

Produção de Commodities e Desenvolvimento Econômico



Luiz G. de Mello Belluzzo
Cláudio R. Frischtak
Mariano Laplane
(Orgs)



Produção de Commodities e Desenvolvimento Econômico. Organizadores: Luiz G. de Mello Belluzzo, Cláudio R. Frischtak, Mariano Laplane. Campinas: UNICAMP. Instituto de Economia, 2014.
126 p.

Inclui Bibliografia

ISBN: 978-85-86215-78-0

1. Desenvolvimento Econômico 2. Produção de Commodities 3. Recursos Naturais.

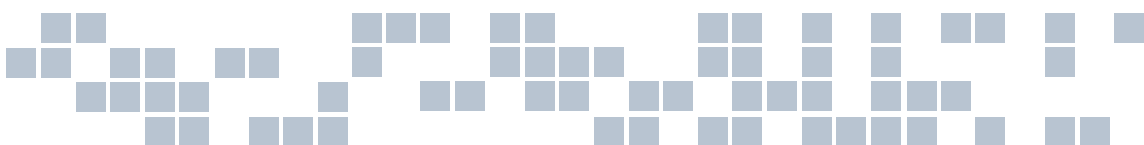
I. Título. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Economia. III. Vale S.A.

©2014. Instituto de Economia da UNICAMP & Vale S.A

Todos os direitos reservados. Pode ser livremente reproduzido para fins não comerciais. É proibido o uso não autorizado para fins comerciais.

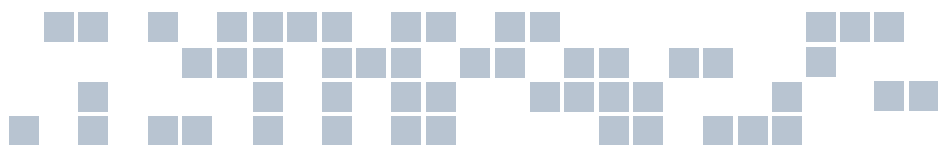
Revisão e Diagramação: Caluh Assessoria e Comunicação

As opiniões expressas nesta publicação são de responsabilidade dos autores e não refletem necessariamente a posição da Universidade Estadual de Campinas e da Vale S.A.



Produção de Commodities e Desenvolvimento Econômico

Luiz G. de Mello Belluzzo, Cláudio R. Frischtak e Mariano Laplane (Orgs)



Sumário

| | |
|---|-----|
| Apresentação | 7 |
| Fernando Sarti | |
| Produção de Commodities e Desenvolvimento Econômico: uma introdução | 9 |
| Cláudio Frischtak e Luiz Gonzaga Belluzzo | |
| Capítulo I: Recursos Naturais e Desenvolvimento Econômico | 21 |
| Mariano Laplane, Ana Lucia Gonçalves da Silva e Maurício Serra | |
| Capítulo II: A Construção de Vantagens Competitivas Dinâmicas a partir das Commodities | 33 |
| João Carlos Ferraz e Felipe Silveira Marques | |
| Capítulo III: O Agronegócio Brasileiro | 43 |
| José Roberto Mendonça de Barros e Renata Machado | |
| Capítulo IV: Commodities Florestais: entre as revoluções da tecnologia e da gestão | 55 |
| Carlos Augusto Lira Aguiar e Ergílio Claudio-da-Silva Jr. | |
| Capítulo V: Adding Value to Mineral Commodities: challenges, strategies and policies | 71 |
| Paulo de Sá | |
| Capítulo VI: Recursos Minerais e a Economia do Conhecimento | 83 |
| Felipe Katz | |
| Capítulo VII: Petróleo: commodity x tecnologia | 103 |
| Eloi Fernández y Fernández e Carlos Soligo Camerini | |

Apresentação

Fernando Sarti*

É uma grande satisfação apresentar ao público interessado em questões relacionadas ao desenvolvimento econômico o livro *Produção de Commodities e Desenvolvimento Econômico*, resultado de um trabalho conjunto entre a Universidade Estadual de Campinas e a Vale S.A.

Além de outras atividades, desenvolvidas no âmbito de Convênio de Cooperação celebrado entre as duas instituições, bons frutos resultaram do Seminário Produção de Commodities e Desenvolvimento Econômico, promovido pelo Instituto de Economia da Unicamp, em São Paulo, no dia 29 de março de 2010, com o apoio da Vale, organização do jornal Brasil Econômico e divulgação da revista Carta Capital.

Abrangendo diferentes temas e perspectivas sobre a produção de *commodities* e as transformações econômicas do Brasil, o Seminário contou com exposições e reflexões qualificadas que constituíram a base para a elaboração posterior de capítulos que compõem o Livro, escritos em meados de 2011 e revistos até meados de 2012. Desde então, outros capítulos foram acrescentados e possibilitaram o resultado final consubstanciado no Livro.

No Brasil, o debate acerca da economia de *commodities* tem sido marcado pela polarização. Afinal, quais os prós e os contras da produção e exportação de produtos baseados em recursos naturais por países com fortes vantagens comparativas, seja em termos de reservas de petróleo e gás, ativos sob a forma de províncias minerais, ou ainda grandes extensões de terras agriculturáveis? Trata-se de uma maldição ou de uma bênção?

O Seminário Produção de Commodities e Desenvolvimento Econômico contribuiu para ampliar e qualificar a discussão, ao tratar o tema a partir de várias dimensões (tecnológica, sustentabilidade ambiental, balanço de pagamentos, eficiência e produtividade, empresarial e política governamental) e ao ter como convidados representantes da academia, do setor produtivo e do governo. Igual mérito pode-se atribuir ao Livro.

São ilustrativas do esforço de atualização dos termos do debate, as reflexões aportadas pelo Prof. Luiz Gonzaga de Mello Belluzzo no Seminário: nas últimas décadas, “houve uma aproximação crescente entre a produção ligada a recursos naturais e a produção dita industrial. É um processo de tecnificação – e não só de maquinização – que vem tornando as cadeias produtivas cada vez mais longas e integradas. O avanço alcançado pela agricultura brasileira não seria possível sem a capacidade de criar formas de inovar”.

* Diretor do Instituto de Economia da Unicamp

Produção de Commodities e Desenvolvimento Econômico: Uma Introdução

Cláudio Frischtak*

Luiz Gonzaga Belluzzo**

Em anos recentes, retomou-se a discussão quanto às vantagens da produção e exportação de recursos naturais por países com fortes vantagens comparativas, seja em termos de reservas de petróleo e gás, ativos sob a forma de províncias minerais, ou ainda grandes extensões de terras agriculturáveis. Afinal, estamos diante de uma maldição ou de uma bênção?

A razão para esta questão voltar a ocupar um espaço maior no debate sobre o desenvolvimento econômico relaciona-se com a combinação de uma demanda crescente de matérias-primas e produtos da agricultura pelas economias emergentes, a escalada de preços da última década e sua consequente maior atratividade. Retornos acima da média estariam atraindo em economias emergentes e em desenvolvimento um fluxo crescente de investimento e mobilizando fatores (escassos) domésticos e externos, elevando o grau de especialização nos segmentos de recursos naturais em detrimento do restante da economia, particularmente da indústria de transformação e serviços avançados. Ao mesmo tempo, do ponto de vista distributivo, teme-se que os frutos de “boom” não levem ao desenvolvimento sustentado inclusivo; pelo contrário, que sirvam apenas para concentrar riqueza e renda nas mãos de poucas empresas e indivíduos.

Esta visão é apoiada pelos exemplos de países que, apesar de se defrontarem com relativa abundância de recursos, desperdiçaram a oportunidade de transformar suas economias. Não são poucos os exemplos de países que permanecem quase que absolutamente dependentes de um recurso exaurível como o petróleo – a exemplo de Guiné Equatorial, Nigéria, Angola, Venezuela – e que estão aprisionados a uma aparente maldição que se expressa por erros sistemáticos de política econômica, uma alocação de investimentos públicos de baixo retorno social e a incapacidade dos governos de gerir adequadamente os recursos.

Argumenta-se, inclusive, pela causalidade do processo: os problemas de governança dos recursos naturais e a captura do Estado por uma elite predatória, e cujas decisões poucas vezes levaram em conta o interesse público, seriam decorrentes da própria abundância de recursos naturais. Porém, a cada exemplo de experiência adversa, pode-se contrapor um contrário (e vice-versa). Nesta perspectiva, não se pode concluir pela maldição dos recursos, pois há muitos países que souberam usar judiciosamente seus recursos (nórdicos, Canadá, Austrália, Chile). Nestes casos, uma conjugação de fatores levou a uma transformação estrutural na economia e uma melhoria de longo prazo no bem-estar da população.

* Economista da Inter.B Consultoria.

** Professor Titular do Instituto de Economia da Unicamp.

O impacto econômico de uma relativa abundância de recursos naturais desdobra-se em várias dimensões. Para os críticos, há fundamentalmente três argumentos que desqualificariam as vantagens da exploração de recursos naturais. Primeiro, a chamada tendência secular da deterioração dos termos de troca (Prebisch-Singer), que levaria ao empobrecimento progressivo dos países exportadores de *commodities* agrícolas e minerais. Segundo, a maior volatilidade de preços de *commodities* frente aos bens industrializados, que dificultaria a gestão macroeconômica dos países. E terceiro, a fragilidade do legado da exploração de *commodities* tanto no plano econômico-ambiental, como político-institucional. Neste último caso, os críticos apontam para a constituição de uma elite predatória que se apodera do Estado, cujo caso limite são as cleptocracias que lá se incrustam e as guerras civis travadas entre grupos que se digladiam pelas rendas da exploração dos recursos naturais.

O foco deste volume é o legado econômico da exploração de recursos naturais. Esta discussão por sua vez gira em torno de duas questões inter-relacionadas ao impacto do câmbio sobre a estrutura produtiva. O forte aumento da receita líquida do comércio com o resto do mundo levaria a uma apreciação do câmbio real, a atração de recursos para o setor com fortes vantagens comparativas e uma menor diversificação das exportações. No limite, a produção de bens transacionáveis em uma economia acometida pela “doença holandesa” seria reduzida ao recurso natural exportado. A hiperespecialização, por sua vez, se caracterizaria pela ausência de conexões entre o setor exportador – operando como em um enclave – e o restante da economia. A escassez de externalidades (positivas) geradas pela produção de *commodities* seria possivelmente o legado mais adverso da ênfase produtiva e exportadora em recursos naturais.

Os trabalhos desse volume sugerem que o impacto econômico da abundância de recursos naturais nos países não está dado *a priori*, na medida em que nenhum país está necessariamente acorrentado ao passado. A experiência histórica indica que o processo de desenvolvimento é o esforço de superar as amarras da escassez, dos limites impostos pela falta de informação e conhecimento e pela fragilidade e qualidade da representação política, por meio da construção de instituições direcionadas para o bom governo – isto é, voltado ao interesse comum. Em última instância, é o que possibilita a expansão da fronteira econômica e o aumento da produtividade, com base nas infraestruturas que integrem o espaço econômico, no investimento em capital humano (saúde e educação) e em ciência e tecnologia.

Vários seriam os canais pelos quais a produção de *commodities* pode levar ao surgimento na economia doméstica de segmentos sofisticados e diferenciados, seja como resultado do processo de formação de “clusters” de empresas provedoras de bens e serviços, ou ainda de redes calcadas na inovação. Na realidade, há alguns elementos que historicamente foram essenciais para a formação e consolidação do novo tecido econômico. A experiência de países que utilizaram as vantagens iniciais na produção e exportação de recursos naturais para promover, apoiar ou facilitar a emergência de segmentos inovadores a montante e a jusante do setor âncora é ilustrativa nesse sentido.

Recursos naturais sem determinismo histórico. Há anos que a literatura do desenvolvimento econômico aponta para a possibilidade de que a abundância de recursos naturais seria na realidade não uma dádiva, mas uma “maldição”. Esta hipótese foi reforçada pela experiência dos países do sudeste da Ásia que experimentaram elevadas taxas de crescimento no pós-guerra, e cujo arquétipo foi o Japão: um conjunto de ilhas cujo único ativo “*natura*” seria sua população. A emulação da experiência japonesa (e a similaridade na escassez de recursos naturais) pelos quatro “tigres” – Coréia do Sul, Taiwan, Singapura e Hong-Kong – comprovaria, ou ao menos em muito reforçaria, a tese de que crescimento econômico e abundância de recursos eram negativamente correlacionados¹.

A experiência histórica, contudo, é bem mais complexa e sugere que não há uma relação causal entre a relativa abundância de recursos e as limitações ao crescimento. Em certa medida, cada caso apresenta certa singularidade e, em simultâneo, algumas recorrências. Vale ilustrar nesta introdução com alguns casos mais marcantes de exploração inteligente dos recursos naturais.

1. O trabalho mais influente nessa linha foi possivelmente o de Sachs e Warner (2001), que em uma revisão da literatura sugerem que esta correlação adversa é um fato empiricamente demonstrável no pós-guerra.

Estados Unidos: da mineração à indústria de transformação. Alguns fatos parecem ser básicos para a compreensão da experiência norte-americana². Já ao final do século XIX, os Estados Unidos se tornaram a maior economia mineral, sem paralelo em termos de escopo, qualidade dos ativos e tamanho de reservas. Em 1913, o país era dominante na produção de todos os minerais essenciais para a indústria, tendo o coeficiente de intensidade mineral das exportações de manufaturas aumentado de forma acentuada entre 1879 e 1914, exatamente na época que os Estados Unidos atingem a liderança mundial na produção manufatureira³. Ao impulsionarem a produção e a exportação manufatureiras, a abundância e a intensidade de uso dos recursos naturais permitiram à economia norte-americana se tornar dominante nesse período. Esse processo culmina com o país assumindo a liderança mundial na produção manufatureira, que foi atingido em algum ponto das décadas 1890-1910. Nesse sentido, a experiência americana sugere que a abundância de recursos não apenas não foi um impeditivo à transformação manufatureira, como conformou e abriu o caminho para a liderança que veio assumir ao final do século XIX.

David e Wright (1997) apontam três fatores decisivos nesse processo de expansão virtuosa da economia de recursos minerais dos Estados Unidos: (1) um ambiente legal e regulatório que estimulou a exploração privada dos recursos minerais, por meio da privatização (nem sempre dentro do marco legal) de grandes áreas; (2) os investimentos em bens públicos e na infraestrutura associada ao conhecimento; (3) a educação em mineração, metalurgia e geologia. O elemento central, contudo, foi o investimento em conhecimento científico e tecnologia, consubstanciado na fundação em 1879 do U.S. Geological Survey (USGS), possivelmente o maior e mais ambicioso projeto científico do século XIX nos Estados Unidos, cujo valor prático dos mapas geológicos gerou amplo apoio empresarial para suas atividades de pesquisa.

As externalidades associadas ao USGS foram consideráveis, inclusive para a indústria de petróleo, que se beneficiou de uma oferta de geólogos e cientistas treinados pela instituição. Vale sublinhar adicionalmente que, já ao final do século XIX, os Estados Unidos lideravam a educação em engenharia de minas e metalurgia, sendo que a instituição precursora foi a Columbia School of Mines (1864). Em 1890, contava com cerca de 20 faculdades com programas de graduação em mineração e, poucos anos depois, a Universidade da Califórnia-Berkeley detinha a maior faculdade de minas do mundo (sendo que em 1917 havia nada menos do que 7.500 engenheiros de minas nos Estados Unidos).

O papel do conhecimento na formação da indústria florestal sueca. Blomström e Meller (1991) talvez tenham sido os primeiros a identificar o processo de formação de *clusters* locais periféricos à produção de *commodities*, ao examinar exemplos históricos escandinavos⁴. Nesse sentido, o caso de sucesso do setor de papel e celulose sueco e de sua relação com as instituições de ensino técnico e de engenharia é paradigmático.

As primeiras escolas técnicas na Suécia surgiram no início do século XIX. O Instituto de Estocolmo nasceu em 1829 e, em 1877, tornou-se o Royal Institute of Technology, referência em engenharia florestal até os dias atuais. Em 1899, havia 35 institutos técnicos no país e, em 1909, eram 66 (Ahlsström, 1992, p. 7)⁵. Em paralelo ao esforço no avanço da educação terciária, em 1842 o governo sueco instituiu um sistema escolar obrigatório nos níveis primário e secundário, com o objetivo de garantir

2. Ver a argumentação no excelente trabalho de Wright e Czelusta (2004), bem como as referências contidas no texto. Ver ainda Wright (1990) e David e Wright (1997).

3. O próprio progresso técnico apresenta um viés de intensidade de material em número significativo de indústrias. De acordo com Cain e Paterson (1986), esse viés estaria presente em nove de vinte setores industriais, dentre os mais dinâmicos, no período 1850-1919.

4. Ver também Blomström e Kokko (2007). Segundo os autores, “*This network of organizations – or ‘institutional framework’ or ‘knowledge cluster’ – is perhaps the most strategic and competitive asset of the Swedish Forest industry*” (p. 233).

5. Faculdades foram criadas nas mais diversas áreas e cidades, como Malmo, Boras, Orebro e Norrkoping, evitando assim a concentração em cidades mais populosas e criando de fato uma rede de conhecimento. Como a iniciativa privada financiava principalmente o ensino da engenharia florestal, em que havia maior interesse, o governo financiava outras áreas como engenharia naval e agronomia, complementando o investimento privado. A título de comparação, o primeiro centro técnico oficial no Brasil surgiu em 1879, com a Escola de Minas em Ouro Preto. Em 2005, o MEC contabilizava um total de 141 escolas técnicas no Brasil (quantidade que a Suécia atingira entre 1920-30).

um grau de competência básica em leitura, escrita e aritmética para todos os cidadãos. O resultado foi alcançar taxas de alfabetização próximas de 100% em uma geração.

Em 1850, o país tinha 700 formados de cursos vocacionais, número que aumentou para 2000 em 1890, depois para 15.000 em 1950, chegando em 100.000 ao final dos anos 1960 (Blomström & Kokko, 2007). De 1850 em diante, centros técnicos e universidades foram fundados em todo o território sueco, substituindo o “aprendizado familiar”. A maioria dos recursos vinha da iniciativa privada, mas também havia participação do Estado, sendo que tanto o governo quanto empresas pagavam a formação em universidades fora do país.

Com a rede de universidades ainda em construção, o envio de estudantes ao exterior era visto como estratégico para a formação do próprio polo educacional do país. Blomström e Kokko (2007) enfatizam a importância da migração do trabalho, que permitiu ao país dominar os fundamentos da engenharia moderna já em 1850, por meio do treinamento de engenheiros suecos na Alemanha e Reino Unido e a contribuição de profissionais ingleses que imigraram ao país. Talvez o melhor exemplo do sucesso desta estratégia foi o envio de Lars Ericsson em 1889 para estudar engenharia elétrica na Alemanha e Suíça com bolsas do governo. Ericsson se tornaria um dos principais industriais do país e fundador da empresa de telecomunicações que leva seu nome até hoje.

Desta forma, a criação de uma rede de conhecimento gerava informação técnica no país, além da facilidade em “importar” conhecimento de outros países. Estas redes serviram como substitutos a departamentos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) dentro das empresas, por seu caráter público. Informação de ponta estava disponível a todas as empresas e não somente às maiores que poderiam ter um departamento de P&D. A rede do ensino técnico na Suécia tornou-se a base para o *cluster* de serviços avançados e elemento essencial para evolução da economia para uma produção de maior valor agregado.

A história do setor florestal sueco evidencia estas características. Em meados do século XIX, a demanda por produtos florestais (em especial madeira serrada) estava em alta, sobretudo pelo Reino Unido. As exportações suecas só deslancharam após 1850, quando as florestas da vizinha Noruega haviam se exaurido e os ingleses revogaram os *English Navigation Acts*, que davam preferência à madeira canadense. Em simultâneo, o governo executava uma série de reformas que possibilitaram o país a ocupar o vácuo deixado pela Noruega. Em 1848, instituiu uma moderna Lei de Empresas Limitadas, além do estabelecimento de legislação transparente para direitos de propriedade e comércio exterior⁶. Desta forma, os empresários tinham a estrutura para responder rapidamente à demanda crescente por exportações.

Nas décadas de 1860 e 1870, desenvolveu-se o sistema ferroviário sueco, o que de fato permitiu que as empresas pudessem se mudar para o interior e não depender das margens dos rios. Vale ressaltar que o país já havia importado a tecnologia da energia a vapor, podendo reposicionar os moinhos para além das beiras de rios. Porém, o escoamento tanto da produção como de insumos era realizado por meio de hidrovias. Assim, somente com o novo sistema ferroviário que a indústria pôde migrar para o interior, levando a empresas de maior tamanho e escala. Já nos anos de 1870, produtos de madeira atingiriam 43% das exportações suecas (Blomström & Kokko, 2007). Em simultâneo, o país desenvolvera um sistema bancário moderno, permitindo que os lucros das madeiras fossem direcionados para financiar os moinhos de papel e celulose. As políticas voltadas à educação técnica surtiam efeito e o país despontava na fronteira das tecnologias para celulose⁷.

Na virada do século, o governo criou um novo marco regulatório para o setor: em 1903, leis garantiam o reflorestamento, mantendo o estoque de madeira inalterado (e evitando os erros cometidos pela Noruega). Em seguida, em 1906, novas leis impuseram limites de terras disponíveis para a indústria

6. Em 1872, as empresas limitadas empregavam 45% da força de trabalho industrial, número que subiu para 80% em 1912 (Blomstrom & Kokko, 2002).

7. A primeira fábrica de celulose química no mundo foi estabelecida em Bergvik, em 1872.

florestal, levando à integração de madeiras com moinhos de papel e celulose⁸. Este cenário permitiu uma transição rápida para uma exportação de maior valor agregado (Tabela 1): em 1913, a Suécia havia se tornado o maior exportador de celulose do mundo (Blomström & Kokko, 2007).

Tabela 1. Composição das exportações suecas - 1881-1885 e 1911-1913 (%)

| | 1881-85 | 1911-13 |
|------------------------|---------|---------|
| Madeira serrada | 40 | 26 |
| Aço e ferro | 16 | 9 |
| Cereais | 12 | 1 |
| Manteiga | 6 | 6 |
| Papel e celulose | 5 | 18 |
| Produtos de engenharia | 3 | 11 |
| Minério de ferro | - | 8 |
| Outros | 18 | 21 |
| Total | 100 | 100 |

Fonte: Blomström e Kokko (2007).

As florestas suecas mantêm o mesmo tamanho há décadas, mas o setor vive da criação e exportação de serviços florestais mais do que de papel e celulose em si. A Suécia é líder no desenvolvimento de práticas ambientalmente corretas e novos processos industriais. Frente ao cenário global em que o país enfrenta elevados custos de matéria-prima e mão-de-obra, o setor desenvolve novos processos para aumento de produtividade, além de migrar para operações de maior valor agregado^{9 10}. A indústria está entre as com maiores gastos de P&D do país, em aproximadamente 4% do seu valor adicionado; e existem diversos centros de pesquisa e alta integração com faculdades. Assim, papel, celulose e madeira se mantiveram entre as principais exportações do país nos últimos 150 anos e o país aparece na fronteira de produção e exportação de casas pré-fabricadas e móveis. Neste último setor, a IKEA desponta como líder e ainda mantém parte considerável de sua produção na Suécia, apesar de seu caráter internacional. Em síntese, a prosperidade da indústria sueca deve-se à capacidade de constante migração para produtos de maior valor agregado. Para tanto, foi decisiva a formação de um *cluster* de conhecimento técnico, que permitiu grande versatilidade à economia.

Do papel ao celular: o caso da finlandesa Nokia. A empresa finlandesa Nokia oferece um exemplo contundente da migração para uma economia de conhecimento com origem na produção de *commodities*, ilustrando como uma madeireira de 1869 se tornaria uma das dez maiores empresas do mundo em 2000. A Nokia nasceu naquele ano no vilarejo de mesmo nome, como um engenho de madeira ribeirinho. De forma similar às madeiras suecas, migrou progressivamente para a produção de papel e celulose e se tornaria a maior empresa deste setor no país. Em 1918, a Empresa Finlandesa de Borracha adquiriu parte do capital da Nokia, atraída por sua geração de energia hídrica. Alguns anos depois, este novo conglomerado adquiriu a Empresa Finlandesa de Cabos, no intuito de acelerar a “eletrificação” de seus processos industriais. Assim, já na década de 1920, formava-se a precursora da Nokia dos dias atuais, produzindo papel, celulose, pneus, botas de borracha e cabos para transmissão de energia elétrica. Vale ressaltar que papel e celulose eram predominantes na composição dos produtos da empresa – até 1977 o papel ainda era o seu principal produto.

Todas as três empresas haviam importado suas tecnologias. O fundador da Nokia estudara na Alemanha em 1860, aprendendo a tecnologia de celulose. O CEO da empresa de borracha havia

8. Esta intervenção do governo, além de proteger as florestas do país, tinha o intuito de direcionar o setor para uma integração da cadeia produtiva. Madeiras e moinhos começavam a competir pelos mesmos insumos, o que poderia prejudicar as exportações de ambos.

9. Neste setor, a Suécia desponta na produção de papéis especiais.

10. O setor florestal na Suécia hoje tem nos processos, serviços e papéis especiais seu maior foco, dependendo pouco da pasta de celulose em si.

feito intercâmbio com fábricas de borracha na França e Rússia. Já o fundador da empresa de cabos havia estudado na Alemanha com Werner Siemens e trouxera suas inovações na produção de cabos para transmissão de energia elétrica à Finlândia. Estes três empresários maximizaram as sinergias entre seus negócios que, à primeira vista, pareciam ter pouco em comum.

No pós-guerra, a Nokia aproveitou sua estrutura de cabos para entrar na área de telecomunicação, criando uma divisão de eletrônica. Esta atuaria como setor de P&D da empresa, que procurava diversificar sua gama de produtos e aumentar a produtividade das linhas existentes. Em 1966, consolidou-se a Nokia Corporation com quatro divisões (papel, cabos, borracha e eletrônica), sendo a divisão de eletrônica a menor, com somente 3% dos empregados e que futuramente se tornaria a Nokia atual. Apesar de desenvolver engenharia de ponta, como um protótipo de radiotelefone para o exército finlandês, a divisão teve prejuízos por um longo período. Blomström e Kokko argumentam que a insistência de sucessivos CEOs em manter a divisão apesar dos apelos dos acionistas foi crucial no processo de transformação da Nokia.

Com o sucesso dos radiotelefonos (em especial o fornecimento para a União Soviética), a empresa lançou uma estratégia de internacionalização na base de aquisições e parcerias nas décadas de 1970 e 1980. Porém, a chave da mudança para processos intensivos em conhecimento e de alta tecnologia foi sua política de desenvolvimento do capital humano interno. A diretoria da empresa encorajava seus empregados finlandeses a trabalharem nas novas filiais e nas empresas adquiridas no exterior. O CEO na época incentivou o governo a iniciar um extenso programa de intercâmbio de alunos e aproximou a empresa do meio acadêmico. O resultado foi a “*Nokia University*”, programa que buscava aumentar o grau de escolaridade de todos os funcionários em um nível¹¹. O sucesso do programa deu-se pela interação da Nokia com uma rede de universidades locais, bem capacitadas para elevar o patamar de educação formal de seus empregados. Desta forma, por meio de um alto nível de capacitação de seus funcionários, a Nokia foi capaz de absorver as tecnologias, habilidades e conhecimentos de suas aquisições e parcerias no exterior.

Com a chegada da tecnologia NMT e logo em seguida a GSM no final dos 1980, ela se viu preparada para entrar neste novo mercado. Com o *boom* das telecoms, a Nokia já havia adquirido *know-how* técnico, comercial, de *marketing* e de distribuição para se tornar uma empresa global. Tornou-se a maior produtora de telefones celulares entre 1986-1989 e a primeira a desenvolver um aparelho que poderia caber em um bolso. Não foi a Nokia que inventou o GSM, mas a sua capacidade de absorver e criar tecnologias a fez líder no segmento.

A mineração australiana em anos recentes. A trajetória de sucesso da Austrália na mineração só começou a tomar forma a partir de 1970. Com o século XIX pautado pela extração de ouro, os australianos não se preocuparam em absorver os *spillovers* da atividade, agindo de forma similar às colônias latino-americanas. Wright e Czelusta (2003) argumentam que os australianos só deslanchariam após 1960, quando o governo suspendeu o embargo a novas minas de ferro. O embargo, estabelecido em 1938, refletia a visão dominante no país de que nada adiantaria aumentar a produção, pois o país logo passaria de exportador para importador de minérios. O receio que a dotação finita de minérios levaria à dependência externa, junto com normas amplamente aceitas, porém pouco científicas¹², induziram ao congelamento da produção¹³. A partir de 1960, agora com apoio do Estado, ocorreram descobertas em série de ferro e minérios nunca antes encontrados no continente, como cobre, níquel, bauxita, urânio e fosfato. Seguindo a lógica da “criação de reservas”, em 1975 a produção de ouro aumentou rapidamente, quando muitos já consideravam o recurso como exaurido. A indústria do ouro australiano foi marcada pelo uso intensivo de novas tecnologias, possibilitando a recuperação de minas de baixíssimo teor, antes consideradas inviáveis.

11. Bacharéis fariam mestrados, mestres fariam doutorado etc.

12. Um exemplo era que o continente australiano, já vastamente explorado ao longo da história, não teria reservas ainda a serem descobertas.

13. Wright (1990) conta sobre uma missão de resgate na Península de Cabo York, em 1955, que ilustra a visão da época. Em uma parte da costa, encontraram milhas de penhascos de bauxita, deixando-os intocados, pois “certamente seria de baixa qualidade, já que nunca ouvimos falar”. Em 1964, geólogos constataram que a mesma região correspondia a 25% de todo o potencial de bauxita no mundo naquele tempo.

Com diversas universidades centenárias já estabelecidas, a combinação de absorção de conhecimento externo, *spillovers* de produção e desenvolvimento de tecnologia própria impulsionou a mineração. De 1989 a 1999, aumentaram tanto as reservas como a produção de 22 dos 32 minerais no continente australiano. A partir de 1950, os cursos técnicos se multiplicaram rapidamente. Fundada em 1949, a University of New South Wales foi uma parceria entre MIT, Berlin University of Technology e Sydney Mechanics Institute; hoje considerada a melhor faculdade de engenharia da mineração no mundo (Maloney, 2007). O ensino técnico no país expandiu-se rapidamente também: em 1920 havia 47 engenheiros por 100 mil habitantes, número que quadruplicaria para 188 em 1955. Esse fato explica, em parte, a capacidade de absorver os ganhos da mineração a partir de 1960, bem como seu reverso durante a extração de ouro no final do século XIX. Com uma rede de universidades estabelecida, formar um pólo de conhecimento para a mineração ocorreu naturalmente.

Essa “naturalidade” é refletida nos números para a época. Entre 1996 e 2006, os ganhos anuais vindos da propriedade intelectual da mineração australiana saíram de US\$ 40 milhões para US\$ 1,9 bilhão (superando a exportação de vinhos, a título de comparação). Entre 1995-96, os gastos em P&D da mineração representavam quase 20% de todos os gastos em P&D no país (Wright & Czelusta, 2007). Uma pesquisa realizada entre julho e setembro de 1996 revelou que o setor gastava uma média de US\$ 896 em treinamento por empregado, enquanto a média para o resto da economia era de US\$ 185. A mesma pesquisa apontou que 5,8% do gasto em pessoal era usado para treinamento, contra 2,5% no resto da economia. Ao final de 2000, 60-70% dos *softwares* para mineração usados no mundo eram australianos (Stoeckel, 2000). O caso da Austrália demonstra como a expansão da base mineral de um país pode levar ao crescimento econômico e a avanços tecnológicos.

O que esses e outros casos sugerem? A migração de uma economia baseada em recursos naturais para uma economia de conhecimento não se dá de forma automática ou trivial. Porém, é marcante a semelhança entre as características que levaram ao êxito (e, quando ausentes, ao fracasso). Esses elementos parecem ser visíveis tanto em países que obtiverem sucesso em anos recentes e também em outros na virada para o século XIX.

A primeira característica observada é a formação de um *cluster* de conhecimento especializado. Este *cluster* tem dois aspectos-chave: o fomento da educação e da pesquisa. A educação que leva a novas habilidades, enquanto a pesquisa traz maior conhecimento, sendo que ambas introjetam maior versatilidade à economia, podendo migrar para indústrias calcadas em conhecimento. A Tabela 2 apresenta a taxa de alfabetização, iniciando em 1870, tomada como *proxy* para o nível de educação da sociedade. Para países que fizeram uma transição bem-sucedida para economias mais diversificadas, de elevada renda e razoável grau de equidade, o processo de alfabetização se deu no século XIX e, ao início do século XX, praticamente se universalizou. Em contraposição, até recentemente 10% da população brasileira não era alfabetizada.

Tabela 2. Taxas históricas de alfabetização em países selecionados – 1870-2009 (%)

| | Brasil | México | Argentina | Chile | Austrália | EUA | Canadá | Suécia |
|------------------|--------|--------|-----------|-------|-----------|-----|--------|--------|
| Em torno de 1870 | 16 | 22 | 24 | 26 | 71 | 80 | 83 | 90 |
| Em torno de 1920 | 30 | 36 | 73 | 66 | 84 | 94 | 91 | 99 |
| Em torno de 1980 | 75 | 83 | 94 | 91 | 99 | 99 | 94 | 99 |
| 2009 | 90 | 93 | 98 | 99 | 99 | 99 | 99 | 99 |

Nota: Anos exatos: Brasil: 1872, 1920, 1980, 2009; México: 1900, 1925, 1980, 2009; Argentina: 1869, 1925, 1980, 2008; Chile: 1875, 1925, 1980, 2009; Austrália: 1870, 1925, 1980, 2008; EUA: 1870, 1920, 1979, 2008; Canadá: 1861, 1921, 1971, 2008; Suécia: 1870, 1935, 1980, 2008.

Fonte: Engerman *et al.* (2000); Mariscal & Sokoloff (2000); Canada Education Review 7(3), 2001; World Bank Database; OECD; UNESCO; IBGE.

Ademais, em todos os países analisados, a ênfase estava no ensino técnico voltado para as ciências exatas, em especial à engenharia (Tabela 3). Assim, faz-se possível a absorção dos ganhos vindos da produção de *commodities*, gerado por *spillovers* para diversas áreas da economia. O papel das faculdades é fundamental, atuando em rede e em parceria com o setor privado. Também se mostrou essencial a participação do governo em disseminar o conhecimento (em especial quando havia pouco incentivo para o setor privado em fazê-lo) e, por fim, a promoção de intercâmbios entre faculdades. Em todos os casos, nota-se o envio de alunos de mestrado e doutorado, em quantidade significativa e inteiramente subsidiada, para os países que detinham as melhores práticas da época.

Tabela 3. Engenheiros por 100 mil habitantes em anos e países selecionados

| País | Ano | Engenheiros por 100.000 trabalhadores |
|-----------|------|---------------------------------------|
| Chile | 1930 | 6 |
| Brasil | 1880 | 10 |
| Austrália | 1920 | 47 |
| Austrália | 1955 | 188 |
| Suécia | 1890 | 84 |
| EUA | 1920 | 128 |

Fonte: Brasil: Maloney (2007); Austrália, EUA: Meredith (1995); Chile: Villalobos (1990); Suécia: Ahlström (1992).

Além de uma infraestrutura de educação, outros bens públicos são essenciais para a criação de vantagens comparativas e agregação de valor aos recursos naturais, em especial aqueles relacionados à infraestrutura logística¹⁴ e ao arcabouço regulatório, que deve ser bem definido, avançado e estável. As principais características deste quadro de referência são leis objetivas para a formação de sociedades, rígida proteção à propriedade (em especial de natureza fundiária), regulação ambiental clara e previsível e estabilidade do marco regulatório.

Finalmente, cabe destacar a formação e o desenvolvimento de indústrias relacionadas. Estas variam dependendo da *commodity*, mas três são recorrentes: máquinas e equipamentos, transportes e química. Estas indústrias perpetuam o “legado” de recursos naturais finitos, permitindo a exportação de máquinas, serviços especializados e conhecimento após o possível esgotamento dos recursos.

*

Este volume é composto de sete capítulos que seguem esta Introdução. O **Capítulo I** (“*Recursos Naturais e Desenvolvimento Econômico*”) faz uma ampla revisão da literatura acadêmica sobre o tema central deste volume e mostra a sua complexidade e a extensão em que foi objeto de estudos em anos recentes. O texto indica primeiramente que a discussão sobre a “maldição dos recursos

14. Na Suécia, por exemplo, pouco adiantou a importação dos motores a vapor no início do século XX: as empresas de papel e celulose continuaram como pequenas propriedades em margens de rios, a base de moinhos de água. A única forma viável de escoamento da produção era pelos rios e foi somente após a construção de ferrovias que as empresas migraram para o interior, aumentaram de tamanho e adotaram a energia a vapor. Ou seja, o esforço para absorção de novas tecnologias só foi possível, na prática, após a oferta dos bens públicos apropriados.

naturais” em suas diferentes dimensões – econômica, social, ambiental, política e institucional – permanece inconclusa; a literatura diverge tanto no plano conceitual quanto empírico, ainda que haja certas recorrências. Neste sentido, o mais relevante do ponto de vista das políticas públicas talvez seja exatamente identificar os elementos recorrentes e estabelecer quão robustos são. O que este e os demais capítulos sugerem é que as políticas governamentais e fundamentalmente as instituições são elementos primordiais para assegurar os ganhos do desenvolvimento sustentável provenientes das atividades extrativas. Inversamente, Estados frágeis e elites predadoras, combinado com abundância de recursos naturais – o arquétipo sendo o petróleo –, são a receita para manter um país em estado de subdesenvolvimento e a população em situação de pobreza em caráter quase que permanente.

A ausência de um determinismo histórico e a importância das políticas de governo – e as instituições subjacentes – são também o tema do **Capítulo II** (“*A Construção de Vantagens Competitivas Dinâmicas a partir das Commodities*”), cujo foco é a necessidade de o Brasil avançar na “construção de vantagens competitivas dinâmicas nos setores *commodities*”. A principal base de argumentação tem por referência o fato de que a economia de *commodities* vem ampliando por força do progresso técnico “o espaço de geração de inovações e externalidades para as atividades produtivas internas às empresas, principalmente em tecnologias de processo, e em toda a cadeia econômica e de conhecimentos a ela associada”.

