

AS ORIGENS DA TECNOLOGIA DE LINGOTAMENTO CONTÍNUO – DA INVENÇÃO À INOVAÇÃO¹

Frederico Camargo²
José Artur dos Santos Ferreira³

Resumo

Este trabalho discute a adoção e a difusão da tecnologia de lingotamento contínuo (LC) – uma inovação radical na indústria siderúrgica. Discutimos as etapas daquele processo de inovação, desde a invenção, à introdução e difusão do LC. Enfatizamos os processos de aprendizagem tecnológica dos produtores de aço e suas implicações para a difusão de uma nova tecnologia. Assim, a revisão da literatura sobre economia da tecnologia e inovação tecnológica na siderurgia tem o objetivo de elencar conceitos que contribuam para explicar o desenvolvimento, e posterior sucesso, da tecnologia de lingotamento contínuo no mundo. O estudo dá atenção especial à identificação das dificuldades e acertos da gestão da inovação incremental na tecnologia de lingotamento contínuo. Neste sentido, acreditamos que ele contribuirá para subsidiar decisões de investimento e outras decisões estratégicas no setor siderúrgico, em particular, no que toca à introdução de futuras inovações como, por exemplo, a nova técnica de lingotamento contínuo em seções finas.

Palavras-chave: Lingotamento contínuo; Invenção; Inovação.

THE EMERGENCE OF CONTINUOUS CASTING TECHNOLOGY: FROM SCIENTIFIC INVENTION TO INNOVATION

Abstract

This paper discusses the adoption and the diffusion of the continuous casting technology (CC) – a major innovation in the iron and steel industry. We analyse the paths of innovation, from invention to introduction and diffusion of the CC technology. We also emphasize the learning process of the steel producers and their implication for the future diffusion of a new technology. A brief review of the economics of innovation literature is associated with an outlook of the technology innovations in steel production. This approach intends to explain the development and the diffusion of the continuous casting. The study gives a particular value to the failures and the success of the minor innovations in the continuous casting technology. In this sense, we discuss if the lessons from the CC experience will be useful to the management of future innovation as, for example, the new strip casting technologies. The study will also give information to the headquarters of the iron and steel industry about the investment decisions.

Key words: Continuous casting; Invention; Innovation.

¹ *Contribuição técnica ao XXXIX Seminário de Aciaria – Internacional, 12 a 16 de maio de 2008, Curitiba, PR, Brasil*

² *Graduando em Engenharia de Produção da UFOP. E-mail:fredcama@click21.com.br.*

³ *Mestre em Economia IE/UFRJ, Professor-Assistente do DEPRO/ Escola de Minas / UFOP. Campus Universitário, Morro do Cruzeiro, 35400-000-Ouro Preto-MG, Tel: 0XX(31)3559-1540. Doutorando Université Paris 13, Villetaneuse, França. E-mail:jarturferreira@uol.com.br.*

1 INTRODUÇÃO

Os estudos de história e economia da tecnologia relatam inúmeros exemplos de descobertas científicas cuja aplicação comercial é muito posterior ao invento propriamente dito.⁽¹⁻³⁾ Neste sentido, é curioso observar que se a tecnologia de lingotamento contínuo de aço foi antecipada quase um século antes de sua introdução, a partir de suas primeiras aplicações em escala industrial, seu progresso, numa indústria madura, foi relativamente rápido, permitindo sua difusão. Ora, por que um intervalo de tempo tão grande entre invenção e inovação? Ao mesmo tempo, quais foram as principais inovações incrementais que permitiram à nova tecnologia vingar de fato? Ainda, qual a importância do contexto no qual essas inovações surgiram?

Aquelas perguntas convergem para os objetivos de nosso trabalho: investigar as razões que teriam permitido a emergência e o sucesso do lingotamento contínuo na siderurgia nos últimos cinquenta anos. Formulamos a hipótese segundo a qual tanto a institucionalização das atividades inovadoras, quanto a expansão, seguida da crise e da reestruturação daquela indústria teriam concorrido para a difusão do LC como tecnologia dominante de lingotamento.

1.1 Invenção e Inovação

A imagem quimérica do gênio isolado (pesquisador-cientista ou inventor-autodidata) que realiza descobertas inovadoras, que se impõe (e se difundem) por obra de seu próprio brilhantismo, ignora a complexidade das relações entre ciência e inovação. Como bem demonstrou Schumpeter,⁽³⁾ é o empresário motivado pela busca de lucros extraordinários que, graças à sua capacidade de liderança, realiza aquela mediação. Não lhe cabe criar ou descobrir as chamadas “novas combinações produtivas”, mas, antes, mobilizar os recursos (crédito) e os meios necessários para concretizá-las. A figura empresarial define-se, então, pela sua função ou papel social estratégico, e não se confunde com a do proprietário do capital ou com a do administrador profissional quando estes concentram-se apenas na gestão rotineira dos negócios.

