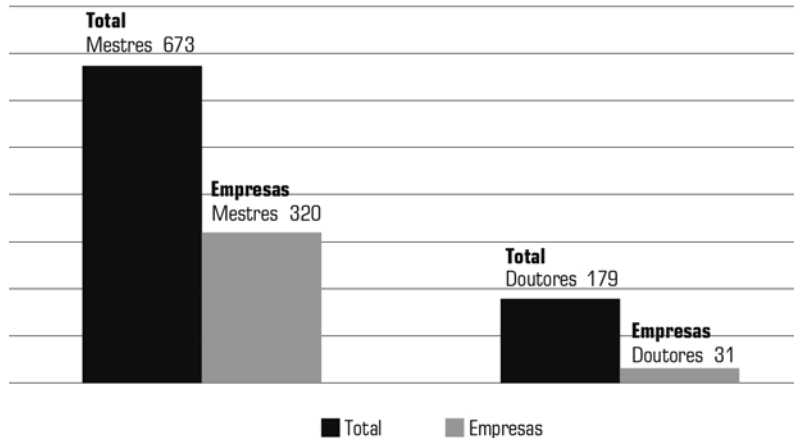
acredita-se que os dados do Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq não conseguem captar a principal forma de interação universidade-empresa na siderurgia de Minas Gerais. Essa reside na qualificação da força de trabalho em nível de pós-graduação por meio, principalmente, da atuação do CPGEM-UFMG, como será explorado adiante.

Observa-se, no entanto, que o conjunto de dados analisado nesta subseção reafirma a existência em Minas Gerais de um ambiente favorável à interação entre o sistema universitário e o setor siderúrgico. A existência de interações formais, identificadas pelo diretório de grupos de pesquisa do CNPq, a absorção de trabalho altamente qualificado e a produção tecnológica seriam resultados da construção histórica desse sistema de inovação regionalizado e setorializado. Cabe agora uma análise dos principais mecanismos pelos quais ocorre a interação universidade-indústria na siderurgia de Minas Gerais.

4.2_ Articulação entre a universidade e a indústria siderúrgica de Minas Gerais

Como visto, para as siderúrgicas mineiras, tanto a contratação de ex-alunos das instituições de ensino quanto o envio de funcionários para qualificação em cursos de especialização e pós-graduação nas principais universidades de Minas Gerais cons-

Gráfico 1_ Mestres e doutores titulados pelo CPGEM-UFMG, entre 1973 e janeiro de 2009



Fonte: CPGEM-UFMG. Elaboração própria.

tituem fontes de obtenção de profissionais atentos aos problemas e aos avanços tecnológicos nesse ramo de atuação. A Escola de Engenharia da UFMG tem papel especial nesse processo ao incorporar em seus cursos de pós-graduação parcela considerável de alunos oriundos de empresas por meio de seu programa de pós-graduação *stricto sensu*. A atuação desse departamento pode ser observada por meio do Gráfico 1, que apresenta o contingente de alunos titulados nos seus programas de mestrado e doutorado em seu total e a parcela dos que eram vinculados a alguma empresa.

Do total de 673 mestres titulados pelo CPGEM, segundo dados fornecidos pela secretaria desse centro de pós-gra-

duação, pode-se verificar que 320 eram vinculados às empresas de áreas correlatas às áreas de conhecimento contempladas pelo curso de pós-graduação ofertado por essa instituição de ensino. Esse valor representa quase 48% do total de mestres titulados pelo programa. Em termos de doutorado, são 31 doutores titulados vinculados a empresas de um total de 179, sendo 15 egressos do setor siderúrgico. Tais dados mostram a forte inserção do CPGEM-UFMG na indústria, uma vez que grande parte de seus ex-alunos já era vinculada a alguma empresa antes de seu ingresso em um dos cursos de pós-graduação *stricto sensu*.