O **Capítulo III** (“*O Agronegócio Brasileiro*”) argumenta que a competitividade do agronegócio no país resulta de uma “elevada eficiência produtiva, sendo o país o produtor de mais baixo custo em uma importante cesta de produtos (açúcar, álcool, soja, milho, carne bovina etc.)”. A razão não é apenas as “fortes vantagens comparativas do país (a exemplo da disponibilidade de recursos naturais) [mas também os] contínuos e significativos investimentos do setor público e do setor privado em tecnologia e pesquisa”. Ademais, a escala do agronegócio e sua demanda derivada possibilitaram “o desenvolvimento de uma significativa indústria de insumos como fertilizantes, defensivos, sementes, suplementos, rações, produtos veterinários e outros, assim como uma indústria de equipamentos, tratores e implementos de grande proporção”. Um dos efeitos extremamente relevantes da revolução na agricultura foi que “o custo no varejo de São Paulo de uma ampla cesta de alimentos caiu cerca de 5% ao ano, em termos reais, entre 1975 e 2005”.

O **Capítulo IV** (“*Commodities Florestais: entre as revoluções da tecnologia e da gestão*”) mostra que, no caso dos produtos das florestas (plantadas), os investimentos e esforços em P&D levaram, em simultâneo, ao aprimoramento genético das espécies, novos métodos de plantio de florestas e de produção da madeira e aumento da eficiência na produção de celulose e papel. Vale enfatizar que a produção de celulose no Brasil deriva integralmente de florestas plantadas, com claros ganhos de sustentabilidade. Consistente com a experiência histórica dos países escandinavos, os autores argumentam que o elemento direcionador para a transformação observada foi o “imperativo da competitividade de um setor com elevada exposição aos mercados internacionais”.

O **Capítulo V** (“*Adding Value to Mineral Commodities: challenges, strategies and policies*”) examina os desafios impostos pela mineração. Em particular, de que forma e sob que condições os países podem expandir a contribuição do setor mineral para o desenvolvimento sustentável no longo prazo, tendo em vista a continuidade de uma forte demanda nos próximos anos. Na perspectiva do autor, a resposta deve ser essencialmente pragmática e levar em consideração as especificidades do país. O capítulo examina com maior granularidade os problemas referentes à tributação de recursos naturais e a gestão macroeconômica, bem como enfatiza – como muitos outros na literatura – a importância da qualidade e efetividade das instituições para maximizar os ganhos advindos da exploração dos recursos naturais. Nesse sentido, o trabalho sublinha a importância de se “estabelecer um quadro legal e regulatório claro e transparente, incluindo em primeiro lugar um conjunto de regras e normas transparentes e não discriminatórias para a alocação de direitos de exploração e produção [mineral]; a construção de instituições fortes, não apenas no setor mineral, mas em atividades relacionadas (a exemplo de serviços financeiros, do judiciário); e a aplicação no âmbito da gestão social e ambiental de processos e práticas adequadas” (tradução livre).

O **Capítulo VI** (“*Recursos Minerais e a Economia do Conhecimento*”) discute em detalhe o caso da mineração no Brasil. De início, faz uma crítica à visão de que os recursos minerais tendem à exaustão; na realidade, por meio de novos métodos e técnicas, e respondendo à expansão da demanda mundial, as reservas nas últimas décadas tanto globalmente como no Brasil vêm se expandindo. O capítulo volta a um tema recorrente neste volume: a complexidade do processo de pesquisa, exploração e produção mineral, além da complexa logística de fazer chegar grandes volumes de minério a clientes distantes. Igualmente, o texto discute e coloca em evidência os esforços públicos e principalmente privados no âmbito da pesquisa, desenvolvimento e engenharia para transformar o setor em décadas recentes em um dos mais sofisticados e de maior produtividade da economia brasileira. O trabalho conclui apontando para o fato de que “a transformação do minério em produto final vem se tornando mais intensiva em tecnologia... Para se manter na fronteira da competitividade, o setor requer a aplicação de sofisticados conhecimentos técnicos, o investimento contínuo em P&D e a alocação de consideráveis recursos para promover a sustentabilidade.”

O **Capítulo VII** (“*Petróleo: commodity x tecnologia*”) conclui esta coletânea sobre o papel das *commodities* no desenvolvimento econômico com uma discussão sobre aquela que é o arquétipo das *commodities* contemporâneas e, em certa medida, aquela cujo impacto é possivelmente o mais controverso (o petróleo). Como o Capítulo I indica, o petróleo foi inspiração para boa parte da literatura (e evidência empírica) sobre a chamada “maldição dos recursos” e talvez em nenhum outro caso de exploração de recursos naturais haja resultados tão díspares: em um gradiente de ganhos de bem-estar para a sociedade, tem-se em um extremo os benefícios que a Noruega vem auferindo ao longo dos anos após a descoberta do Mar do Norte e, no outro, o surgimento de governos dominados por cliques que se apropriam dos recursos gerados pelo petróleo para fins privados em um contexto de Estados disfuncionais, a exemplo de países como a Guiné Equatorial. Este capítulo final inicia com uma visão da indústria de petróleo no plano internacional – essa é uma indústria essencialmente globalizada, em que as empresas estão continuamente procurando agregar reservas, cruzando fronteiras e explorando novas jurisdições e geografias. Comumente os investimentos são de grande magnitude, em uma fase em que o risco ainda é bastante elevado, o que apresenta um desafio não apenas empresarial, mas de política pública: como conciliar a exploração e produção de petróleo – cuja complexidade é crescente – com o desenvolvimento local de uma indústria fornecedora de bens e serviços. O texto discute os casos emblemáticos de Venezuela, Noruega, Reino Unido e Coréia do Sul, além de tratar, de modo detalhado, do setor no Brasil.

O caso brasileiro não é distinto dos demais, no sentido da importância das políticas públicas para assegurar que os ganhos da exploração do petróleo sejam devidamente internalizados e venham promover a indústria e beneficiar a sociedade brasileira. A diferença é a magnitude do desafio do pré-sal e das implicações no tempo, cuja escala é medida em décadas. Há um conjunto de questões a serem enfrentadas: a mitigação do risco na fase exploratória; no desenho de sistemas altamente complexos de produção, cujo desafio da economicidade é absolutamente não trivial (dadas as especificidades do petróleo de cada campo e reservatório); e o desenvolvimento de uma longa cadeia de suprimentos local. O capítulo discute estes desafios e o instrumento essencial para enfrentá-los: as tecnologias de ponta, essenciais para a produção *offshore*, e o papel crucial da Petrobras por meio do CENPES em promover a constituição de uma rede temática de instituições voltadas às atividades de pesquisa, desenvolvimento e engenharia de petróleo e gás, bem como de núcleos regionais de competências. Em última análise, e particularmente nesta *commodity*, torna-se fundamental mobilizar os recursos institucionais, formar os recursos humanos e ter uma abordagem de médio e longo prazo no sentido de progressivamente adensar o tecido industrial e empresarial para dar resposta às demandas de exploração e produção. Desenhar as políticas corretas e dosar sua aplicação (a exemplo dos índices de conteúdo local na produção de equipamentos, ou ainda o regime tributário para o setor) permanecem como problemas que somente podem ser abordados de forma eficaz por um Estado e uma sociedade capacitados para tal.

Em uma tentativa de sintetizar as principais implicações das questões abordadas pelos trabalhos reunidos nessa coletânea, poder-se-ia afirmar que a evidência parece sustentar que o fundamento da

apropriação dos benefícios por países com uma ampla base de recursos naturais é um investimento sistemático em conhecimento, com ênfase na dimensão técnica e científica, uma vez ultrapassados os desafios da universalização da educação básica. A esse elemento essencial deve ser adicionado um padrão de governabilidade que prima pela transparência e uso judicioso das sobre-rendas obtidas da exploração daqueles recursos. E dessa forma maximizar o impacto positivo das fortes vantagens comparativas calcadas em recursos naturais tanto no plano da economia como da sociedade.

Referências

- Acemoglu, D.; Johnson, S.; Rodinson, J. A. (2003). An african success story. In: Rodrik, D. (Ed.) *In search of prosperity*. Princeton University Press.
- Ahlström, G. (1992). Technical competence and industrial performance: Sweden in the 19th and early 20th centuries. *Lund Papers in Economic History*, n. 14.
- Blomström, M.; Kokko, A. (2007). From natural resources to high-tech production: the evolution of industrial competitiveness in Sweden and Finland. In: Lederman, D.; Maloney, W. (Eds.) *Natural resources: neither curse nor destiny*. Washington, D.C.: The World Bank, p. 213-256.
- Blomström, M.; Meller, P. (Eds.) (1991). *Diverging paths: comparing a century of scandinavian and latin american development*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- Cain, L.; Paterson, D. (1986). Biased technical change, scale, and factor substitution in american industry, 1850-1919. *The Journal of Economic History* 46(1):153-164.
- David, P.; Wright, G. (1997). Increasing returns and the genesis of american resource abundance. *Industrial and Corporate Change*, 6:203-245.
- De Ferranti, D. et al. (2002). *From natural resources to the knowledge based economy*. World Bank.
- Engerman, S. L.; Haber, S.; Sokoloff, K. L. (2000). Inequality, institutions, and differential paths of growth among new world economies. In: Menard, C. (Ed.) *Institutions, contracts, and organizations*. Northhampton, Mass.: Edward Elgar.
- Lederman, D.; Maloney, W. (Eds.) (2007) *Natural resources: neither curse nor destiny*. Washington, D.C.: The World Bank.
- Maloney, W. (2007). Missed opportunities: innovation and resource-based growth in Latin America. In: Lederman, D.; Maloney, W. (Eds.) *Natural resources: neither curse nor destiny*. Washington, D.C.: The World Bank, p. 141-182.
- Mariscal, E.; Sokoloff, K. L. (2000). Schooling, suffrage, and the persistence of inequality in the Americas, 1800-1945. In: Haber, S. *Political institutions and economic growth in Latin America: essays in policy, history and political economy*. Stanford University, Hoover Institution Press.
- Meller, P. (1991). Chilean economic development, 1880-1990. In: Blomström, M.; Meller, P. (Eds.) *Diverging paths: comparing a century of scandinavian and latin american development*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- Meredith, D. (1995). The role of education and health services in the economic development of Australia and Argentina, 1880-1940. *Discussion Paper*. University of New South Wales, School of Economics.
- Sachs, J. D.; Warner, A. M. (2001). The curse of natural resources. *European Economic Review*, 45:827-838.
- Stoekel, A. (2000). *Minerals: our wealth down under*. Centre for International Economics.
- Villalobos, S. R. (1990). *Historia de la ingenieria en Chile*. Santiago, Chile: Hachette.

- Wright, G. (1990). The origins of american industrial success, 1879-1940. *The American Economic Review*, 80(4):651-668.
- Wright, G.; Czelusta, J. (2003). *Mineral resources and economic development*. Stanford University Press and World Bank.
- Wright, G.; Czelusta, J. (2004). The myth of resource curse. *Challenge*, mar-apr., p. 6-38.
- Wright, G.; Czelusta, J. (2007). *Resource-based growth past and present*. Stanford University Press and World Bank.

I

Recursos Naturais e Desenvolvimento Econômico¹

Mariano Laplane*

Ana Lucia Gonçalves da Silva*

Maurício Serra*

Introdução

A associação entre recursos naturais e desenvolvimento econômico não é um tema recente na literatura econômica. Ela já estava presente na obra “A Riqueza das Nações” de Adam Smith (1776, p. 562), que salientava que “de todos os projetos dispendiosos e incertos que levam à bancarrota a maioria dos que se engajam neles, talvez não haja nada mais perfeitamente ruinoso do que a busca de novas minas de ouro e prata. (...) Os projetos de mineração, em vez de recolocar o capital empregado neles com os lucros ordinários, comumente absorvem o capital e o lucro. São projetos que, de todos, um legislador prudente que desejasse aumentar o capital de sua nação menos escolheria para dar qualquer encorajamento extraordinário ou desviar para eles qualquer fração daquele capital do que lhes seria naturalmente destinado”.

Foi, contudo, a partir da década de 1950 que essa associação ganhou um novo impulso. De fato, a principal preocupação então era com as supostas desvantagens das economias baseadas em abundantes recursos naturais em promover o seu desenvolvimento econômico. A tese dominante, e que perdurou por várias décadas, foi a de Prebisch (1949), que argumentava existir uma deterioração dos termos de troca entre centro e periferia na medida em que a disseminação internacional da tecnologia e a distribuição de seus frutos se davam de maneira desigual, sendo os bens primários considerados inferiores em relação aos manufaturados e, portanto, incapazes de tirar estes países da condição de periféricos. Já no fim dos anos 1970 e ao longo da década seguinte, a preocupação dominante esteve centrada no fenômeno da “doença holandesa” e desde os anos 1990 a atenção tem estado direcionada para o debate em torno de duas questões interconectadas: as receitas provenientes da exploração dos recursos naturais e o desempenho econômico dos países ricos nesses recursos.

O ponto de convergência destas preocupações está no fato de que a exploração dos abundantes recursos naturais supostamente deveria gerar retornos financeiros capazes de alavancar não só o crescimento, mas também o desenvolvimento econômico dos países ricos nesses ativos. Entretanto, a realidade mostrou-se um tanto quanto irônica ou, dependendo do ângulo de análise, perversa porque simplesmente as receitas advindas da exploração de recursos naturais não se traduziram nas transformações almejadas e esperadas para aqueles países. É exatamente nesse contexto que o termo “maldição dos recursos naturais” foi cunhado e não é coincidência que os países exportadores de petróleo sejam, em muitos casos, descritos como aqueles que sofrem do “paradoxo da abundância” (Karl, 1997)

* Professores do Instituto de Economia da Unicamp.

1. Os autores agradecem a Carlos Etulain e Érika Pirolla pela inestimável ajuda no trabalho de pesquisa bibliográfica.

e muito menos que este recurso mineral seja identificado, nas palavras do fundador da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), como o “excremento do diabo” (Ross, 1999).

Recursos naturais e desenvolvimento econômico: o que a literatura tem a nos dizer?

A exploração dos recursos naturais sempre esteve associada à ação do homem, sendo ela concebida, em um primeiro momento, como fonte primordial da sobrevivência do gênero humano e, em um período mais recente da história, como fonte de crescimento econômico e, portanto, geradora de riqueza, objetivo este que está entre os principais temas da teoria do desenvolvimento econômico.

De fato, a abundância de recursos naturais que algumas nações ostentam tem sido um importante atributo para as suas economias, uma vez que a produção e a exportação de diversas *commodities* não só serviram para a transformação desses países, que, em alguns casos, se tornaram extremamente prósperos, como também continuam a impulsionar fortemente suas economias e, conseqüentemente, a empregar significativa parcela de suas populações.

Muito embora essa seja uma evidência relativamente fácil de ser observada, o ponto central, e que não deixa de ser intrigante, é o fato de que muitos desses países detentores de uma substancial riqueza natural tiveram desempenho econômico muito inferior ao daqueles desprovidos destas vastas riquezas naturais. Por um lado, pode-se depreender desta constatação empírica que a ausência de recursos naturais não se constitui em um real obstáculo ao sucesso econômico dos países. Por outro lado, essa mesma constatação é responsável por uma curiosa e, ao mesmo tempo, inquietante questão que ainda permanece sem resposta: pode a exploração dos recursos naturais constituir-se em um empecilho para o crescimento e o desenvolvimento econômico de um país? Ou esse tipo de impedimento surge sob determinados contextos?

A conjugação de riqueza de recursos naturais com pobreza de renda, baseada principalmente nas análises empíricas de Auty (1993; 2001; 2004) e de Sachs e Warner (1995; 1999; 2001), veio a ser denominada de “maldição dos recursos naturais”, uma vez que os recursos naturais abundantes haviam propiciado alguma melhoria no padrão de vida, mas tinham, igualmente, se revelado incapazes de gerar um crescimento sustentado das economias analisadas.

Dentro da vasta literatura que comunga a existência da maldição dos recursos naturais, verificam-se várias, e muitas vezes interconectadas, dimensões de análise: econômica, social, política e ambiental. No que tange especificamente à dimensão econômica, o tema da “doença holandesa” ocupa um lugar central neste debate. Criado pela revista *The Economist* em 1977, o termo doença holandesa tinha por objetivo discorrer sobre os problemas enfrentados pela Holanda, especificamente no tocante ao seu setor manufatureiro, após a descoberta de uma significativa reserva de gás natural nos anos 1960 (*The Economist*, 1977; Frankel, 2010). De fato, o aumento das exportações dessa *commodity* acabou por afetar negativamente a economia holandesa, posto que a sobrevalorização cambial, fruto da renda gerada pela descoberta da reserva, implicou um declínio do setor manufatureiro e, conseqüentemente, desemprego e menores taxas de crescimento. Em suma, a condição econômica da Holanda piorou após a descoberta da reserva de gás, sendo esta situação paradoxal caracterizada como “doença holandesa”².

Muitos outros casos de “doença holandesa” foram, ao longo da história, identificados pela literatura econômica, sendo exemplos clássicos a Espanha do século XVI, cuja economia enfrentou sérios problemas com o grande influxo de ouro e prata proveniente das Américas, e a Austrália do século XIX, em que a descoberta do ouro gerou efeitos negativos na economia (Corden, 1984). Gelb (1988), uma das importantes referências desta literatura, analisou seis economias abundantes em petróleo, Venezuela, Argélia, Equador, Nigéria, Indonésia e Trinidad e Tobago, que padeceram, nos anos 1980, desta doença. Em termos bem gerais, a síndrome da “doença holandesa” está intrinsecamente relacionada aos impactos adversos provenientes das rendas econômicas geradas pela abundância de recursos naturais.

2. Alguns trabalhos tornaram-se clássicos a esse respeito: Corden e Neary (1982), Corden (1984) e Krugman (1987).

A produção de *commodities* produz, em linhas gerais, grandes rendas econômicas, que resultam no ingresso de considerável volume de moeda estrangeira no país, sendo este ingresso o principal responsável pela apreciação de sua taxa de câmbio, cuja consequência imediata é o aumento do preço dos bens não comercializáveis em relação ao dos comercializáveis. Esta situação torna não só muito difícil a exportação de *commodities* não relacionadas aos recursos naturais, como também extremamente desigual a competição com as importações de outras *commodities*. Além disso, as rendas econômicas provenientes da exportação de *commodities* podem ser usadas para a aquisição de bens comercializados no exterior em detrimento dos que são produzidos no mercado interno. Isto contribui para que os recursos do país, tais como mão-de-obra e materiais, sejam canalizados para o setor de recursos naturais, o que leva a uma elevação do preço destes recursos e, consequentemente, a um aumento dos custos para os produtores de outros setores. Em suma, há na prática o desestímulo para a diversificação da produção de outros bens comercializáveis na medida em que os estímulos são direcionados para a concentração, tanto da produção quanto da exportação, no recurso natural abundante.

Em função de suas características, a doença holandesa está associada a problemas e preocupações para as economias que padecem desse mal, sendo a diminuição do ritmo do crescimento econômico um deles. Especificamente nesse caso, duas hipóteses são destacadas por Barbier (2005): (a) o crescimento econômico dos países abundantes em recursos naturais será lento mesmo que não ocorra uma elevação repentina no preço das *commodities*; e (b) o crescimento dessas economias será igualmente lento, apesar do aumento no preço das *commodities*. No que tange à primeira hipótese, nas economias baseadas nos setores de recursos naturais, são reduzidos os setores de manufatura e de serviços, justamente os responsáveis por uma divisão do trabalho mais complexa e por inovações, portanto os mais dinâmicos e geradores de mais crescimento para toda a economia. Já em relação à segunda hipótese, a explicação está centrada no fato de que o aumento de preço das *commodities* ou do ganho inesperado dele decorrente levará inicialmente a um aumento do crescimento, mas isso será temporário. A consequência deste aumento de preço das *commodities* é a expansão do setor de recursos naturais e o desvio dos recursos econômicos dos setores mais dinâmicos, como é o caso do manufatureiro. O resultado deste processo é que a economia se tornará, no longo prazo, mais especializada na produção e exportação de recursos naturais e, portanto, poderá ter o seu potencial de crescimento econômico reduzido.

Um aspecto importante no debate sobre a maldição dos recursos naturais é a questão dos preços das *commodities*, no qual dois temas são dominantes: a sua tendência no longo prazo e a volatilidade deles. Em relação ao primeiro tema, um argumento extremamente influente, defendido por Raúl Prebisch (1949, 1984) e Hans Singer (1950), foi o de que havia significativa desigualdade entre os produtores e exportadores de bens manufaturados e os de bens primários, em que estes eram inferiores em relação aos primeiros na medida em que os preços das *commodities* mostravam, no longo prazo, uma tendência inexorável ao declínio, ao passo que os preços dos bens manufaturados apresentavam trajetória oposta. Nesse sentido, existia, aos olhos de ambos os autores, uma secular deterioração dos termos de troca em que a especialização na produção e exportação de produtos primários se constituía em uma verdadeira limitação para o processo de desenvolvimento das economias subdesenvolvidas e, ao mesmo tempo, a ratificação da continuidade do atraso econômico e social destes últimos países em relação às economias desenvolvidas, que tinham na industrialização o seu principal instrumento propulsor do crescimento econômico. Este argumento, conhecido na literatura como hipótese Prebisch-Singer, foi decisivo como justificativa teórica para a proposição de estratégias de desenvolvimento baseadas na substituição de importações e fundamentadas em políticas protecionistas, que foram amplamente adotadas, desde os anos 1950 até os 1980, em diversos países da América Latina, Ásia e África.

As evidências a respeito da existência ou não da tendência secular à deterioração dos termos de troca para os preços das *commodities* nos moldes defendidos por Prebisch e Singer são inconclusivas. De fato, existe uma diversidade de trabalhos com os mais variados resultados, ou seja, alguns autores encontraram suporte para a hipótese Prebisch-Singer (Grilli & Yang, 1988);

outros encontraram pouco suporte (Balagtas & Holt, 2009; Hadass & Williamson, 2003); outros ainda não encontraram evidência (Kellard & Wohar, 2006; Ocampo & Parra, 2003); e por fim existem aqueles que obtiveram resultados imprecisos (Cuddington, Ludema & Jayasuriya, 2007). Como bem ressalta Frankel (2010, p. 8), esta multiplicidade de resultados não é surpreendente na medida em que, “quando um preço real sofre grandes ciclos de dez anos em torno de uma tendência, as estimativas da tendência são muito sensíveis ao preciso período de tempo estudado”.

Independentemente do resultado, o ponto central não é a validade da hipótese Prebisch-Singer para os dias atuais. O que realmente importa é a sua concepção básica e original em que a estrutura econômica é relevante no desempenho econômico de um país. Nesse sentido, o futuro de uma economia em desenvolvimento está muito bem sintetizado nas palavras de Rodrik (2011, p. 156): “Você se torna o que produz. Este é o destino inevitável das nações. Especialize-se em *commodities* e matérias-primas e você ficará imobilizado na periferia da economia mundial. Você permanecerá refém das flutuações dos preços mundiais e sofrerá sob a regra de um pequeno grupo das elites nacionais. Se você puder direcionar a sua trajetória para as manufaturas e outros produtos comercializáveis modernos, você pode pavimentar o seu caminho para a convergência com os países ricos do mundo. Você terá maior habilidade para suportar as oscilações nos mercados mundiais e adquirirá instituições amplamente representativas que uma crescente classe média demanda ao invés daquelas repressivas que as elites necessitam para se esconder atrás”.

Os preços das *commodities* estão sujeitos a uma grande volatilidade, o que acaba por afetar, positiva ou negativamente, o orçamento dos países dependentes dos recursos naturais. Quando os seus preços sobem, o resultado natural é o aumento das receitas dos governos, que podem, de acordo com as suas prioridades, reduzir os seus déficits orçamentários ou mesmo ampliar os seus gastos pró-cíclicos. Por outro lado, quando os preços das *commodities* sofrem uma diminuição, a situação oposta ocorre e a consequência mais provável é a de um maior déficit orçamentário. Como se pode observar, a volatilidade dos preços das *commodities*, caso não seja devidamente enfrentada, pode gerar reais dificuldades para a gestão macroeconômica dos governos.

Um país, seja em função da doença holandesa ou mesmo da sua própria história, pode desenvolver elevados níveis de concentração da exportação, o que pode acarretar uma maior volatilidade dos preços das *commodities* de exportação e, conseqüentemente, aumento da volatilidade macroeconômica. É essa concentração ou, melhor dizendo, dependência de um produto de exportação, seja ele qual for, que torna o país vulnerável à volatilidade dos preços das *commodities*, principalmente quando eles sofrem acentuada queda no mercado internacional.

Existe uma significativa parte da literatura sobre a maldição dos recursos naturais que sublinha que este fenômeno não pode ser totalmente compreendido, e muito menos explicado, somente pelo viés econômico, ou seja, por meio da “doença holandesa”, dos preços das *commodities* etc. Nesse sentido, há a necessidade de incorporação de outros fatores analíticos, intrinsecamente relacionados às dimensões políticas, sociais e ambientais, de modo que uma explicação mais completa possa ser dada a este fenômeno.

Sobre as dimensões políticas, sociais e ambientais

Dentre estes diversos fatores, as instituições assumem um papel de destaque. Há uma robusta literatura que sublinha a importância das instituições no processo de desenvolvimento econômico, ressaltando que é a sua qualidade que determina o bom ou mau desempenho econômico das nações (North, 1990; Rodrik, 2007). Especificamente em relação à maldição dos recursos naturais, a explicação institucional reside principalmente na questão da qualidade das instituições. De fato, são os arranjos institucionais os responsáveis fundamentais pelos desempenhos econômicos bons ou ruins dos países detentores de abundantes recursos naturais, cujas economias podem ser afetadas negativamente quando as instituições são ruins e positivamente no caso de o país possuir boas instituições, sendo

Nigéria e Angola apresentados como exemplos de experiências negativas e Botswana como exemplo de experiência positiva (Mehlum, Moene & Torvik, 2006; Arezki & Ploeg, 2008; Ploeg, 2008; Torvik, 2009).

Dois outros fatores, que estão intrinsecamente relacionados à questão institucional, têm sido enfatizados pela literatura como sendo importantes para explicar o fenômeno da maldição dos recursos naturais. São eles o comportamento rentista dos agentes econômicos e a patronagem. No primeiro caso, o principal argumento de uma substancial literatura sobre modelos de *rent-seeking* aplicados à maldição dos recursos naturais (Baland & Francois, 2000; Torvik, 2002; Hodler, 2006; Wick & Bulte, 2006; Kolstad & Wiig, 2009) é o de que as elevadas rendas provenientes das vastas riquezas naturais podem ser apropriadas por poucos grupos interessados somente no seu enriquecimento pessoal, o que resulta na diminuição da renda para toda a sociedade.

Como as rendas econômicas advindas dos recursos naturais são, em geral, vultosas, há um perigo iminente, em função da grande tentação, de que elas sejam capturadas pelas elites desses países para benefício próprio ao invés de ser canalizadas para as atividades produtivas, o que, neste caso, favoreceria a sociedade como um todo. É bem verdade que existem diferenças significativas entre as receitas geradas pelos diferentes tipos de recursos naturais e, conseqüentemente, alguns deles, tais como o petróleo, têm uma maior propensão a estarem associados às práticas rentistas do que outros, principalmente as *commodities* agrícolas.

Outro comportamento problemático é o da patronagem, cuja forma de apropriação da renda proveniente dos recursos naturais gera impactos negativos para as economias ricas nesses recursos. As consideráveis somas investidas pelos governos em projetos de desenvolvimento tiveram, em muitos casos, resultados inexpressivos ao longo do tempo. A perplexidade diante do ocorrido gerou indagações. Uma resposta plausível é a de que o problema está na qualidade dos investimentos e não no volume de recursos investidos. Entretanto, outro importante aspecto deve ser levado em conta na explicação: a existência de um descompasso entre eficiência política e econômica. De fato, esses projetos, realizados com dinheiro público, podem ser politicamente importantes para os governos, por exemplo, manterem-se no poder, mas são economicamente improdutivos. Estes projetos improdutivos foram, na concepção de Robinson e Torvik (2005), considerados verdadeiros elefantes brancos, uma vez que eles são grandes, caros e ineficientes.

São as boas instituições, no entanto, com responsabilidade democrática, que podem não só limitar a extensão pela qual um governo assegura, via patronagem, o seu poder, mas principalmente minimizar os efeitos negativos deste tipo de comportamento disfuncional na economia (Robinson, Torvik & Verdier, 2006). Os impactos adversos gerados pelo comportamento rentista, igualmente considerado disfuncional, podem também ser reduzidos com boas instituições, uma vez que é a qualidade destas que, segundo Mehlum, Moene & Torvik (2006), determina se a abundância dos recursos naturais é uma benção ou uma maldição.

Se as substanciais rendas advindas da exploração dos recursos naturais aumentam a possibilidade de comportamentos disfuncionais, principalmente o rentista, elas também contribuem não só para o crescimento da corrupção (Leite & Weidmann, 1999; Ross, 2001; Arezki & Brückner, 2009; Bhattacharyya & Hodler, 2010; Brollo, Nannicini, Perotti & Tabellini, 2010), que é frequentemente considerada uma enfermidade séria naqueles países que dependem das indústrias extrativas como sua principal fonte de renda (UNCTAD, 2007), como também para o aumento do risco de conflitos (Ross, 2004a; Ross, 2004b; Collier & Hoeffler, 2005; Fearon, 2005; Brunnschweiler & Bulte, 2009). No que tange a este tema específico, a literatura, na verdade, aponta o mau desempenho econômico de países ricos em recursos naturais, tais como Angola, Congo e os países do Oriente Médio, como um dos principais fatores geradores de uma guerra civil (Hegre, Ellingsen, Gates & Gleditsch, 2001; Fearon & Laitin, 2003; Hegre & Sambanis, 2006), sendo obviamente esse péssimo desempenho

econômico consequência da dependência dos recursos naturais abundantes, o que significa dizer, por outras palavras, que a fartura em recursos naturais amplia consideravelmente o risco de conflitos.

Em função da debilidade de seus governos, do elevado grau de corrupção e da pouca responsabilidade existente, os países dependentes dos recursos naturais estão, segundo Ross (2004a), mais propensos ao surgimento de conflitos, os quais podem ser resolvidos via diplomacia, transparência e, sobretudo, democracia. Um aspecto importante é o fato de que o tipo de regime político assume particular relevância quando se trata da questão da “maldição” dos recursos naturais. Especificamente em relação ao petróleo, alguns estudos ressaltaram o caráter antidemocrático desta *commodity* na medida em que ela, em virtude da considerável riqueza produzida, inibia as transições democráticas em Estados autoritários (Ross, 2001; 2009) e, conseqüentemente, contribuía não só para um desempenho econômico deficiente destes países, como também para a eclosão de violentos conflitos ou, por outras palavras, para a consubstanciação da “maldição” dos recursos naturais (Humphreys, Sachs & Stiglitz, 2007).

Esse fenômeno acima descrito não é, contudo, observado em todos os países produtores de petróleo, uma vez que as rendas provenientes desta *commodity* não afetaram, conforme ressaltou o próprio Ross (2009), a democracia nos países latino-americanos, como é o caso da Venezuela e do Equador. Harber e Menaldo (2010; 2011), em estudos analíticos mais abrangentes, sublinham que não há evidência empírica de que a fartura de recursos naturais prejudique a democracia ou mesmo atrapalhe um processo de democratização, e ambos ainda acrescentam que alguns dos resultados obtidos sugerem que essa abundância de recursos naturais vem a ser, na verdade, uma benção para esses países.

Outro aspecto importante de ser ressaltado é o da ligação entre democracia e produção de *commodities*. Metcalf e Wolfram (2010) mostraram a existência de uma relação negativa entre a volatilidade de curto prazo na produção de petróleo e o grau de abertura política dos países, sendo os regimes democráticos aqueles que apresentaram níveis de volatilidade na produção de petróleo bem menores do que os dos regimes autocráticos.

Uma questão relevante para o debate acerca da “maldição” dos recursos naturais é a da educação. Nesse sentido, Gylfason (2001) ressaltou que os países com abundância em recursos naturais são negligentes com a educação, sendo este comportamento fruto da concepção de que são as riquezas provenientes dos recursos naturais, e não o capital humano, a principal alavanca para o seu progresso econômico. É interessante notar que Birdsall, Pinckney e Sabot (2001) reforçaram essa argumentação ao salientar que os países ricos em recursos naturais são aqueles que, na média, investem menos em educação do que os outros países.

A exploração dos recursos naturais inflige custos não somente ao meio ambiente, como também às comunidades locais circunvizinhas a este tipo de atividade econômica. De fato, ambas as dimensões, ambiental e social, são aspectos importantes da discussão sobre a “maldição” dos recursos naturais. No que tange especificamente à primeira dimensão, os impactos ambientais gerados pelas atividades econômicas baseadas nos recursos naturais estão associados ao tipo de atividade exercida, ao tipo de tecnologia, à escala de produção, à capacidade de gerenciamento das atividades, à localização dos projetos de exploração, à geologia da região, à estrutura de governança e à capacidade institucional dos governos.

Uma atividade tradicionalmente conhecida por gerar impactos ambientais adversos é a mineração. O desmatamento, a erosão do solo e a contaminação das águas superficiais e subterrâneas proveniente de resíduos tóxicos são, de fato, algumas das reconhecidas e fortes “pegadas” deixadas pelas indústrias extrativas (Liebenthal, Michelitsch & Tarazona, 2005). Apesar de a escala da extração influir decisivamente na grandeza do impacto causado, a mineração em pequena escala não pode ser desprezada, uma vez que ela produz significativos danos ambientais, tais como a contaminação de rios e peixes pelo vazamento de mercúrio, a desestabilização dos cursos d’água e

o assoreamento dos rios, além do desmatamento e da degradação do solo, que também são comuns na mineração em grande escala. Um aspecto importante de ser salientado na mineração artesanal é que ela está quase sempre fora do alcance das políticas públicas estaduais, sendo a falta de direitos de propriedade um fator que contribui decisivamente para a ocorrência de impactos ambientais adversos (Sinnott, Nash & De La Torre, 2010).

Tal como a mineração, a produção de petróleo também é uma atividade bastante conhecida pelos impactos ambientais negativos que gera, sendo o derramamento de óleo na água os mais frequentes e visíveis. Na realidade, esses impactos são graves na medida em que suas marcas perduram por um longo tempo (em geral, mais de vinte anos) e sua reversão é lenta e complexa, o que acaba por prejudicar seriamente as plantas e os animais afetados pelo contato com o petróleo cru. O desastre ambiental causado pelo vazamento da British Petroleum no Golfo do México, considerado o pior vazamento de petróleo da história dos Estados Unidos, em abril de 2010, é um exemplo recente e bastante ilustrativo, uma vez que a área afetada, mesmo após tanto tempo da ocorrência do acidente, ainda não foi totalmente limpa.

A agricultura também gera impactos ambientais negativos, que estão relacionados à perda da diversidade de espécies da fauna e da flora; à contaminação dos solos, ar, água, fauna e flora por uso de agrotóxicos e fertilizantes; à poluição do ar devido às queimadas; e à erosão, compactação, redução da fertilidade dos solos em virtude da salinização e desertificação das áreas. Entretanto, um aspecto de capital importância sublinhada pela literatura é o fato de os impactos ambientais adversos estarem diretamente relacionados à ação governamental, uma vez que as políticas públicas mal formuladas e implementadas acabam por estimular ou mesmo exacerbar a degradação ambiental. Na realidade, essas políticas públicas, por meio da concessão de subsídios inadequados e de incentivos creditícios e fiscais, contribuem não somente para a ineficiência econômica, mas também para uma maior destruição dos recursos naturais dos países (Strand & Mundaca, 2006; Deacon & Mueller, 2006; López, 2006). Além de todos esses aspectos, a fragilidade dos direitos de propriedade constitui-se também em importante fator para a degradação ambiental, sendo a Amazônia brasileira utilizada como um recorrente exemplo (Alston, Liebcap & Mueller, 1999; Deacon & Mueller, 2006).

Muito embora toda generalização seja arriscada e, ao mesmo tempo, difícil de ser feita, posto que os resultados certamente variam de país para país, é possível afirmar que os setores baseados em recursos naturais produzem impactos sociais negativos, estando esta variação de resultados diretamente relacionada a alguns fatores, tais como uma pobre governança, uma debilitada capacidade institucional e determinadas especificidades das próprias atividades econômicas (petróleo, mineração, agricultura etc.) centradas nos recursos naturais.

A mineração e a exploração de petróleo são atividades que têm um reconhecido potencial gerador de impactos sociais adversos, tais como a saúde e a segurança dos trabalhadores e das populações da região; o reassentamento das populações locais, incluindo as populações indígenas; o intenso fluxo migratório para as cidades circunvizinhas aos projetos industriais; e a perda da terra e dos meios de vida dos habitantes da região. Todos esses exemplos são fontes de tensões e intensos conflitos sociais em que os direitos humanos muitas vezes não são respeitados e que são exacerbados pela ausência ou fragilidade dos governos nos seus diferentes níveis, sendo a falta de capacidade de gestão e negociação de suas autoridades um sério problema adicional.

Um aspecto que assume particular importância é a aquisição de terras. De fato, a terra é um meio de vida essencial para muitas comunidades locais, especialmente para aquelas que vivem em áreas mais remotas. Ao serem afetados pelos projetos de desenvolvimento, esses camponeses têm as suas terras compradas, mas não conseguem, em geral, outra possibilidade de sustento, o que os torna trabalhadores rurais sem terra. A aquisição de terras torna-se ainda mais difícil em função de dois outros aspectos: a existência de conflitos fundiários não resolvidos e a inexistência de direitos de propriedade, os quais estão relacionados com a necessidade da presença do Estado. Na realidade, as políticas governamentais e as instituições são elementos primordiais para assegurar os ganhos do desenvolvimento sustentável provenientes das atividades extrativas para a região.