Na história econômica contemporânea, muitos inventores foram também empresários inovadores. Para não citar senão um exemplo, temos o caso de Henry Bessemer (1813-1898), cujo nome está associado ao convertedor que modificou radicalmente a produção de aço na segunda metade do século XIX. A substituição da “técnica do cadinho”, precedida pela modernização dos altos-fornos a coque que substituirão progressivamente os altos-fornos a carvão vegetal, e seguida pela modernização dos trens de laminação, permitiu uma ampliação sem precedentes das escalas de produção, confunde-se com a origem da ‘fileira clássica’ (grande siderurgia integrada a coque) ainda dominante no setor, e criou algumas das condições necessárias à criação dos grandes grupos siderúrgicos no início do século XX.⁽⁴⁾

No entanto, a inovação não repousa necessariamente sobre a novidade técnica da invenção, mas sobretudo sobre as condições históricas que permitem sua aplicação econômica.⁽³⁾ Neste sentido, discutindo a natureza da atividade inovadora na passagem do capitalismo concorrencial para os mercados oligopólicos, caracterizados pela presença de grandes grupos econômicos e de estruturas especializadas de gestão, o mesmo autor descreve a ‘rotinização’ da geração de inovações através da criação de estruturas empresariais de pesquisa e

desenvolvimento -P&D.⁽⁵⁾ A institucionalização da inovação dentro das grandes empresas, que criam estruturas e rotinas, e financiam a inovação com recursos próprios (oriundos dos lucros extraordinários obtidos com a criação de novos produtos, novos processos e novas formas organizacionais) faz das mesmas o móvel da dinâmica tecnológica – a função empresarial ou inovadora.⁽⁶⁾ Logo, a concorrência entre empresas inovadoras, sobretudo em mercados concentrados, considerando o caráter sempre transitório dos lucros extraordinários que auferem, permite a mudança incessante da estrutura produtiva – cunhada na conhecida expressão de ‘destruição criadora’.

1.2 Institucionalização da Inovação

Embora o debate sobre a primazia da pequena ou da grande empresa no processo de inovação seja, até o momento, inconclusivo, a institucionalização da inovação pela grande empresa diversificada a partir do início do século XX é um elemento incontornável. É certo, o processo de concentração do capital e de diversificação produtiva na siderurgia durante a primeira metade do século passado não foi objeto privilegiado pelos trabalhos clássicos sobre a origem da empresa moderna.⁽⁷⁾ Mas, o modo como as grandes empresas siderúrgicas passaram a organizar seus sistemas de relações industriais e seus processos de aprendizagem, como no caso da siderurgia americana e notadamente com a origem da US Steel, não deve ser subestimado. Inaugurou-se uma nova forma de gerir os complexos siderúrgicos integrados que nasciam e de organizar a criação e a reprodução do conhecimento técnico sobre processos e produtos. Dadas as características de um setor intensivo em escala e até certo ponto dependente da indústria de bens de capital,⁽⁸⁾ as atividades de P&D serviam (e servem) a um duplo propósito. Por um lado, devem integrar-se com a gestão da produção, com o controle metalúrgico de produto e processo e com a transferência de tecnologia com o propósito de pavimentar os processos de aprendizado e de inovação incremental das empresas. Por outro lado, as mesmas atividades de P&D no sentido amplo (desenvolvimento de produtos e processos, e criação de competências em serviços de engenharia e projeto), podem ensejar possibilidades de diversificação a partir da produção de bens de capital para a siderurgia, como foi o caso das siderurgias alemã (e austríaca) e japonesa.^(4,9)

1.3 Inovação e Aprendizado em Indústrias Intensivas em Escala – O Caso da Siderurgia

A dinâmica de inovação na siderurgia compartilha dois elementos centrais da aprendizagem nas indústrias intensivas em escala, a saber, importância do aprendizado do usuário (aprendizado pelo uso – learning-by-using) e a inovação (sobretudo inovação incremental) centrada no equacionamento de gargalos técnicos do processo produtivo.⁽¹⁰⁾