Cabe ressaltar que esse programa de qualificação de profissionais oriundos de empresas, capitaneado pelo CPGEM, possibilita intensa troca de informações entre a universidade e o setor produtivo, dado que esses funcionários que se qualificam na instituição de ensino deixam lá vínculos (Paula e Silva, 2007). Com isso, as empresas alcançariam melhor acesso ao conhecimento oriundo da universidade, assim como a universidade obteria, com maior fluidez, informações referentes à indústria. Dar-se-iam, então, condições de existência a um mecanismo no qual ciência e tecnologia se estimulariam mutuamente, ambas cumprindo os papéis de líder e seguidora, como pontuam Nelson e Rosenberg (1993).

Tabela 4 Total de teses de doutorado defendidas no CPGEM – UFMG relacionadas com a siderurgia e com as empresas mineiras – 1988-2008

	Total de teses defendidas	Teses relacionadas à 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 da Secretária do CPGEM. Elaboração própria.

Por meio de uma análise das teses de doutorado defendidas pelos alunos do CPGEM-UFMG desde 1988, ano da primeira defesa, até dezembro de 2008 é possível observar que grande parte das pesquisas foi direcionada à siderurgia e em especial a questões que envolvem produtos e processos relacionados às principais usinas siderúrgicas do Estado. A Tabela 4 demonstra a distribuição das teses apresentadas ao CPGEM ao longo do tempo e quantas se voltaram para temas ligados à siderurgia, levando-se em conta ainda as teses que mencionaram alguma empresa que de certa forma tenha relação com o desenvolvimento do trabalho.⁹

É possível verificar que, entre as teses voltadas para temas ligados à siderurgia, nunca foi inferior a 50% a parcela de teses que fazem menção a alguma empresa. Esse resultado pode servir de parâmetro para demonstrar o quanto os novos

conhecimentos científicos gerados a partir da universidade se mantiveram próximos à realidade e às necessidades do setor produtivo no caso desse sistema regional de inovação específico. Ao mesmo tempo, reafirma a relação de interação e cooperação entre o sistema universitário e a indústria nesse setor e região especificamente.

São 35 as teses relacionadas com empresas localizadas em Minas Gerais, de um total de 61 voltadas ao campo da siderurgia. Em certos casos, as empresas assumem uma espécie de patrocínio ao desenvolvimento científico propiciado dentro do programa de pós-graduação, visando a sobretudo 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

⁹ Cabe lembrar que, além da siderurgia, o programa aborda as áreas de Engenharia de Minas e Materiais, assim como a Metalurgia de outros materiais metálicos, como o cobre e o alumínio, que ganharam participação entre as teses defendidas no programa. Logo, a queda de participação das teses relacionadas à siderurgia no quadro total nada mais é do que um resultado da diversificação da área, o que não é um fenômeno exclusivo do CPGEM.

que atuem diretamente na busca de soluções para suas pendências tecnológicas. A Tabela 5, abaixo, apresenta as empresas mencionadas nas teses de doutorado desenvolvidas no programa, e que tiveram algum tipo de participação nelas, e o número de teses que as mencionam. Observou-se que, em alguns casos, as teses mencionam mais de uma empresa.

Dos dados acima apresentados, é possível observar dois pontos relevantes. O primeiro diz respeito ao importante papel ocupado pela UFMG na formação de trabalho qualificado e especializado para o setor. O CPGEM apresenta uma média de 23 defesas de teses de mestrado e doutorado por ano, considerando o período entre 1973 e 2009, o que pode, sim, ser conside-

rado alto índice. Além disso, seus cursos têm nota máxima na avaliação dos cursos de pós-graduação executada pela Capes. Aliada às outras instituições de ensino do Estado, essa universidade tem contribuído de forma clara para a formação de pesquisadores atuando tanto na indústria, no setor público, como na academia.

O segundo ponto é referente à existência de demanda por trabalho altamente 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 das dissertações, bem como do conhecimento técnico-científico do profissional incorporado. Tudo isso demonstra a preocupação do setor produtivo local em reunir em seus quadros profissionais com formação apurada e capacidade de pesquisa.