Considerações finais

Torna-se importante frisar que a discussão sobre a “maldição dos recursos naturais” permanece inconclusa. De fato, Sinnott, Nash e De La Torre (2010) ressaltam que não há consenso acerca da existência da “maldição” na medida em que não há como afirmar, em virtude dos indicadores utilizados nos trabalhos empíricos que dão suporte a este fenômeno, que os países não cresceram porque são dependentes de *commodities* ou se a sua dependência de *commodities* os impediu de crescer em outros setores. Nesse sentido, existe uma crescente literatura (Maloney, 2007; Sala-i-Martin & Subramanian, 2003; Stijns, 2005; Lederman & Maloney, 2007; Brunnschweiler, 2008; Brunnschweiler & Bulte, 2008; Alexeev & Conrad, 2009) que mostra claramente que os resultados sobre a “maldição” estão, para dizer o mínimo, bastante longe de serem universais.

Dentro deste segmento da literatura, Botsuana é frequentemente citado como um exemplo clássico de sucesso econômico (Sarraf & Jiwanji, 2001; Acemoglu, Johnson & Robinson, 2001; Bryan & Hofmann, 2007; Corrêa & Lima, 2010). Embora seja tão dependente de recursos naturais quanto os demais países da África, Botsuana, diferentemente de seus vizinhos de continente, tem sido bem-sucedido no uso das rendas geradas pela exploração das suas substanciais reservas de diamantes na medida em que elas têm sido utilizadas para fomentar o seu desenvolvimento econômico, sendo que este sucesso tornou possível, pelo menos aparentemente, a sua libertação de um destino que parecia ser fatídico: a “maldição dos recursos naturais”.

O caso de Botsuana é extremamente ilustrativo não só pelo fato de se ficar demonstrado que os recursos naturais não são nenhuma espécie de maldição para os países detentores dessas riquezas, mas principalmente porque essa história de sucesso, na qual a riqueza em *commodities* não compromete o crescimento econômico do país, está baseada em alguns elementos-chave: a qualidade da gestão dos recursos naturais e boas instituições. Embora não haja consenso a respeito, o ponto central é que se a “maldição dos recursos naturais” existir, ela não é nem intransponível e muito menos inevitável. Entretanto, as preocupações com a gestão dos recursos naturais e com os aspectos institucionais são pertinentes na medida em que eles podem realmente comprometer as possibilidades futuras de desenvolvimento econômico dos países abundantes em ativos ambientais.

Referências

- Acemoglu, D.; Johnson, S.; Robinson, J. A. (2001). An african success story: Botswana. In: Rodrik, D. (Ed.) *In search of prosperity: analytic narratives on economic growth*. Princeton: Princeton University Press, p. 1-53.
- Alexeev, M.; Conrad, R. (2009). The elusive curse of oil. *Review of Economics and Statistics*, 91(3):586-598.
- Alston, L.; Liebcap, G.; Mueller, B. (1999). *Titles, conflict and land use: the development of property rights and land reform on the brazilian amazon frontier*. Ann Arbor: The University of Michigan Press.
- Arezki, R.; Brückner, M. (2009). Oil rents, corruption, and state stability: evidence from panel data regressions. *IMF Working Paper*, n. 09/267.
- Arezki, R.; Ploeg, F. Van Der (2008). Can the natural resources be turned into a blessing? The role of trade policies and institutions. *OxCarre Research Paper*, 2008-01, University of Oxford.
- Auty, R. M. (1993). *Sustaining development in mineral economies: the resource curse thesis*. New York: Oxford University Press.
- Auty, R. M. (2001). The political economy of resource-driven growth. *European Economic Review*, v. 45, p. 839-846.
- Auty, R. M. (2004). *Resource abundance and economic development*. Oxford: Oxford University Press.

- Balagtas, J.; Holt, M. (2009). The commodity terms of trade, unit roots and nonlinear alternatives: a smooth transition approach. *American Journal of Agricultural Economics*, 91(1):87-105.
- Baland, J. M.; Francois, P. (2000). Rent-seeking and resource booms. *Journal of Development Economics*, v. 61, p. 527-542.
- Barbier, E. B. (2005). *Natural resources and economic development*. New York: Cambridge University Press.
- Bhattacharyya, S.; Hodler, R. (2010). Natural resources, democracy and corruption. *European Economic Review*, 54(4):608-621.
- Birdsall, N.; Pinckney, T.; Sabot, R. (2001). Natural resources, human capital, and growth. In: Auty, R. M. (Ed.) *Resource abundance and economic growth*. New York: Oxford University Press, p. 57-75.
- Brollo, F.; Nannicini, T.; Perotti, R.; Tabellini (2010). The political resource curse. Cambridge: NBER, Working Paper, 15705.
- Brunnschweiler, C. N. (2008). Cursing the blessing? Natural resource abundance, institutions, and economic growth. *World Development*, 36(3):399-419.
- Brunnschweiler, C. N.; Bulte, E. H. (2008). The resource curse revisited and revised: a tale of paradoxes and red herrings. *Journal of Environmental Economics and Management*, v. 55, p. 248-264.
- Brunnschweiler, C. N.; Bulte, E. H. (2009). Natural resources and violent conflict: resource abundance, dependence, and the onset of civil wars. *Oxford Economic Papers*, v. 61, p. 651-674.
- Bryan, S.; Hofmann, B. (2007). *Transparency and accountability in Africa's extractive industries: the role of legislature*. Washington, D.C.: The National Democratic Institute for International Affairs.
- Collier, P.; Hoeffler, A. (2005). Resource rents, governance, and conflict. *Journal of Conflict Resolution*, 49(4):625-633.
- Corden, W. M.; Neary, J. P. (1982). Booming sector and de-industrialization in a small open economy. *The Economic Journal*, 92, p. 829-831.
- Corden, W. M. (1984). Booming sector and dutch disease economics: survey and consolidation. *Oxford Economic Papers*, 36, p. 359-380.
- Corrêa, D.; Lima, G. T. (2010). Crescimento econômico impulsionado por recursos naturais: uma nota sobre a experiência de Botsuana. *Revista de Economia Política*, 30(2):329-339.
- Cuddington, J.; Ludema, R.; Jayasuriya, S. (2007). Prebisch-Singer redux. In: Lederman, D.; Maloney, W. F. (Eds.) *Natural resources: neither curse nor destiny*. Washington, D.C.: The World Bank, p. 103-140.
- Deacon, R. T.; Mueller, B. (2006). Political economy and natural resources use. In: López, R.; Toman, M. A. (Eds.) *Economic development & environmental sustainability*. Oxford: Oxford University Press, p. 122-153.
- Dunning, T. (2005). Resource dependence, economic performance, and political stability. *The Journal of Conflict Resolution*, 49(4):451-482.
- Fearon, J. D.; Laitin, D. D. (2003). Ethnicity, insurgency, and civil war. *American Political Science Review*, 97(1):75-90.
- Fearon, J. D. (2005). Primary commodity export and civil war. *Journal of Conflict Resolution*, 49(4):483-507.
- Frankel, J. A. (2010). The natural resource curse: a survey. Cambridge, Massachusetts: NBER, Working Paper, 15836.
- Gelb, A. H. (1988). *Oil windfalls: blessing or curse?* Washington, D.C.: The World Bank.
- Grilli, E.; Yang, M. C. (1988). Primary commodity prices, manufactured goods prices, and the terms

- of trade of developing countries: what the long run shows. *World Bank Economic Review*, 2(1):1-47.
- Gylfason, T. (2001). Natural resources, education and economic development. *European Economic Review*, v. 45, p. 847-859.
- Hadass, Y.; Williamson, J. (2003). Terms of trade shocks and economic performance 1870-1940: Prebisch and Singer revisited. *Economic Development and Cultural Change*, 51(3):629-656.
- Harber, S.; Menaldo, V. (2010). Natural resources in Latin America: neither curse nor blessing. In: *Oxford Handbook of Latin American Political Economy*, available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1625504>.
- Harber, S.; Menaldo, V. (2011). Do natural resources fuel authoritarianism? A reappraisal of the resource curse. *American Political Science Review*, 15(1):1-26.
- Hegre, H.; Ellingsen, T.; Gates, S.; Gleditsch, N. P. (2001). Towards a democratic civil peace? Democracy, political change, and civil war, 1816–1992. *American Political Science Review*, 95(1):3-48.
- Hegre, H.; Sambanis, N. (2006). Sensitivity analysis of empirical results on civil war onset. *Journal of Conflict Resolution*, 50(4):508-535.
- Hodler, R. (2006). The curse of natural resources in fractionalized countries. *European Economic Review*, 50, p. 1367-1386.
- Humphreys, M.; Sachs, J. D.; Stiglitz, J. E. (2007). *Escaping the resource curse*. New York: Columbia University Press.
- Karl, T. L. (1997). *The paradox of plenty: oil booms and petro-states*. Berkeley: University of California Press.
- Kellard, N.; Wohar, M. (2006). On the prevalence of trends in primary commodity prices. *Journal of Development Economics*, 79(1):146-167.
- Kolstad, I.; Wiig, A. (2009). It's the rents, stupid! The political economy of the resource curse. *Energy Policy*, 37, p. 5317-5325.
- Krugman, P. (1987). The narrow moving band, the dutch disease, and the competitive consequences of Mrs. Thatcher. *Journal of Development Economics*, v. 37, p. 41-55.
- Lederman, D.; Maloney, W. F. (Eds.) (2007). *Natural resources: neither curse nor destiny*. Washington, D.C.: The World Bank.
- Leite, C.; Weidmann, J. (1999). Does mother nature corrupt? Natural resources, corruption, and economic growth. *IMF Working Paper*, n. 99/85.
- Liebenthal, A.; Michelitsch, R.; Tarazona, E. (2005). *Extractive industries and sustainable development: an evaluation of World Bank Group experience*. Washington, D.C.: The World Bank.
- López, R. (2006). Structural adjustment and sustainable development. In: López, R.; Toman, M. A. (Eds.) *Economic development & environmental sustainability*. Oxford: Oxford University Press, p. 154-177.
- Maloney, W.F. (2007). Missed opportunities: innovation and resource-based growth in Latin America. In: Lederman, D.; Maloney, W. F. (Eds.) *Natural resources: neither curse nor destiny*. Washington, D.C.: The World Bank, p. 141-182.
- Mehlum, H.; Moene, K.; Torvik, R. (2006). Institutions and the resource curse. *Economic Journal*, 116, p. 1-20.
- Metcalf, G. E.; Wolfram, C. (2010). Cursed resources? Political conditions and oil market outcomes. Cambridge: NBER, Working Paper, 16614.
- North, D. C. (1990). *Institutions, institutional change and economic performance*. New York: Cambridge University Press.
- Ocampo, J. A.; Parrra, M. A. (2003). Los términos de intercambio de los productos básicos en el

siglo XX. *Revista de la CEPAL*, n. 79, abr., p. 7-35.

Ploeg, F. Van Der (2008). Africa and natural resources: managing natural resources for sustainable development. *OxCarre Policy Paper*, 2008-01, University of Oxford.

Prebisch, R. (1949). O desenvolvimento econômico da América Latina e alguns de seus problemas principais. In: Bielschowsky, R. (Org.) *Cinquenta anos de pensamento na Cepal*. Rio de Janeiro: Record, 2000, p. 69-136.

Prebisch, R. (1984). Five stages in my thinking on development. In: Meier, G. M.; Seers, D. (Eds.) *Pioneers in development*. New York: Oxford University Press, p. 173-191.

Robinson, J. A.; Torvik, R. (2005). White elephants. *Journal of Public Economics*, 89, p. 197-210.

Robinson, J. A.; Torvik, R.; Verdier, T. (2006). The political foundations of the resource curse. *Journal of Development Economics*, 79, p. 447-468.

Rodrik, D. (2007). *One economics, many recipes: globalization, institutions and economic growth*. Princeton: Princeton University Press.

Rodrik, D. (2011). *The globalization paradox: democracy and the future of the world economy*. New York: W. W. Norton.

Ross, M. L. (1999). The political economy of the resource curse. *World Politics*, 51(2):297-322.

Ross, M. L. (2001). Does oil hinder democracy? *World Politics*, 53, p. 325-361.

Ross, M. L. (2004a). What do we know about natural resources and civil war? *Journal of Peace Research*, 41(3):337-356.

Ross, M. L. (2004b). How do natural resources influence civil war? Evidence from thirteen cases. *International Organization*, 58, p. 35-67.

Ross, M. L. (2009). *Oil and democracy revisited*. Department of Political Science, University of California - UCLA, Los Angeles, Working Paper available at <http://www.sscnet.ucla.edu/polisci/faculty/ross/workingpapers.html>.

Sachs, J. D.; Warner, A. M. (1995). Natural resource abundance and economic growth. Cambridge: *NBER, Working Paper*, 5398.

Sachs, J. D.; Warner, A. M. (1999). The big push, natural resource booms and growth. *Journal of Development Economics*, v. 59, p. 43-76.

Sachs, J. D.; Warner, A. M. (2001). The curse of natural resources. *European Economic Review*, v. 45, p. 827-838.

Sala-I-Martin, X.; Subramanian, A. (2003). Addressing the natural resource curse: an illustration from Nigeria. Cambridge: *NBER, Working Paper*, 9804.

Sarraf, M.; Jiwaji, M. (2001). Beating the resource curse: the case of Botswana. *Environment Department Working Paper*, 83 (Environmental Economics Series). Washington, D.C.: The World Bank.

Singer, H. (1950). U.S. foreign investment in underdeveloped areas: the distribution of gains between investing and borrowing countries. *American Economic Review, Papers and Proceedings*, n. 40, may, p. 473-485.

Sinnott, E.; Nash, J.; De La Torre, E. (2010). *Recursos naturais na América Latina: indo além das altas e baixas*. Rio de Janeiro: Elsevier; Washington, D.C.: Banco Mundial.

Smith, A. (1776). *An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations*. Indianapolis: Liberty Fund, 1981.

Stijns, J-P. (2005). Natural resource abundance and economic growth revisited. *Resources Policy*, v. 30, p. 107-130.

Strand, J.; Mundaca, B. G. (2006). Impacts of macroeconomic policies on the environment, natural resources, and welfare in developing countries. In: López, R.; Toman, M. A. (Eds.) *Economic development & environmental sustainability*. Oxford: Oxford University Press, p. 90-121.

The Economist (1977). *The dutch disease*. Nov. 28, p. 82-83.

Torvik, R. (2002). Natural resources, rent seeking and welfare. *Journal of Development Economics*, v. 67, p. 455-470.

Torvik, R. (2009). Why do some resource-abundant countries succeed while others do not? *Oxford Review of Economic Policy*, 25(2):241-256.

Unctad (2007). *World investment report 2007: transnational corporations, extractive industries and development*. New York and Geneva: United Nations.

Wick, K.; Bulte, E. (2006). Contesting resources - rent seeking, conflict and the natural resource curse. *Public Choice*, 128, p. 457-476.

II

A Construção de Vantagens Competitivas Dinâmicas a partir das Commodities

João Carlos Ferraz*

Felipe Silveira Marques*

Introdução

O papel e a importância relativa das *commodities* na estrutura produtiva de um país constituem assunto recorrente no debate sobre desenvolvimento econômico. Da deterioração dos termos de troca (Prebisch, 1949) à possibilidade de especialização excessiva trazida pelo sucesso exportador e valorização do câmbio conhecida como “doença holandesa” (Torvik, 2001), muito já se discutiu sobre os dilemas do crescimento puxado pelas *commodities*¹. Entre outros, há o risco de que as indústrias de *commodities* constituam verdadeiros enclaves com pouca articulação com o restante da estrutura produtiva.

Para o caso brasileiro, no entanto, em que pese a grande participação dos produtos intensivos em recursos naturais na produção industrial e na pauta de exportação, é necessário levar em consideração o nível de diversificação da estrutura industrial já alcançado e o porte da economia brasileira. Neste contexto, o país enveredar em uma trajetória de desenvolvimento que o torne especializado em um pequeno leque de produtos significaria mudanças estruturais em proporções, talvez, impensáveis.

Mas o debate sobre o tema pouco considera que a concorrência e o progresso técnico vêm modificando a economia de *commodities*, ampliando o espaço de geração de inovações e externalidades para as atividades produtivas internas às empresas, principalmente em tecnologias de processo, e em toda a cadeia econômica e de conhecimentos a ela associada. Além disto, a história demonstra a inexistência de determinismo entre disponibilidade de recursos naturais e especialização excessiva, sendo os Estados Unidos, talvez, o melhor exemplo de país que soube explorar sua produção de *commodities* para se tornar uma economia líder em conhecimento (Wright & Czelusta, 2007). No caso específico das exportações de *commodities*, Rocha (2010) demonstra, a partir de informações sobre 74 países, que as externalidades aí geradas são semelhantes àquelas com origem em exportações de manufaturados.

Nesse quadro, e partindo da constatação que o Brasil já consolidou vantagens competitivas de custo, este capítulo propõe a necessidade de o país avançar na direção da construção de vantagens

* Economistas do BNDES.

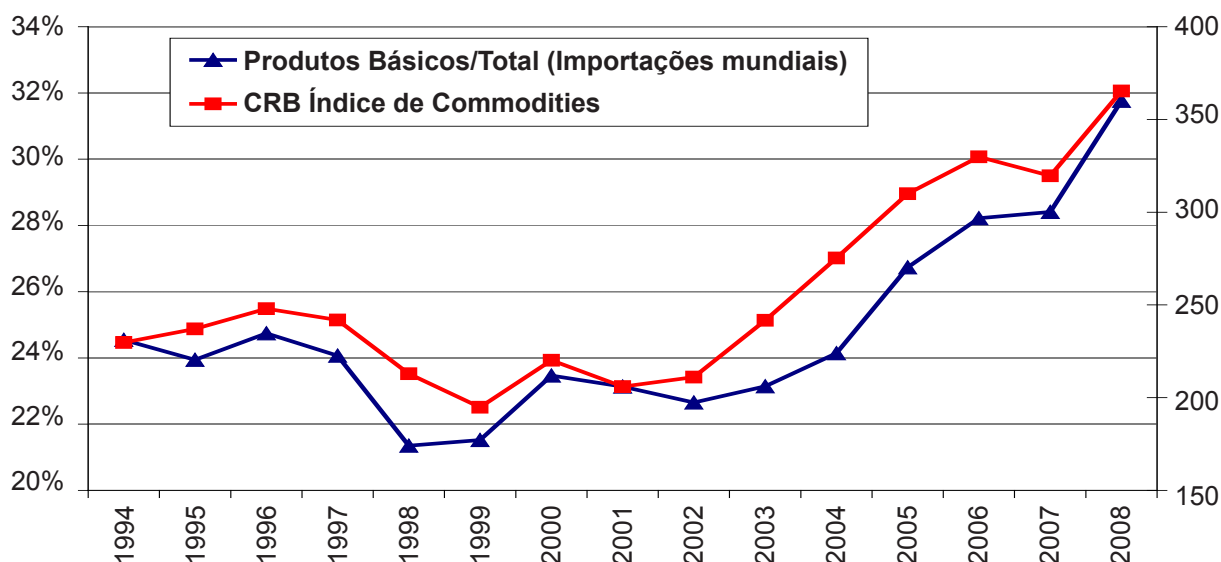
1. Rocha (2010) apresenta e discute a literatura tradicional que trata da relação entre recursos naturais e crescimento. Esta literatura aponta quatro principais canais de transmissão para a relação abundância de recursos naturais/baixo crescimento econômico: sobrevalorização do câmbio, instituições fracas, baixo investimento em educação e especialização excessiva das exportações.

competitivas dinâmicas nos setores *commodities*. Ele conta, além dessa introdução, com quatro seções, que abordam a trajetória internacional e brasileira recente, os desafios empresariais brasileiros, o papel da política pública e as conclusões. Um alerta muito importante: não faz parte do escopo deste capítulo discutir as fortalezas e debilidades do restante da estrutura produtiva do Brasil, em particular das atividades econômicas denominadas de média ou alta tecnologia, definidas em função da intensidade relativa do dispêndio em pesquisa e desenvolvimento (P&D) sobre vendas, conforme referenciado na evidência dos países da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE).

A trajetória recente das exportações e importações: mundo e Brasil

Contrariando as previsões de Prebisch, as *commodities*, desde o início dos anos 2000, vêm passando por uma fase de termos de troca bastante positiva (Gráfico 1). A participação dos produtos básicos no comércio internacional é crescente, puxada principalmente pela demanda asiática.

Gráfico 1. Participação dos produtos básicos (agro + minerais + petróleo) no comércio mundial (%) – 1994-2008



Fonte: OMC.

O continente asiático aumentou em 6,9 p.p. sua participação na importação de produtos básicos entre 1998 e 2008, e 7,2 p.p. nas exportações de manufaturados (Tabela 1). Essas importações de *commodities* transformam-se em boa parte em manufaturados exportados para outros países. Muitos analistas acreditam que este processo ainda tende a continuar nos próximos anos, o que resultaria em um quadro de preços de *commodities* elevados.

Tabela 1. Participação da Ásia no comércio mundial de bens (%) – 1998 e 2008

| Discriminação | | 1998 | 2008 | Variação (em p.p.) |
|------------------|-------------|-------|-------|--------------------|
| Produtos Básicos | Importações | 23,2% | 30,1% | 6,9 |
| | Exportações | 12,3% | 12,3% | 0,0 |
| Manufatura | Importações | 17,8% | 22,4% | 4,6 |
| | Exportações | 26,3% | 33,5% | 7,2 |

Fonte: OMC.

O Brasil há muito destaca-se como produtor competitivo de *commodities*. O país lidera ou se encontra entre os cinco maiores exportadores para uma série de produtos, como carnes, minério de ferro, açúcar e celulose. Mais importante: embora o país apresente, desde há muito tempo, escalas técnicas de produção muito eficientes, só recentemente – mas com velocidade – tem se ampliado o porte das empresas envolvidas, aproximando-as de seus (melhores) pares internacionais.

Tabela 2. Participação do Brasil nas exportações mundiais de commodities selecionadas – 2008

| Produtos | Exportações 2008 | | |
|---------------------------------|------------------|------|---------|
| | US\$ bi | % | Posição |
| Carnes (bovina, suína e frango) | 14,3 | 12,6 | 1 |
| Açúcar | 5,5 | 22,9 | 1 |
| Café | 4,8 | 17,7 | 1 |
| Tabaco | 2,7 | 26,4 | 1 |
| Algodão | 0,7 | 5,3 | 4 |
| Minério de ferro | 16,5 | 25,2 | 2 |
| Celulose e pasta de papel | 3,9 | 8,2 | 3 |
| Alumínio | 1,8 | 12,2 | 2 |

Fonte: ONU (2009).

A indústria intensiva em recursos naturais vem ganhando participação na pauta de exportações brasileira. Enquanto outros setores reduziram seu coeficiente de exportação no contexto de apreciação cambial, as *commodities* elevaram a parcela da produção destinada ao exterior. Nas importações, por sua vez, as intensivas em recursos naturais mantiveram coeficientes similares, enquanto as demais indústrias aumentaram a proporção de aquisição de produtos e insumos estrangeiros.

Tabela 3. Brasil - Indústria: coeficientes de importação e exportação (%)* – 1997-2009

| | 1997-1998 | 1999-2003 | 2004-2006 | 2007-2008 | 2009 |
|---|--------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------|------------------------------------|
| | Câmbio fixo | Câmbio real depreciado | Apreciação do câmbio real | | Crise Econômica recuperação |
| Crescimento médio anual da Prod. Ind. Geral | -2,1% | 2,1% | 4,8% | 6,1% | -6,8% |
| Coefficiente de Importação | | | | | |
| Intensiva em recursos Naturais | 18,8 | 20,6 | 22,1 | 23,8 | 23,0 |
| Intensiva em Trabalho | 5,9 | 4,6 | 6,0 | 10,4 | 11,1 |
| Intensiva em Escala | 12,6 | 12,1 | 13,4 | 16,7 | 17,2 |
| Int. em Engenharia e Tecnologia | 36,0 | 35,0 | 36,7 | 44,9 | 44,0 |
| Total na Indústria | 16,4 | 15,0 | 15,8 | 19,8 | 19,5 |
| Coefficiente de Exportação | | | | | |
| Intensiva em recursos Naturais | 17,4 | 21,0 | 27,4 | 30,5 | 29,3 |
| Intensiva em Trabalho | 8,9 | 11,6 | 17,4 | 16,8 | 13,9 |
| Intensiva em Escala | 12,6 | 14,2 | 18,4 | 17,7 | 15,1 |
| Int. em Engenharia e Tecnologia | 23,2 | 24,2 | 25,0 | 25,5 | 18,0 |
| Total da Indústria | 12,7 | 15,7 | 22,1 | 22,6 | 19,9 |

* Coef. Importação (M) = M/Consumo aparente; Coef. Exportação (X) = X/Produção local.

Fonte: IBGE, Secex, Funcex e Bacen. Elaboração: APE/BNDES.

Desde a perspectiva do investimento, as expectativas para o período 2011-2014 são positivas. Segundo planos de investimento de um painel de empresas monitorado pelo BNDES, o investimento deve crescer – nos próximos quatro anos – quase 10% ao ano. As indústrias de *commodities*, em particular, mantêm planos de expansão significativos, sendo o segmento de petróleo e gás responsável por mais de 60% do montante total. Grande parte destes investimentos refere-se a instalações industriais complexas – como plataformas de exploração de petróleo – que demandam tecnologias, bens e serviços de uma ampla diversidade de setores como metal-mecânica, serviços de engenharia e tecnologias de informação e comunicação. Esta base de investimentos pode, portanto, alavancar a consolidação e a construção de novas competências no país, gerando negócios em atividades relacionadas e não relacionadas às *commodities*.

Tabela 4. Perspectivas para o investimento na indústria – 2011-2014

| Setores | Valores (bilhão) | | Crescimento | |
|---------------------|------------------|-----------|--------------------|-------------------|
| | 2006-2009 | 2011-2014 | % 2011-14/06-09 | % aa 2011-2014 |
| Petróleo e Gás | 205 | 378 | 84 | 13,0 |
| Extrativa Mineral | 60 | 62 | 4 | 0,9 |
| Siderurgia | 28 | 33 | 17 | 3,2 |
| Química | 22 | 40 | 78 | 3,2 |
| Papel e Celulose | 18 | 28 | 52 | 8,7 |
| Veículos | 25 | 33 | 31 | 5,6 |
| Eletroeletrônica | 20 | 29 | 48 | 8,2 |
| Têxtil e Confecções | 9 | 12 | 39 | 6,8 |
| Indústria* | 387 | 614 | 59 | 9,7 |

* Os setores contemplados representam 60% do investimento da indústria brasileira.

Fonte: BNDES-GT Investimento.

As oportunidades colocadas por um contexto internacional de manutenção de termos de troca favoráveis podem e devem ser aproveitadas sem se descuidar, no entanto, da possibilidade de geração de competências internas às empresas e de externalidades para o tecido econômico, como forma de evitar uma possível especialização excessiva da economia. O desafio brasileiro é construir, a partir dessa base de recursos naturais, uma diversificação produtiva, tecnológica e de serviços mais ampla e não enclaves produtivos voltados para o exterior. O país conta com importantes ativos para concretizar esse processo, em especial uma base empresarial forte, mas que deve estar atenta a desafios importantes para manter suas vantagens competitivas reveladas.

Os desafios empresariais

Ao longo dos últimos vinte anos, o Brasil conseguiu construir empresas de *commodities* de porte global, como Petrobras, Vale, JBS e Marfrig, Fibria e Suzano, entre outras. Estas construíram competências a partir do acesso privilegiado não só a matéria-prima, mas a uma série de ativos complementares, como energia, logística e financiamento. Desenvolver a capacidade de inovação nessas empresas e ativar a cadeia de conhecimentos, tecnologias, bens e serviços a elas associados – bens de capital mecânicos e eletrônicos, serviços de engenharia, biotecnologia, tecnologias de informação e comunicação – possibilitarão a construção de vantagens dinâmicas. Estas, por sua vez, sustentarão crescimento, sólidas posições competitivas e o espraiamento da riqueza e das competências aí geradas para o tecido econômico nacional.

Três trajetórias competitivas devem ser perseguidas: a consolidação da posição de liderança internacional; a inovação, a diversificação produtiva e o adensamento de cadeias; e a responsabilidade socioambiental.

Internacionalização

As plantas das indústrias de *commodities* brasileiras desde muito apresentam porte eficiente em termos globais. A novidade recente é o crescimento dos grupos econômicos atuantes nesses setores, que vêm ampliando sua presença no exterior e alcançando porte empresarial à altura dos principais competidores internacionais.

Esse aumento de porte resultou de esforços de empreendedores com visão estratégica global, mas ancorados em práticas eficientes de gestão, produção, logística e vendas. Entre 2007 e 2010, esta postura foi muito importante para resistir à crise global e ocupar espaços quando seus competidores estavam em posição mais debilitada. Até o momento, o movimento de crescimento internacional dos grupos brasileiros foi na direção de novos mercados geográficos, em atividades econômicas similares. Poucos deles se moveram para aquisições que os levariam à verticalização para frente ou para novos segmentos de mercado. Já no mercado interno, assiste-se, em contrapartida, a entrada de grupos estrangeiros em segmentos até recentemente dominados quase que exclusivamente por empresas de capital brasileiro, como no segmento de açúcar e álcool.

No âmbito de suas atividades externas, os desafios que as empresas brasileiras enfrentam são lograr e estabelecer uma cultura de empresas transnacionais, o que demanda o desenvolvimento de gestores com visão internacionalizada dos negócios. Ainda mais importante, os controladores das empresas devem entender e saber operar em mercados de capitais diversos, desenvolver estratégias corporativas fortemente ancoradas em melhores práticas de governança e responsabilidade socioambiental e desenvolver estratégias nas quais questões de cunho geopolítico ocupam lugar central. Estes são alguns dos ingredientes que tornarão estas empresas consolidadoras e não alvos de aquisição no futuro.

A referência de crescimento destas empresas é o mercado global, apesar de que o mercado interno é e continuará, sem dúvida, como elemento de base para a sustentação de sua capacidade competitiva, principalmente no que se refere a competências empresariais e cadeias de valor.

Inovação, diversificação e cadeias produtivas

As vantagens competitivas já conquistadas por essas empresas, seu processo de crescimento recente e a dinâmica do progresso técnico abrem pelo menos quatro novos espaços de acumulação promissores: investimentos em atividades econômicas correlatas (como, por exemplo, em infraestruturas), inovações de processo, diversificação para novos negócios e adensamento de cadeias produtivas e tecnológicas.

Em primeiro lugar, está a participação em negócios de infraestrutura por empresas de *commodities*. A infraestrutura para essas empresas é fonte relevante de vantagens de custo: a logística de transportes – ferrovias e navegação – e o setor de energia constituem segmentos nos quais, quase que naturalmente, as empresas de *commodities* se vêem envolvidas, destinando recursos substanciais. A declarada eficiência e o baixo custo das ferrovias operadas pela Vale, no Sudeste e no Norte do país, são o melhor exemplo não só do envolvimento de uma empresa de *commodities*, mas como estas aplicam a mesma lógica da concorrência em seu segmento principal – a busca incessante de redução de custos – para atividades correlatas. Em alguns casos, pode-se chegar ao extremo em que as atividades associadas à infraestrutura chegam a se transformar no principal núcleo de acumulação da empresa.

Em segundo lugar, e diretamente associado à natureza da maioria das produtoras de *commodities*, estão as inovações de processo. Estas podem ter caráter incremental – a busca de eficiência energética, por exemplo – ou radical – novas soluções que, em geral, buscam eliminar etapas do processo produtivo ou a introdução de novas fontes de matéria-prima. Os esforços empresariais possíveis são de natureza distinta, dependendo do desafio tecnológico a ser enfrentado. Pelo menos dois tipos de investimentos podem ser necessários: em tecnologias de alta densidade de conhecimento, associadas à biotecnologia, química fina, mecânica ou novos materiais; e em plantas-piloto para o desenvolvimento de novos processos até a planta de demonstração comercial.

Estes dois tipos de iniciativas implicam alocação de recursos e esforços em âmbitos não usuais para empresas de *commodities* que até recentemente têm sido usuárias relativamente passivas de inovações geradas fora de seu setor. Os fatores-chave de sucesso em iniciativas desta natureza são estruturalmente distintos da atividade econômica corrente: não se trata de valorizar competências envolvidas em operar grandes quantidades homogêneas de produtos de baixo valor unitário, mas aquelas nas quais se valorizam redes internas e externas à empresa, envolvendo pessoas que trabalham com conhecimento abstrato, nas quais acerto e erro são partes da rotina do negócio e onde pequenas quantidades de alto valor unitário têm bastante relevância. Em resumo, as empresas devem incorporar a cultura do investimento de risco, de retorno incerto, para além da pesquisa geológica, propriamente dita.

Em terceiro lugar, estão as oportunidades de diversificação para novos negócios. Estas podem surgir dos investimentos em inovação, acima descritos, como podem ser derivados da percepção dos empreendedores quanto a novos espaços a ocupar. No primeiro caso, o principal desafio é desenvolver modelos de negócio que são estruturalmente distintos do modelo de negócio típico da produção de *commodities*, nos quais a busca permanente por reduções de custo ocupa grande parte das preocupações dos gestores. O surgimento de oportunidades de diversificação não relacionada pode implicar modelos de negócio nos quais o fator de competitividade “diferenciação” se torne central. Estes são negócios de altos riscos, mas também de altos retornos associados a uma inovação bem-sucedida. Isto significa valorizar ativos de natureza intangível: relacionamento com centros de pesquisa e outros fornecedores de soluções tecnológicas; esforços de venda onde marca e assistência técnica tornam-se relevantes. É muito provável que os empreendedores associados a estas iniciativas abram novas unidades de negócio onde possa se desenvolver uma cultura empresarial de natureza distinta à unidade de negócio de *commodities*.

Em quarto lugar está a relação da empresa de *commodities* com a cadeia de fornecedores de tecnologias, bens e serviços a ela associada. Esta cadeia pode ser mais simples ou mais complexa, dependendo das condições de acesso à base de recursos naturais. No caso da celulose, por exemplo, como a rota da fibra curta já está estabelecida, o desafio das empresas é adaptar a matéria-prima às condições do local onde a reserva florestal estará localizada. No caso de *commodities* minerais, trata-se de encontrar jazidas e montar logísticas de acesso e escoamento. Para os dois casos será necessário desenvolver e manter relações com fornecedores de serviços tecnológicos e de engenharia, de bens de capital sob encomenda ou de movimentação de carga e de montagem de infraestrutura. Esta demanda – mesmo que de segmentos diferenciados de *commodities* – pode ser economicamente relevante e levar as empresas fornecedoras no Brasil a se posicionar competitivamente no cenário internacional.

O Brasil conta com o exemplo de destaque da Embrapa e recentemente inaugurou o Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE)², para elevar a produtividade e a sustentabilidade desse setor. As empresas de *commodities* devem desenvolver parcerias com o governo e parceiros privados para elevar sua capacidade de inovação e tornar ainda mais competitiva a indústria brasileira. Outro exemplo é a Vale Soluções em Energia (VSE)³, parceria entre Vale e o BNDES, com foco no desenvolvimento de programas tecnológicos, equipamentos e sistemas de geração de energia e potência, com ênfase em processos ambientalmente sustentáveis e no uso de fontes energéticas renováveis.

Porém, quando a “natureza” da natureza se revela de difícil acesso e os investimentos são de grande monta – como é o caso do petróleo *offshore* no Brasil, incluindo as reservas do pré-sal –, as implicações do investimento em exploração de *commodities* sobre a cadeia a ela associada são de natureza bastante distinta. Neste campo o Brasil está se tornando um polo de atração de investimento em toda a cadeia do petróleo: do segmento de apoio a plataformas à produção de equipamentos e plataformas para exploração *offshore*. Processo semelhante ocorreu no Mar do

2. <http://www.bioetanol.org.br/>.

3. <http://www.vale.com/pt-br/o-que-fazemos/energia/vale-solucoes-em-energia/paginas/default.aspx>.

Norte e daí surgiram empresas norueguesas e britânicas que se consolidaram como referência competitiva em seus segmentos de atuação. Centros de pesquisa especializados, de empresas nacionais e estrangeiras, estão sendo montados já que o horizonte de investimentos é de longo prazo e as especificidades do petróleo brasileiro são bastante singulares. A “derivada segunda”, caso se possa assim dizer, apontaria para a forte possibilidade de uso das competências acumuladas em função do petróleo para outras aplicações, muito similar ao uso “dual” de tecnologias desenvolvidas para aplicação militar, no complexo industrial de defesa de países como Estados Unidos ou França.

Sustentabilidade socioambiental

Questões de natureza socioambiental estão crescentemente tornando-se fatores-chave de diferenciação de empresas e de sua valorização nos mercados e frente à sociedade. Naturalmente, empresas de *commodities* afetam, de modo importante, o meio ambiente. Por isto mesmo, estas empresas deveriam considerar a sustentabilidade socioambiental como rotina e não somente como elemento de fortalecimento de sua imagem.

São três as dimensões a serem consideradas: as práticas de governança das empresas; a relação destas com o entorno de seus investimentos; e a sua relação com a sociedade e com o meio ambiente, em uma visão mais ampla.

Em primeiro lugar, está o modo de relacionamento da empresa com seus *stakeholders* diretos: empregados, fornecedores, clientes e acionistas. Neste caso, não pode haver melhor referência do que as melhores práticas internacionais para o relacionamento de trabalho e de compra e venda.

Em segundo lugar está a relação da empresa com seu entorno imediato, principalmente em projetos *greenfield*, de grande monta. Projetos desta natureza transformam uma localidade. Surgem novas demandas nos campos de saúde, habitação, saneamento, educação, transporte e segurança e nem sempre as autoridades locais têm os recursos e as capacidades necessárias para enfrentar estas novas demandas. Qual o papel da empresa investidora? Somente pagar taxas, impostos e compensações? Ou o entendimento deveria ser que as externalidades impostas sobre o entorno pelo seu investimento podem ser tão negativas que, para a lógica da sustentação de seu negócio, caberia à empresa adotar posturas pró-ativas?