O primeiro elemento refere-se a papel central dos processos de aprendizado. Acredita-se que as empresas definem-se (e se distinguem) pelo que sabem fazer e pelo que podem fazer com o que sabem (recursos produtivos de que dispõem) diante de possibilidades de crescimento e diversificação.^(11,12) Ademais, como o conhecimento tecnológico é, com frequência, complexo, concreto, tácito e específico à firma, cabe investigar como as empresas o adquirem e o conservam, isto é, como aprendem. Neste sentido, o aprendizado pelo uso, uma das formas de aprendizado, depende da elevada taxa de utilização de equipamentos que produzem grandes

volumes e que implicam em vultosas imobilizações de capital. Ao colocar em operação estes equipamentos, as empresas usuárias enfretam problemas de qualidade de projeto e qualidade de conformação, que decorrem de incerteza (impossibilidade de se prever as circunstâncias exatas de sua utilização) e da existência de comportamentos oportunistas devido à assimetria de informação (no caso, porque não dizer formação) entre as partes compradora (p.e., empresa siderúrgica) e vendedora (p.e., produtor de equipamentos para o setor). Parte do aprendizado do usuário é incorporada ao projeto do equipamento, sendo transferida ao produtor, e parte permanece não incorporada, isto é, perpetua-se graças às rotinas organizacionais e à memória técnica do usuário.^(10,13)

O segundo elemento refere-se ao fato da inovação incremental e radical em certas atividades econômicas ser orientada pelo equacionamento de gargalos técnicos. Por um lado, dada a configuração técnica de uma planta, a gestão ordinária da produção depende do modo como uma etapa do processo ‘empurra’ outra e também do modo como a última gere a situação de estrangulamento. Por outro lado, técnicas fortemente inovadoras, muitas vezes, só passam da escala de laboratório à escala industrial quando determinada etapa do processo produtivo torna-se um gargalo dificilmente contornável pela lógica das melhorias incrementais, ainda que dependam, posteriormente, de todo um esforço de inovação incremental. Embora as inovações técnicas radicais não possam ser diretamente derivadas do aprendizado institucionalizado e inscrito nas rotinas organizacionais das firmas (contradição entre inércia da atividade rotineira e ruptura / descontinuidade tecnológica), a trajetória de evolução de uma inovação radical depende do percurso (e da natureza) das melhorias incrementais que sofre.

Tanto o primeiro como o segundo elemento podem ser ilustrados por inúmeros exemplos na siderurgia e, veremos, encontram eco na história de difusão do lingotamento contínuo. Adicionalmente, o leitor interessado pela aprendizagem pelo uso no caso da siderurgia brasileira poderá recorrer, entre outros exemplos, ao caso do uso (e modernização) do laminador Steckel pela Acesita.^(14,15)

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho apoiou-se essencialmente sobre a revisão bibliográfica. Diversos estudos sobre economia da tecnologia, em particular de pesquisadores brasileiros, têm se debruçado sobre o caso da indústria siderúrgica.^(4,15-19) No sentido de somar esforços na mesma direção, discutiu-se a literatura sobre os aspectos econômicos e históricos que enquadram a origem, a introdução e a difusão da tecnologia de lingotamento contínuo. Como a formação metalúrgica escapa aos autores, beneficiamo-nos de comentários de colegas metalurgistas e procuramos, nos limites de nossa formação, apresentar os principais aspectos técnico-econômicos do lingotamento contínuo.

3 RESULTADOS

A introdução e difusão inicial do lingotamento contínuo ocorreu no período de forte expansão da produção mundial de aço nos chamados anos de ouro do crescimento econômico do pós-guerra (1945-1970). Embora uma indústria madura, os fortes encadeamentos da siderurgia com setores como o de construção civil, o de bens duráveis de consumo (notadamente o automóvel) e o de bens de capital (máquinas e equipamentos) levam a produção a triplicar no período, contrastando com o entre-

guerras, quando a produção de aço no mundo dobra, e com o interregno 1970-1990, marcado pela reestruturação da indústria e pelo ritmo de crescimento bem mais lento, como ilustra a Figura 1.⁽⁴⁾