Ressalta-se que essa 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

Tabela 5_Empresas siderúrgicas localizadas em MG que cooperaram em teses de doutorado desenvolvidas no CPGEM e número de participação

Empresas identificadas	Número de teses que mencionam a empresa
Usiminas	18
Acesita	8
Belgo	4
Vallorec	2
Açominas	2
Aço Forja	1
CBMM	1
Inoxcolor	1

Fonte: Elaboração própria com base em consulta a teses.

atividades produtivas de Minas Gerais. Isso corrobora aspectos da teoria, aqui apresentada, voltada para a importância da infraestrutura humana na utilização de seus conhecimentos adquiridos no desenvolvimento produtivo. A presença dessa infraestrutura humana e a sua inserção no setor produtivo constituem aspectos decisivos para o incremento da competitividade da siderurgia de Minas Gerais.

Outra faceta do estabelecimento de relações entre o setor produtivo e o setor de ensino e pesquisa diz respeito à busca direta por parte do setor produtivo de suporte tecnológico junto à universidade, mediante a contratação de consultorias e pesquisas. Segundo informações do Departamento de Engenharia Metalúrgica da UFMG, apenas no ano de 2007, oito empresas do setor siderúrgico brasileiro buscaram parcerias com a universidade, chegando ao estabelecimento de 16 contratos de cooperação. A forma de interação mais recorrente foi a condução de projetos de pesquisa de interesse da empresa por parte dos professores da universidade. Basicamente a empresa se propõe a financiar determinado projeto de pesquisa a ser desenvolvido por pesquisadores da universidade, o qual esteja alinhado às suas necessidades e objetivos. Essa fonte de interação possibilita o alinhamento da produção científica universitária às necessidades de

desenvolvimento tecnológico do setor produtivo local, 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.

Visto esse conjunto de informações acerca do relacionamento universidade-indústria na siderurgia de Minas Gerais, o Quadro 1 demonstra alguns dos resultados alcançados pelo setor produtivo por intermédio da interação com o CPGEM-UFMG, seja através dos trabalhos desenvolvidos durante os cursos de pós-graduação, seja na elaboração de pesquisas e consultorias. Cabe ressaltar que este quadro sumariza apenas uma pequena parcela do total de inovações de produto e processo alcançadas por meio da interação entre a universidade e as empresas, nesse sistema de inovação.

Entre os resultados observados, verifica-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. Destacam-se, ainda, os casos da Usiminas e da Belgo-Mineira, que introduziram outros produtos também com base nos resultados de trabalhos elaborados no decorrer de cursos de pós-gradu-

Quadro 1_ 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 resulfurados	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 <i>bake hardening</i>	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.

ação na UFMG. Neste sentido, fica claro que a universidade, em meio a esse sistema de inovação, faz a ponte interligando o conhecimento científico, produzido na esfera acadêmica universitária, ao setor produtivo, possibilitando a ascensão de inovações tecnológicas para a siderurgia em Minas Gerais.

Tem-se, portanto, que toda essa interação que se foi construindo ao longo

do tempo de modo a formar um ambiente propício para a troca de informações entre a universidade e as empresas 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, gerou avanços tecnológicos para a siderurgia mineira. Nesse sentido, cabe agora a análise de um caso específico em que essa interação foi determinante para um processo inovativo.

4.3_ Um resultado específico da interação universidade-empresa no SRI minero-metalúrgico de Minas Gerais

De agora em diante, será apresentado um caso específico no qual a interação entre a universidade, enquanto componente do sistema regional de inovação específico, com a indústria foi capaz de dar suporte ao desenvolvimento de uma inovação emblemática para o mercado siderúrgico. Trata-se do desenvolvimento do aço tipo *bake hardening* a partir de uma demanda da Usiminas.

No decorrer da década de 1980, a indústria siderúrgica japonesa introduziu no mercado um novo tipo de chapa de aço que detinha características inovadoras e atrativas para o mercado automobilístico. Tratava-se de uma chapa que, quan-

do entregue ao fabricante automobilístico, se apresentava muito macia, de modo que poderia ser mais facilmente trabalhada para se chegar à forma desejada, e ao mesmo tempo se caracterizava pelo forte aumento da resistência mecânica. O uso desse tipo de aço na indústria automobilística traria, entre outras vantagens, a redução do peso dos veículos fabricados, dado que, com o uso desse tipo de produto, poderiam ser empregadas chapas mais finas que as até então utilizadas e que detinham ao mesmo tempo grande resistência ao impacto.