Em terceiro lugar está a relação da empresa com a sociedade. O espectro de “relacionamentos” é, naturalmente, vasto: as exportações destas empresas podem sofrer restrições – barreiras não-tarifárias – definidas em função de valores socioambientais. No Brasil, crescentemente, a exploração econômica de *commodities* é vista desde um prisma negativo tanto pela atividade econômica em si mesma como pelas práticas das empresas atuantes em um ou outro segmento. Neste caso, não há como sustentar um determinado negócio que não seja pela adoção de práticas socioambientalmente sustentáveis, mesmo que, no curto prazo, isto implique custos mais altos.

As referências para atitudes do empresário e de seus colaboradores com relação aos negócios e relacionamentos estão passando por transformações importantes. Entender estes processos e introjetar na empresa valores distintos aos até recentemente prevaletentes é um desafio relevante para os empreendedores de *commodities*.

A política industrial

A Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), lançada em maio de 2008, busca reconhecer a diversidade da estrutura industrial brasileira e induzir a evolução de empresas e setores a partir do estágio de desenvolvimento de cada um. A indústria de *commodities*, juntamente com a indústria aeronáutica, foi incluída no macroprograma “Consolidar e Expandir a Liderança”, que reúne os setores nos quais o país tem destaque mundial.

As ações desenvolvidas para esses setores buscaram enfrentar os três desafios apontados – internacionalização, adensamento de cadeias e inovação e responsabilidade socioambiental, com

destaque especial para o financiamento do esforço empresarial. Somente o BNDES emprestou R\$ 119 bilhões para essas indústrias entre maio de 2008 e dezembro de 2010. Segue quadro-resumo das principais realizações da política.

Quadro 1. PDP: Principais Resultados – 2008-2010

| PROGRAMAS PARA CONSOLIDAR E EXPANDIR A LIDERANÇA |
|--|
| Consolidação de empresas multinacionais brasileiras em Carne bovina, Aves, Celulose e Papel e Petroquímica |
| Fortalecimento da Internacionalização de empresas brasileiras em Mineração e Proteína Animal |
| Atração de Centros de P&D em Petróleo e Gás de transnacionais (Schlumberger, Baker Hughes e FMC) |
| Criação do Centro de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE): R\$ 69 milhões |
| Criação da Rede para a Melhoria da Gestão para o Desenvolvimento Nacional da Cadeia de Fornecedores e Bens e Serviços da Petrobras |
| Criação de Comitês de P&G por Federação de Indústria, para identificar oportunidades e desenvolver os investimentos da cadeia nacional de fornecedores |
| Zoneamento agroecológico da cana e estabelecimento de melhores práticas, sustentabilidade e certificação |
| Pacto contra desmatamento (“moratória da carne”) |
| Desembolsos BNDES para este conjunto de programas: R\$ 119 bilhões |

Fonte: PDP (2010).

Cabe aqui a discussão de um tema que tem sido recorrentemente colocado em evidência na mídia brasileira: deve o Estado brasileiro, em particular o BNDES, apoiar as empresas de *commodities*? Cabe ao Estado “escolher” campeões? Não seriam estas empresas capazes de alavancar recursos que não os do BNDES, que, relativamente à taxa de juros Selic, financia as empresas a custos mais baixos? Por que financiar empresas de *commodities* e não empresas de outros setores, aparentemente dotados de capacidade de geração de mais valor para a sociedade do que empresas de *commodities*? Estes são alguns dos questionamentos ao apoio do Estado a este tipo de empresas. Sem esgotar a discussão, vale a pena ressaltar alguns dos determinantes e a racionalidade da ação recente do Estado, por meio do BNDES.

Com relação ao apoio ou não apoio às empresas brasileiras, a evidência da história dos países avançados e daqueles de recente sucesso internacional aponta para um engajamento dedicado e explícito das autoridades de todos eles na defesa dos interesses de suas empresas em diferentes formatos: do apoio econômico a custos competitivos ao uso extensivo da diplomacia econômica para a conquista de vantagens em terceiros países. Na verdade, uma análise crítica da experiência brasileira indicaria que, relativamente às práticas internacionais, o apoio às suas empresas no exterior é modesto e incipiente.

Mesmo assim, o Estado brasileiro escolhe campeões? Ou, os campeões brasileiros – isto é, as empresas internacionalmente competitivas – estão localizados, em sua grande maioria, em setores de *commodities*, em um momento em que as oportunidades de expansão e consolidação se apresentam de forma substantiva? Se os projetos por elas apresentados são em sua maioria sustentáveis, por que então não apoiar estes empreendimentos?

Por fim, por que o apoio a estas e não a empresas de outros setores? A resposta é relativamente simples: o apoio à internacionalização de empresas de *commodities* não é feito em detrimento do apoio a empresas de outros setores. Pelo menos no BNDES, empresas de setores intensivos em P&D são beneficiadas por programas específicos, com condições de financiamento muito melhores do que aquelas ofertadas para as empresas de *commodities*. A questão, na verdade, não deveria ser endereçada somente à agência de fomento e sim ao país. Um dos desafios que o país enfrenta – e, como dito ao princípio, não é tema direto deste capítulo – é ampliar o espaço para empreendimentos de média e alta tecnologia em sua estrutura produtiva.

Conclusão

O Brasil logrou construir empresas de *commodities* de porte global com gestão e tecnologias de classe mundial. Essas são o principal ativo do país para construir a partir da base de recursos naturais uma diversificação mais ampla, evitando o risco de uma especialização excessiva em *commodities* frente o atual contexto internacional e brasileiro.

O que se pretendeu neste capítulo foi demonstrar que as empresas produtoras de *commodities* podem ser um veículo importante de construção de vantagens competitivas dinâmicas. As suas atividades e a sua demanda sobre o tecido econômico podem, justamente, induzir o surgimento e consolidação competitiva de atividades econômicas de natureza distinta, mais intensivas em P&D.

Para isso, é necessário enfrentar três desafios principais: a internacionalização dessas empresas; a inovação, a diversificação produtiva e o adensamento de cadeias; e a responsabilidade socioambiental. Tais questões vêm sendo crescentemente incorporadas à agenda empresarial e de políticas públicas, o que aponta na direção de que o Brasil pode e deve avançar para além das vantagens já conquistadas e construir novas fontes de progresso e desenvolvimento produtivo. Portanto, enclave produtivo baseado em *commodities*? Não, obrigado.

Referências

- BNDES (2011). Perspectiva do investimento na indústria 2011-2014. *Visão do Desenvolvimento*, n. 91. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/visao/Visao_91.pdf.
- ONU (2009). *2008 International trade statistics yearbook*. Volume II - Trade by commodity. Disponível em: <http://comtrade.un.org/pb/>.
- PDP (2010). *Balanço de atividades da PDP - 2008/2010*. Volume 2: Programas para consolidar e expandir a liderança. Disponível em: <http://www.pdp.gov.br/paginas/relatorios.aspx?path=Relatórios>.
- Presbich, R. (1949). *El desarrollo económico de la América Latina y algunos de sus principales problemas*. Disponível em: http://www.cepc.es/rap/Publicaciones/Revistas/11/RECP_017_300.pdf.
- Rocha, F. (2010). *Natural resource curse and externalities from natural resource exports*. Disponível em: <http://www.ie.ufrj.br/datacenterie/pdfs/seminarios/pesquisa/texto2903.pdf>.
- Torvik, R. (2001). Learning by doing and the dutch disease. *European Economic Review*, 45, 285–306.
- Wright, G.; Czelusta, J. (2007). Resource-based growth past and present. In: Lederman, D.; Maloney, W. F. (Eds.) *Natural resources: neither curse nor destiny*. Stanford University Press, and the World Bank.

III

O Agronegócio Brasileiro¹

José Roberto Mendonça de Barros*
Renata Machado*

Introdução: o agronegócio brasileiro como um caso de sucesso nos trópicos

O agronegócio vive atualmente um momento muito positivo, porém desafiante. São crescentes as pressões sobre o setor, com a demanda por alimentos em expansão, fruto do crescimento populacional, da urbanização e do crescimento da renda em países emergentes, como China e Índia. A Euromonitor e o Morgan Stanley estimam que, já em 2011, o número de famílias com renda familiar superior a 10.000 dólares por ano será maior nos BRICs (grupo de países formados por Brasil, Rússia, Índia e China) do que nos Estados Unidos e na Zona do Euro (Gráfico 1). A Organização das Nações Unidas (ONU), por sua vez, projeta que, em 2050, a população residente em áreas urbanas na China e na Índia será de 73,2% e 54,2%, muito acima dos atuais 47% e 30%, respectivamente (Gráfico 2). Além da alimentação, surgem novos mercados para os produtos agrícolas, como o uso na produção de energia elétrica, no transporte e até na produção de plásticos e outros produtos químicos.

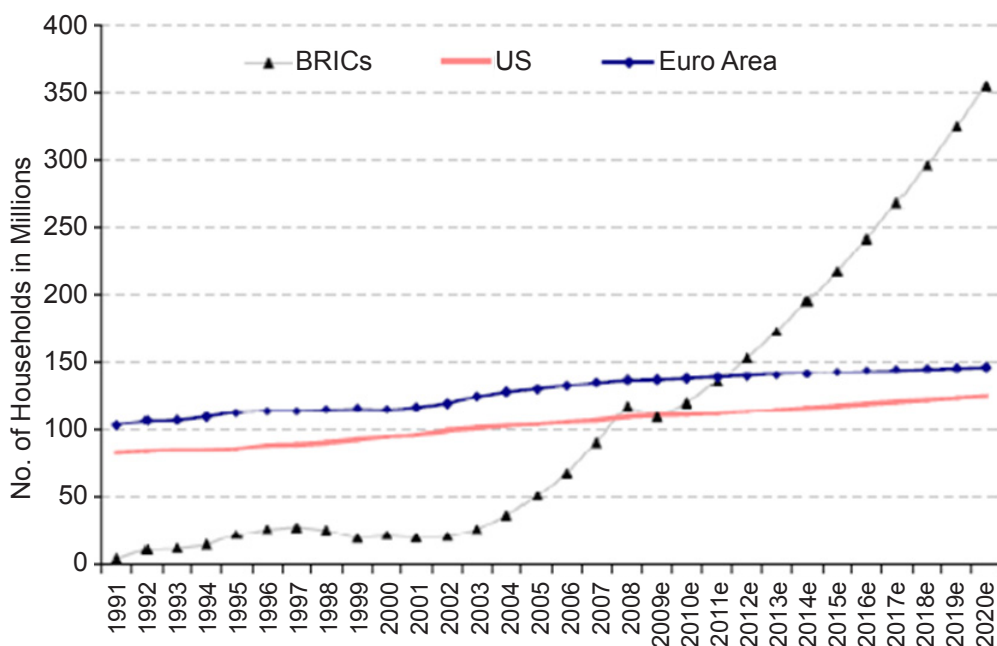
Em relatório recente, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) estimam que a produção de grãos e a de carnes precisarão aumentar drasticamente para suprir a demanda estimada até 2025, respectivamente 50% e 100% (OCDE-FAO, 2010).

Se por um lado este cenário é positivo, já que indica uma elevada demanda para os produtos agrícolas nos próximos anos, por outro são crescentes as dúvidas quanto à capacidade de resposta efetiva da agricultura mundial. De fato, em anos recentes, verifica-se uma tendência de estagnação ou crescimento apenas moderado da produtividade na agricultura mundial. Ademais, há indicações de que os recursos naturais disponíveis (água e terra) estão se esgotando, de acordo com o International Water Management Institute (IWMI) e FAO, respectivamente, conforme será mostrado adiante. Soma-se a isso as elevações nos custos, notadamente de fertilizantes e de transportes, fruto da alta no preço do petróleo, que deve permanecer elevado nos próximos anos (Goldman Sachs, 2010). Por fim, as oscilações na temperatura e no clima e eventos climáticos extremos, fruto provavelmente do aquecimento global, têm sido mais frequentes, prejudicando a produção em diversos países, a exemplo da produção de grãos na Rússia, Casaquistão, China, Paquistão e outros em 2010.

* Economistas da MB Associados.

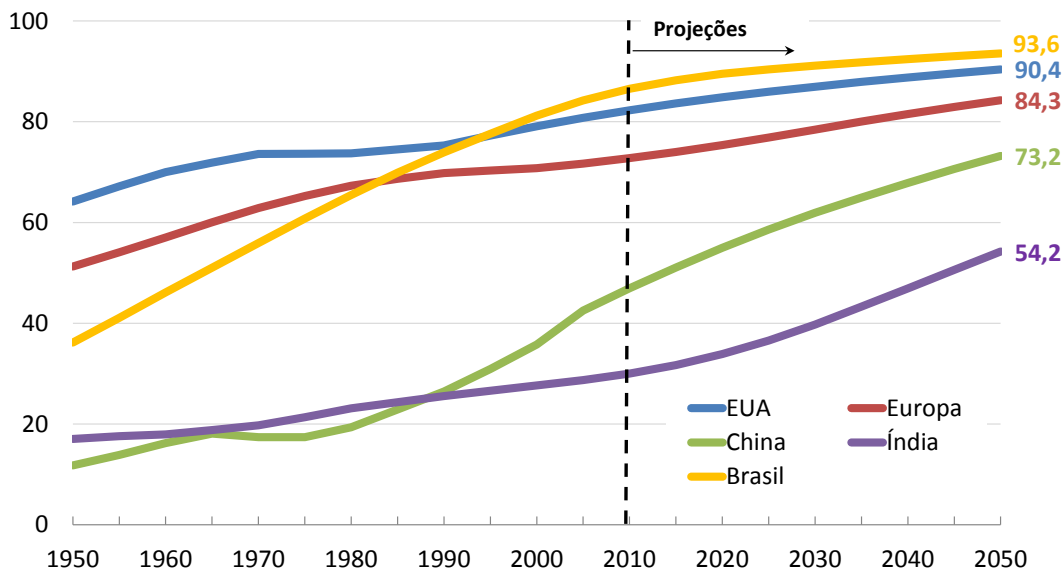
1. Os autores agradecem Celso Florêncio de Souza por sua excelente assistência nesta pesquisa. Agradecemos também a inestimável ajuda de Caio Carvalho.

Gráfico 1. Número de famílias com renda familiar acima de US\$ 10.000/ano – 1991-2020



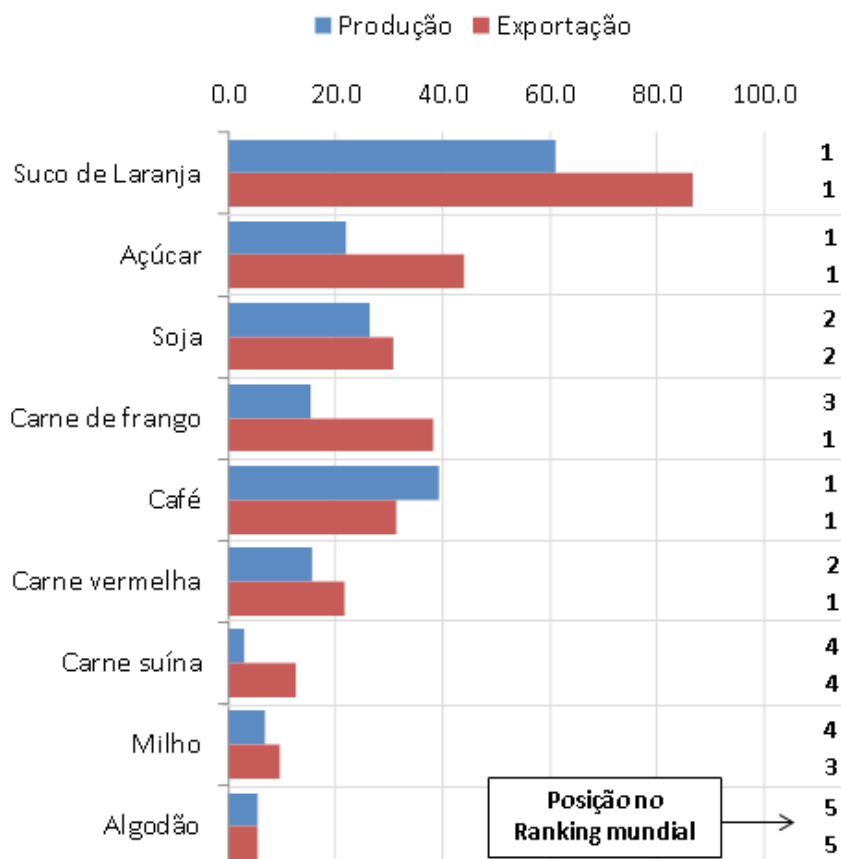
Fonte: Euromonitor, Morgan Stanley Research (Projeções são da Euromonitor).

Gráfico 2. Participação da população residente em áreas urbanas (%) – 1950-2050



Fonte: ONU, World Urbanization Prospects (The 2009 Revision). Elaboração: MB Associados.

Este retrato, por sua vez, revela uma oportunidade importante para o Brasil, onde a abundância de recursos naturais e a elevada competitividade da agricultura garantem uma posição de destaque nos próximos anos. Atualmente, o Brasil é responsável por mais de 30% das exportações mundiais de soja, mais de 40% de açúcar e mais de 80% do mercado exportador de suco de laranja. Em todos os mercados listados no Gráfico 3, o país é um dos cinco principais exportadores e as taxas de crescimento recentes sugerem a consolidação de sua posição.

Gráfico 3. Participação da agricultura brasileira no mercado internacional (%) e posicionamento no ranking mundial – 2009

Fonte: USDA. Elaboração: MB Associados.

A competitividade da agricultura brasileira decorre de sua elevada eficiência produtiva, sendo o país o produtor de mais baixo custo em uma importante cesta de produtos (açúcar, álcool, soja, milho, carne bovina etc.)². Os fatores determinantes da competitividade do setor são as fortes vantagens comparativas do país (a exemplo da disponibilidade de recursos naturais) e os contínuos e significativos investimentos do setor público e do setor privado em tecnologia e pesquisa, como apontado adiante. Ao mesmo tempo, os subsídios setoriais são relativamente limitados quando comparados aos países da OCDE, inclusive importantes produtores, a exemplo dos Estados Unidos e da União Europeia (Tabela 1).

Tabela 1. Estimativa da participação do subsídio governamental na receita do setor agropecuário (%) – 2005-2007

| Discriminação | Participação Percentual (%) |
|----------------|-----------------------------|
| União Europeia | 29,0% |
| Média OCDE | 26,0% |
| Estados Unidos | 12,0% |
| Brasil | 5,7% |

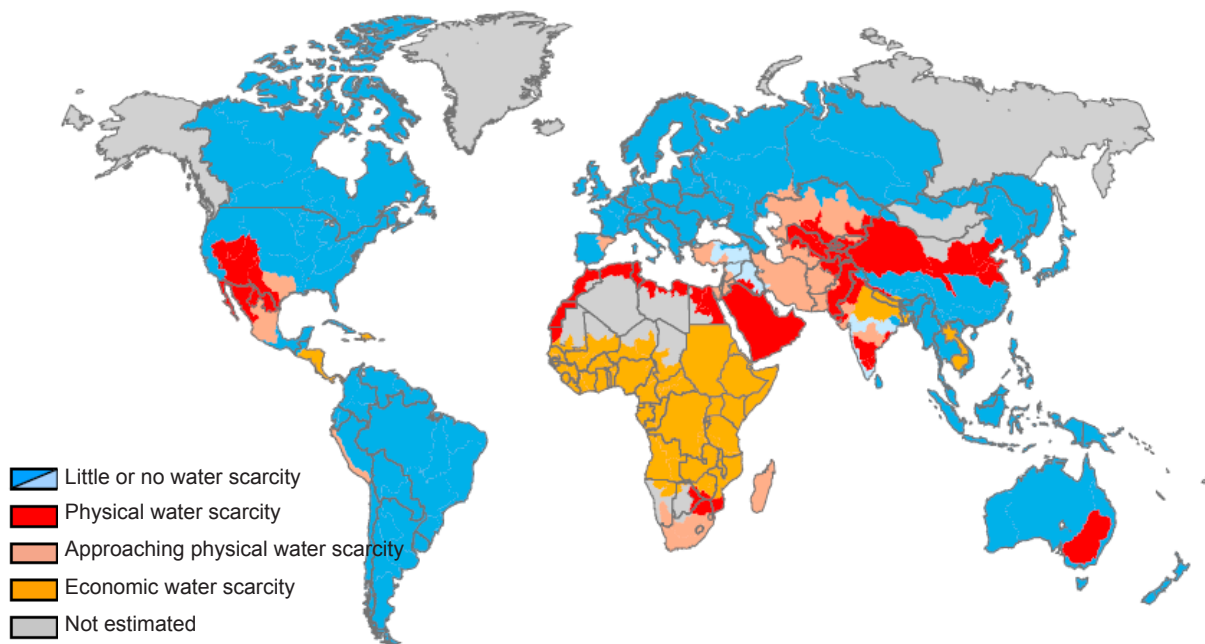
Fonte: OCDE apud The Economist, “The miracle of the cerrado”.

2. Ver Mendonça de Barros e Mendonça de Barros (2005), terceira parte.

Fatores que garantiram o sucesso do agronegócio brasileiro

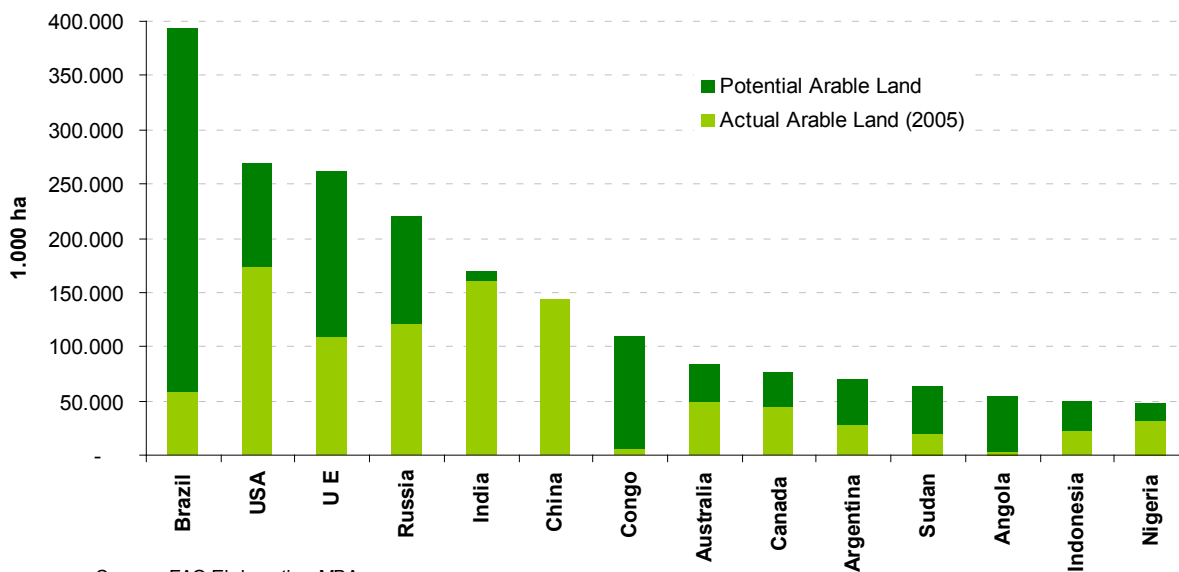
A posição brasileira descrita acima demandou, entretanto, quatro décadas para ser construída e este é um importante aspecto a ser destacado. O ponto de partida foi a existência de uma farta disponibilidade de água (Mapa 1) e terra adequada para atividade agrícola (Gráfico 4), a custos baixos quando comparados a outros países. Estima-se que, mesmo hoje, exista uma área a ser aproveitada superior a 100 milhões de hectares na região do Cerrado (portanto, fora do bioma amazônico), além de uma enorme área de pastagens de baixa produtividade (equivalente a outros 100 milhões de hectares) que já estão sendo convertidas para lavoura.

Mapa 1. Disponibilidade de água



Fonte: International Water Management Institute (IWMI) - <http://www.iwmi.cgiar.org>.

Gráfico 4. Disponibilidade de terra (1.000 hectares)



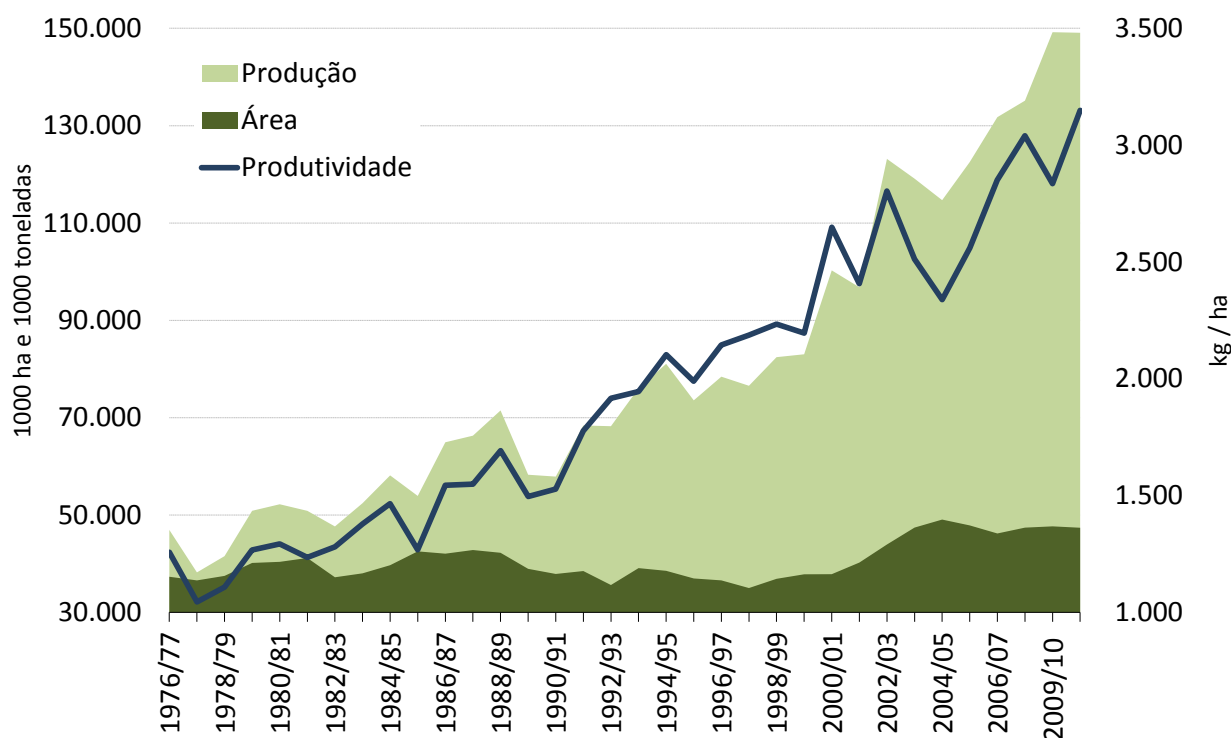
Source: FAO Elaboration MBAgro

Além disso, os avanços das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) de um sistema de geração de tecnologia, no qual se incluem empresas de pesquisa – Embrapa, secretarias estaduais de agricultura e instituições privadas, a exemplo do Centro de Tecnologia da Cana-CTC e da Fundação Mato Grosso – e novas práticas agrícolas, garantiram ganhos de produtividade e a ampliação de fronteiras agrícolas. O plantio direto, juntamente à nutrição de plantas e desenvolvimento genético, garantiu expressivo aumento da produtividade da agricultura na região central do país. O domínio tecnológico da agricultura, em ambiente tropical, permitiu que a natural abundância de solo, luminosidade, temperatura e água fossem utilizadas para elevar a produtividade da agricultura (Gráfico 5).

Como resultado do plantio direto, duas safras passaram a ser cultivadas no mesmo ano (com a adição da chamada safrinha), reduzindo custos e protegendo a terra de erosão e outras perdas. Também foi possível desenvolver sistemas de integração lavoura- pecuária e integração pecuária-lavoura-reflorestamento, garantindo a necessária rotação de culturas e ampliação da produção.

Adicionalmente ao avanço tecnológico, o setor agropecuário e o Estado investiram fortemente no desenvolvimento de recursos humanos, tanto em nível médio como superior. Em meio a uma escassez generalizada de mão-de-obra qualificada, que se observa no país, o setor agropecuário é, talvez, o mais bem servido.

Gráfico 5. Brasil: Evolução da produção e da área de grãos – 1976-2010



Fonte: Conab. Elaboração: MB Agro.

Um aspecto relevante do agronegócio brasileiro é o amplo número de produtos estruturados em uma cadeia completa. Discutiremos mais adiante o caso da cana-de-açúcar. Laranja, café, soja, algodão, açúcar e álcool, madeira, frutas, tomate, carnes, leite, ovos, flores e hortaliças encontram-se presentes no país, o que garante estabilidade ao sistema, no sentido de que a produção global de calorias e proteínas flutua pouco ao longo do tempo. Apenas no caso do trigo ainda dependemos de grandes volumes de importação, o que joga a favor da segurança alimentar. Além de exportar grande parte da produção de quase todos os produtos listados acima, o Brasil também possui um grande mercado interno.

Ademais, o setor está relativamente habilitado para enfrentar os dois grandes desafios atuais para os negócios: a questão ambiental e a produção de energia limpa. O país trabalha com algumas práticas consolidadas, além da disponibilidade de outras de grande potencial de implantação³, que contribuem para a mitigação de gases do efeito estufa, principalmente o CO₂. Entre elas, pode-se citar a fixação biológica do nitrogênio, a redução da queimada de cana-de-açúcar, o uso de resíduos vegetais como biocombustíveis, a recuperação de áreas de floresta, inclusive matas ciliares, a integração lavoura-pecuária, a rotação de pastagens, o plantio direto e cultivo mínimo, a melhoria da nutrição animal, entre outras.

Na produção de energia renovável, há reconhecimento internacional da vantagem comparativa do etanol em relação aos combustíveis fósseis pela autoridade alemã (em 2009) e pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Environmental Protection Agency-EPA), em fevereiro de 2010. A produção desta energia, dada a disponibilidade de fatores e a elevação contínua da produtividade da produção de cana-de-açúcar e do etanol, se faz sem nenhum prejuízo para a produção de alimentos (Mendonça de Barros & Mendonça de Barros, 2005), corroborada pela queda persistente no custo real da alimentação desde os anos 1970. A atualização dos dados da pesquisa para a Embrapa realizada por Mendonça de Barros, Picchetti e Rizzieri (2001) mostraram que o custo no varejo de São Paulo de uma ampla cesta de alimentos caiu cerca de 5% ao ano, em termos reais, entre 1975 e 2005 (Gráfico 6), o que reforça o poder de compra da população e sugere a inexistência de uma dicotomia entre a produção de alimentos e a de energia.

Gráfico 6. SP: Índice de preços dos alimentos* (dez/74=1) – Jan/1975-Dez/2005



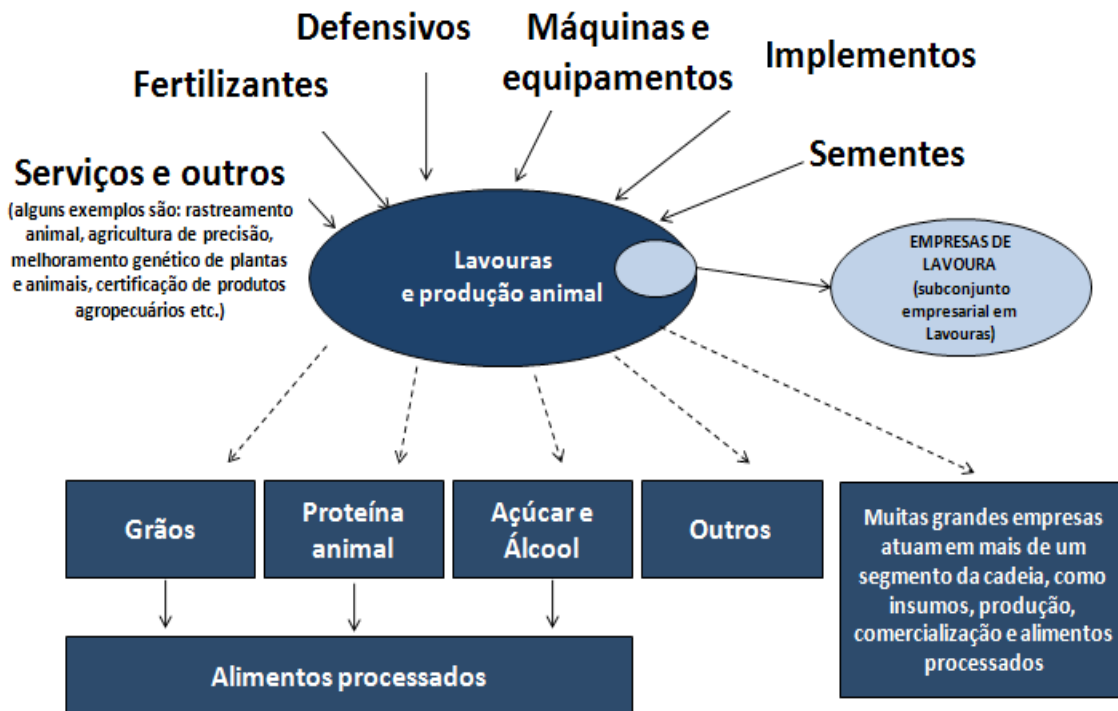
* Leite, carne bovina, frango, arroz, feijão, laranja, tomate, cebola, batata, banana, açúcar, alface, café, cenoura, mamão, ovo e óleo de soja. Fonte: FIPE. Elaboração: MB Agro.

O tamanho do sistema agropecuário brasileiro também possibilitou o desenvolvimento de uma significativa indústria de insumos como fertilizantes, defensivos, sementes, suplementos, rações, produtos veterinários e outros, assim como uma indústria de equipamentos, tratores e implementos de grande proporção. Nestas áreas, nota-se também um fluxo de inovações tecnológicas muito

3. A nanotecnologia está presente de muitas formas no agronegócio. Um bom exemplo é sua utilização em pesticidas, que aumenta a eficiência do produto, reduzindo a quantidade necessária. Sua lenta liberação é promovida por um nanocomposto que, ao entrar em contato com algum líquido, se transforma em um gel e vai se desfazendo gradativamente, liberando o pesticida de forma controlada e contínua.

significativas que permitem projetar continuidade da elevação da produtividade do sistema como um todo. O esquema a seguir traz uma representação simplificada da organização atual da cadeia do agronegócio (Organograma 1). É nítido o grau de complexidade alcançado pelo setor, com cadeias produtivas cada vez mais longas e integrando agricultura, indústria e serviços.

Organograma 1. Esquema simplificado da cadeia do agronegócio



Fonte: Elaboração dos autores.

Assim, a tradição em se associar as atividades primárias à baixa produtividade, pouca tecnologia e limitada interconexão (bolsões) com o resto da economia, além de reduzida eficiência organizacional, ao mesmo tempo em que se associam ao setor industrial qualidades opostas, ou seja, elevada produtividade, maiores níveis tecnológicos e sofisticada organização, não faz mais sentido nos dias de hoje. Pode-se argumentar que historicamente isto talvez fosse correto, o que resultou em uma proposição ainda hoje extraordinariamente difundida e aceita que mais indústria é bom e mais agricultura é ruim do ponto de vista do crescimento, dos ganhos de produtividade e do bem-estar. Esta dicotomia, em grande medida, perdeu o sentido.

Isto porque uma parte crescente das novidades tecnológicas não está na indústria, mas sim nos serviços, onde se destacam a Tecnologia de Informação (TI), as comunicações, o “cluster” da saúde, os serviços criativos etc. Este fenômeno é tão poderoso que se reconhece que vivemos uma revolução de *software*, onde se gera a maior parte do valor, que coloca o *hardware* (máquinas e equipamentos) como caudatário do processo. Ademais, a TI permitiu uma ampla modificação no sistema de produção com crescente especialização e desverticalização da cadeia de produção, inclusive entre países. Como consequência, as atividades produtivas organizam-se de maneiras diferentes, formando cadeias muito mais complexas que no passado e tornando envelhecidas as contraposições do tipo agricultura *versus* indústria. Entre as cadeias de recursos naturais, o setor de cana-de-açúcar é o que melhor ilustra as observações feitas até aqui, com sua evolução e perspectivas.

O complexo da cana-de-açúcar

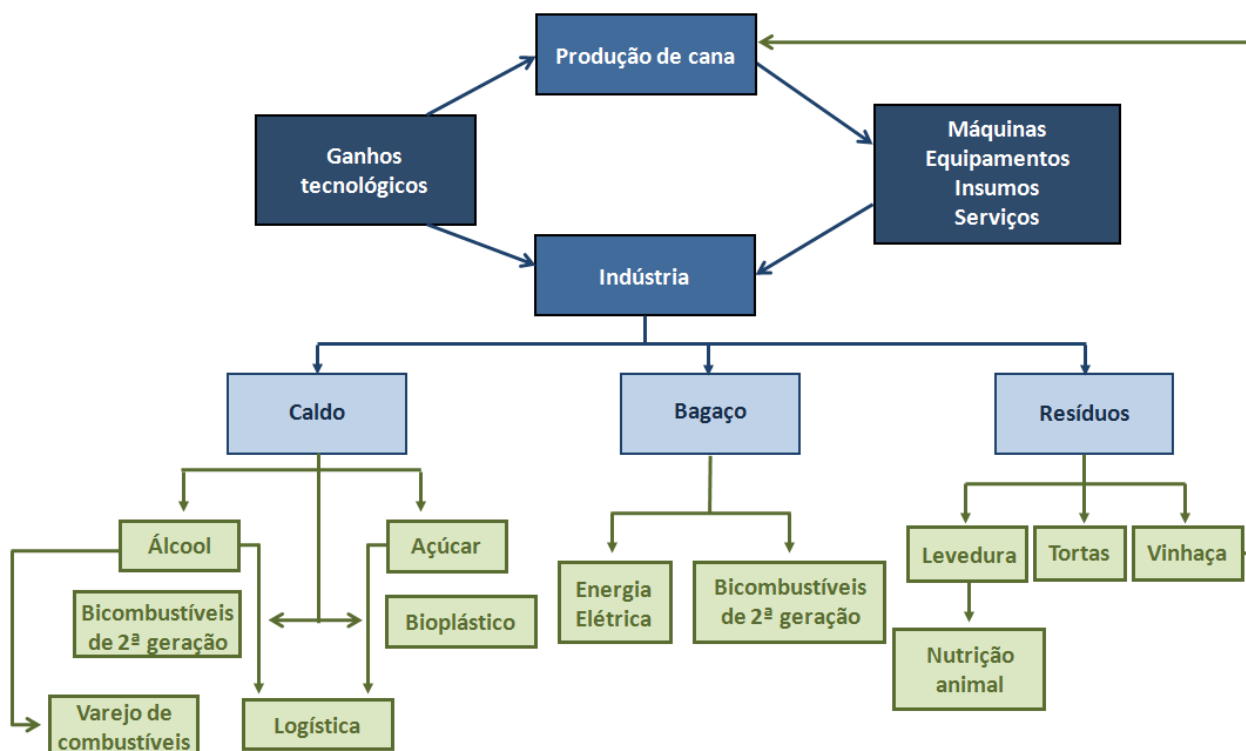
A cadeia produtiva da cana-de-açúcar está sofrendo uma intensa transformação tanto na produção agrícola quanto nos processos produtivos e, especialmente, na estrutura de produtos. Mais do que isso, há também uma mudança no modelo de negócios.