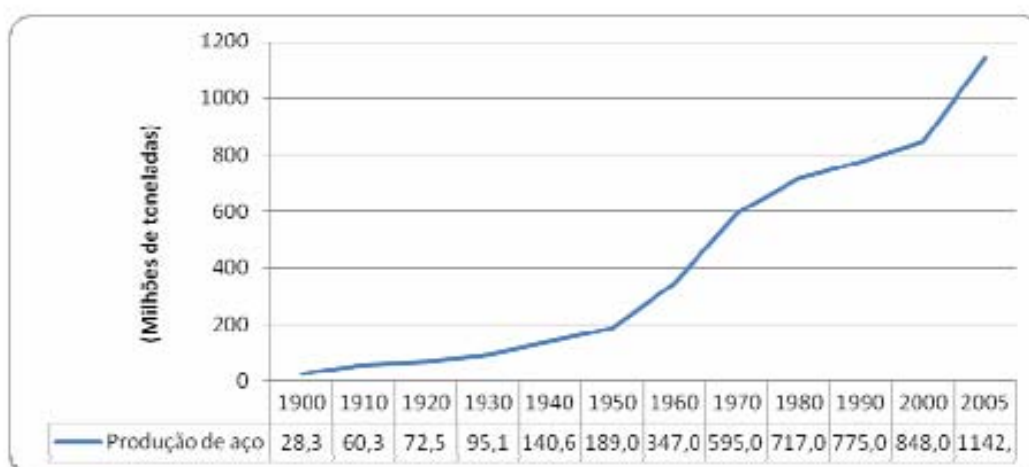


Figura 1. Produção mundial de aço– 1900-2005.⁽²⁰⁾

Fato sobejamente conhecido, o princípio do lingotamento contínuo de metais remonta aos anos quarenta do século XIX, quando foi idealizado para o uso no lingotamento contínuo do chumbo por G.E. Sellers (1840) e J. Laing (1843). Posteriormente, Henry Bessemer (1846) patentearia uma máquina para lingotamento contínuo de chapas de aço, mas, pelo que consta, teria dedicado-se à seu projeto de convertedor em detrimento desta linha de investigação. Anos mais tarde, B. Athea (1886) teria concebido a máquina vertical; M. Daelen (1887) teria sido responsável pelo primeiro projeto semelhante ao das máquinas atuais e A. H. Pehrson (1912) teria envidado esforços para desenvolver a oscilação do molde.⁽²⁰⁻²²⁾

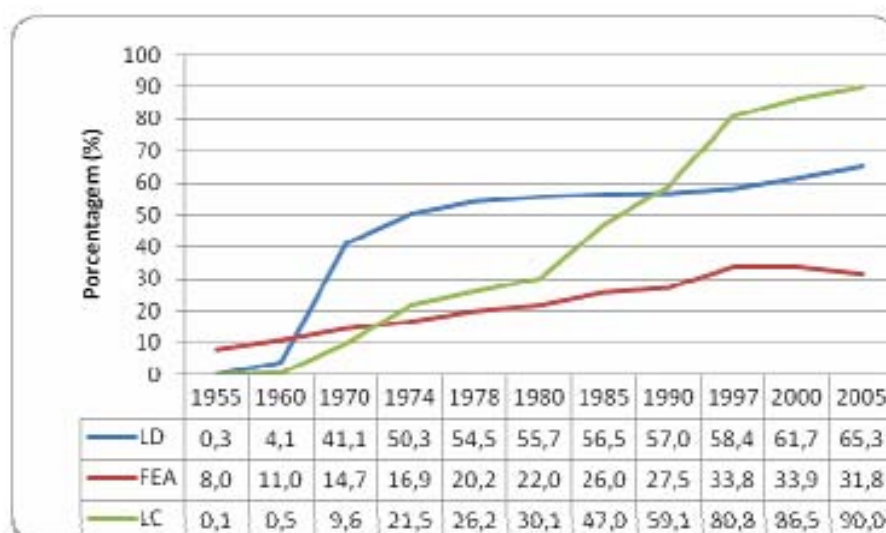


Figura 2. Participação do processo à oxigênio (LD), da aciaria elétrica (FEA) e do lingotamento contínuo (LC) na produção mundial de aço – 1955-2005.⁽²⁰⁾

No entanto, as possibilidade de uso industrial do LC surgiriam apenas a partir da década de cinquenta, graças ao sucesso de plantas-piloto (1943-1947), que

introduziram soluções mais eficazes para a oscilação do molde da máquina de lingotamento, técnica patenteada por S. Junghans (1933), que contornou o problema da adesão do aço líquido à parede do molde. O interesse econômico pela nova tecnologia, quando a rápida expansão do uso do convertedor LD transformou o lingotamento num ponto de estrangulamento cada vez mais forte do processo produtivo de uma planta integrada a coque (Figura 2), ensejou a criação de novas empresas e o interesse dos produtores de bens de capital já estabelecidos no mercado. No primeiro grupo, destaca-se o caso da Concast (Suíça) criada em 1954 pelo engenheiro e banqueiro americana I. Rossi, que tornou-se líder nesse segmento de mercado. No segundo grupo, registre-se o caso da Mannesmann-Demag, que associou-se a S. Junghans e, em seguida, a empresas austríacas (Boehler & Co A.G.), passando a disputar com a Concast a liderança no segmento.