Assim, esse tipo de material logo se tornou interessante para a indústria automobilística e consequentemente estratégico para a siderúrgica, que tem na primeira um de seus principais demandantes, vindo a ser denominado *bake hardening*. Em meio a isso, a indústria siderúrgica brasileira tentou, sem sucesso, comprar tal tecnologia dos japoneses, que, por sua vez, a consideravam estratégica para seus objetivos comerciais e, por isso, se recusaram a fazê-lo (Paula e Silva, 2007).

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 e pesquisador diretamente envolvido nesse episódio, retrata como se encontrava a universidade diante da 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”.

Ou seja, mesmo se tratando de uma inovação tecnológica de fronteira para o setor siderúrgico, o Departamento de Metalurgia da UFMG, instituição localmente identificada e enraizada, sobretudo o referido departamento, detinha conhecimento sobre os processos científicos por trás de tal melhoria tecnológica. Ademais, por deter tal conhecimento, a universidade contava com uma linha de pesquisa voltada a esse campo tecnológico o que se colocou como determinante-chave para a atuação da universidade nesse processo, em razão do conhecimento científico acumulado pelos professores e pelos pesquisadores vinculados a essa instituição. A existência prévia de uma cultura de interação entre o setor produtivo e a universidade, e que já poderia ser interpretada como um legado histórico, propiciou condições para que se estabelecesse essa parceria para a execução de tal projeto.

A forma utilizada para a investigação de tal questão foi por meio da elaboração de uma pesquisa de mestrado a qual envolveu um aluno vinculado profissionalmente à empresa interessada, a Usiminas. 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. Desse ponto de vista, chegou-se a um resultado muito interessante para o setor automobilístico. O produto final desenvolvido apresentava propriedades ainda melhores que o concorrente internacional (Paula e Silva, 2007). Ou seja, além das propriedades dos aços *bake hardening* até então produzidos, o produto desenvolvido pela cooperação presente em Minas Gerais incorporava aspectos positivos presentes em outros tipos de aço.

O produto brasileiro passou a ser comercializado pela Usiminas, tendo sua primeira produção ocorrido em 1987 para avaliação do produto junto a uma fabricante do setor automobilístico no Brasil.¹⁰ Inicialmente denominado *Usitar*, o produto atualmente é comercializado sob a denominação de USI-BH em três modalidades (BH 180, BH 220, BH 260). Esse é um

produto que vem sendo recorrentemente incrementado, tendo sido objeto de outros trabalhos acadêmicos que envolveram funcionários da Usiminas em qualificação nos cursos de mestrado e doutorado na universidade, como também de pesquisas internas realizadas dentro do centro de pesquisas da própria empresa.

As vendas direcionadas ao setor automobilístico respondem por algo entre 75% e 80% do total de vendas deste tipo de aço no mercado nacional pela Usiminas. Isso assegura uma condição estratégica para a siderúrgica mineira, que é a líder nacional no fornecimento de aços para esse setor, visto que tem participação de 50% nesse mercado específico (Usiminas, 2008).¹¹ Ou seja, trata-se de um produto siderúrgico que tem demanda assegurada no setor automobilístico, considerando os benefícios que esse aufere pelo seu uso, o que garante a manutenção da posição de mercado ocupada pela Usiminas.

Dessa história, 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 pro-

.....
¹⁰ Informação fornecida pela Usiminas.