O setor de cana-de-açúcar no Brasil passou, nos últimos anos, por um intenso processo de consolidação com a maior entrada de grupos estrangeiros e até de novos *players*, como a indústria petroleira, por conta da possibilidade de produção de biocombustíveis de 2ª geração. Ademais, os grupos tradicionais do setor estão se diversificando e atuando em novas áreas, como o transporte e distribuição de combustíveis, e na área de logística. O exemplo mais recente é o consórcio formado por Petrobras, Cosan, Camargo Correa, Coopersucar, Odebrecht e Uniduto para construção de um alcoolduto, cujo primeiro traçado definido ligará Ribeirão Preto (grande região produtora de álcool) e Paulínia (centro de distribuição de combustíveis). No caso do varejo de combustíveis, o movimento mais recente é a compra da rede Esso pela Cosan e a recente fusão deste grupo com a petroleira Shell.

No que tange às transformações na área de produção e de processos agrícolas, as mudanças são impressionantes. O grande esforço do setor atualmente é adaptar a produção para novas áreas, a exemplo de Goiás. Destacam-se também os esforços da Canavialis (variedades tradicionais) e da Alelyx (variedades transgênicas) no desenvolvimento de novas variedades, possibilitando a maior adaptabilidade da cana aos diferentes ambientes. Quanto aos processos produtivos, é possível citar a maior mecanização da colheita e mesmo o alongamento do período de safra (algo que é feito há bastante tempo pelo setor, mas que traz ganhos importantes em termos de racionalização da colheita). Finalmente, a mais recente inovação na área de processo de produção é o desenvolvimento do sistema de plantio Plene, desenvolvido pela Syngenta. Este sistema permite redução significativa nos custos de plantio (estimada entre 10% a 15%), pois as mudas são menores do que as convencionais.

Na área de produtos, há uma imensa lista de inovações, com desdobramentos importantes em termos de novos modelos de negócio. Se há trinta anos o único produto do setor era o açúcar, hoje existem muitos outros, como o etanol, os biocombustíveis de 2ª geração, os bioplásticos, as resinas e os solventes verdes. O Organograma 2 procura resumir e ilustrar estas inovações.

Organograma 2. A expansão e alongamento da cadeia da cana-de-açúcar



Fonte: Elaboração dos autores.

No caso do açúcar, consolidamos nossa posição como grande produtor e exportador mundial. O Brasil ocupa, atualmente, o 1º lugar no *ranking* mundial de maiores produtores e exportadores de açúcar, sendo responsável por mais de 22% da produção e acima de 40% das exportações mundiais. No caso do etanol, o desenvolvimento dos motores *flex fuel*⁴, a partir de 2003, deu escala para seu uso como combustível, constituindo-se em uma alternativa efetiva e viável aos carros movidos somente à gasolina. Atualmente, mais de 90% das vendas de veículos no mercado doméstico são do tipo *flex fuel*, elevando substancialmente o consumo doméstico de etanol, de apenas 8 bilhões de litros em 2000 para mais de 22 bilhões de litros em 2009.

Ademais, novos usos estão sendo desenvolvidos para o etanol, como, por exemplo, combustível em aviões, trens e para geração de termoeletricidade. O avião Ipanema da Embraer pode ser movido pelo combustível verde, a AGCO e Delphi estão trabalhando em um motor agrícola *flex* (diesel + etanol), que deve chegar ao mercado em 2011, e a MWM está desenvolvendo um motor a biodiesel e a etanol. A Vale criou, em 2007, uma empresa em conjunto com o BNDES (VSE - Vale Soluções Energéticas) para o desenvolvimento de equipamentos e sistemas de geração de energia e potência com objetivos sustentáveis e uso de fontes de energia renováveis. Dentre os produtos em desenvolvimento pela VSE com a utilização do etanol estão os motogeradores, que produzem energia de forma distribuída, de *peaking* e *stand-by*, devendo oferecer maior nível de eficiência, reduzir o nível de emissão de ruído e criar um mercado adicional e cativo para o etanol; e os sistemas de acionamento para veículos híbridos pesados, que possuem como proposta de valor a criação de uma plataforma tecnológica de alta eficiência e completamente limpa. Por fim, a termoeletrica *flex*, movida a álcool e a gás, foi inaugurada pela Petrobras no início deste ano, em Juiz de Fora (Minas Gerais).

A mais recente área em avanço no setor é a dos biocombustíveis de 2ª geração. Estes podem ser produzidos a partir do caldo da cana, com diversos projetos em andamento e que devem chegar ao mercado em escala competitiva em 2011, ou a partir do bagaço da cana, por meio da gaseificação ou da rota celulósica (neste último caso, estima-se que a comercialidade desta rota tecnológica ainda levará alguns anos).

Para viabilizar o avanço tecnológico e reduzir os riscos dos investimentos em biocombustíveis de 2ª geração, as empresas interessadas estão se organizando em um modelo de negócio que envolve a associação entre um experiente produtor de cana em larga escala, uma multinacional petroleira e uma empresa de biotecnologia produtora de enzimas e outros organismos. São exemplos destes modelos de negócios as *joint ventures* formadas entre a British Petroleum (petróleo), a Amyris (enzimas) e a São Martinho (cana); entre Cosan, Guarany e Bunge e também entre a Shell (petróleo), a Codexis (enzimas) e a Cosan (cana).

Os projetos mais conhecidos de biocombustíveis a partir do caldo são o da Amyris em parceria com a usina São Martinho, o Biobutanol da BP e da Dupont e a produção do ETBE da Braskem. O primeiro, da Amyris/São Martinho, conta com o aporte de capital da Votorantim Novos Negócios e já está chegando à escala industrial, de modo que, a partir do caldo da cana e do uso de certas leveduras, é possível produzir diesel (que não contém enxofre como o diesel mineral) e outros combustíveis (como o querosene), bem como especialidades químicas diversas. Já o biobutanol, da BP/DuPont, é um álcool, bem como o etanol, embora menos corrosivo, podendo ser misturado à gasolina sem grande deságio energético⁵, o que o torna uma importante oportunidade de exportação. Finalmente, o ETBE (*Ethyl Tertiary - Butyl Ether*), da Braskem, produzido a partir

4. A inovação do carro *flex*, embora do ponto de vista tecnológico não seja particularmente sofisticada, produziu dois efeitos relevantes. Em primeiro lugar, provocou um alongamento da cadeia produtiva da cana. Em segundo, constitui o único caso do mundo onde o segmento do setor de transportes (onde existe grande dificuldade de substituir o petróleo) é majoritariamente movido por um combustível renovável, amigável ao meio ambiente e, muito relevante, sem a necessidade de pesados subsídios, como em outros lugares (a exemplo do etanol de milho nos Estados Unidos).

5. O deságio energético refere-se à perda de eficiência energética dos motores decorrente do uso do etanol ou do biobutanol comparativamente à sua eficiência quando os motores rodam apenas à gasolina. No caso do etanol a perda energética é de aproximadamente 25%, enquanto que com o biobutanol ocorre uma perda de apenas 5%.

da mistura de etanol (43%) com isobuteno (57%), o qual promove a elevação da octanagem na gasolina, já é uma realidade, sendo inclusive exportado para o Japão.

Há também inovações na área química, que vão desde os bioplásticos e os plásticos biodegradáveis até a produção de resinas e solventes a base de etanol. No caso dos bioplásticos, totalmente recicláveis e com pegada líquida de carbono positiva (ou seja, consome mais carbono do que emite em seu processo de produção), a Braskem é a pioneira com uma planta com capacidade de produzir 200 mil toneladas/ano de eteno a partir do etanol e planeja investir mais 100 milhões de dólares em uma nova planta que deve entrar em funcionamento a partir de 2013. A Dow Chemical também anunciou recentemente que deverá retomar seu projeto de bioplásticos verdes. Já os plásticos biodegradáveis estão em fase adiantada de desenvolvimento com o projeto da Usina da Pedra (Grupo Irmãos Biagi) em parceria com o Grupo Balbo. Apenas para ilustrar o potencial de consumo dos bioplásticos, o Carrefour e o Pão-de-Açúcar anunciaram recentemente que pretendem abolir as sacolas plásticas de sua operação (no caso do Carrefour em escala mundial nos próximos três anos). No caso dos solventes e resinas verdes, os projetos mais conhecidos são o da Solvay, de substituição parcial da nafta pelo etanol para produção de bioetileno destinado ao PVC verde, e o da Rhodia, que produz mais de 150 mil toneladas de solventes derivados do etanol em sua unidade industrial de Paulínia (São Paulo).

Finalmente, outra transformação relevante do setor foi agregar valor aos resíduos do processo industrial, como a vinhaça, o bagaço e as leveduras. A vinhaça passou a ser utilizada como fertilizante. Antes ela era despejada nos rios e, devido ao DBO, retirava o oxigênio presente nas águas, levando a morte da flora e da fauna local. Com o avanço das técnicas de utilização da vinhaça, foi possível fazer da fertirrigação da cana uma realidade, distribuindo-a, no campo, de forma a irrigar e fertilizar simultaneamente, por meio de equipamentos, tubulações especiais, bombas e canais em gravidade. As leveduras, por sua vez, obtidas no processo de fermentação da cana-de-açúcar, possuem uma grande importância na alimentação animal por se tratar de uma matéria-prima barata e rica em proteínas e vitamina B. Exemplos nesta área são os das multinacionais Ajinomoto e Alltech (em parceria com a usina Vale do Ivaí), que produzem ração animal com base neste subproduto da cana. Por último, o bagaço da cana vem, crescentemente, sendo usado para produção de energia elétrica. Atualmente, são gerados, a partir deste resíduo, 4.800 MW e a previsão é que, até 2020, sejam acrescentados ao setor elétrico mais 10.000 MW, ultrapassando a atual capacidade instalada da hidrelétrica de Itaipu de 14.000 MW.

Enfim, mudanças significativas trouxeram ao setor novas possibilidades e diferentes combinações de modelos de negócios, aproximando, cada vez mais, o setor a um grande complexo industrial, com a construção de plantas anexas para diversos produtos, como os novos combustíveis e a alcoolquímica, semelhante aos complexos industriais na área de petróleo, com suas refinarias e petroquímicas próximas. Um claro exemplo de que a cadeia do agronegócio é hoje muito mais ampla e permeada de inovações tecnológicas do que se imagina, tornando a dicotomia setor primário - atrasado e simples - e setor industrial - inovador e moderno - não mais aplicável indiscriminadamente nos dias de hoje.

Conclusão

Existe atualmente uma grande oportunidade para o agronegócio mundial e o brasileiro em especial, que decorre da crescente demanda por alimentos, em função da entrada no mercado de consumo de alimentos de centenas de milhões de pessoas na Ásia e do desenvolvimento de novos mercados para os produtos agrícolas, como, por exemplo, os biocombustíveis, os plásticos, solventes e especialidades químicas verdes.

O agronegócio brasileiro, além de muito competitivo e inovador, conta com relativa abundância de recursos naturais (água e terra) crescentemente escassos em outras regiões do mundo. Assim, o aproveitamento das oportunidades de exportação abertas ao agronegócio e aquelas dadas pelo

mercado doméstico de produtos industriais são duas alavancas fundamentais do desenvolvimento brasileiro. Para tanto, é fundamental reverter a perda de competitividade que vem ocorrendo, entre outros fatores, pela deterioração da infraestrutura, pela escassez de mão-de-obra qualificada, pela elevação dos custos da energia elétrica e do gás natural para a indústria, pelas disfunções do sistema tributário, pela piora na regulação econômica.

Referências

Goldman Sachs (2010). *2011 Outlook: the return of cyclical bull market*. 13 dez.

Mendonça de Barros, J. R.; Picchetti, P.; Rizzieri, J. (2001). *Os efeitos da pesquisa agrícola para o consumidor*. Embrapa.

Mendonça de Barros, J. R.; Mendonça de Barros, A. L. (2005). *A revolução do agronegócio/agroindústria com base na economia do conhecimento. O desafio da China e da Índia: a resposta do Brasil*, terceira parte, Fórum Nacional.

OCDE-FAO (2010). *Agricultural outlook 2010-2019 highlights*.

ONU. *World urbanization prospects (The 2009 revision)*.

The Economist. *The miracle of the cerrado*.

IV

Commodities Florestais: entre as revoluções da tecnologia e da gestão

Carlos Augusto Lira Aguiar*

Ergílio Claudio-da-Silva Jr.*

Introdução

O termo *commodity* resiste a uma definição linear. Por volta do século XV, significava comodidade, do francês *commodité*, e na versão inglesa era sinônimo de conveniência, associado a serviços e qualidade. Na versão germânica, *commodity* quer dizer *die ware*, mercadorias que podem ser compradas no mercado aberto e negociadas no mercado internacional. Entre comodidade, conveniência e mercadoria existem fortes afinidades. Nos primórdios do capitalismo mercantil, a eficácia do fluxo dos negócios dependia fundamentalmente dessa combinação, em parte porque sua gênese esteve alicerçada nas trocas de longa distância, “a sua ossatura”, na feliz definição de Braudel (1998, p. 355); em parte porque as rotas de circulação das mercadorias, pelas precariedades e inseguranças de então, representavam mais riscos do que lucros.

Por aquela época, dadas as características do comércio mundial, tudo que se pudesse transportar com comodidade, conveniência e fosse capaz de gerar riquezas — café, trigo, chá, pimenta do reino e outras especiarias — era considerada uma mercadoria “régia” (Braudel, 1998, p. 357), porque valia seu preço em ouro. As características do mercado global modificaram-se ao longo dos séculos e, com elas, o sentido do termo *commodity*. Por incluírem uma gama de produtos aparentemente não-elaborados, as *commodities* passaram a ser vistas como simples matérias-primas, mercadorias despojadas de conteúdo tecnológico e – implicitamente – uma forma de criticar as relações de troca entre países industrializados e em desenvolvimento, os últimos meros exportadores de *commodities*.

No entanto, quando se examina contemporaneamente a essência das *commodities*, deve-se reconhecer que a tecnologia vem nelas imprimindo um conteúdo tão régio quanto aquele que prevaleceu no passado. O caso das *commodities* de base florestal, como a celulose e o papel, é emblemático. Trata-se de uma indústria cada vez mais orientada pela pesquisa, em parceria com universidades, e pelo aprimoramento da gestão dos recursos naturais¹.

Ao mesmo tempo, a produção de celulose e papel, por pertencer a uma cadeia baseada em recursos naturais renováveis – a começar pelas árvores –, exige constante investimento em

* Membro do Conselho de Administração e Gerente-Geral de Tecnologia da Fibria, respectivamente.

1. No Brasil, a Universidade Federal de Viçosa lançou em 2003 o Colóquio Internacional sobre Celulose de Eucalipto (ICEP), realizado a cada dois anos em países que têm grande tradição no uso deste gênero de árvore como matéria-prima para a fabricação de celulose e papel. Além disso, existem grupos de pesquisa nas companhias produtoras de papel e celulose e, inclusive, curso superior de Tecnologia em Papel e Celulose, com duração de três a quatro anos, com foco em conhecimentos sobre a madeira, técnicas de fabricação de papel, noções de automação industrial, gestão ambiental e planejamento estratégico.

sustentabilidade². Madeiras de melhor qualidade estão sendo produzidas em plantações de baixo custo, utilizando métodos que protegem o meio ambiente. O eucalipto (do grego, eu + *καλύπτω* = verdadeira cobertura) é um dos gêneros de árvore mais plantados em todo o mundo por causa da imensa variedade de espécies, da facilidade com que se adapta a diferentes locais e da possibilidade de produzir madeira para as mais diversas utilidades.

Em cerca de uma década, a madeira de árvores plantadas em escala comercial, processada por biorrefinarias, terá finalidade multiuso, com destino específico para cada fração das árvores — da geração de energia ao etanol, entre outros biocombustíveis, e os bioplásticos³. Como o Brasil usa apenas 0,74% de suas terras com atividade florestal, se em 10 anos duplicar a área de plantação de eucalipto ainda permanecerá distante da média mundial de ocupação, de 5% do território.

Assim, o termo *commodity* não se aplica à produção de celulose e papel, se o conceito estiver relacionado à carência de valor agregado e inovação tecnológica. Os investimentos em tecnologia têm suscitado um denso conjunto de revoluções concomitantes: no aprimoramento genético das espécies; nos métodos de plantio de florestas e de produção da madeira; e na produção de celulose e papel, que no país deriva integralmente de florestas plantadas.

Este capítulo está dividido em três seções. A primeira trata das conquistas da tecnologia florestal e o imperativo da competitividade de um setor com elevada exposição aos mercados internacionais. Os esforços de pesquisa e desenvolvimento (P&D) não se limitaram à questão florestal e se estenderam a toda a cadeia de produção. Localização das fábricas, formas de transporte e equipamentos diferenciados são alguns exemplos que impulsionaram a tecnologia industrial e de logística. A segunda seção analisa o setor de papel e celulose pela ótica da sustentabilidade, em que a busca por maior produtividade e preservação traçam caminhos convergentes tanto globalmente quanto no Brasil. Finalmente, a terceira seção conclui o trabalho evidenciando o conjunto de fatores positivos que elevaram o Brasil a uma posição de liderança hoje no setor de papel e celulose.

Commodity, tecnologia e competitividade

Nenhum produto genérico é idêntico a outro – na medida em que é uma combinação do tangível e intangível⁴. Esta seção trata daquele que é possivelmente o menos visível dos diferenciais das *commodities*: a tecnologia agregada ao produto.

A indústria brasileira de celulose e papel é extremamente competitiva sob a ótica dos custos diretos de produção, reflexo da elevada produtividade tanto de sua base florestal quanto das instalações industriais (Gráfico 1). Em uma comparação com os principais produtores e competidores, no

2. De fato, estudo elaborado pelo World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), em associação com o International Institute for Environment and Development (IIED), atesta que a tecnologia tem sido colocada como um anel protetor, em prol da produção limpa e socialmente responsável de papel e celulose, enquanto crescem também a reciclagem e os esforços pelo consumo consciente do papel. Ver IIED (1997).

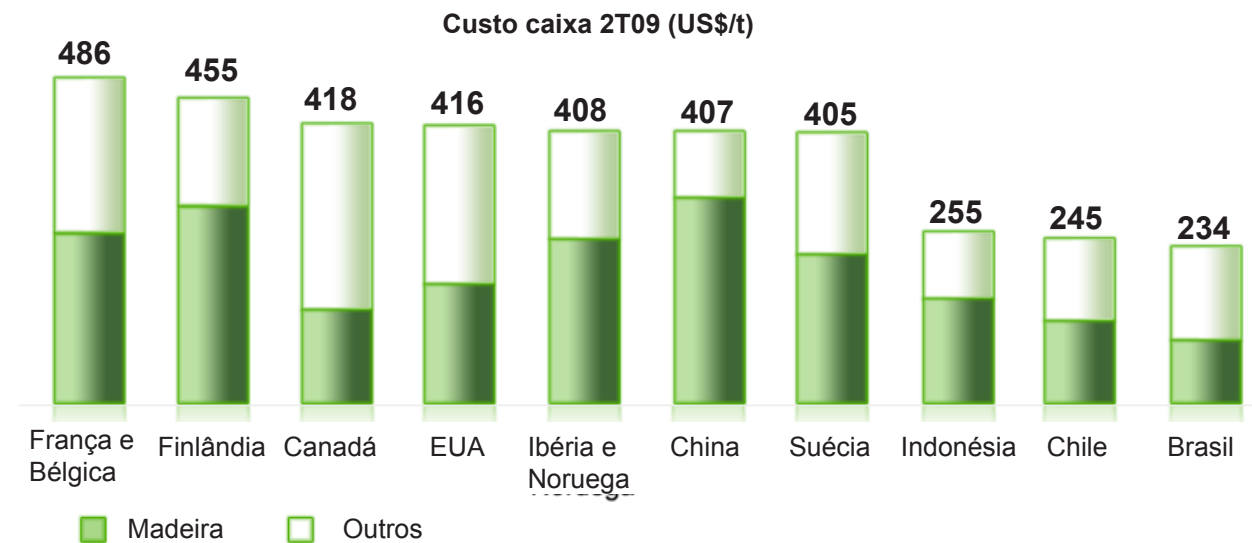
3. O eucalipto pode ser tão bom e, eventualmente, até melhor do que a cana-de-açúcar para a produção de biocombustíveis a partir da biomassa gerada pela plantação/colheita destas culturas, segundo o pesquisador Carlos Alberto Labate, professor da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz. Em Simpósio sobre Etanol de Celulose promovido pela Fapesp em 2008, ele destacou: trata-se de uma nova revolução da química verde. "Atualmente, os resíduos permanecem no solo das plantações após a extração do tronco da árvore, que normalmente é destinada à indústria de papel e celulose. Uma quantidade razoável de casca e galhos é dispensada no solo com o corte da madeira, algo em torno de 45 toneladas por hectare. No entanto, esses resíduos desperdiçados podem ser usados para produzir bioetanol e biopolímeros. A casca do eucalipto é uma ótima fonte de carbono de baixo custo". Em pesquisas, foi comprovado que a composição da casca do eucalipto é mais favorável do que o bagaço da cana em termos de açúcares fermentáveis: a quantidade de pentoses (monossacarídeos de cinco carbonos) inibitórias ao processo de fermentação é menor na casca do eucalipto. Além disso, o eucalipto possui o dobro de hexoses, que são açúcares fermentáveis como sacarose, glicose, frutose e galactose, em relação ao bagaço da cana. Isso significa que, teoricamente, o potencial do eucalipto para a fermentação é superior ao da cana. Mas os estudos ainda não estão concluídos. Eles também indicam que enquanto a cana produz em torno de 10,6 toneladas de bagaço por hectare em um ano, o eucalipto chega a gerar de 23 a 25 toneladas de biomassa por hectare, no mesmo período, com alto potencial para transformação em energia.

4. Ver Levitt (1978, p. 83-91). "Any product or service can be differentiated, even the commodity that seems to differ from competitors' offering only in price. In the marketplace differentiation is everywhere (...) Products are almost always a combination of the tangible and the intangible" (Levitt, 1978, p. 83-84).

2º trimestre de 2009 o Brasil apresentava os menores custos diretos (ou caixa), ainda que fosse onerado pelo custo de capital e aqueles ex-fábrica (a exemplo de logística). O Gráfico 1 também evidencia que a base da competitividade do país reside em uma vantagem absoluta e comparativa nos custos caixa de produção da madeira.

O primeiro grande salto de produtividade na história recente do setor de papel e celulose foi o uso do eucalipto, em face de outros gêneros com maior tradição no setor. Quando o engenheiro Edmundo Navarro de Andrade trouxe o eucalipto para o Brasil, no começo do século XX, a madeira já vinha sendo utilizada na França (onde resistia a temperaturas de 7°C abaixo de zero), na Argélia, em Portugal e na África portuguesa, na Itália e nos Estados Unidos, principalmente no litoral. No Brasil, rapidamente prosperou uma plantação de 2.000 árvores no horto Florestal de Jundiá (SP), que teve em Navarro de Andrade o seu fundador⁵.

Gráfico 1. Custo direto de produção de celulose – 2º tri. 2009



Fonte: Hawkins Wright, Fibria.

Assim, o plantio sistemático para a produção de celulose teve início em meados da década de 1950, e depois, já em escala comercial, a partir do final dos anos 1960 pela Aracruz, no Espírito Santo. Por volta da década de 1970, a despeito de ser uma árvore bastante versátil e com inúmeras aplicações industriais, sua madeira era vista como uma fibra secundária, de menor valor, para a produção de papel⁶. A celulose de pínus dominava o mercado e a indústria papeleira ignorava as características únicas da fibra de eucalipto, tais como alta opacidade, maciez e boa absorção, ideais para a produção de papéis de imprimir, escrever, papéis sanitários e especiais⁷.

A escolha do eucalipto se deu não só pelas vantagens aparentes, mas também pela facilidade no melhoramento genético que suas árvores propiciavam. Em seguida, a ênfase foi (e continua a ser) o

5. “A madeira é uma das mais valiosas da Austrália, vermelha, dura, pesada, elástica e duradoura. Por ser de longa duração quando em contato com a terra, é muito empregada em dormentes, postes telegráficos, cercas e estacarias. É também muito utilizada na construção de vagões de estradas de ferro” (Andrade, 1909, p. 27).

6. O aproveitamento regular do eucalipto para a fabricação de celulose data do início da década de 1970, fruto de uma mudança estratégica definida no II Plano Nacional de Desenvolvimento, lançado em 1972. Foi o marco para a evolução do eucalipto do plano florestal para o industrial (Hasse, 2004, p. 15). Em 1987, os incentivos se esgotaram e as empresas passaram a ser responsáveis pelo custo total do reflorestamento. A crise energética da década de 1970 implicou maior consumo de eucalipto. Foi um fenômeno mundial. Estudo da FAO de 1981 constatou essa tendência em 90 países. Inclusive nos Estados Unidos, a regra foi intensificar o uso de eucalipto para geração direta de energia (Lima, 1996, p. 39-40).

7. Em relação ao universo das madeiras classificadas como duras, o eucalipto é a que possui a fibra mais curta. Seu comprimento médio chega a apenas 0,65mm contra dimensões 15% a 40% maiores das fibras da bétula, do choupo, da faia, do carvalho. As fibras das coníferas medem muito mais que o mínimo de 2mm. Sua granulação também é a mais baixa do mercado. Caracterizam-se pela formação homogênea, rigidez, lisura, trama resistente, porosidade e volume da folha, propriedades que asseguram nítida vantagem com relação às demais madeiras utilizadas na produção de celulose e papel.

aumento da produção em uma mesma quantidade de hectares. Com as florestas clonais observa-se que as árvores vêm atingindo tamanhos maiores, tempos de maturação menores e maior resistência a cancos. Por fim, para manter preços competitivos no exterior, em um país com as dimensões e limitações de infraestrutura como o Brasil, foram necessários ainda avanços em logística e em tecnologia industrial.

Os avanços da tecnologia florestal no Brasil

O objetivo da fabricação da celulose é separar as fibras umas das outras. Em seguida, são novamente misturadas na máquina de papel, sob a forma de folhas, cujas propriedades e peso específico são determinados para cada tipo de uso final. As propriedades das folhas, portanto, dependem muito da morfologia das fibras e do tipo e extensão de transformação pela qual passam durante a elaboração da pasta de celulose, especialmente durante o refino e antes de sua moldagem em folhas propriamente ditas. Cada gênero e espécie de árvore possui fibras de diferentes morfologias. Quando as fibras do gênero *Eucalyptus* surgiram no mercado, mais de quarenta anos atrás, os fabricantes de papel constataram que essa nova pasta de celulose dependia de sofisticado processo tecnológico (Noe & Demuner, 2004).

Após a avaliação do comportamento no campo, as espécies *E. grandis* e *E. urophylla*, além dos híbridos entre elas, foram definidas como as de maior potencial no Brasil, em função da tolerância ao cancro, do rápido crescimento e da adequação ao processo de produção de celulose. A partir daí, aconteceram novas introduções dessas espécies e, já na década de 1980, produziam-se clones melhorados para consumo próprio e sementes para comercialização, contribuindo para o desenvolvimento da eucaliptocultura brasileira.

No âmbito das florestas plantadas, o conceito de melhoramento genético, com ênfase na produtividade, uniformidade e qualidade da madeira, foi um dos temas centrais na seleção e propagação de árvores superiores de eucalipto⁸. Para o plantio, as mudas passam a ter rigoroso processo de avaliação, em que se consideram parâmetros como altura, estado fisiológico e consistência do torrão. Os clones que dão origem às mudas são renovados a cada quatro anos. Toda a madeira utilizada para a produção de celulose é plantada⁹.

Esses avanços foram largamente impulsionados pelo advento das florestas clonais. Por meio da clonagem (técnica que permite a multiplicação de plantas idênticas do ponto de vista genético), muitas árvores superiores, resultantes do programa de melhoramento, foram selecionadas e propagadas em grande escala. As florestas clonais propiciaram ganhos significativos em produtividade, uniformidade e qualidade da madeira, permitindo ao Brasil destacar-se no mercado mundial.

Desta forma, o país tornou-se um dos cinco principais países geradores de tecnologia de celulose e papel, ao lado da Suécia, Finlândia, Canadá e Estados Unidos¹⁰. Além do maciço investimento

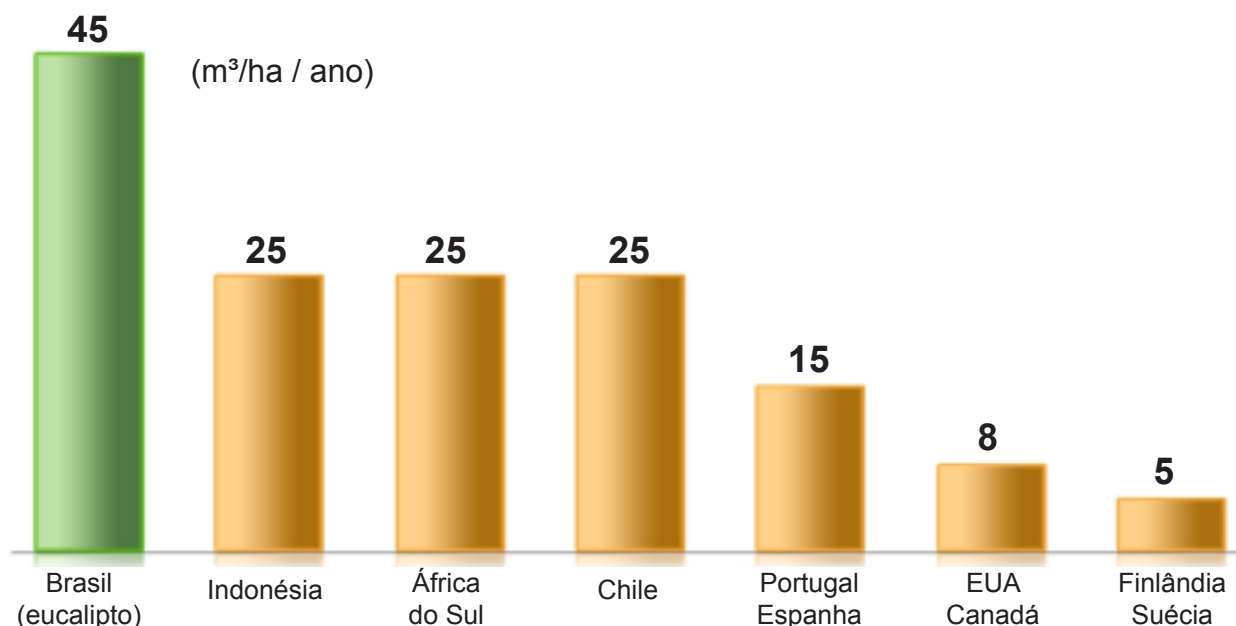
8. Com ampliação dos conhecimentos sobre a aplicação dos princípios da genética em silvicultura, aumentou o interesse na utilização de sementes melhoradas, no final da década de 1960 e início de 1970. Os inúmeros exemplos de insucesso devido à utilização de sementes inadequadas foram e vêm sendo um incentivo cada vez maior para que cuidados na utilização de sementes melhoradas sejam sempre considerados dentro de um programa de melhoramento.

9. Vale ilustrar com o exemplo da Fibria (em 1973, ainda Aracruz), quando introduziu o cultivo de 55 diferentes espécies de eucalipto da Austrália e Indonésia, abrindo caminho para que, no alvorecer da década de 1980, a ampliação da base genética fosse realidade concreta. Atualmente, em torno de 92% da floresta têm origem nas mudas produzidas a partir da clonagem por mini-estacas, um processo que garante produtividade, homogeneidade e qualidade da celulose.

10. O Brasil tende a liderar os desenvolvimentos científicos nas áreas de produção e utilização da celulose de eucalipto, já que é o maior produtor e exportador mundial desse tipo de fibra. Há previsões de que em 2015 a produção de celulose de mercado alcançará o patamar de 70 milhões de toneladas anuais, sendo 35 milhões provenientes de fibra curta, das quais cerca da metade será de fibras de eucalipto. O principal interesse nas fibras de eucalipto deriva do seu baixo custo de produção que é propiciado pelas altas taxas de crescimento e pelo seu alto rendimento de polpação. Os avanços tecnológicos na aplicação de fibras de eucalipto têm demonstrado serem estas de excelente qualidade para produção de muitos tipos de papel antes fabricados com fibras longas. Em futuro próximo, haverá substituição das fibras longas por fibras curtas de eucalipto na fabricação da maioria dos papéis branqueados. Sendo fibras homogêneas, derivadas de plantações clonais, as fibras de eucalipto são atualmente consideradas as melhores fibras de celulose disponíveis no mercado mundial. Para manter a hegemonia das fibras de eucalipto e ampliar ainda mais os seus usos em diferentes mercados, é necessário ampliar os investimentos em P&D.

em tecnologia, houve persistente trabalho para tornar visíveis as qualidades do eucalipto aqui produzido. O traço distintivo do eucalipto brasileiro é a elevada produtividade: a média nacional é de 45m^3 de madeira por hectare ao ano, chegando em alguns casos a 50m^3 , contra a média europeia de 10m^3 (Gráfico 2).

Gráfico 2. Produtividade florestal



Fonte: Poyry e Fibria.

Certamente, o eucalipto não estaria entre os gêneros mais plantados globalmente não fosse a evolução tecnológica alcançada nas últimas décadas, especialmente no hemisfério sul, em regiões tropicais, subtropicais e temperadas em função do melhoramento genético, dentre outros fatores¹¹. Outras espécies, como a acácia e o choupo, por exemplo, poderiam ter-se tornado igualmente importantes não fossem os obstáculos tecnológicos.

No Brasil, o eucalipto¹² começou a ser cultivado na primeira década do século XX, mas os investimentos em tecnologia de papel e celulose datam dos anos 1950, justamente quando o modelo de substituição de importações passa a predominar. Investiu-se, no início, no processo de melhoramento genético do eucalipto, o que permitiu selecionar árvores mais produtivas e resistentes. O resultado é que, enquanto um pínus nos Estados Unidos demora 25 anos para alcançar o ponto de corte, no Brasil o eucalipto leva em média seis anos. A par disso, os ganhos tecnológicos na área florestal, compartilhados pelas empresas do setor, permitiram a ascensão do país entre os grandes produtores de celulose no mundo¹³.

Já a produtividade de celulose, medida em toneladas secas ao ar (tsa) por hectare/ano, cresceu (no caso da Fibria) de 6,4 tsa.ha/ano para cerca de 11 tsa.ha/ano nas últimas três décadas, reduzindo

11. As primeiras florestas com fins econômicos de eucalipto foram plantadas no Brasil com a introdução de dúzias de espécies, em 1904, por Edmundo Navarro de Andrade. À época, o destino da árvore não estava vinculado à produção de celulose e papel, embora o seu uso econômico fosse considerado relevante. Hoje, há aproximadamente 4,5 milhões de hectares de áreas plantadas com essa espécie no país. A área é menor do que a utilizada para plantar soja, milho e outras culturas. Na classificação dos países que têm plantios florestais, o Brasil ocupa o 7º lugar, com quase 6 milhões de hectares plantados. Essa área é muito menor do que a ocupada por plantios em países como China, Índia, Rússia e Estados Unidos. A comparação aplica-se até mesmo ao Japão, país cujo território é bem menor que o nosso.

12. “Os eucalyptus são notáveis, sobretudo, pela sua prodigiosa rapidez de crescimento, sendo a sua produção lenhosa quádrupla da do carvalho: aos 25 anos um eucalyptus dá tanta madeira como um carvalho de 100 anos criado nas mesmas condições. A rapidez de crescimento, aliada à extraordinária duração de sua madeira, torna o eucalyptus uma das mais preciosas essências florestais” (Andrade, 1909).