(22,23)

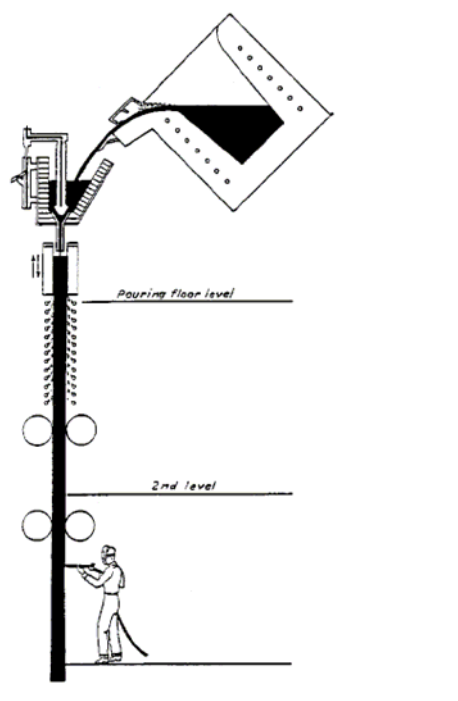


Figura 3. Primeira Máquina de Lingotamento Contínuo em ALLEGHENY LUDLUM Watervliet.⁽²¹⁾

No intervalo 1946-1969, além de inúmeras pequenas inovações, duas modificações introduzidas no LC teriam sido determinantes para sua posterior difusão, a saber, o chamado molde curvo ou máquina de lingotamento em “s” (1956, E. Schneckenburger e C. Kung) e a oscilação do molde com estripamento negativo (1959, Ian Halliday e Concast). A primeira inovação permitiu a construção de máquinas de LC compatíveis com os custos de engenharia e obras civis, reduzindo o investimento em instalações já que a altura das máquinas verticais podia superar 20 metros (a Figura 3 ilustra a que teria sido a primeira máquina vertical em operação industrial) e adequando o equipamento tanto à modernização de usinas em operação, quanto à projetos *green field*. A segunda inovação permitiu o lingotamento em velocidades compatíveis com a escala de produção das etapas à jusante (aciaria) e à montante (laminações) no processo produtivo. O arranjo institucional que permitiu a emergência dessas inovações, frutos de um esforço coletivo e cumulativo, fundou-se nos produtores de equipamentos já mencionados, no aprendizado dos usuários (entre outros, Allegheny Ludlum Steel-EUA, Krashy Oktubri-Rússia, Barrow Steel-Reino Unido, Terni-Itália), na forte imbricação entre produtores e usuários (associações como Mannesmann-Demag-Boehler) e na

participação de entidades setoriais como a British Iron & Steel Research Association.^(4,20,21)

O período 1970-1989 caracterizou-se por melhorias que permitiram ampliação da escala de produção, incremento do rendimento físico que atingiria níveis superiores a 98%, e a ampliação da gama de aços que poderiam ser lingotados. Apesar do contexto de reestruturação da siderurgia nos países centrais e de crescimento mais lento da produção mundial (Figura 1), o lingotamento contínuo de tecnologia marginal, torna-se rapidamente o padrão (Figura 2) e se impõe mesmo nas plantas maduras, ainda que nestes casos, eventualmente, seu ritmo de difusão tenha sido um pouco mais lento como no caso da siderurgia americana.

No que toca ao processo de inovação, acentuam-se as modalidades do período anterior com destaque para a maior presença de produtores japoneses de bens de capital, fruto da diversificação produtiva de grupos siderúrgicos daquele país a partir do pós-guerra - a exemplo do que aconteceu antes na indústria alemã. Ao final do período pode-se dizer que a aprendizagem pelo uso transita para a aprendizagem por interação, quando se aprofundam as relações entre usuários (siderúrgicas) e usuários e produtores de bens de capital através de alianças estratégicas de cooperação em P&D, que tem dado suporte ao desenvolvimento desde 1989 às diversas modalidades do lingotamento em seções finas (CSP, ISP) na Europa, América do Norte e Ásia.