¹¹ Usiminas. Relatório da Administração 2008. Disponível em: <http://www.usiminas.com.br/irj/go/km/docs/prtl_hs/Usiminas/pt/RelatorioDaAdministracao/Usiminas_Relatório%20da%20Administração%202008.pdf>. Acesso em: (exemplo: 20 jan. 2013)

duto, culminando com a inserção no mercado de um produto mais competitivo que os concorrentes. Do ponto de vista da teoria moderna acerca dos sistemas regionais de inovação, temos que a competitividade de uma empresa regionalmente identificada foi assegurada perante o mercado internacional. Sendo isso resultante do alto grau de imersão regional dos agentes envolvidos no processo, que fomentou o fluxo de informações entre a empresa e a universidade e culminou com a inovação tecnológica, que assegurou a posição de mercado da região num setor importante para a economia local.

5 Considerações finais

Pela análise apresentada acima, é possível observar que a siderurgia mineira mostra forte relação de cooperação para com o sistema universitário local, em especial com o CPGEM-UFMG. Tal condição faz com que seja possível verificar Minas Gerais como o líder não apenas em termos de produção, como também em termos de absorção de trabalho altamente qualificado e no depósito de patentes no setor.

Acredita-se que esse bom desempenho tecnológico da siderurgia mineira seja fruto, entre outros fatores, da existência de um ambiente institucional formado ao longo do processo de solidificação da eco-

nomia do Estado. Tal ambiente seria o principal responsável pela boa articulação existente entre as instituições que compõem o sistema regional de inovação de Minas Gerais e as empresas do setor siderúrgico no Estado. Neste caso, tem destaque especial a atuação da universidade junto à indústria como fonte de infraestrutura humana e de base científica para o setor produtivo.

A análise mais profunda das formas de interação entre a universidade e as siderúrgicas mineiras permitiu visualizar a existência de um constante fluxo informacional entre as partes, sendo tal fator potencializado pela imersão regional desses agentes. Ressalta-se que essa relação de interação universidade-indústria é oriunda de um processo histórico, construído a partir dos primeiros esforços de atuação da Escola de Minas de Ouro Preto, ainda no início do século XX. Tudo isso fomentou o desenvolvimento tecnológico que assegura a competitividade da siderurgia local.

O desenvolvimento do aço *bake hardening*, por meio da parceria entre a universidade e o setor produtivo, exemplifica a forma como esse fluxo de informações possibilita ao setor produtivo absorver o conhecimento científi-

co regionalmente produzido, e alinhado aos avanços internacionais, e aplicá-lo à sua atividade tecnológica. Esse é apenas um exemplo das várias inovações, de produto e processo, que foram possibilitadas mediante a interação que se construiu ao longo do tempo entre a universidade e as empresas.

Os resultados observados demonstram, portanto, que a estrutura de ensino e pesquisa cristalizada na universidade atua contemplando a proposta conceitual dos sistemas de inovação regionalmente identificados. Observa-se que o sistema universitário constitui, no caso da siderurgia de Minas Gerais, uma base em termos científicos e de capacitação de pessoal, capaz de fomentar os desenvolvimentos tecnológicos do setor produtivo local, tornando-o competitivo em meio ao paradigma do mercado global. Logo, a universidade faz o papel de ponte interligando o conhecimento científico, produzido e discutido internacionalmente na esfera acadêmico-universitária, ao setor produtivo. Os pilares dessa ponte são construídos por meio dos cursos de pós-graduação (mestrado e doutorado) e pelos serviços prestados pela universidade às empresas (cursos de capacitação e treinamento, desenvolvimento de projetos de pesquisa e consultorias, entre outros).

Enfim, a trajetória histórica desse sistema regional de inovação específico ser-

ve como exemplo para as tentativas de se implantar e desenvolver novos SRIs em território nacional e de consolidação do sistema nacional de inovação brasileiro. Nesse sentido, fica claro que os fatores que promovem a interação entre a indústria e a universidade, mesmo em meio a uma economia periférica, são fundamentais para a busca de estratégias para o desenvolvimento industrial e tecnológico.