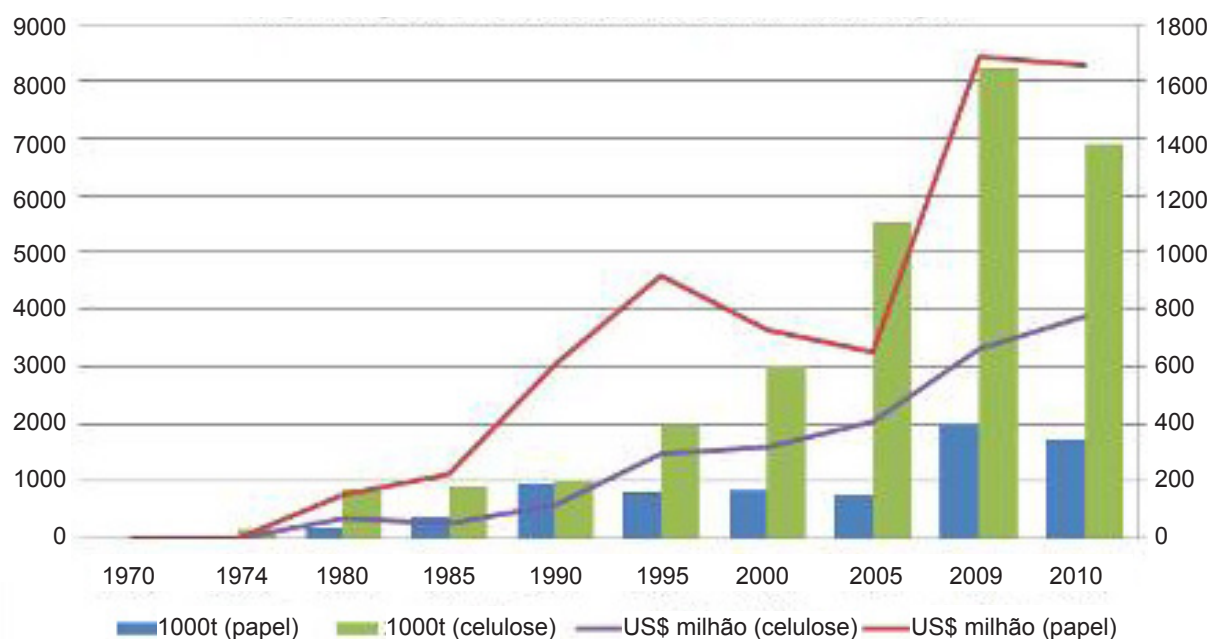
13. O reconhecimento da excelência da pesquisa florestal reflete-se no fato de que o Joint Genome Institute (JGI), centro financiado pelo governo americano, realizou o sequenciamento genético total do eucalipto O brasileiro, em contraposição a outros exemplares, inclusive da Austrália, país de origem da planta (Revista Exame, 30.10.2008).

expressivamente a necessidade de terras para a produção de um mesmo volume de celulose. As perspectivas são de aumentos ainda mais significativos no futuro próximo, tanto pelos métodos tradicionais de melhoramento genético e manejo florestal, quanto pela aplicação de técnicas biotecnológicas de fronteira, atualmente em desenvolvimento.

Crescimento das exportações e ganhos de competitividade

O que aconteceu no campo do aprimoramento tecnológico da base florestal particularmente repercutiu na competitividade brasileira¹⁴. De importador, o país tornou-se exportador e um dos três produtores mais competitivos do mercado internacional de celulose. Em 2006, o Brasil tornou-se o maior exportador mundial de celulose de fibra curta de eucalipto e o terceiro maior exportador de celulose, considerados todos os tipos¹⁵.

Gráfico 3. Brasil: Exportações de celulose e papel – 1970-2010



Fonte: Estatísticas oficiais do Governo; SECEX.

Grças à sua morfologia única e às suas características químicas, as fibras de eucalipto consolidaram-se como uma das melhores para papéis do tipo *tissue* (destinados à higiene e ao conforto pessoal)¹⁶, para impressão e escrita, e para papéis especiais (fotográficos, decorativos, térmicos e outros). Houve, desde o primeiro momento, intenso esforço de esclarecimento sobre as vantagens da fibra do eucalipto para a fabricação de papéis, antes restrita ao uso de fibras longas que dominavam a preferência dos papeleiros. A fibra curta era usada para fins menos nobres, sobretudo como “enchimento” (*filler*), misturada a outros tipos de fibra para dar volume (*bulk*) à pasta de celulose. A ênfase era informar sobre as propriedades ainda desconhecidas das fibras do eucalipto

14. Independentemente do tipo de papel que esteja sendo fabricado, o setor papeleiro possui como premissas básicas: a alta eficiência operacional (poucas interrupções no processo produtivo, pouca perda de materiais), o baixo custo de produção e a qualidade uniforme no processo e nos produtos. Produtividade significa velocidade rápida na máquina de papel, rápida drenagem na mesa plana, alta consistência após a prensagem a úmido, excelente consolidação da folha de papel e mínimo número de quebras da folha nas operações. Qualidade implica máximo atendimento nas especificações e mínima geração de refugos e de aparas internas por desclassificações e quebras.

15. A competitividade do Brasil no mercado internacional de celulose deve-se à alta produção de reflorestamento e às condições climáticas favoráveis que facilitam a atividade florestal no país, permitindo crescimento rápido e com alta qualidade, combinado a baixos custos de produção em relação a outros países.

16. De crescente demanda nos mercados globais, os papéis *tissue* de alta qualidade requerem características específicas da celulose, entre elas: alta maciez e sedosidade; elevada capacidade de absorção; adequada resistência à umidade; alta resistência superficial; total ausência de contaminantes químicos; fácil e rápida submersão e desagregação; ausência de pintas e furos; segurança microbiológica; alto volume específico e renovabilidade.

e mostrar as vantagens que ofereciam ao fabricante de papel, além de desenvolver produtos com foco em características específicas de clientes.

Para manter os preços competitivos no exterior, foi necessário ir além do melhoramento genético do eucalipto e do esforço de comunicação de suas vantagens. Logísticas que antes atendiam o mercado doméstico tiveram que ser modificadas por inteiro para competir no exterior. A eficiência teria de vir não só da escolha da matéria-prima, mas também da operação florestal, da logística e dos processos de transformação.

No campo, as operações caracterizam-se por:

- elevado grau de mecanização na colheita (tratores com computadores que cortam, desgalham, descascam e medem a madeira), equipamentos especialmente desenvolvidos para operações florestais (*harvesters*, *forwarders* e outros);
- fertilização e proteção florestal por métodos desenvolvidos para o eucalipto (fertilização aérea por aviões não tripulados), diferentes para cada tipo de área (clima, solo etc.);
- sistemas de medição altamente modernos utilizando satélites para realizar o inventário da área (idade, volume e densidade da madeira);
- logística utilizando complexos multimodais (rodo, ferro e hidroviário) de transporte da madeira com sofisticados recursos de monitoramento no recebimento da madeira nas fábricas, alinhando ainda os diversos produtos de cada fábrica para os clientes em todo o mundo.

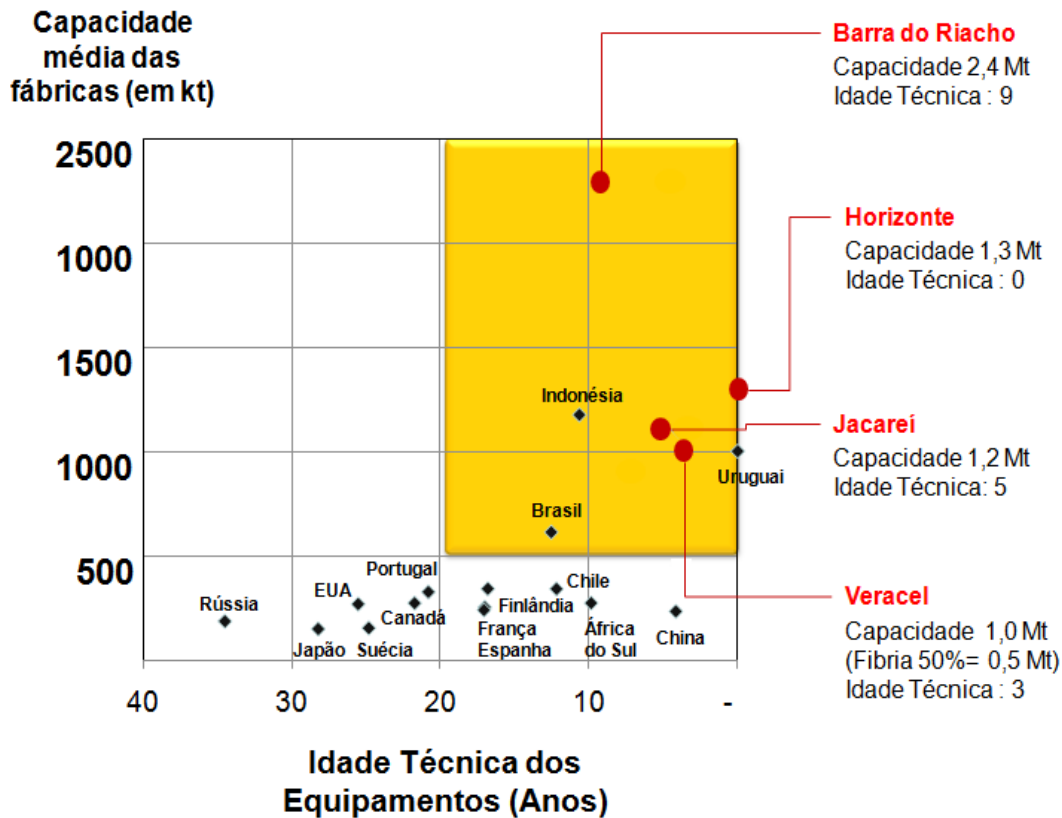
Já a instalação das fábricas teria de ser repensada, inclusive com a garantia de acesso rodoviário (para o mercado interno) e ferroviário ou hidroviário (para levar as exportações aos portos). Neste último caso, foram desenhadas barcaças cada vez maiores, exigindo rios com maior profundidade. Para minimizar riscos, deu-se ênfase na diversificação dos portos de saída e principalmente de chegada, junto com o balanceamento geográfico das vendas.

As fábricas, por sua vez, caracterizam-se por:

- Sistemas de controle que monitoram todas as propriedades da celulose, os consumos de materiais e os custos envolvidos em todos os estágios de produção e as emissões aéreas e efluentes, otimizando o consumo de energia e de água (o consumo específico deste insumo foi reduzido de cerca de 120 m³/t de celulose nos anos 1970 para 25 m³/t atualmente) e garantindo a segurança das operações;
- Processos mais limpos de beneficiamento da celulose (branqueamento sem o uso de cloro elementar, por exemplo), fruto do intenso e continuado esforço de P&D.

O resultado do progresso nessas áreas são fábricas posicionadas estrategicamente no plano territorial, com rápido acesso aos mercados, e caracterizadas por instalações modernas (em termos de idade técnica média dos equipamentos) e de elevada escala, como sugere o Gráfico 4. No seu conjunto, esses esforços empresariais conseguiram posicionar o país na fronteira da competitividade.

Gráfico 4. Fábricas: capacidade e idade técnica



Fonte: Fischer e VCP.

Caminhos da sustentabilidade na indústria de papel e celulose

Possibilitar que gerações futuras desfrutem de um bem-estar maior ou igual ao da atual geração é uma das formas de se definir a sustentabilidade (Stiglitz *et al.*, 2009, parágrafo 125). É nesse contexto que caminham os esforços na indústria de papel e celulose. Esta seção aponta como o setor conseguiu ir além da lógica da escolha de Sofia, em que crescimento ocorre com menor preservação.

Estudo do International Institute for Environment and Development (IIED) publicado na década de 1990, que rastreou a pegada de carbono de todo o ciclo de vida do papel, chegou à conclusão de que seu uso sustentável é viabilizado fundamentalmente por quatro fatores: o emprego de fibras virgens oriundas de fontes renováveis; a reciclagem de parcela do papel usado; a incineração e a transformação em energia de parte do que foi descartado; e a destinação do restante a aterros sanitários (IIED, 1997).

No Brasil, onde ainda existem 92 milhões de hectares de terras agricultáveis não utilizadas, as florestas plantadas com eucaliptos, pinus e outros tipos de árvore ocupavam em 2009 5,1 milhões de hectares, contra 61 milhões ocupados por outros cultivos agrícolas, como milho, soja, laranja e café, e 220 milhões de hectares ocupados por pastagens. Aquelas florestas garantem a coexistência dos biomas naturais remanescentes. Mais da metade da área pertencente às empresas florestais no país é coberta com vegetação nativa, protegida na forma de reservas legais e áreas de preservação permanente. Intercaladas com os plantios comerciais, essas florestas permitem a comunicação, multiplicação e preservação de espécies da fauna e flora locais¹⁷.

17. A Fibria produz anualmente mais de 1 milhão de mudas de plantas nativas em viveiros próprios ou por ela apoiados, que são utilizadas em programas próprios e públicos de recuperação de áreas nativas e também doadas, para este mesmo fim, a produtores rurais parceiros na produção de eucalipto.

Tabela 1. Brasil: Finalidade das áreas florestais do setor de papel e celulose (mil ha) – 2009

| Estados | Área Plantada | Área de Conservação | Área Total |
|--------------------|---------------|---------------------|--------------|
| Amapá | 12 | 752 | 764 |
| Bahia | 527 | 279 | 806 |
| Espírito Santo | 171 | 75 | 246 |
| Maranhão | 47 | 93 | 140 |
| Mato Grosso do Sul | 155 | 70 | 225 |
| Minas Gerais | 222 | 150 | 372 |
| Pará | 49 | 851 | 900 |
| Paraná | 269 | 163 | 432 |
| Piauí | 1 | 4 | 5 |
| Rio de Janeiro | 3 | 1 | 4 |
| Rio Grande do Sul | 206 | 149 | 355 |
| Santa Catarina | 169 | 107 | 276 |
| São Paulo | 420 | 178 | 598 |
| Total | 2.251 | 2.872 | 5.123 |

Fonte: Bracelpa, Relatório Florestal 2009.

Como os ciclos de cultivo do eucalipto para a produção de celulose no Brasil duram, em média, entre seis e sete anos do plantio da muda a colheita da árvore, esses plantios são mais eficientes do que as florestas nativas no sequestro de carbono, considerando que as árvores não absorvem a mesma quantidade deste gás durante todo o seu ciclo de vida¹⁸. Quanto mais jovem, maior a taxa de crescimento e, por conseguinte, maior o acúmulo de carbono. Árvores em uma floresta nativa preservada precisam de energia somente para se manter, enquanto árvores de florestas plantadas de eucalipto estão em constante crescimento, pois a cada sete anos é feito um novo plantio.

Na arquitetura da sustentabilidade, há nítida relação de causa e efeito entre o desenvolvimento da indústria de papel e celulose e o progresso das regiões onde tem raízes. Parcerias de grandes empresas com as comunidades, como o programa Poupança Florestal, são um exemplo. Trata-se de uma parceria entre pequenos e médios produtores rurais que recebem assistência técnica e financiamento para o cultivo do eucalipto e para a futura venda da madeira para a companhia, a um preço preestabelecido e com uma atualização monetária equivalente à correção do financiamento.

Além de levar o desenvolvimento para regiões carentes, a parceria aprimora as relações de trabalho e incentiva a consciência ambiental. O proprietário rural participante pode combinar a cultura do eucalipto com outras atividades agropecuárias, além de receber mudas de eucalipto e de outras espécies nativas da própria empresa. As vantagens desse programa são múltiplas: a companhia passa a ter uma nova fonte de abastecimento de madeira, sem a necessidade de comprar novas terras para expandir a produção, e os produtores ganham uma nova fonte de renda e toda uma *expertise* em práticas de gestão sustentável.

Longe de ser uma ameaça para as florestas nativas, o plantio de eucaliptos é uma solução. A produção de madeira de um hectare de floresta plantada de eucalipto corresponde à que seria obtida em 30 hectares de florestas tropicais nativas. No Brasil, somente três em cada dez metros cúbicos de madeira destinados a diversos usos finais são originários de plantios florestais, sendo que no setor de celulose e papel este índice é de 100% (Moraes, 2010). Isso significa que o campo para expansão dos plantios é imenso e que o aumento de produtividade é parte da solução e não do problema da sustentabilidade. As florestas plantadas salvam as florestas nativas. Na indústria de celulose, a sustentabilidade começa pela planta do eucalipto e envolve todo o processo produtivo.

18. Foi em 1774 que o químico britânico Joseph Priestley relacionou a vida no planeta à capacidade das plantas de estocar carbono.

Em São Paulo, estado de considerável base florestal, as matas nativas estão sendo recuperadas pela indústria de celulose¹⁹.

As áreas de manejo florestal próprio já possuem formas de certificação padronizadas e com reconhecimento internacional. É o caso dos certificados pelo Conselho de Manejo Florestal (Forest Stewardship Council – FSC) ou pelo Programa Brasileiro de Certificação Florestal (Cerflor), este último reconhecido pelo Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC). Algumas áreas estão certificadas simultaneamente pelos dois sistemas. As empresas brasileiras, se já não possuem, buscam obter ambos os certificados. Outra certificação, a de Cadeia de Custódia (CoC), permite a rastreabilidade de todo processo produtivo, isto é, desde a origem da madeira, entrada na fábrica, processamento (transformação em celulose), estocagem e venda da celulose.

Desta forma, a indústria investe para alcançar a sustentabilidade em todo o ciclo de produção, melhorando processos e adotando boas práticas socioambientais. Buscando uma produção limpa, as empresas de celulose e papel também aproximam-se da autossuficiência em energia. Além disso, é crescente o consumo energético de fontes renováveis, como biomassa. Diversificar o uso econômico da floresta plantada e envolver pequenos produtores, modernizar as relações de trabalho e ampliar o conhecimento pela troca de experiências, inclusive com a promoção de outras atividades, como o cultivo de alimentos, são algumas das ações adotadas. Ao usar 100% de matéria-prima proveniente de florestas renováveis e, também, reciclar boa parte do papel descartado pela população após o consumo, o setor de celulose e papel tem evoluído nos últimos anos rumo a uma posição de destaque na produção sustentável.

Conclusão

A produção de papel e celulose no país é uma atividade industrial complexa, verticalizada, globalizada e intensiva em capital e recursos naturais. A concorrência tem demarcado os limites da inovação e da gestão que, como resultado, vêm amadurecendo o mercado. A utilização da madeira de eucalipto como matéria-prima para a produção de celulose e papel é um processo irreversível e o setor ocupa uma posição de grande relevância no cenário mundial de celulose de eucalipto.

No Brasil, a diferenciação está materializada na tecnologia. Tecnologia de ponta nas florestas plantadas e nas fábricas de celulose e papel, e que permite produzir mais rapidamente as árvores e estar à frente de competidores igualmente baseados em plantios florestais – ibéricos, norte-americanos, indonésios, sul-africanos e chilenos²⁰. Somam-se à tecnologia industrial e à tecnologia de logística, a tecnologia ambiental e a tecnologia social.

A combinação dessas várias tecnologias resulta no cultivo racional das florestas e em intensa inclusão social. As áreas dedicadas à conservação coexistem e são protegidas pela floresta plantada. São aspectos seminais da evolução do eucalipto que capacitaram o Brasil a:

- Aplicar a celulose de eucalipto em produtos (papéis) antes restritos a fibras longas e/ou

19. A atuação da indústria de celulose tem sido fundamental nesse sentido, inclusive com casos de preservação da mata que ultrapassam os limites previstos pela legislação ambiental. A Fibria, por exemplo, preserva por volta de 40% da área de mata nativa em São Paulo, onde a legislação estabelece 20% como percentual obrigatório de reserva legal, mais um total de áreas de preservação permanente que varia segundo as características do local (Pellizzon, 2010).

20. Grande parte do enorme êxito do setor florestal brasileiro deve-se ao melhoramento genético florestal. Nos anos 1970, para se compor 1 metro cúbico sólido de madeira sem casca em uma floresta de eucalipto com 7 anos eram necessárias de 8 a 9 árvores; hoje, em uma floresta com incremento de 45 m³.ha/ano, precisamos de aproximadamente 4 árvores. São menos áreas a serem plantadas, menos terra a sulcar, menos veículos a consumir combustível, enfim, ganhos excepcionais. Quanto melhor for nossa capacidade de oferecer mais madeira para a sociedade, gastando menos recursos naturais, estaremos caminhando mais rapidamente para garantir a sustentabilidade desejada. A boa rusticidade do eucalipto, associada à eficiente prevenção de pragas, moléstias e incêndios florestais, tem sido um dos fatores-chave de sucesso da competitividade da eucaliptocultura no Brasil. Sua principal praga continua sendo as formigas cortadeiras, mas existem ainda possibilidades de ataques de besouros e lagartas desfolhadoras. Dentre as doenças, algumas foram muito perigosas e ameaçadoras, como o cancro do eucalipto e a ferrugem, todas bem controladas pelo desenvolvimento de material genético com resistência às mesmas. As principais tecnologias de controle costumam ser o controle biológico, o desenvolvimento de clones resistentes e a prevenção.

outras fibras mais conhecidas. Somente a partir do plantio clonal em larga escala é que a indústria passou a ter condições de avançar rapidamente no melhoramento genético do eucalipto e oferecer produtos mais homogêneos, com qualidade constante e em grandes volumes. O plantio clonal também ajudou a superar grandes desafios tecnológicos, como o de obter materiais resistentes às doenças do eucalipto, especialmente ao cancro.

- Afirmar a qualidade dos processos industriais de transformação da fibra do eucalipto em celulose de mercado. Os processos teriam de ser capazes de fazer a ligação, com competência econômica, entre o eucalipto plantado em larga escala e os produtos finais, iniciativa pioneira.
- Incentivar a produtividade de madeira em regiões sem nenhuma experiência com a cultura do eucalipto. O cancro e o desejo de competir globalmente com o eucalipto talvez tenham sido os grandes impulsionadores do desenvolvimento tecnológico alcançado a partir da década de 1970.

A vantagem comparativa do Brasil está assim calcada não apenas nas condições ambientais, como nos avanços das pesquisas genéticas que possibilitam a obtenção de árvores com crescimento mais rápido, resistentes a pragas e a doenças e tolerantes a diversos tipos de estresse, como a seca e o frio.

Em um futuro não muito distante o Brasil estará produzindo eucalipto transgênico, com melhoria ainda maior da qualidade da madeira, seja pelo aumento da quantidade de celulose, seja pela alteração ou redução do teor de lignina (a substância que dá “liga” à madeira, correspondente ao colágeno, no mundo vegetal). Ao apresentar maior teor de celulose ou diminuir as perdas desta substância, os eucaliptos geneticamente modificados aumentam a produtividade das florestas, já que a mesma área plantada passa a render uma quantidade maior de celulose.

Em síntese, as *commodities* florestais (papel e celulose) não são desprovidas de valor agregado e diferenciação no mercado. O próprio desenvolvimento da indústria de papel e seu pioneirismo no campo de P&D, no Brasil e no exterior, são provas incontestáveis dessa realidade. Se nos voltarmos à sustentabilidade, constata-se que o setor de celulose e papel no país somente utiliza florestas plantadas e fixou-se em um modelo socioambiental moderno. É um exemplo que aponta para o futuro. O que importa, porém, é que as *commodities* florestais são protagonistas de uma verdadeira revolução econômica, social e ambiental.

Apêndice Cronológico: breve linha do tempo²¹

2.200 a.C. – Os egípcios inventam o papiro, espécie de pergaminho e tronco ancestral do papel. Era extraído de uma planta aquática que florescia no delta do Nilo. Com cinco a seis metros de comprimento, de hastes finas e verdes, que lembravam os raios do Sol, divindade máxima do Egito, era considerada sagrada. O ritual de elaboração do papiro era o seguinte: cortava-se o miolo do talo, esbranquiçado e poroso, em lâminas muito finas que, depois de secadas com panos, eram mergulhadas por seis dias em água e vinagre para eliminar o açúcar. Novamente secas, eram dispostas uma sobre as outras em fileiras horizontais e verticais. Colocadas entre dois pedaços de tecidos de algodão, eram prensadas por seis dias. Dessa forma, as lâminas se misturavam e formavam pedaços de papel amarelados, prontos para uso imediato. A casca da planta servia para confecção de cestos, camas e até barcos. Até os primeiros séculos da era cristã o papiro foi o suporte da escrita de uso corrente em toda a Europa, regiões asiáticas e, evidentemente, a África, de onde se originou.

105 d.C. – A invenção do papel fabricado a partir de fibras de cânhamo trituradas e revestidas de uma fina camada de cálcio, alumínio e sílica é atribuída ao eunuco T’sai Lun, na China. Cozidas, as fibras eram batidas e esmagadas, formando uma pasta que era depurada em uma peneira feita

21. Era crença geral de que quanto mais lento o crescimento de uma árvore, melhor a sua madeira. Uma idéia, como muitas outras, completamente desmentida pelo eucalipto (Sampaio, 1961, p. 25).

de juntos delgados unidos entre si por seda ou crina, fixada em uma armação de madeira. Formase, então, uma colha celulósica que era comprimida sobre uma placa de material poroso e secada ao ar livre. Deixando de lado as limitações de escalas produtivas, era um papel de alta qualidade, comparável ao papel produzido nos dias atuais. Na Europa, o papel chegaria dez séculos mais tarde pelas mãos dos árabes que produziam, transportavam e comercializavam a mercadoria vinda da Ásia pelo norte da África, e de Alexandria, Trípoli e Tunísia. Levado para a Espanha, o papel era distribuído para a França e outros países da Europa.

1000/1830 – Trapos velhos constituíam o insumo básico da indústria de papel até meados do século XIX (costume interrompido em meados do século XVII, quando se acreditava que os restos de pano contribuíam para a propagação da peste). Nas Américas, os descobridores encontraram um papel semelhante ao papiro, chamado *Amatl*, produzido pelos Maias e pelos Aztecas. Em 1719, o naturalista e físico francês René-Antoine de Ferchalt Reaumur, mais conhecido pelos seus estudos com escalas termoeletricas, sugere o uso da madeira como matéria-prima para o fabrico de papel, ao observar que as vespas mastigavam madeira podre e empregavam a pasta resultante para produzir uma substância semelhante ao papel na confecção de seus ninhos. No ano de 1765, o cientista Jacob Schäffer, ao pesquisar ninhos de vespas, conclui que eram feitos de fibras de celulose. Foi o ponto de partida para a indústria papelreira baseada em troncos de árvores. Os historiadores mencionam que, por volta de 1774, o eucalipto teria sido introduzido na Europa e, em 1788, foi descrito pela primeira vez pelo botânico francês L'Héritier de Brutelle, no *Sertum Anglicum*, em Paris, valendo-se do material recolhido em expedições no território australiano. Mas o descobridor do eucalipto foi o naturalista francês Jacques-Julien Houtou de la Billardiére, que encontrou a árvore na Tasmânia, uma ilha australiana, em 1792 durante uma expedição (Andrade, 1909, p. 2).

Até a metade do século XIX, o eucalipto figurou apenas como planta ornamental em coleções de alguns jardins botânicos – inclusive o do Rio de Janeiro, para onde foram trazidos em 1824 –, sem nenhuma importância comercial. Na Índia, os primeiros plantios ocorreram em 1843 e, por volta de 1856, já havia povoamentos de eucaliptos bem desenvolvidos.

Na África do Sul, os primeiros ensaios com eucaliptos ocorrem em 1828, na colônia do Cabo. Os primeiros ensaios na Europa, visando à produção comercial, datam de 1854, principalmente com o *Eucalyptus globulus*, plantado em Portugal pelo Barão de Massarellos e por J. M. Eugênio de Almeida. Em 1863 foi introduzido na Espanha e, em 1869, foi introduzido na Itália.

Na América do Sul, talvez o Chile tenha sido o primeiro país a cultivar o eucalipto, em 1823, recebendo as sementes de um navio inglês. A Argentina teria introduzido o eucalipto em seu país em 1865, pelo Presidente Garcia Moreno. No Uruguai, as primeiras sementes de eucalipto foram recebidas em 1853. É difícil se determinar, com segurança, a data de introdução do eucalipto no Brasil. Até algum tempo atrás, tinha-se como certo que os primeiros plantios aconteceram no Rio Grande do Sul, em 1868, por Frederico de Albuquerque, e no Rio de Janeiro, Quinta da Boa Vista, por iniciativa do tenente da Marinha Pereira da Cunha. Sua cultura, porém, espalhou-se por praticamente todo o país²².

1809 – No Brasil, tem início a construção de uma fábrica no Rio de Janeiro. A produção, provavelmente, iniciou-se entre 1810 e 1811. Ainda no Rio de Janeiro surgem mais três fábricas em 1837, 1841 e 1852, esta última nas proximidades de Petrópolis, construída pelo Barão de Capanema (a Fábrica de Orianda), que produziu papel de ótima qualidade para os padrões da época até a decretação de sua falência em 1874. Em correspondência ao Ministro do Príncipe Regente D. João, Conde de Linhares, em 1809, o Frei José Mariano da Conceição Vellozo assinala: “Ihe remeto uma amostra do papel, bem que não alvejado, feito em primeira experiência, da nossa embira²³. A segunda que já está em obra se dará alvo, e em conclusão pode V.Exa. contar com esta fábrica”. Na

22. http://www.celsofoelkel.com.br/artigos/outros/Arquivo%2002_Os%20Eucaliptos%20no%20Brasil.pdf

23. Designação comum a várias espécies de arbustos que ocorrem em áreas úmidas.

amostra encaminhada com o documento constava: “O primeiro papel que se fez no Rio de Janeiro, em 16 de novembro de 1809”²⁴.

1850 – Surge a demanda de papel para a impressão de livros, jornais e fabricação de outros produtos de consumo, levando à busca de fontes alternativas de fibras a serem transformadas em papel.

1840 – Na Alemanha, desenvolve-se um processo para trituração de madeira. As fibras são separadas e transformadas no que passou a ser conhecido como “pasta mecânica” de celulose. Seu precursor foi o alemão Friedrich G. Keller. Em 1884, fabricou pasta de fibras, utilizando madeira pelo processo de desfibramento, mas ainda juntava trapos à mistura. Mais tarde percebeu que a pasta assim obtida era formada por fibras de celulose impregnadas por outras substâncias da madeira (lignina). Procurando separar as fibras da celulose da lignina, foram sendo descobertos vários processos: processo de pasta mecânica, processo com soda, processo sulfito, processo sulfato (*kraft*). A introdução das novas semipastas representou importante passo na eclosão de novos processos tecnológicos na fabricação de papel. Máquinas correndo a velocidade de 1.200m por minuto, uso da fibra curta (eucalipto) para obtenção de celulose e a nova máquina Vertform (que substituiu com vantagens a tela plana) são alguns fatos importantes.

1854 – É patenteado na Inglaterra um processo de produção de pasta celulósica por meio de tratamento com soda cáustica. A lignina, cimento orgânico que une as fibras, é dissolvida e removida, surgindo a primeira “pasta química”.

1860 – Invenção do papel *couché*. Lançamento do papel higiênico em forma de rolo. Surgem na Finlândia as primeiras leis sobre práticas de silvicultura. Em 1868, Frederico de Albuquerque introduz o eucalipto no Brasil, mais exatamente no Rio Grande do Sul.

1904 – No alvorecer da República, o engenheiro agrônomo Edmundo Navarro de Andrade, formado pela Escola Nacional de Agricultura de Coimbra, Portugal, plantou as primeiras florestas de eucalipto no Brasil. Navarro, em uma época em que não existiam voos transcontinentais e que as viagens marítimas se desenrolavam por semanas ou meses, trouxe da longínqua Austrália 144 espécies de eucalipto — das cerca de 700 espécies da árvore, quase todas são originárias daquele país, sendo as demais, em pequeno número, originárias da Nova Guiné, Indonésia e Filipinas —, na busca de solução para o abastecimento de madeira das estradas de ferro da Companhia Paulista de Estradas de Ferro, a mais eficiente ferrovia brasileira à época. A exemplo do que acontecia nos Estados Unidos, criou hortos florestais (em número de 17) para obtenção de dormentes e lenha para uso nas suas linhas férreas. A companhia plantou 16.000 eucaliptos, de 125 espécies diferentes (Andrade, 1909, Prefácio). Fundador e diretor do Horto Florestal de Jundiá, Navarro de Andrade escreveu vários livros sobre o tema, entre eles *A cultura do eucalipto* (1909), *A cultura do eucalipto nos Estados Unidos* (1910) e o *Manual do plantador de eucaliptos* (1911). Além da Austrália, fez pesquisas na Índia, África do Sul, Egito, Argélia, Itália, França, Espanha, Portugal, Estados Unidos, Havaí, México, Chile, Argentina e Uruguai.

1950 – No decorrer da década, o plantio de eucalipto pelo pioneiro Navarro de Andrade semearia a revolução na indústria de papel e celulose, setor que sempre usou árvores de crescimento lento como o *Pinus* europeu ou da América do Norte (Estados Unidos e Canadá), aproveitáveis apenas após décadas de crescimento. O eucalipto pode ser aproveitado em cerca de seis anos apenas e produz vantajosamente biomassa da mais alta qualidade. O primeiro papel com celulose de eucalipto foi fabricado em 1957 e tinha apenas 30% da fibra na fórmula. Quatro anos depois, foi obtida a celulose com 100% de eucalipto. Desde então, o aprimoramento não parou.

1960 – A celulose de eucalipto é introduzida no mercado mundial e ainda era considerada uma celulose nova no final da década de 1970.

1980 – A demanda global por eucalipto atingiu 2,2 milhões de toneladas, mas em 2003 chegou a aproximadamente 8 milhões de toneladas, o que significava a utilização de quase 40% da celulose

24. Trecho do livro *Papel - Problemas de conservação e restauração*, de Edson Motta e Maria L. G. Salgado, que se encontra no Museu Imperial.

comercializada no mercado. Existiam fortes razões para a celulose de eucalipto ter-se afirmado. São produtos especiais para a manufatura de papéis de alto volume específico aparente e de alta opacidade. Por isso, a celulose de eucalipto é muito admirada e preferida para a fabricação de papéis do tipo *tissue*, impressão e escrita, cartões multicamadas, filtros industriais, papéis base para impregnação e revestimento, papéis para cigarros e muitos outros tipos de papéis. Outro fator-chave para o êxito: os preços mais competitivos que os das fibras longas.

2003 – Crescentes investimentos ao longo de uma década fizeram da indústria de papel e celulose brasileira a 7ª produtora de celulose e 11º fabricante de papel no mundo. A aposta na quantidade não reduziu a busca pela qualidade e companhias entronizaram nas linhas de produção inovações como os sistemas de inspeção, monitoramento e diagnóstico de folhas, que conseguem identificar furos e defeitos milimétricos enquanto as bobinas de papel são produzidas em velocidades superiores a 60 quilômetros por hora.

2004 – Segundo a Sociedade Brasileira de Silvicultura, o eucalipto é responsável por gerar mais de dois milhões de empregos diretos e indiretos e contribuir com aproximadamente 4% do produto interno bruto do país (US\$ 21 bilhões).

2006 – O Brasil passa a ser o maior exportador mundial de celulose de fibra curta de eucalipto e o terceiro maior exportador de celulose, considerando todos os tipos. A competitividade do Brasil no mercado internacional de celulose é explicada, além da qualidade, pela alta produção de reflorestamento e pelas condições climáticas favoráveis que facilitam a atividade florestal. Permitem crescimento rápido e com alta qualidade, a baixos custos de produção.

2008 – O Brasil torna-se uma potência florestal autossustentável. Qualquer planta - seja um eucalipto de 27 metros de altura, seja um pé de soja de 80 centímetros - é movida à água, luz e gás carbônico, elementos que impulsionam seu metabolismo interno, resultando em massa vegetal. Nos quesitos sol e chuva, o Brasil é imbatível. Aliado a isso, é um dos poucos países no mundo com terras disponíveis para agricultura. No entanto, o fator determinante do sucesso da celulose no país é fruto de puro desenvolvimento tecnológico. Nenhuma folha de papel no país é produzida com mata nativa – ao contrário de europeus e americanos, que exploram suas florestas naturais. O modelo brasileiro é baseado em plantações de eucalipto e pinus (em menor quantidade), recortadas por corredores de floresta nativa, o que garante a flora e a fauna da região. Embora o setor seja um dos alvos preferenciais dos ambientalistas dentro do país, as boas práticas da indústria brasileira vêm sendo reconhecidas por selos internacionais, como o do Conselho de Manejo Florestal, passaporte de entrada para mercados cada vez mais exigentes (Revista *Exame*, A árvore e o dólar, 30.10.2008).

2010 – O Brasil passa a ocupar a 4ª posição no *ranking* mundial de produtores de celulose. O crescimento da produção para 2020 é estimado em 57%.

Referências

- Andrade, E. N. (1909). *A cultura do eucalypto*. São Paulo: Topografia Barão de Rothschild.
- Bertho-Lavenir, C. (1992). La raison militante. In: *La France a l'exposition Universell: Séville 1992*. Paris: Flammarion, p. 118-154.
- Braudel, F. (1998). *Os jogos das trocas: civilização material, economia e capitalismo séculos XV-XVII*. Tradução Telma Costa. São Paulo: Martins Fontes, v. 2.
- Caldeira, J. (2008). *Votorantim 90 anos: uma história de trabalho e superação*. São Paulo: Ipsis.
- Frischtak, C. (2010). O Brasil e a economia da sustentabilidade. In: Velloso, J. P. R. (Org.) *Brasil, Novas Oportunidades: Economia Verde, Pré-Sal, Carro Elétrica, Copa e Olimpíadas*. São Paulo: Ed. José Olympio.
- Fundação Getúlio Vargas (2006). *Das árvores aos lares: a geração de renda, emprego, divisas e imposto da cadeia produtiva da Aracruz Celulose*. São Paulo, FGV.

- Hasse, G. (2004). Crescimento verde: o Espírito Santo no caminho da sustentabilidade florestal. Vitória, *Caderno do Sintex*, 4.
- International Institute for Environment and Development - IIED (1997). *Um futuro em transformação para o papel*. Londres.
- Jonk, M. S. (2010). *Agricultura vs. meio ambiente? Um debate sobre o código florestal brasileiro*. São Paulo: Instituto Fernando Henrique Cardoso, 18.08.2010.
- Levitt, T. (1978). Marketing success through differentiation – of anything. *Harvard Business Review*, 58(1):83-91.
- Lima, W. P. (1996). *Impactos ambientais do eucalipto*. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.
- Mora, J. F. (2004). *Dicionário de Filosofia*. Tradução Maria Stela Gonçalves. São Paulo: Loyola, v. 4.
- Moraes, G. S. (2010). *A produção de eucalipto no Brasil: benefícios para o meio ambiente*, 1.03.2010.
- Noe, P.; Demuner, B. (2004). *A fibra do eucalipto: uma fibra muito especial*.
- Pellizzon, M. (2010). *O valor das florestas plantadas para o meio ambiente*, 30.09.2010.
- Revista Exame, *A árvore e o dólar*, 30.10.2008.
- Sandroni, P. (2006). *Dicionário de economia do século XXI*. 2. ed. Rio de Janeiro: Record.
- Simon, G. (2008). *Sciencis et histoire*. Paris: Gallimard.
- Stiglitz, J. *et al.* (2009). Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress.
- Vernant, J.-P. (1990). *Mito e pensamento entre os gregos*. Tradução Haiganuch Searin. 2.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- (1939). *O Eucalypto*. São Paulo: Editora das Chácaras e Quintais.
- (1937). *Instruções para a cultura do eucalypto*. 2ed. São Paulo: Companhia Paulista de Estrada de Ferro.