4 DISCUSSÃO

A evolução das normas de produção na chamada grande siderurgia ao longo dos séculos XIX e XX seguiu uma trajetória de deslocamento de gargalos técnicos nas principais etapas do processo, a saber, produção de ferro primário, produção de aço e conformação mecânica. Sucessivamente, tivemos a construção de altos-fornos a coque com escala elevada e crescente desde a primeira metade do século XIX; a difusão do convertedor Bessemer na aciaria (1856) - posteriormente substituído pelo convertedor Bessemer-Thomas (1876); a difusão dos fornos Siemens-Martin a partir do último quartel do século XIX; a introdução dos trens contínuos de laminação no entre-guerras; e a difusão do convertedor a oxigênio e do lingotamento contínuo no pós-guerra para não citar senão os principais processos que seguiram uma trajetória tecnológica claramente orientada pela necessidade de crescentes economias de escala e pelos desequilíbrios técnicos (de escala e rendimento) entre as etapas do processo siderúrgico.⁽⁴⁾ Aquela trajetória sofreu certa inflexão, na segunda metade do século XX, a partir dos progressos na aciaria elétrica e da maior flexibilidade da tecnologia de lingotamento contínuo, que relativizaram a importância das economias de escala (nas etapas de redução e lingotamento convencional) enquanto o 'norte' do progresso técnico no setor, ainda que as chamadas mini-usinas não tenham se transformado no novo padrão do setor. De fato, as grandes plantas integradas a coque permanecem a configuração técnica dominante e as economias de escala permanecem ainda uma restrição importante mesmo nas mini-usinas, normalmente, centradas em determinada linha de produtos cuja escala mínima de operação é dada pela laminação a quente.

Embora a busca de economias de escala tenha orientado as pesquisas em torno do lingotamento contínuo entre 1846 e 1943, foi o desenvolvimento da oscilação do molde, marcando a passagem da invenção à inovação propriamente dita, que aprofundou aquela tendência. Beneficiando-se do processo de convergência entre ciência-tecnologia e produção industrial, aquela solução técnica fez-se acompanhar

de um intenso processo de melhoria incremental (1943-1969), cujos principais progressos foram o projeto da máquina com molde curvo e o aumento da velocidade de lingotamento (escalas de produção).

No contexto do crescimento econômico do pós-guerra, a forte expansão da siderurgia, a trajetória evolutiva do setor e a forma como se institucionalizou o processo de aprendizado (relação produtor-usuário) foram determinantes para a intensa difusão do lingotamento contínuo a partir dos anos setenta. Entre os produtores (inovadores) destacaram-se tanto outsiders – novos entrantes na indústria de bens de capital (Concast), quanto produtores estabelecidos (mannesmann-demag). O período posterior (1971-1969), quando o LC torna-se o padrão tecnológico, marcou o aprofundamento do modo de institucionalização da inovação com a participação progressiva de outras firmas como produtoras de equipamentos (sobretudo japonesas) e a busca de ganhos de custo e qualidade, e a busca da ampliação gama de aços lingotados. Já no período mais recente, ensaiou-se outra ruptura : o lingotamento em seções finas. Neste caso, é interessante observar que os projetos de cooperação em P&D entre produtores de aço, nitidamente um aprofundamento das formas anteriores de aprendizagem, eventualmente, podem contribuir para reduzir a incerteza tecnológica.

A difusão, inicialmente lenta do LC, sofreu forte impulso a partir dos anos 70, cabendo observar que a difusão bem mais rápida do convertedor a oxigênio (acompanhada da modernização e participação crescente do FEA na produção de aço) acentuou os desequilíbrios técnicos entre os processos de refino e de lingotamento, seguindo a trajetória da mudança técnica no setor. Como indicado pela figura 2, embora o convertedor BOF tenha entrado em escala industrial por obra da Voest-Alpine em Linz e Donawitz entre 1949 e 1952, em pouco mais de duas décadas já respondia por mais da metade da produção mundial de aço. No mesmo período, o lingotamento contínuo, como vimos, passou por modificações que foram decisivas para sua ampla difusão, mas apenas durante a década de oitenta a proporção de aço produzida pelo lingotamento contínuo superaria aquela produzida de forma convencional.

5 CONCLUSÃO

Em primeiro lugar, o trabalho elegeu como objetivo principal explicar as razões que, no caso da tecnologia de lingotamento contínuo (LC), teriam permitido a passagem da ciência à inovação, e a posterior difusão deste novo padrão tecnológico. Do que foi discutido, acredita-se que esse processo pode ser dividido em dois momentos.