Referências bibliográficas

- 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: Editora UFMG, 2002. 219 p.
- COOKE, P. Introduction: Origins of the concept. In BRACZYK, H.; COOKE, P.; HIDERNREICH, M. (Eds.). *Regional Innovation Systems*. London: UCL Press, 1998. p. 2-25.
- COOKE, P. Regional Innovation Systems, Clusters, and the knowledge economy. *Industrial and Corporate Change*, v. 10, n. 4, p. 945-974, Dec. 2001.
- DINIZ, C. C. O papel das inovações e das instituições no desenvolvimento local. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 29. 2001, Salvador. *Anais em CD*. Salvador: ANPEC, 2001.
- FLORIDA, Richard. Toward the learning region. *Futures*, London, v. 27, n. 5, p. 527-536, June 1995.
- FREEMAN, Chris. Technological ingrastructure and international competitiveness. *Industrial And Corporate Change*, Oxford, v. 3, n. 13, p. 541-569, June 2004.
- GRANOVETER, Mark. Economic action and social structure: The problem of embeddedness. *Ajs*, Chicago, v. 91, n. 3, p. 481-510, Nov. 1985.
- GRILICHES, Z. Patent statistics as economic indicators: A survey part I. NBER. Working Paper nº 3301. 1990. 62 p. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w3301.pdf>>. Acesso em: 15 de abr. 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA – IBS, Anuário Estatístico. Rio de Janeiro: IBS: 2001-2008.
- JAFFE, A. Real effects of academic research. *The American Economic Review*, v. 79, n. 5, p. 957-970, Dec. 1989.
- LUNDEVALL, B. A. Introduction. In LUNDEVALL, B. A. (Ed.). *National Systems of Innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*. London: Pinter, 1995. p. 1-19.
- MARSHALL, A. Princípios de economia. São Paulo: Abril Cultural, 1983. 368 p.
- MAZZOLENI, R.; NELSON, R. The roles of research at universities and public labs in economic catch up. *Laboratory of Economics and Management (LEM)*. 2005. 38p. Disponível em: <<http://www.lem.sssup.it/WPLem/files/2006-01.pdf>>. Acesso em 10 de mar. de 2009:
- MYTELKA, Lynn; FARINELLI, Fulvia. From local clusters to innovation systems. In: CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M.; MACIEL, M. L. (Eds.). *Systems of Innovation and Development: Evidence from Brazil*. Cheltenham, UK; Northhampton, MA, USA: E. Elgar, 2003. 643 p. (New horizons in the economics of innovation).
- NARIN, F.; HAMILTON, K. S.; OLIVASTRO, D. The increasing linkage between US technology and public science. *Research Policy*, v. 26, n. 3, p. 317-330, Oct. 1997.
- NELSON, R. R.; ROSENBERG, N. Technical innovation and national systems. In: NELSON, R. (Ed.). *National Innovation Systems*. New York: Oxford: Oxford University Press, 1993. p. 3-21.
- OINAS, P.; MALECKI, E. Spatial innovation systems. In MALECKI, E.; OINAS, P. *Making Connections: Technological learning and regional economic change*. Aldershot (UK): Ashgate, 1999.
- PAULA e SILVA, Evandro 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. 2007.
- RAPINI, M. Interação universidade-empresa no Brasil: Evidências do diretório dos grupos de pesquisa do CNPq. *Estudos Econômicos*, São Paulo, v. 37, n. 1, p. 211-233, jan. 2007.
- ROSENBERG, N.; NELSON, R. American universities and technical advance in industry. *Research Policy*, v. 23, p. 323-348, May 1994.

SUZIGAN, W.; ALBUQUERQUE, E. The underestimate role of the universities for the Brazilian system of innovation. Revista de Economia Política, v. 31, n. 1, p. 3-30, jan. 2011.

USINAS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS, 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. BR. n. PI0302782-1, 15 jul. 2003. (Patente).

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

USINAS SIDERÚRGICAS DE MINAS GERAIS. Relatório da Administração 2008. Belo Horizonte, 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: 19 de fev. 2009.

E-mail de contato dos autores:

ulisses@cedeplar.ufmg.br
camp@cedeplar.ufmg.br

**Artigo recebido em novembro de 2012 e
aprovado em agosto de 2013.**