V

Adding Value to Mineral Commodities: challenges, strategies and policies

Paulo de Sá*

Introduction

The strong growth in Brazil over the last four years has been driven to a significant extent by developments in the mining sector and related industries, including refining, smelting and a large number of suppliers of goods and services to mining operations. Production, value added, and exports in mining have risen very rapidly since 2003 – primary mining exports quadrupled in value – and in 2008, the mining and transformation sector was responsible for 5.8 percent of Gross Domestic Product (GDP), 28.3 percent of exports, and 70 percent of the large balance of payments surplus¹.

While the extraordinary boom in the Brazilian mining sector in the last five years is the product of the high mineral prices driven by large increases in demand in China, the groundwork was set by changes in the mining law in the 1990s. An important part of mining reform was the privatization of Vale, which has emerged as a global powerhouse in the mining sector. Currently, Brazil is one of the top three producers in the world of iron ore, manganese, bauxite, columbium, and tantalum. It is also an important producer of nickel, copper, zinc, and gold. The country is expected to remain a world leader in the production of mineral commodities, although the Brazilian Government wants now to focus more in the domestic agenda, namely increased tax revenues, value added and environmental and social management.

This paper analyzes how and under what conditions a country can increase the contribution of the mining sector to the sustainable, long-run development of a country. It continues with a brief overview of the future of mineral prices in the short-term and medium-term, followed by an analysis of the relationship between exploitation of minerals and sustainable development. Section 4 looks more explicitly at the factors that contribute to the sustainable development of the mining sector, while the 5th section describes different strategies to promote local content and increased value added in the sector.

The conclusions in the final section stress the importance of pragmatism when undertaking and designing policy initiatives to enhance the contribution of the mining sector to sustainable development in a country. Any solution is likely to be underlain by a large number of country specific features, including the types of minerals, their geographic location, alternative uses for infrastructure, size of the domestic market, skill availability, institutional capacity (particularly at

* Manager, Oil, Gas and Mining Unit, The World Bank.

1. These figures include mineral transformation (refining and smelting). The primary mining industry alone was responsible for 11.2 percent of exports and 42 percent of the balance of payments surplus.

the local level), and others. Initiatives begun without taking these factors into account can often undermine even the basic contribution of the sector to sustainable development.

Production of mineral commodities: a bright future ahead

The mining sector was one of the hardest hit by the global financial and economic crisis in 2008, but it was also one of the first sectors to rebound. The generalized economic decline led to a large drop in the demand for minerals and metals, which, due to the difficulty in adjusting stocks (related to the lumpy nature of investments) led to disproportionately large price decreases for most metals with the exception of gold (due to its store of value function). By March 2009 the prices of most important mineral commodities (except gold) had fallen by over 50% from their peak in mid-2008. Soon after, however, the decline in prices began to reverse itself and by the end of that year, while still mostly far from their historic peaks of mid-2008, mineral prices were well above their long-term trends. In the spring of 2011 many mineral prices are at or near historic highs, including copper, iron ore, gold, and silver.

The most significant impact of the global crisis on the mining sector was caused by the large fall in the global availability of credit. Nevertheless, the impact on mining investment was also relatively short-lived as the resumption of high mineral prices made many mining companies cash rich. New large developments in the sector are at least in the order of several hundred million dollars and often several billion dollars and new investments continued to be hindered by skill shortages, the technical complexities associated with the development of new deposits in remote areas, restrictions to private investments by resource rich countries, and political instability in countries with promising new reserves.

Commodity prices will continue to be strong in periods of low real interest rates, lax monetary policies and depreciation of the US dollar (the currency of choice for most international commodity transactions). The current global macroeconomic environment favors strong investors' interest in the commodities market as the cost of carrying inventories is low². But the most important reason for the high level in prices is the continuous strong demand for mineral commodities in Asia, particularly in China, partially to support their own industries, that continues to offset slow growth or even demand falls in industrialized countries. In addition, the end of destocking in most OECD countries, helped by reductions in output by many large mining companies, resulted in low global stocks for several commodities. Looking forward, there is a strong view that mineral commodity prices will remain at sustained levels, driven by a global rate of increased demand (including metal-intensive large infrastructure investments) stronger than the ability of producers to come up with additional capacity (see Box 1).

Box 1: Impact on metals demand of slow global recovery dominated by performance of BRICs

- Metal intensity of Chinese growth is a key factor in recent years;
 - Brazil and India less metal intensive but more so than OECD;
 - Brazil, China and India were the first large economies to come out of recession;
 - Projected growth rates for Middle Income Countries much higher than world average.
-

The role of developing (including low and middle income) countries in the commodities boom of the second half of this decade cannot be overemphasized. Starting in the mid 1990s, developing nations began to grow at a faster rate than OECD countries and it is expected that this trend will continue in the years ahead. Projections by the World Bank indicate that growth in developing

2. Broadly speaking, investors' interest in commodity markets can be linked to three sources: (i) diversification of investment vehicles; (ii) rebalancing of investment portfolios; and (iii) excess liquidity. See Baffes, J. and T. Haniotis (2010).

countries is expected to reach 5.9 percent in 2011, and 6.1 percent in 2012, while corresponding figures are 2.4 percent, and 2.6 percent for high income countries. Almost half of global GDP growth is coming from developing countries. The International Monetary Fund (IMF) forecasts for global GDP at purchasing-power-parity-adjusted exchange rates indicate that, as a group, the size of the developing countries' economies will outgrow that of developed nations by 2015³. One common denominator of all of these countries is a great demand for metal intensive infrastructure investments.

As a result, the World Bank expects that mineral prices (and those of commodities in general) will remain consistently at high levels at least until 2015, before efforts to overcome skill shortages and technical difficulties lead to increases in production capacity, efficiency gains in the production process decreases the metal intensity, and growth patterns of developing countries start to moderate⁴.

How can the production of commodities contribute to sustainable development?

The overall contribution to the economy

Mineral resources in most countries belong to the state and are typically developed through concessions or license agreements which are intended to generate public revenues through royalties and taxes. From a public policy perspective, the ultimate function of upstream mining and petroleum operations is thus to create out of the geologically heterogeneous and geographically dispersed natural resource endowment of any given country a reliable long-term source of government revenues and foreign exchange that can be converted into sustainable economic activities through sound revenue management.

This is usually achieved through two main routes. Exports of mineral commodities can generate a sizeable amount of foreign exchange revenues, reducing constraints imposed by external factors on the overall economy. In addition, revenues of extractive industries are often heavily taxed, generating (substantial) fiscal revenues for the Budget. The existence of sizeable profits above normal returns on investment in mineral and petroleum activities is a key characteristic of the industry and is at the heart of century-old policies aimed at capturing a substantial portion of these rents.

In this respect, it should be highlighted that mineral commodities are not like other industry sectors and require special treatment⁵. Upstream investments in the mining (as well as petroleum) industries combine a number of special features which have no exact parallel in any other type of industrial investments. These special features are to a large extent dictated by the geological environment. Initially the occurrence of minerals can at best be predicted. Mineral deposits must be found and delineated before they attain any substantial economic value. Each deposit is unique in a number of respects. Most significantly, mineral deposits are both fixed in location and non-renewable.

Because the development of mineral resources requires high initial investments with long and uncertain payback periods, the stability of the macroeconomic environment, of sector policies and the regulatory regime is of paramount importance in the sustainable development of these activities. And because these resources are not renewable, the role of government policies is to transform this natural wealth into other forms of capital (financial, physical, social, human, etc.).

On the macroeconomic front, a rich natural resources endowment will not automatically lead to a sustainable pattern of growth in any given country without good governance and sound policies. For that to take place, governments need to properly address challenging problems often associated

3. See IMF (2009).

4. See Canuto, O. and M. Giugale (2010). According to the authors, four global trends have begun to unlock the potential of developing countries and are expected to continue in the medium term: (i) the vertical decomposition of the global production chain across frontiers allows less advanced countries to insert themselves in supply chains by specializing in single, simpler tasks; (ii) the expansion of "South-South" trade increases the availability of technologies that have been tested and adapted to developing countries settings; (iii) information and communication technology gets ever cheaper and more widely embraced; and (iv) as middle income class grows in emerging economies, local technological adoptions begin to break even.

5. For a discussion on why are natural resources different see Collier, P. and A. J. Venables (2010).

with natural resources led growth. These include dealing with the so called “Dutch Disease”, coping with macroeconomic issues associated with the volatility of commodity prices, deciding how much of the additional revenues generated by commodity booms to are to spent immediately or preserved for future generations (to avoid excessive spending and over borrowing), and avoiding capture of the natural wealth by vested interest through different modalities of corruption. We will revert to these problems later in this chapter after discussing ways at the disposal of governments of resource rich countries to capture a more substantial part of revenues from extractive industries in periods of commodity booms.

Extractive industries and the taxation of mineral rents

Because mineral resources are spatially confined to where they are found, it is commonly admitted that resource rents – returns above those needed to entice investors – belong to the country where the mineral deposits are found. Governments use tax revenues to generate other economic opportunities but, because of the long gestation periods of projects, they need to calibrate carefully the overall tax burden imposed on the extraction of these deposits.

In simple terms, if the enabling environment is not conducive and taxes are too high, the country will get little investment, and will not be able to develop its mineral endowment to its full potential. Conversely, if taxes are perceived as being too low, allowing private companies to capture windfall gains, tax revenues may be very slow to emerge. This will generate frustration among the population and could lead to nationalization of assets in periods of high commodity prices.

In all events, the production of minerals has become over time a global industry and fiscal regimes have to be adjusted to the overall business climate of the country (the risk factor) and basically in line with what is practiced in countries with similar geological endowments competing in the world market for investments. When commodity prices are low, resource rich countries compete to attract private investments and governments might be tempted to forego a part of the resource rents in exchange for job creating investments, and try to capture and extend value from the construction of infrastructure and social and community development expenditures at least partly sponsored by mining companies. In contrast, during periods of commodity booms, governments tend to focus on getting a bigger share of the resource rents.

Tax collection in the mining industry was relatively low in the 20 years that preceded the boom in commodity prices that started around 2004. But the rise in commodity prices led to a generalized movement whereby governments sought a larger share of the mining sector’s rents, particularly through an increase of the fiscal take. Simply put, governments not only want more revenues but they also want a bigger percentage share of the profits generated by the industry.

Attempts to unilaterally increase the tax burden in periods of high prices faced steep resistance from mining investors and in some cases resulted in sharp reductions in exploration and investment in the mining sector, which ultimately translate into fewer direct benefits from mining (fiscal or otherwise) over the long term. The emerging trend is to introduce some sort of “flexible predictability” in mining fiscal regimes. This means in practice that there is a trend towards progressive fiscal regimes that allow mining operations to remain competitive in periods of low prices but also allows governments to capture an increasing amount of rents as prices increase. The most common instruments that, at least in theory, would allow for this to happen are sliding scale royalties or windfall profit taxes, which include resource rent taxes.

The most frequent form of sliding scale royalties have the royalty rate increase as commodity prices go up. Mining companies have argued that periods of high commodity prices are also times that register steep increases in mining costs and that consequently higher royalty rates under sliding scale royalties regimes should be triggered by increases in the operating margins, not by rising prices. This debate, as well as the one that is associated with the introduction of higher corporate income taxes when the project generates revenues for its shareholders that go beyond a certain level of profitability before taxes or an agreed internal rate of return for the investment, is highly

related to the low capacity of revenue authorities in most developing countries to collect mining related taxes. The overwhelming reality is that in most developing countries tax authorities are not equipped to properly collect profit based taxes and that some proposed new tax instruments, such as super-profit taxes, would be difficult to administer. The incipient understanding of revenue collection authorities on the most basic principles of mining accounting has led some investors to benefit from tax loopholes in the form of overly generous depreciation regimes, inadequate ring fencing, poorly designed loss carry forward incentives and some sort of transfer pricing. The later can include, for example, transactions among related parts below market prices, ineffective control of grades of products sold, and also lack of proper accounting of sub-products contained in the main concentrate or metal.

For the reasons mentioned above, the provision of infrastructure and community services associated with large mining project is increasingly seen by the governments of some developing mining countries as a preferred way of promoting sustainable development over higher taxes, at least in the short- to medium-term, as it helps overcome governance problems. This helps to explain the attractiveness for some poor countries of the “resources for infrastructure model”, whereby infrastructure investments are financed by or secured by mining resources, as popularized by Chinese investors in recent years.

In sum, it is clear that a fiscal regime purely based on fixed rates will fail to realize its full contribution to government coffers in periods of high commodity prices. At best it will lead to frequent contract renegotiations and negative knock-on effects for future investment. At worst, it could lead to conflict, both at the national and local levels, and increased participation of government in the equity of mining ventures. It is important, however, that flexible regimes are transparent and stable, so that potential investors will know beforehand how rates vary with prices and/or profits. It is also important that the legislated taxes can be properly collected. This suggests that in low income countries royalties will continue to play a much larger role than called for in recently proposed fiscal regime models.

Macroeconomic management: pitfalls to avoid

The previous debate highlights the great responsibility that lays in the hands of governments regulating the development of extractive industries in their countries, as they must be able and willing to design, manage and allocate fiscal revenues efficiently and in a manner that contributes to sustainable development. It is important to simultaneously build the capacity to manage the large increase in revenues and overcome the political economy factors that will tend to drive the resources towards private hands, often through wasteful projects. An important part of the natural capital should be transformed into entrepreneurial and otherwise human skills, as well as physical infrastructure, which often can be supported by large mining ventures or clusters of smaller developments.

While companies, local governments and other stakeholders (including civil society organizations) are primarily responsible for the social and environmental management of mining operations, the sustainability of the economic benefits is primarily a macro problem related to governance improvements in a country. The national government has a fundamental role to play in ensuring that the development opportunities created by mining projects are captured through sound macroeconomic policies, regional development planning, shared infrastructure, and capacity building for workers and small and medium enterprises. Institutional capacity building to local governments will also often be required to facilitate the process. The national government is also responsible for ensuring that the capital captured in the fiscal revenues is sustainably converted into other forms of capital.

On the macroeconomic front, it is the primary responsibility of national governments to manage fiscal revenues accruing from extractive industries adequately, in order to avoid the risk of incurring in a loss of competitiveness of the overall economy caused by exchange rate appreciation and the

concentration of investments in only one sector of the economy, discouraging the development of other activities. This phenomenon is normally referred to as the “Dutch Disease”⁶. Simply put, the foreign exchange inflows resulting from exports of commodities appreciate the real exchange rate and increase the returns to investment of the products exported in relation to other tradable goods, attracting capital and labor to the natural resources sector from other parts of the economy. Higher spending leads to higher prices and output in the nontradables sector, but increasing wages squeeze profits in economic activities that produce internationally tradable goods (such as manufacturing), resulting in a contraction or stagnation of other (non natural resources) tradable sectors and an overall structure of the economy concentrated in the production commodities.

Prices of mineral commodities are also extremely volatile because of rigidities in adapting supply to demand, at least in the short term. This can lead to instability in government revenues and spending, making macroeconomic management extremely complex. Vulnerability to sudden changes in commodity prices can cause large fluctuations in the real exchange rate which can discourage investments in this and other sectors of the economy and inhibit growth. This in turn can lead to increased vulnerability and extreme dependence on the commodity sectors of the economy⁷. Volatile fiscal revenues, often aggravated by procyclical government spending and over borrowing, can reduce the efficiency of public spending and reduce overall growth.

More importantly, weak institutional capacity and poor governance in the management of revenues in provenance of extractive industries have in many countries led to an overall deterioration of the political and economic life, leaving these countries in the end more vulnerable to internal conflict and external shocks that they were before the development of the industries.

Two influential papers by Sachs and Warner⁸ (1995, 1997) looked at the relationship between growth and commodity exports’ share of total exports or GDP, and concluded on a negative impact of natural resources on economic growth. This perverse link was named the “natural resource curse”. In a recent study published by the World Bank, Sinnott, Nash and De La Torre⁹ conclude that on balance, much of the literature on the links between resource dependence and growth has been overly pessimistic and that there is no consistent empirical support in favor of the “curse”. And although there are pitfalls to avoid in the development of extractive industries, commodities do not appear to be inferior engines of growth compared to other sectors of the economy. The authors suggest three major points of intervention to break the potential negative impacts between commodity dependence and growth: diversifying production, improving management of government revenues, and enhancing the quality of institutions¹⁰.

For the mining sector to have a sustainable impact on poverty, payments made out of the extractive activities must be able to turn non-renewable capital into skills, infrastructure and business development. Governments have a key role to play in this. The mining sector can have a strong impact on the long-run sustainable development of a country fundamentally if governments design and implement policies that use the fiscal revenues generated by the natural capital to produce other forms of capital. In addition, sound policies should be enforced to turn the extractive sectors into an engine of growth adding value to other sectors of the economy through the spin-off firms and services and industries it creates, as well as by opportunities opened up by non-dedicated infrastructure.

6. For a comprehensive description of the effects of the “Dutch Disease” see Eastwood and Venables (1982). For a more recent discussion on policies to deal with the “Dutch Disease” see also Brahmhatt, M., O. Canuto, and E. Vostroknutova (2010).

7. A recent study by the World Bank shows that the Latin America share of global exports in most commodities is much higher than its economic weight in world GDP and that the relative share of exports and of government revenues accruing from commodities has increased over the last ten years. See Sinnott, Nash and De La Torre (2010).

8. See Sachs and Warner (1995, 1997); for a comprehensive discussion of the “resource curse in the oil sector” see Gelb and Associates (1990).

9. See Sinnott, Nash and De La Torre (2010). Lederman and Maloney (2007) also have challenged the Sachs and Warner findings on measurement and econometric grounds and found natural resources abundance to have positive effects on growth.

10. In his studies on the theory of rent cycling, Auty (1993) highlights the existence of institutional quality thresholds below which natural resource discoveries harm a country’s development path.

Factors contributing to the sustainable development of the mining sector

It is commonly admitted today that good government policies are increasingly seen as a fundamental factor of success for the sustainable development of the mining sector in any given country. A paramount factor in a good sector policy is the set up of sound governance. This includes, among other things: the establishment of a transparent and clear legal and regulatory framework, including first and foremost transparent and non-discretionary procedures in the allocation of exploration and production rights; the buildup of strong institutions, not only in the mining sector, but also in other related activities (like financial services, judiciary, etc.); and the enforcement of adequate environmental and social management processes and practices.

A factor often forgotten when designing good policies is the need to foster the competitiveness of the sector. This obviously entails a good geological endowment, which is outside the control of governments. Public policies can nevertheless contribute to enhance a country's geological potential through systematic development of the country's geological data (through geological surveys) and a carefully dosed policy of openness to foster private sector led exploration.

It is never too much to remember that - when referring to good policies – sector policies are only one among several factors that can enhance the competitiveness of a country's mining sector (see Box 2). A good geological environment is basically not enough to guarantee the expansion of a country's mining industry if not associated with more encompassing measures covering several areas of the economy.

First and foremost, a country needs overall macroeconomic stability if it wants to develop its economy. At an intermediate level, a sound business climate and relatively open trade policies are needed to expand overall economic activity. Business cannot prosper without a strong judiciary able to provide an overall enforcement of the rule of law. Attention should also be paid to enhance competition in the sector, reducing barriers to entry and the power of oligopolies, improving labor markets, avoiding indiscriminate subsidies, and incentivizing research and development.

Another important factor that has also been mentioned before is the government's ability to design and administer a competitive fiscal regime. A government's natural wish to increase its take of the mineral rent has to be balanced by an overall need to provide adequate returns on investments by the private sector and, mining being a global industry, being basically in line with the fiscal regimes of countries with similar geological endowments.

Box 2: Key areas where governmental policies can enhance the competitiveness in extractive industries

- Overall macroeconomic stability
 - Business climate and trade policies facilitating productive entrepreneurship
 - Overall enforcement of the rule of law
 - Flexible and predictable fiscal regime
 - Industrial competition (reducing barriers to entry, power of oligopolies, improving labor markets, avoiding indiscriminate subsidies)
 - Strong and liquid financial markets
 - Availability of infrastructure, including power
 - Availability of geological information
 - Education and training (vocational)
 - R&D and innovation policies
-

To the extent that the global mining industry is mostly driven by private investment, the existence of liquid financial markets is essential for a thriving mining sector. This includes not only access to long term financing but also the possibility to rely on capital markets to fund development projects as well as early stages of exploration.

Since mineral deposits are located where they are found and mineral production needs to be brought to end-use markets, infrastructure plays an essential role in mining development. A key factor in the development of the industry, especially when referring to more value added downstream products, is the availability of reliable sources of energy at competitive prices.

Finally, as the recent boom in commodities has painfully shown to many mining companies, the human factor is essential for the success of a thriving mining industry. It takes many years of costly efforts to build the base of a competitive workforce in mining, both at high levels of education (geologists, mining engineers) and at intermediate levels where the role of technical and vocational training can never be over emphasized.¹¹

Promoting value added and local content around mining projects

It is a normal and understandable desire of resource rich countries to increase the value added and percentage of local content input in the production of mineral commodities. The issue for governments of these countries is that, while examples abound of developed economies that have relied on their domestic mining an industry to foster industrialization, this process does not seem to happen endogenously in developing economies without a strong “push” from government policies. If left unattended, large mining projects can turn into high performance economic enclaves with limited opportunities for the production of more diversified and upgraded products, as well as linkages and other spillovers to the rest of the economy.

Of particular concern for developing countries is that very often misguided policies – sometimes pushed by strong handed legislation dictated from the top without real consideration for the economic conditions of the country – have at best led to frustration, having failed to produce any meaningful result. At worst, these policies led to the construction of “white elephants” that destroyed value and overcrowded investment opportunities in other sectors of the economy.

What is often overlooked is that vertical integration in mining needs to comply with the competitiveness constraint prevailing in the national economy. In this sense, the opportunities for vertical integration may not be as much a function of the resource endowment for a particular mineral product as of the overall business climate and institutional environment. A rich mineral endowment does not translate automatically into a profitable downstream activity if other elements of competitiveness are not in place. Location not being dictated by geology and depending foremost on transportation costs, production of downstream mineral products has tended to develop close to consuming centers where it can adapt quickly to the demand of end using industries both in terms of quantity and quality specifications.

Downstream projects need to be carefully assessed and evaluated for their financial implications if they are to produce any meaningful returns. Sound financial principles require adequate returns on the investment in downstream facilities and point against providing subsidies over prolonged periods of time to uncompetitive downstream operations with the profits of mining activities.

Another common pitfall to avoid is the generalized perception that more value added means automatically more profitability. Downstream industries are subject to intense competition and the resource rents that are a structural feature of extractive industries are nowhere to be found as production moves along the value chain. Trade barriers to the access to developed markets are another constraint that needs to be taken into consideration.

11. Even in Australia there is currently a shortage of skilled mining sector workers, leading the government to create a US\$200 million fund for apprenticeship training. (<http://www.miningweekly.com/article/australia-launches-a200m-critical-skills-fund-2011-03-15>)

That does not mean that there are no opportunities for the producers of mineral commodities to integrate downstream. But these opportunities are better seized when these countries benefit from rising domestic consumption and can rely on other competitive advantages for the industrialization of their mineral products. These include among others available infrastructure, reliable and competitive sources of energy, trained labor force, and technological and entrepreneurial capacity, all of which can be enhanced by so called ‘horizontal’ (or cross-the-board) policies.

Contrary to conventional wisdom, the production of mineral commodities is difficult to manage as it requires strong managerial skills in different areas (technical, financial, marketing, procurement, political, environmental and social). A study by the World Bank¹² shows that total factor productivity growth is as high in commodity production as in manufactures in a large sample of advanced and developing countries. This has been essential to have these activities surviving long periods of depressed prices. It also explains why the quantity of economically recoverable reserves has increased over time as a result of technical innovations in exploration and production.

Commodity sectors, especially in developing countries, tend to be easier to manage when developed in clusters (sharing infrastructure and know how) and within networks of managerial competencies. Local opportunities for value addition are better perceived by national entrepreneurs that are better reading of trends in the domestic market. Large mining operations almost all source a very large amount of goods and services, many of which are quite technologically complex. In new mining countries the vast majority of these goods and services are sourced outside the country, so there are large returns towards developing the conditions under which domestically based companies can thrive. For this reason, governments in resource rich countries are increasingly designing policies that promote value added coming from horizontal integration, trying to leverage the technological and managerial complexity as well as the infrastructure associated with the development of mineral commodities. This strategy has been sometimes referred as promoting the emergence of mining industries based industrial clusters.

In addition to overall measures aimed at improving the business climate and fostering the availability in competitive terms of key inputs to the industry, some countries are actively engaging in local economic development policies that try to facilitate the emergence of new economic opportunities that would contribute to increasing the local content and the value added arising from the production of mineral commodities, while reducing at the same time the economic dependence of local populations on the project.

Usual features of these policies include training to induce job creation (including managerial positions) both at the mine site and at associated activities, and training and capacity building to small and medium enterprises that can thrive as subcontractors of the mining operations. These policies often include a social dimension through the reinforcement of the capacity of local governments and civil society organization for the improved delivery of social services and the provision of local (social) infrastructure. This can be accomplished either through direct investments funded by the Budget or indirectly by the sharing of fiscal tax revenues through the government’s general budgeting process, normally mandatorily assigned to investment expenditures by sub-national governments, or more recently in some countries, through an earmarked portion of taxes statutorily mandated for affected communities.

By voluntarily trying to avoid the generation of “enclave economies” around mining projects with reduced linkages to the rest of the economy, these policies also act as important elements of risk mitigation regarding conflicts with local communities affected by mining projects¹³. Communities that are impacted by extractive industries projects bear the brunt of negative impacts but many times fail to realize significant development benefits from them, or where benefits are realized, they may not be sustainable once the extractive resource is depleted and the activity has closed.

12. See World Bank (2009).

13. Aragon and Rud (2009) have conducted a detailed evaluation of the revenue flows in a Peruvian gold mine and have found rather extensive linkages through the use of local labor and purchases of inputs.

A large investment in capacity building and training is required to take advantage of the opportunities enabled by large mining projects. Many new mining projects in developing countries include related provisions (sometimes referred as community development agreements) through which the sponsor company commits to provide training to increase the percentage of local staff working in the mining operation. One of the main motivations for companies to invest in public sector infrastructure or services is to secure and maintain what is commonly known as their “social license to operate”. More recently, competition from Chinese firms is leading mining companies to emphasize these types of investments in order to secure rights for mineral exploration and development. Underlying these initiatives is obviously the expectation that government’s capability to build state-of-the-art infrastructure and to provide services will be enhanced¹⁴.

In addition, many mining companies also make contributions, monetary and otherwise, to communities affected by their projects, and develop efforts to build the capacity of domestic small and medium enterprises to act as subcontractors to the mine. These companies do this willingly as part of their corporate social responsibility program¹⁵, partly to develop and keep good relations with their host communities, although some developing countries are developing legislation to make this sort of contribution mandatory in all new mining projects.

Mining developments today can no longer to take place in enclave fashion. In order to be successful, they have to increase the number of linkages to other economic sectors, either directly through the generation of new economic opportunities or through a better integration of associated infrastructure with the rest of the economy.

Conclusions

The era of enclave exploitation of minerals has reached its end. Even if a national government was satisfied to collect its fiscal revenues and let the operations otherwise do as they wish, local communities, sub-national governments, and organized civil society will no longer accept such developments.

A government from a resource rich developing country has four main challenges with respect to the mineral sector: (i) Maximize the country’s share of the mineral rents over the long-run – which means that incentives for private sector investment must be maintained – and use these rents to replace the exploited natural capital with human, physical, financial and social capital; (ii) Increase the value added of the mining sector to the country through policies that will enhance the number of upstream, downstream, and horizontal linkages (domestic outsourcing); (iii) Maintain macroeconomic balances in the face of large and fluctuating changes in fiscal revenues and foreign exchange; and (iv) Ensure that the sector behaves in an environmentally, socially, and culturally respectful and sustainable manner.

While good governance and strong institutions are the starting points, pragmatism is essential in designing and implementing policies and programs to meet these four challenges. In particular, solutions are likely to be underlain by a large number of country specific features, including the types of minerals, their geographic location, alternative uses for infrastructure, size of the domestic market, skill availability, institutional capacity (particularly at the local level), and others. Initiatives

14. Crowson, P. (2009) lists the following benefits accruing from companies’ investments in physical and social infrastructure associated with mining projects: (i) to enable the profitable exploitation of a resource through creating infrastructure; (ii) to secure adequate supplies of appropriately qualified manpower and other resources; (iii) to maintain the health of employees and their families; (iv) to defuse tensions that might arise between local communities affected by the basic investment and national government priorities; (v) to protect the basic investment against the effects of weak governance; (vi) to gain access to opportunities for future investments in exploration for, or the exploitation of natural resources; (vii) to allow entry into markets; (viii) to compete effectively with other potential investors; and (ix) to protect or enhance the company’s reputation.

15. Investments in public sector infrastructure should not be confounded with initiatives taken by companies under their corporate social responsibility programs, although they may sometimes overlap. Activities that fall under corporate social responsibility programs usually require companies to behave ethically, minimize their impact on the environment (broadly defined), and have proper regard to the well being of their workers, their customers, and the wider communities within which they operate. See Crowson, P. (2009).

begun without taking these factors into account can often undermine even the basic contribution of the sector to sustainable development.

Historically, the mining sector has been a leading engine of growth for a large number of countries, ranging from Botswana to Chile to Australia and even the United States to name a few. At the same time there are likely just as many countries that have seen any benefits from mining operations end the day the mine closes, often leaving a messy clean-up job behind for others. Given the increasing technological sophistication of the sector, it is clear that in low income countries specific interventions are necessary if enclave type developments and environmental and social problems are to be avoided. In middle income countries with more advanced industrial bases, policies may also be necessary to increase the sector's contribution to sustainable development, although these are more likely to be 'horizontal' policies that enhance the competitiveness of the private sector in general through infrastructure development, exchange rate management, financial market development, research and development, and the like.

References

- Aragon, Fernando M., and Juan Pablo Rud (2009), "The Blessing of Natural Resources: Evidence from a Peruvian Gold Mine"; Banco Central de Peru, Lima. Working Paper Series DT, 2009-015 (December).
- Auty, Richard (1993), *Sustaining Development in Mineral Economies: The Resource Curse Thesis*; New York: Taylor and Francis.
- Baffes, J. and T. Haniotis (2010), "Placing the 2006/08 Commodity Price Boom into Perspective", Policy Research Working Paper 5371, July; World Bank, Washington, DC.
- Brahmbhatt, M., O. Canuto, and E. Vostroknutova (2010), "Dealing with Dutch Disease", Economic Premise Note 16, June; World Bank, Washington, DC. <http://www.worldbank.org/economicpremise>.
- Canuto, O. and M. Giugale (2010), *The Day After Tomorrow: A Handbook on the Future of Economic Policy in the Developing World*; Washington, DC, World Bank.
- Collier, P. and A. J. Venables (2010), "International Rules for Trade in Natural Resources", *Journal of Globalization and Development*, Vol. 1, Issue 1, Article 8; The Berkeley Electronic Press.
- Crowson, P. (2009), "Adding public value: The limits of corporate responsibility"; *Resources Policy* 34, 105-111; Elsevier.
- Eastwood, R. K., and A. J. Venables (1982), "The Macroeconomic Implications of a Resource Discovery in an Open Economy"; *Economic Journal*, Royal Economic Society 92 (366): 285-99.
- Gelb, A. and Associates (1990), *Oil Windfalls: Blessing of curse? A Comparative Study of Six Developing Exporters*; Oxford, Oxford University Press.
- IMF (2009), *World Economic Outlook: Sustaining the Recovery*, October 2009. Washington, DC; IMF.
- Lederman, D., and W. F. Maloney, eds. (2007), *Natural Resources: Neither Curse nor Destiny*; Washington, DC; World Bank; and Stanford, CA; Stanford University Press.
- Sachs, J. D., and A. Warner (1997), *Natural Resource Abundance and Economic Growth*; Cambridge, MA: Center for International Development and Harvard Institute for International Development.
- Sachs, J. D., and A. Warner (1995), "Economic Reform and the Process of Global Integration"; *Brookings Papers on Economic Activity* 1: 1-95.
- Sinnott, E., John Nash, and Augusto De La Torre (2010), *Natural Resources in Latin America and the Caribbean: Beyond Booms and Busts?*; World Bank Latin America and the Caribbean Studies, Washington, DC, World Bank.
- World Bank (2009), *Global Economic Prospects: Commodities at the Crossroads*; Washington, DC, World Bank.

VI

Recursos Minerais e a Economia do Conhecimento¹

Felipe Katz*

Introdução

Economias a base de recursos naturais não-renováveis por muito tempo não eram percebidas como capazes de empreender trajetória sustentável, devido à associação da produção do setor primário com atividades de agregação de valor limitada, de baixa tecnologia ou complexidade. A questão da “não-renovabilidade” parecia crucial: recursos finitos não poderiam sustentar crescimento de longo prazo. Este capítulo contrapõe-se a esta visão, tendo por referência a mineração brasileira nas últimas décadas.

A segunda seção apresenta o cenário atual e a evolução recente da mineração no país. O desenvolvimento das províncias minerais de Minas Gerais e Pará ilustra a evolução da mineração brasileira e sua posição frente a outros países. Pela Tabela 1, nota-se que a participação do setor no produto interno bruto (PIB) tem declinado ao longo dos anos. A queda observada nas últimas décadas deve ser vista, em parte, como fenômeno natural decorrente do crescimento e diversificação da economia brasileira. A última década marca uma inflexão nessa trajetória, em que a mineração torna-se mais dinâmica, com taxa de crescimento médio anual de 10%, impulsionada por forte recuperação de preços e volumes, acompanhada em menor medida do setor metalúrgico.

Tabela 1. Brasil - Mineração e Metalurgia: participação no PIB e crescimento (%) – 1970-2008

| Segmento da indústria | Ano | | | | | Taxa média anual de crescimento por década | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|--|------|------|-------|
| | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | 2008 | 70' | 80' | 90' | 2000' |
| Mineração | 0,8 | 0,8 | 0,6 | 0,6 | 1,1 | 8,0 | -1,0 | 0,0 | 10,0 |
| Metalurgia | 3,5 | 3,6 | 2,8 | 1,9 | 2,4 | 8,0 | -1,0 | -1,0 | 6,0 |

Nota: O cálculo da taxa média anual para os anos 2000 refere-se ao período 2000-2008.

Fonte: Balanço Energético Nacional, 2010 EPE/MME. PNM-2030.

A terceira seção demonstra a complexidade da cadeia da mineração e como a crescente demanda por seus produtos vem impondo ao setor contínuo esforço voltado à inovação, progresso tecnológico e ganhos de produtividade. Na realidade, os esforços refletem não apenas a pesquisa

* Economista da Inter.B Consultoria.

1. Capítulo escrito sob supervisão de Cláudio Frischtak.

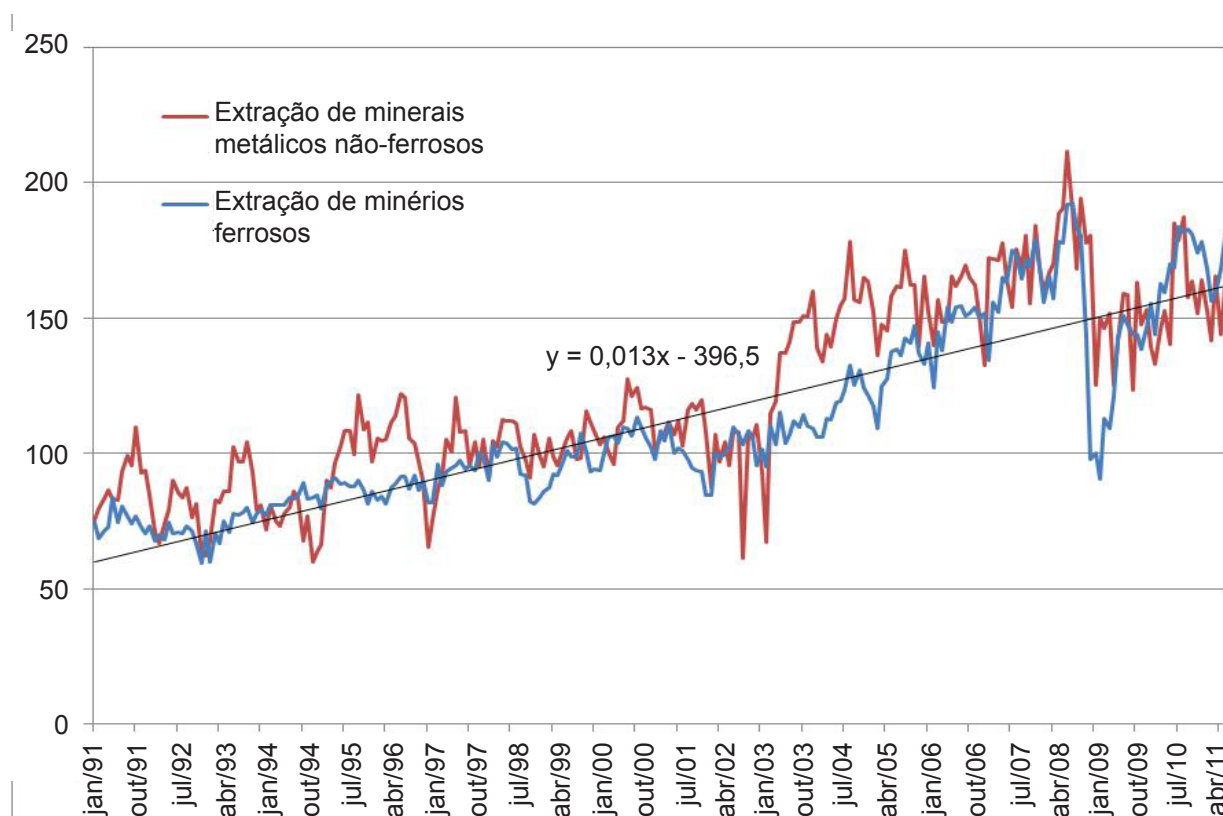
mineral propriamente dita como, de forma mais ampla, o desenvolvimento da engenharia de processo na cadeia mineral.