O primeiro momento corresponde a passagem do invento à sua aplicação com certo êxito à escala industrial. Por um lado, dadas as características da inovação na siderurgia, as condições excepcionais do pós-guerra (crescimento econômico sem precedentes nos países centrais e industrialização dos países periféricos) contribuíram para reduzir os custos derivados da incerteza de uma inovação radical como o LC e para, graças ao volume considerável de investimentos (novas plantas), oferecer amplo campo de experimentação – introdução de inovações incrementais decisivas para a eficácia e eficiência da nova tecnologia. Por outro lado, a introdução do LC sofreu forte impulso da difusão concomitante, mas um pouco anterior e mais rápida do convertedor à oxigênio (LD), que deslocou o gargalo técnico para o setor de lingotamento. Adicionalmente, pode-se dizer que a difusão do LC também se beneficiou do processo de diversificação produtiva das siderurgias alemã e japonesa, bem anterior à segunda guerra no caso da primeira e imediatamente

posterior no caso da segunda. Os produtores alemães de bens de capital ocuparam um nítido papel de liderança na introdução e melhoria das primeiras máquinas de LC, enquanto os japoneses associaram-se, sobretudo, à sua difusão.

O segundo momento corresponde à difusão propriamente dita daquela tecnologia. As inovações incrementais gestadas no período anterior (1940-1970) equacionaram limitações de rendimento (produtividade física) e escala, permitindo a aplicação do LC tanto na modernização das grandes plantas integradas a coque (aciaria a oxigênio), quanto no boom das mini-usinas (aciaria elétrica), graças à sua maior flexibilidade em relação ao lingotamento convencional (redução do investimento em instalações e adequação a menores escalas de produção). Num contexto de crise econômica mundial que vitimou fortemente a siderurgia, notadamente norte-americana e européia, a difusão do LC permitiu redução de custos (operacionais e de investimento), aumento de eficiência (inclusive energética) e redução da importância relativa das economias de escala.

Em segundo lugar, permitimo-nos sugerir quatro recomendações de política que, no nosso entendimento, poderiam contribuir para aumentar o grau de sucesso da inovação na siderurgia. A primeira consistiria em reforçar a cooperação em P&D entre empresas, a partir de exemplos recentes, em inovação de produto e processo. A segunda implicaria em construir consensos sobre o desenho institucional dos contratos de compra de tecnologia, que contribuam para o desenvolvimento de capacidade de seleção e absorção do usuário. A terceira estaria calcada na valorização dos processos de venda de tecnologia, que tem efeitos seja sobre a ampliação das capacidade de seleção do vendedor (contato com situações novas, capacitação para a compra de novos equipamentos), seja sobre a difusão e socialização de conhecimentos entre as diversas funções de cada empresa (fluxos de informações e relações informais, criação de comunidades de prática). A quarta não é certamente novidade: aprofundar a relação entre universidade-instituições de pesquisa-fomento à pesquisa e empresas. Mas, envolveria o desenho de modalidades de contratação pré-formatadas (prazos, partilha de resultados – direitos de propriedade, formas de remuneração) que simplificassem os processos decisórios e fortalecessem os aspectos substantivos daquelas formas de cooperação.

Em terceiro lugar, no que diz respeito à estudos posteriores, duas linhas de investigação parecem interessantes. A primeira seria a realização de estudos comparativos sobre a aprendizagem de algumas empresas com o uso do lingotamento contínuo e suas implicações para a mudança de projeto do equipamento. A outra envolveria uma investigação mais aprofundada sobre a escolha do padrão tecnológico hoje dominante (máquina curva), através da comparação entre os modelos de máquina de LC existentes no início do seu processo de difusão e da discussão das razões que determinaram as escolhas técnicas. A pergunta : o padrão – curvo – foi escolhida porque era o melhor ou tornou-se o melhor porque foi escolhido? Grosso modo, tratar-se-ia de discutir a pertinência da hipótese, frequentemente apresentada em economia da tecnologia, da indústria siderúrgica ter ficado ‘trancada’ (locked-in) numa tecnologia inferior por razões históricas e contingentes.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal de Ouro Preto e ao CNPq, que financiou, através do programa de bolsas de doutorado no exterior, este estudo. Somos

igualmente gratos aos colegas da Escola de Minas, cujas sugestões contribuíram para a apresentação didática dos aspectos metalúrgicos da tecnologia de LC. Como de praxe, somos inteiramente responsáveis pelas eventuais limitações do trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 DOSI, G. (2006). **Mudança técnica e transformação industrial**. Campinas: Editora Unicamp.2006 (primeira edição em inglês :1982)
- 2 ROSENBERG, N. (1976). **Perspectives on Technology**. Cambridge: C.U.P. 1976.
- 3 SCHUMPETER, J.A. (1985). **A teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Nova Cultural. 1985 (primeira edição em alemão : 1911, e em inglês :1934).
- 4 FERREIRA, C.G. (1987). **Procès de travail et rapport salarial dans l'industrie sidérurgique – étude de la formation des normes mondiales et du cas brésilien**. Nanterre : Université Paris X (tese de doutorado). 1987.
- 5 SCHUMPETER, J.A.(1984).“Processo de destruição criativa”.____. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: ZAHAR. 1984 (primeira edição em inglês :1942).
- 6 SZMRECSANYI, T. (2006). “A herança schumpeteriana” In: SZMRECSANYI, T. & PELAEZ, V. (org.). **Economia da Inovação Tecnológica**. São Paulo: HUCITEC / Ordem dos Economistas do Brasil. 2006.
- 7 CHANDLER, A.D. (1989). *Stratégies et structures de l'entreprise*. Paris : Les éditions d'organisation. 1989 (primeira edição em inglês : 1962).
- 8 PAVITT, K. (1984). “Sectoral Patterns of Technical Change; Towards a Taxonomy and a Theory”. **Research Policy**, 13:384-373. 1984.
- 9 FERREIRA, J. A. S. (2007). **Crise des marchés internes du travail et apprentissage, le cas de la sidérurgie brésilienne**. Villetaneuse : Université Paris-Nord. (Versão preliminar de tese de doutorado). 2007.
- 10 QUEIROZ, S. R. (2006). “Aprendizado Tecnológico” In: SZMRECSANYI, T. & PELAEZ, V. (org.). **Economia da Inovação Tecnológica**. São Paulo: HUCITEC / Ordem dos Economistas do Brasil. pp. 193-211. 2006.
- 11 PENROSE, E. T. (1962). **Teoria del crecimiento de la empresa**. Madri, Aguilar. (primeira edição em inglês :1959).
- 12 NELSON, R.R. & WINTER, S.G. (1982). **An Evolutionary Theory of Economic Change**. Cambridge, Mass., The Belknap Press of Harvard University.
- 13 ROSENBERG, N. (2006). **Por dentro da caixa preta, tecnologia e economia**. Campinas: Editora Unicamp.2006 (primeira edição em inglês :1982)
- 14 COUTINHO, C.S. & GRECO, A.M. (1991). “ACESITA, histórico da empresa e processo de absorção de tecnologia”. In: FERREIRA, C.G. (org). **Tecnologia e relações de trabalho na siderurgia brasileira**. Belo Horizonte, CEDEPLAR/UFMG. (Relatório de Pesquisa Finep). 1991.
- 15 FERREIRA, J.A.S. (1997). **Transferência de tecnologia na produção de aços planos especiais, o caso ACESITA**. Rio de Janeiro: IE/UFRJ. (Dissertação de Mestrado). 1997.

- 16 PAULA, G.M. (1992). **Avaliação tecnológica da siderurgia brasileira**. Rio de Janeiro: IEI/UFRJ. (Dissertação de Mestrado). 1992.
- 17 PAULA, G.M. (1993). “Competitividade da indústria siderúrgica”. In: FERRAZ, J.C. & COUTINHO, L. G. (coord). **Estudo da competitividade da indústria brasileira**. Rio de Janeiro / Campinas: IE-UFRJ / IE-UNICAMP. 1993.
- 18 PAULA, G. M. (1999). **Privatização e estrutura de mercado na indústria siderúrgica mundial**. Rio de Janeiro: Instituto de Economia / UFRJ. (tese de doutorado). 1999.
- 19 PINHO, M.S. (2001). **Reestruturação produtiva e inserção internacional da siderurgia brasileira**. Campinas: IE-Unicamp (tese de doutorado). 2001.
- 20 CAMARGO CAVALCANTE, F. (2008). **Introdução e difusão do lingotamento contínuo na siderurgia mundial; análise de fatores que propiciaram sua ascensão**. Ouro Preto: DEPRO - Escola de Minas – UFOP (monografia de graduação). 2008.
- 21 VALADARES, C.A.G. & BEZERRA, M.C.C. (2002). **Curso de lingotamento contínuo – ABM 2001**. São Paulo: ABM. 2002.
- 22 WOLF, M.M. (2001). “Henry BESSEMER et la coulée continue”. **Revue de Métallurgie-CIT**, p. 67-73, janvier, 2001.
- 23 PETERSEN, U. « O lingotamento contínuo de aço ». **Metalurgia**, v. 21, n. 95, p. 723-736, outubro, 1965.