A quarta e a quinta seções discutem a forma como os recursos públicos e privados, respectivamente, são canalizados para a atividade de pesquisa e desenvolvimento (P&D) em mineração. A quarta seção focaliza a alocação dos recursos públicos voltados à geração de conhecimento e ao fomento à inovação. A quinta seção centra-se no esforço empresarial e nas diversas dimensões do processo de geração e aplicação de tecnologia: as atividades de P&D; as atividades de engenharia; o investimento em capital humano; e a capacitação de fornecedores. A última seção conclui o capítulo com uma síntese dos argumentos e considerações finais.

A evolução recente da mineração brasileira

Ao longo dos últimos vinte anos, observa-se tendência ao crescimento do setor no país. O Gráfico 1 ilustra a evolução da produção de minerais ferrosos e metálicos não-ferrosos no período de janeiro de 1991 a maio de 2011, durante o qual a produção de ferrosos aumentou em 141%, e de minérios metálicos não-ferrosos em 113% (respectivamente 80% e 61%, no período pós-2002).

Gráfico 1. Brasil - Mineração: produção (quantum) (índice: 2002=100) – 1991-2011



Fonte: PIM - Produção Física / IBGE. Elaboração própria.

Notas: Índice de base fixa mensal sem ajuste sazonal. Base: média de 2002 = 100.

Os motores deste crescimento são as descobertas de novas reservas e a crescente demanda mundial – principalmente a demanda chinesa por diferentes minérios. Outro fator relevante foi os avanços tecnológicos que propiciaram saltos de produtividade do setor. Na realidade, há muitos anos que o setor mineral se apóia na ciência e tecnologia para ampliar sua base de ativos e produção, como denotado pela história das duas grandes províncias minerais do país.

As províncias minerais de MG e PA e o processo de ampliação das reservas

O ciclo do ouro, durante o século XVIII, batizou a região de Minas Gerais. O local ganhou destaque na época, mas esvaziou-se após o término da corrida. Somente em meados de 1900s,

quando se descobriram reservas substanciais de minério de ferro, e após ser mencionada no Congresso Geológico Internacional em Estocolmo, em 1910, a região voltou a receber atenção de fora. A descoberta centrava-se na cidade de Itabira, que se expandiria formando o quadrilátero ferrífero de MG, incluindo cidades como Ouro Preto, Mariana e Santa Luzia.

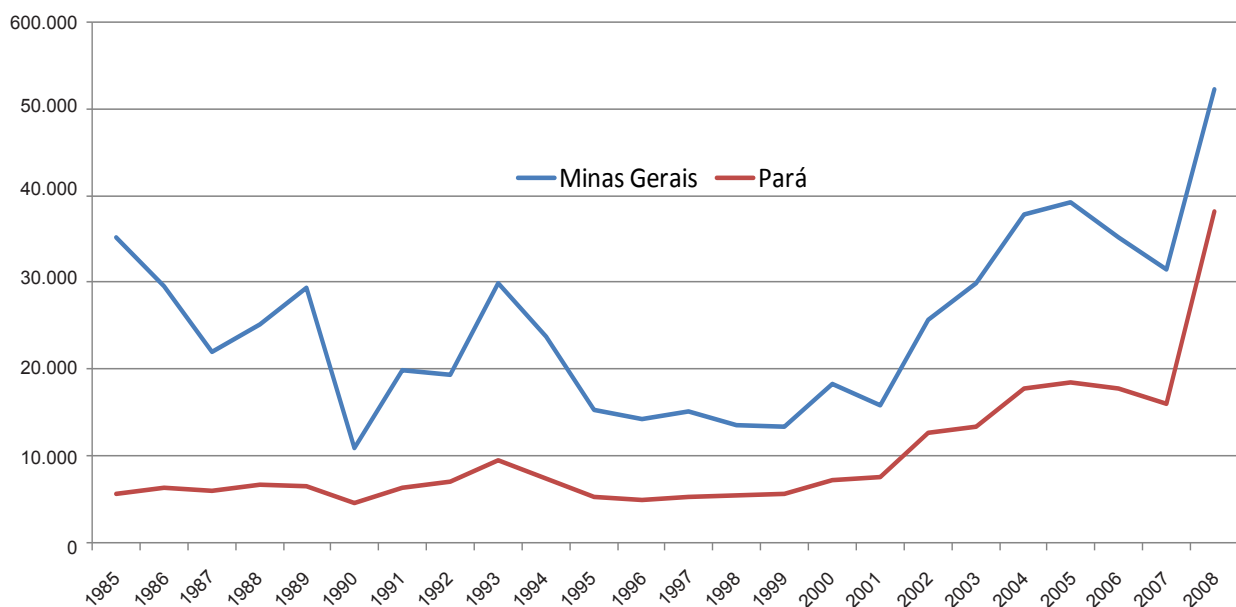
Em 1879, foi fundada a Escola de Minas em Ouro Preto e, em 1930, a Escola de Engenharia do Exército. Ambas são os principais marcos do início do ensino técnico e das engenharias no Brasil. A escola de Ouro Preto, em 1900, desenvolveu o primeiro alto-forno do país, deixando a técnica do cadinho africano para trás (Maloney, 2002).

Na época, foi constatado que o quadrilátero ferrífero era a maior província de minério de ferro do mundo, sendo norte-americanas as primeiras empresas a explorar estes recursos. Em decorrência das obras de construção da Estrada de Ferro Vitória-Minas (finalizada em 1904), ligando Belo Horizonte ao porto de Tubarão, novas reservas foram sendo descobertas, expandindo o território da província mineral.

A produção em maior escala aconteceria após 1942, quando o presidente Getúlio Vargas encampou as minas e criou a Companhia Vale do Rio Doce. Apesar da ampliação na produção, sucessivas descobertas na região continuariam a aumentar as reservas de ferro. A própria atividade de suporte à mineração levava a novas jazidas. Assim, durante as obras de duplicação da Estrada de Ferro Vitória-Minas, a Companhia Vale viria a encontrar novos depósitos em Itabira. O Gráfico 2 ilustra o contínuo protagonismo da província mineral de MG e os ganhos recentes do Pará.

Especificamente no caso da extração de minério de ferro, ela se concentra nestas duas províncias minerais, respondendo em 2010 por 76% da produção nacional (Tabela 2). É altamente provável que esta dominância não irá se alterar nos anos vindouros, dadas a qualidade e disponibilidade de minério de ferro em MG e no Pará e a logística associada.

Gráfico 2. Brasil - Indústria extrativa em MG e PA: valor adicionado – 1985-2008 (R\$ milhões de 2000)



Fonte: PIBIEE/IBGE; elaboração própria

Notas: (1) Em milhões de reais de 2000. (2) A indústria extrativa mineral inclui petróleo e gás, como definido pelo IBGE, porém estas tem pouco peso em MG e PA. (3) PIB estadual: valor adicionado a preços básicos.

Tabela 2. Brasil: Participação de MG e PA em minério de ferro (% do valor) – 2007-2010

| Área geográfica | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|-----------------|------|------|------|------|
| Minas Gerais | 50 | 52 | 46 | 49 |
| Pará | 25 | 26 | 29 | 27 |
| Outros | 25 | 22 | 25 | 24 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 |

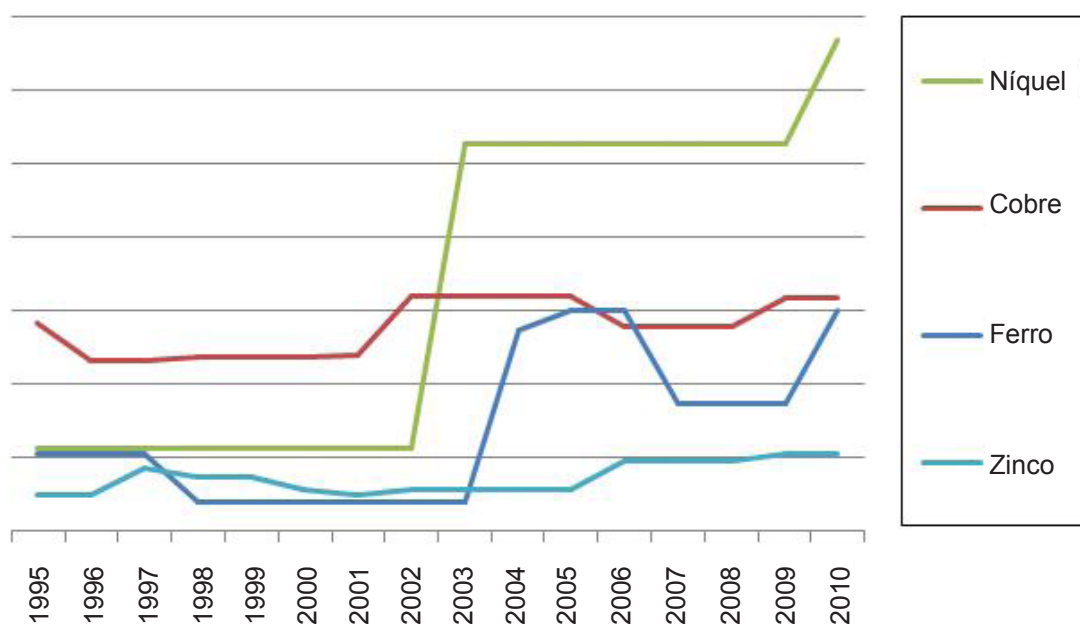
Nota: Participação no valor da produção anual.

Fonte: Perspectivas para as Indústrias de MG e PA, 2010, IBRAM.

Ao mesmo tempo observa-se que o aumento das reservas brasileiras, principalmente de minérios não-ferrosos, tem se dado no Pará. O potencial mineral amazônico vem sendo debatido por geólogos desde o século XIX. Desta forma, surpreende que só em 1962 a reserva de Carajás seria descoberta. Ao final da década de 1970, a Vale adquiriu os direitos de exploração e, em 1980, lançou o Projeto Grande Carajás. Esta foi a base para a formação da província mineral de Carajás, que em 1982 iniciaria a exploração integrada de minério de ferro de alto teor, ouro, estanho, bauxita, manganês, níquel, cobre e minérios raros. A vida útil das reservas de ferro de Carajás, estimada na década de 1980, era de cerca de 500 anos – hoje seria de 200 anos².

A província mineral de Carajás propiciou ganhos significativos nas reservas de minério no país (Gráfico 3). Além de minério de ferro, este foi o caso de forma acentuada em níquel e também de minério de cobre.

Gráfico 3. Brasil: Reservas de minérios selecionados (escala logarítmica) – 1995-2010



Fonte: Mireal Yearbook 1995-2010, USGS; IBRAM; DNPM. Elaboração própria.

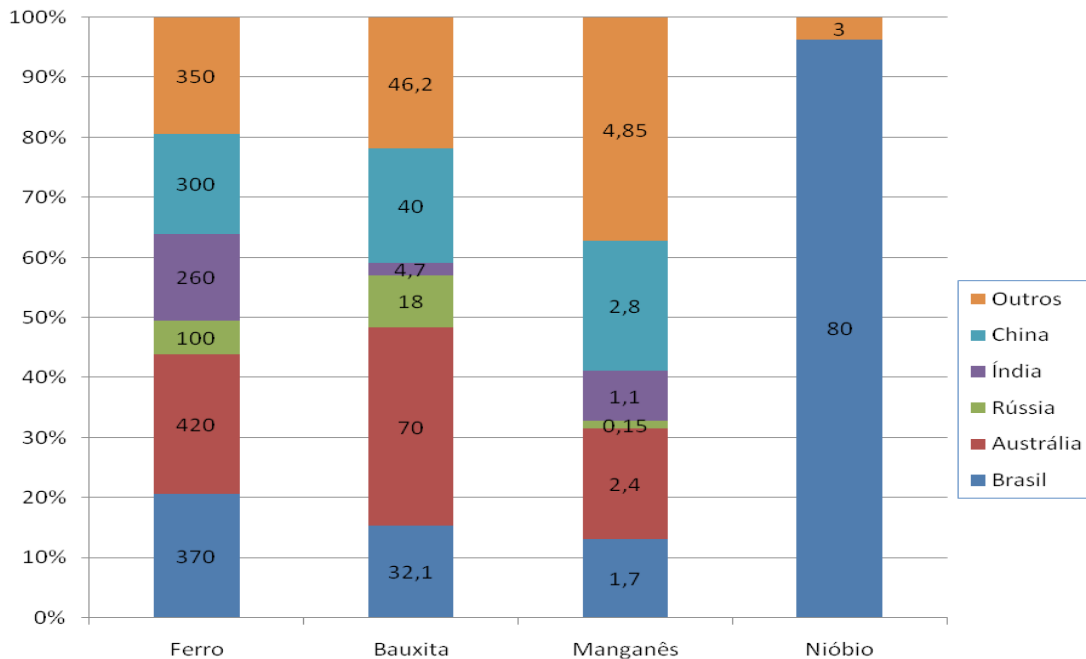
O Brasil como player global da indústria de mineração

Com novas províncias minerais, novas reservas, produção crescente e a contínua alta na demanda mundial por minérios, o Brasil tornou-se um dos principais integrantes deste mercado. De acordo com o último anuário do Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), o país é o maior exportador global de nióbio e minério de ferro, segundo maior em bauxita e manganês, e terceiro em grafite.

2. “Informe Mineral”, 1º semestre de 2008, DNPM.

Pelos Gráficos 4 e 5, fica evidente que o país ocupa posição estratégica no cenário internacional, tendo participação significativa na produção de minérios de ferro, bauxita e nióbio. Ademais, possui reservas relativamente superiores a países com produção semelhante, sendo capaz de manter o ritmo vigente da produção desses minérios por longo período.

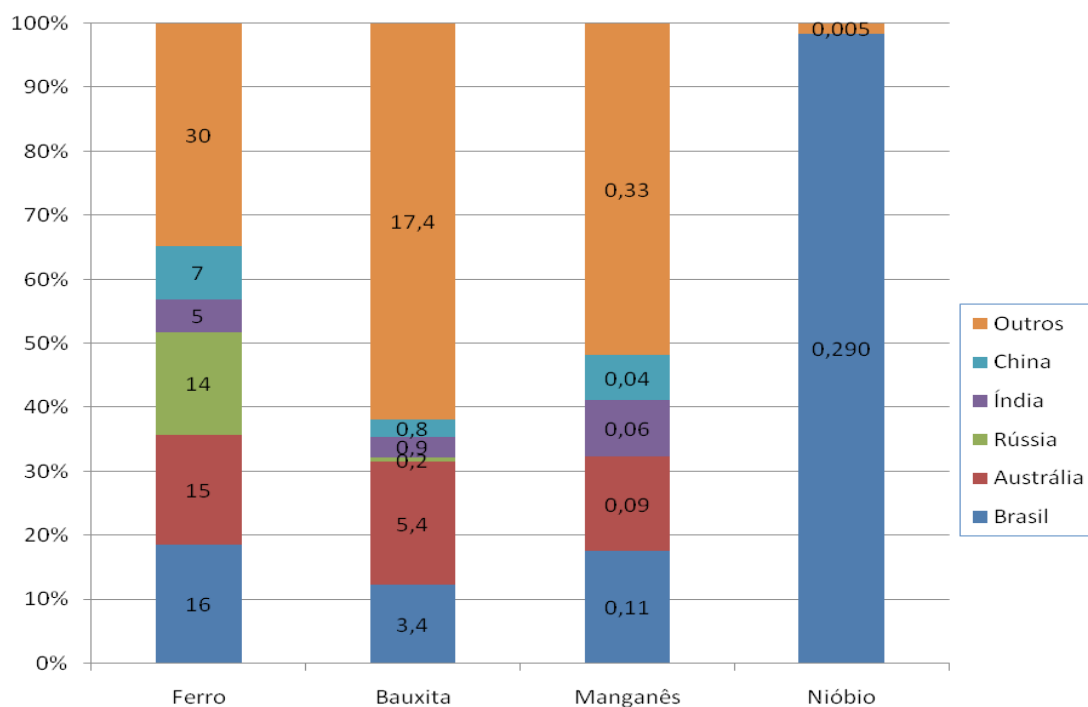
Gráfico 4. Países e minerais selecionados: produção mundial (milhões de toneladas) – 2010



Fonte: USGS, IBRAM; elaboração própria.

Notas: (1) a China é o único país a publicar produção de ferro por quantidade de minério e não por conteúdo de ferro. O valor foi corrigido para igualar a métrica dos outros países. (2) Todas as quantidades são em milhões de toneladas.

Gráfico 5. Países e minerais selecionados: reservas mundiais (bilhões de toneladas) – 2010



Fonte: USGS, IBRAM; elaboração própria

Notas: (1) Reservas brutas (minério bruto), com exceção de ferro (ponderado por teor). Dados para Manganês na Rússia não disponíveis. (2) Todas as quantidades são em bilhões de toneladas.

Apesar dos acréscimos acentuados na produção, as reservas também vêm expandindo, fenômeno esse já observado historicamente e que se contrapõe ao conceito de exaustão dos recursos no plano agregado. David e Wright (1991) analisam a mineração nos Estados Unidos no período 1850-1950, concluindo que a prosperidade do setor se correlacionou com o investimento em infraestrutura, disseminação de conhecimento e formação técnica³. As reservas expandem-se por meio do investimento em conhecimento, o que se contrapõe aos modelos econômicos que tratam os recursos naturais como dotação fixa.

As reservas não devem ser pensadas apenas em termos físicos estáticos. Apesar de “corridas” aos minérios esgotarem certas jazidas, estes são aspectos pontuais em comparação a períodos de tempo maiores. O investimento em pesquisa mineral e, de modo mais amplo, na produção de conhecimento acerca da realidade geológica do país leva – dentro de limites relativamente amplos – à ampliação das reservas conhecidas, à “renovabilidade de recursos não-renováveis”. A Tabela 3 ilustra como a produção mundial de minérios selecionados vem crescendo junto com o tamanho das reservas não apenas no plano global, mas também para países com forte presença na mineração.

Tabela 3. Países e minerais selecionados: variação da produção e reservas (quantum) (%) 1995-2010

| Mineral | Austrália | | Brasil | | Chile | | China | | Mundo | |
|---------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Produção | Reservas | Produção | Reservas | Produção | Reservas | Produção | Reservas | Produção | Reservas |
| Ferro | 193,7 | 50,0 | 98,9 | 146,2 | - | - | 261,4 | 105,7 | 140,0 | 33,8 |
| Cobre | 105,9 | 1042,9 | 349,0 | 17,8 | 121,7 | 70,5 | 210,8 | 900,0 | 62,0 | 103,2 |
| Níquel | 37,6 | 990,9 | 102,4 | 1198,5 | - | - | 108,1 | 311,0 | 49,0 | 61,7 |
| Bauxita | 64,1 | -3,6 | 266,4 | 21,4 | - | - | 700,0 | 400,0 | 93,6 | 21,7 |
| Zinco | 55,9 | 211,8 | 48,3 | 30,2 | - | - | 268,4 | 740,0 | 68,5 | 78,6 |

Nota: Não disponível = “-”.

Fonte: USGS, Statistical Yearbooks, 1995-2011. Elaboração própria.

A exploração de novos recursos não leva ao seu esgotamento; pelo contrário, tem levado a novas descobertas. Não se trata de uma atividade primitiva puramente extrativista, mas intensiva em conhecimento engenharia, reunindo uma diversidade de conhecimentos, competências, equipamentos e instalações. É a exploração que “cria” novas jazidas, sendo as reservas uma variável endógena. Pode-se afirmar que o tamanho das reservas é de alguma forma uma função da exploração e do progresso tecnológico dentro da cadeia de produção, gerando um ciclo virtuoso.

A complexidade da cadeia da mineração

Esta seção descreve de forma sucinta as principais etapas da cadeia de mineração e sugere que o setor, no seu conjunto, atua na fronteira da tecnologia na contínua busca por ganhos de produtividade dentro do ambiente de competição global.

O processo de transformação de recursos minerais tem por ponto de partida a atividade de pesquisa e exploração mineral. Essa etapa inicial da cadeia de mineração é caracterizada pelos altos recursos envolvidos e pelos resultados sempre incertos na prospecção por novas reservas.

3. Pesquisa de Bravo-Ortega e De-Gregorio (2007) sugere que o aumento de recursos naturais pode levar à redução da taxa de crescimento de países com níveis muito baixos de capital humano. Em países com o nível de capital humano acima de um limiar baixo, os recursos naturais geram crescimento econômico. Partindo do modelo de Solow de 1974, adaptado para uma economia com dois setores (o de recursos naturais e o industrial), o primeiro apresenta retornos decrescentes ao capital humano, enquanto o segundo tem retornos constantes. Desta forma, soluciona-se maximizando o crescimento sujeito a três equações. Considerando 80 países no período de 1970-90, o diferencial da pesquisa foi incluir a interação entre mudanças estruturais na economia e a acumulação de capital humano (até então tratados separadamente). Alguns exemplos são o grau de abertura da economia, investimentos, exportações, termos de troca e variáveis instrumentais como tempo médio de escolaridade e gastos *per capita* em educação. Dos 80 países, 60 apresentaram impacto positivo dos recursos naturais no crescimento econômico. Nos países restantes, observou-se que a relação tornava-se positiva após certo nível de capital humano. As diversas regressões estimaram entre 2,7 e 3,2 o número mínimo de anos de escolaridade que tornavam o positivo efeito.

Mesmo na região polimineral de Carajás, no Pará, que está entre as mais ricas em minérios do mundo, a probabilidade de sucesso da prospecção – de que novos depósitos sejam encontrados – é baixíssima (cerca de 1,15%). Isso se deve à dispersão territorial das reservas, à escassez de depósitos de alta qualidade e também à dificuldade de acesso aos ativos minerais, uma vez encontrados. A pesquisa geológica depende de conhecimentos científicos sólidos e experiência acumulada ao longo dos anos.

A exploração de novas jazidas comprova que cada vez mais o setor é dependente de alta tecnologia. A localização de jazidas, que até algumas décadas atrás dependia do conhecido “boca-a-boca” (principalmente vinculado ao trabalho de arqueólogos) e depois passou a requerer a adaptação de sonares ao uso de imagens de satélite, chega na atualidade dependendo fortemente das mais avançadas técnicas da geofísica⁴.

O principal método de localização de minérios ainda é a magnetometria, principalmente pela melhor relação custo-benefício em comparação aos outros. Porém, também são usados métodos sísmicos (tomografia sísmica), geodésicos, de resistência elétrica e eletromagnéticos. O conceito mais simples de exploração, o de se cavar o solo – conhecido tecnicamente como *borehole* ou furo de sondagem – hoje tem sua própria cadeira nas principais faculdades especializadas, a *Borehole Geophysics*.

A Tabela 4 leva em consideração um período de tempo maior que o apresentado na seção anterior e ilustra a evolução das reservas dos principais minerais de 1950 a 2000. Neste período, as reservas de minério de ferro, por exemplo, aumentaram em 16,3 vezes, sendo reflexo não só do aumento da demanda, mas do uso de novas tecnologias de prospecção.

Tabela 4. Recursos e reservas minerais: disponibilidade primária mundial – 1950-2000

| Minério (t) | 1950 | 1974 | 2000 | 1950-2000 (variação) |
|------------------|----------|----------|----------|----------------------|
| Bauxita | 1,40E+09 | 1,60E+10 | 3,50E+10 | 25,0x |
| Cobre | 1,00E+08 | 3,90E+08 | 6,50E+08 | 6,5x |
| Ouro | 3,10E+04 | 4,00E+04 | 7,70E+04 | 2,5x |
| Ferro | 1,90E+10 | 8,80E+10 | 3,10E+11 | 16,3x |
| Chumbo | 4,00E+07 | 1,50E+08 | 1,30E+08 | 3,25x |
| Níquel | 1,40E+07 | 4,40E+07 | 1,50E+08 | 10,7x |
| Fosfato | 2,60E+09 | 1,30E+10 | 3,70E+10 | 14,2x |
| Prata | 1,60E+05 | 1,90E+05 | 4,20E+05 | 2,6x |
| Cassiterita | 6,00E+06 | 1,00E+07 | 1,20E+07 | 2,0x |
| Zinco | 7,00E+07 | 1,20E+08 | 4,30E+08 | 6,1x |
| Carvão | 6,00E+10 | 6,50E+11 | 9,80E+11 | 16,3x |
| Petróleo (bbl) | 8,00E+10 | 7,20E+11 | 1,05E+12 | 13,1x |
| Gás Natural (m3) | 4,70E+12 | 2,20E+15 | 1,50E+14 | 31,9x |

Nota: Unidades em toneladas (t), exceto petróleo (bbl) e gás natural (m³).

Fonte: “Economia Mineral do Brasil”, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Ministério de Minas e Energia, 2009; USGS; BP Statistical Review of World Energy; The Petroleum Handbook, The Royal Dutch Shell Group of Companies, 5th edition, 1966; IEA; UN Statistical Yearbook.

A segunda etapa da cadeia da mineração é a do desenvolvimento e implantação de projetos de lavra. Na medida em que um depósito de determinado mineral é identificado e mapeado, são necessários minuciosos estudos de viabilidade econômica, de engenharia e de impacto ambiental, elaborados durante o desenvolvimento daquele projeto. Essa fase é intensiva em engenharia de

4. Não obstante o esforço em métodos mais precisos de prospecção, existe o empenho em torná-los minimamente invasivos. Muitos dos métodos citados acompanham explosões e outras formas de intervenção ao solo (na maioria dos casos sem sucesso na descoberta de minério). Para atender aos novos padrões internacionais de sustentabilidade e principalmente atender às crescentes preocupações ambientais da sociedade, a geofísica da mineração vem progredindo na melhoria dos métodos existentes e desenvolvimento de novos métodos menos invasivos. Neste âmbito, vale ressaltar o uso das mais novas sondas de prospecção de petróleo em águas ultraprofundas também no setor de mineração.

projeto e de busca de soluções que otimizem os resultados e garantam a competitividade do projeto. A intensidade e a complexidade do esforço refletem a magnitude dos investimentos que tipicamente envolvem o desenvolvimento de depósitos economicamente viáveis, os tempos curtos e comumente as geografias distantes.

O primeiro passo neste tipo de estudo é mensurar o tamanho das reservas minerais encontradas. Estimar com relativa precisão é essencial para determinar todos os outros aspectos que podem ou não tornar a exploração viável. Um teste de ordem de magnitude é o ponto de partida, com custos baixos, mas com taxa de erro em torno de 40-50%. Observando indícios de uma quantidade substancial, organiza-se um estudo de viabilidade preliminar (*preliminary feasibility*). Requer profissionais técnicos de diversas áreas da engenharia e possui taxa de erro de aproximadamente 20 a 30%. Por fim, antes da tomada de decisão definitiva, cabe um estudo detalhado de viabilidade (*detailed feasibility*). Um processo intensivo em engenharia de ponta, com taxa de erro de 10 a 15% e que chega a 0,5 a 1,5% do custo total estimado do projeto (De La Vergne, 2003).

O terceiro elo da cadeia de mineração é a implantação de um projeto de mineração, onde são feitos os maiores investimentos da atividade mineradora. Para que as minas sejam abertas, as plantas de processamento e beneficiamento sejam construídas e a infraestrutura logística seja preparada, geralmente são necessários investimentos de capital comumente da ordem de bilhões de dólares⁵. Ademais, envolve grande número de *stakeholders* durante a implantação de projetos⁶. Precisão no desenvolvimento e excelência na implantação de projetos são características decisivas para a competitividade da operação de uma empresa mineradora. No seu conjunto, dependem de habilidades relacionadas, por um lado, à capacidade de gestão de atividades e integração de centenas de fornecedores organizados em múltiplas camadas e, por outro, à qualidade da engenharia de construção tanto da mina quanto das plantas de beneficiamento, sistemas de transporte e transbordo tipicamente portuários.

A operação das minas e os processos de beneficiamento de minério constituem a quarta etapa da cadeia da mineração. Sua principal característica é a multiplicidade de atividades que devem estar fortemente sincronizadas entre si e com a demanda dos clientes. São atividades que se repetem por toda a vida útil da mina, que pode estender-se por décadas. Aqui, novamente, a eficiência das operações é fundamental para a competitividade global da empresa, que necessita operar na fronteira da sustentabilidade, sob parâmetros internacionais de proteção ambiental, saúde e segurança, para garantir seu pleno alinhamento às exigências da sociedade e dos governos das regiões onde opera.

O uso de tecnologia M2M (*machine-to-machine*) na mineração vem trazendo resultados marcantes. O sistema, advindo da expansão das redes GSM de celulares e da tecnologia *wireless*, trata do fluxo de informação entre máquinas. O tipo de informação coletada pode ser simples como a temperatura ou nível de um reservatório até conjuntos de dados. Aplicado nas máquinas relevantes da mina à planta, o sistema integra todos os processos destas etapas da produção, gerando otimização automatizada da produção em tempo real.

O exemplo de maior sucesso da tecnologia M2M na mineração recente ocorreu em 2008. Na perfuração e desmonte, monitorou-se o tipo de explosivo, sua quantidade, diâmetro de furo e geometria de desmonte. Também a energia útil, emissão de gases estufa, o sistema de iniciação, potência e ajuste da britagem. O sistema M2M integrou todos estes processos, por meio dos mais avançados *softwares*, para avaliação do conjunto de operações que resultaria na obtenção do produto ao menor custo e maior produtividade. Após seis meses de análises, chegou-se a um processo que, devido somente ao sistema M2M, produzia 20% a mais de minérios duros, queda de 30% no uso de energia e redução de 29% na emissão de gases⁷.

5. Em 2010, por exemplo, a Vale investiu US\$ 12,9 bilhões, valor que deve ser superado em 2011.

6. Serra Sul, o maior projeto no portfólio da Vale e o maior projeto da indústria de minério de ferro no mundo, por exemplo, envolverá ao longo de sua implantação cerca de 25.000 colaboradores e mais de 100 fornecedores estratégicos diretos.

7. "A cadeia da produção começa no desmonte", Revista Minérios & Minerales, edição 316, 2009.

As aplicações de tais sistemas de tecnologia de informação (TI) na mineração são infinitas. No limite, todas as máquinas presentes na cadeia podem ser integradas e resultar em um conjunto de processos ótimo para cada segundo de operação. Com o tempo, os sistemas ganham “*expertise própria*”, com base em algoritmos que maximizem a produção sob variáveis previstas (condições de tempo, distâncias a serem percorridas, níveis máximos de emissão de gases etc.).

A quinta etapa é a logística multimodal, ou seja, a operação integrada desde as minas até o cliente final do sistema de ferrovias, portos e frete marítimo responsável pelo transporte do minério. Em qualquer empresa de mineração, em especial naquelas que operam os chamados *bulk materials* – materiais de grande volume e baixa razão valor/peso – a logística é elemento-chave de agregação de valor, justamente por ser responsável por movimentar e entregar grandes volumes a longas distâncias, buscando conectar produtos e mercados com precisão cronométrica e a custos competitivos.

Na fronteira da inovação em transporte de carga, está o *truckless mining*. Ainda sem casos no Brasil, devido às distâncias, começa a se tornar uma alternativa real em novos projetos. Trata-se do emprego de britagem na cava e sistemas de correias transportadoras relocáveis. Seria a substituição do modal trator/caminhão por esteiras. Cada conjunto de esteiras precisa de somente um operador e outro para a escavadeira. Porém, sua característica mais marcante será o de banir o uso do diesel na prática da cava, substituído pela energia elétrica. Trata-se de um caso clássico da tecnologia atuando a favor do meio ambiente. O *truckless mining* está próximo de sair do papel. Não somente pelo incentivo ambiental, mas por fatores como a escassez de mão-de-obra especializada para esta etapa da produção⁸.

O sincronismo em toda a cadeia logística demanda precisão absoluta em seu gerenciamento, de modo a garantir o fluxo contínuo de produto. Depois de extraído da mina, o minério tem de ser carregado em vagões com agilidade, transportado via ferrovia até o porto, onde é descarregado por viradores de vagões de última geração, estocado e embarcado em navios graneleiros de grande porte – cuja capacidade varia entre 180.000 e 300.000 toneladas, e mais recentemente 400.000 toneladas – em direção a centros de distribuição estrategicamente localizados ou diretamente ao cliente final. A logística é, em síntese, um elo crítico da cadeia de mineração e necessita de avançadas tecnologias de controle e um conjunto de competências técnicas específicas, não apenas em gestão, mas um conhecimento também atualizado nos recursos tecnológicos de última geração.

Os novos navios cargueiros são essenciais para o funcionamento da logística multimodal: possuem maior compatibilidade com os portos chineses e os novos portos em construção no Brasil. Além de maior eficiência dentro do transporte multimodal, os navios são mais rápidos e reduzem as emissões de carbono em 35% por tonelada de minério transportado. Seu tamanho e velocidade, além de ganhos diretos na redução de custos do produto final, diminuem a volatilidade da oferta e preço do mercado de frete. Desta forma, faz parte de uma estratégia maior que não somente diminui a volatilidade do preço do frete, mas também do preço do próprio minério de ferro.

A última etapa da cadeia da mineração é a entrega do produto ao cliente final. Em um mundo caracterizado por forte crescimento econômico nos mercados emergentes, onde a demanda por minerais e metais cresce a taxas bastante elevadas, os clientes vêm intensificando as exigências, demandam mais produtos e serviços de crescente complexidade às mineradoras, adequados às tecnologias específicas de seus processos produtivos⁹.

O principal desafio é justamente garantir a entrega *just in time* do produto em várias partes do globo, vencendo as distâncias que separam o Brasil e as demais regiões produtoras de seus

8. As esteiras também aumentariam a segurança no trabalho, reduzindo acidentes em uma etapa da cadeia que costuma ter índices acima da média. Outro fator para o uso das esteiras está na dificuldade das operadoras de caminhões conseguirem acompanhar a crescente demanda dos megaprojetos por este tipo de transporte. Seria uma solução instantânea para um dos gargalos na produção.

9. Com exigências cada vez mais rígidas ao teor do minério e especificações que atendam às necessidades de cada cliente final, há necessidade de avanços na área de flotação. Esta etapa separa o minério desejado de outros minérios e impurezas. A “*commodity minério*” vem se diferenciando para atender finalidades diferentes. Destaque nesta área para a flotação aniônica que vem atingindo teores mais puros de certos minérios. Também, via esta flotação, jazidas antes consideradas de “baixa qualidade” têm sido revisitadas sob este novo processo.

principais mercados, em especial a Ásia. Por um lado, uma cadeia com duração de 100 dias (Figura 1) desde a mina até o cliente. De outro, uma demanda crescente, que exige produtos cada vez mais diferenciados e entrega *just in time* para distâncias continentais. A solução são processos intensivos em tecnologia e gastos maciços em P&D, buscando ganhos de produtividade. Não obstante, fica evidente a diversidade de áreas envolvidas na cadeia produtiva. A extração mineral exige que outras indústrias – como naval e química – se mantenham na fronteira da inovação.

Figura 1. A cadeia de mineração



Fonte: Vale.

Esforço público em tecnologia: instituições de geração e fomento do conhecimento

Por caminhos diferentes, diversos economistas concluíram que tecnologia e inovação (via conhecimento e níveis de capital humano) são fatores essenciais para o crescimento sustentado da base de recursos naturais. Wright, Blohmström e Maloney enfatizam a necessidade de conhecimento e informação pública, além de um ambiente legal mais propenso à inovação. O avanço tecnológico atua não somente como motor do crescimento, mas também fomentando a inovação em outros setores da economia – efeito conhecido como *spillover*. Desta forma, o avanço tecnológico apresenta externalidade positiva de produção¹⁰, sendo objeto de incentivo público.

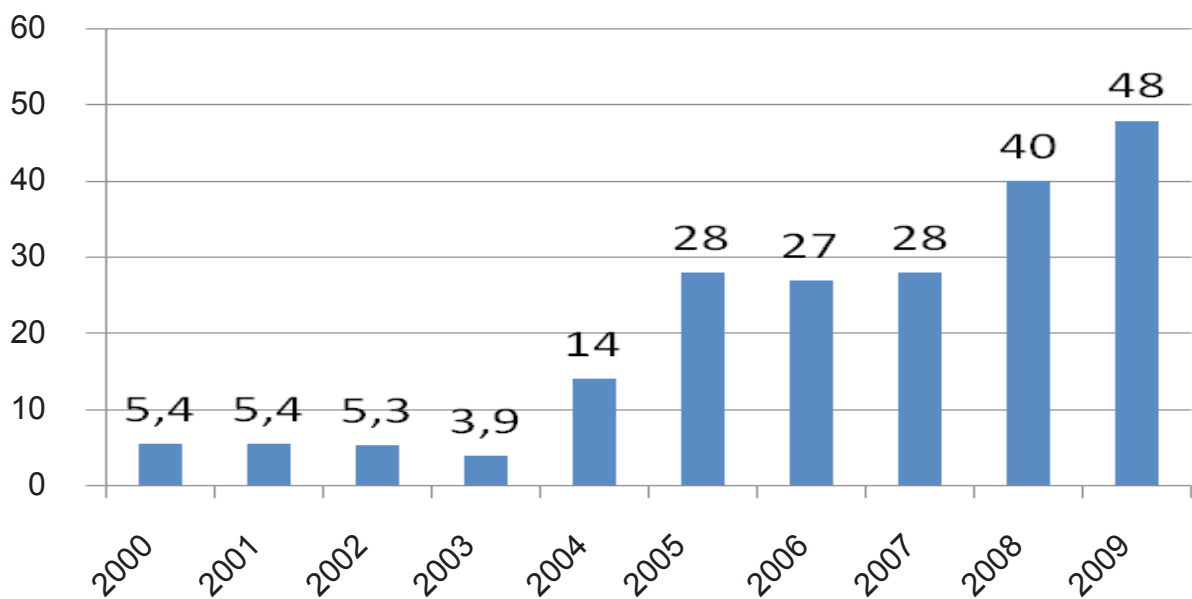
O Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) do Ministério de Minas e Energia (MME) é o principal órgão de governo para a geração de conhecimento técnico na mineração brasileira. Seu objetivo é similar ao United States Geological Survey (USGS) americano¹¹: além de regular e fiscalizar o setor, destina-se a fomentar a exploração mineral. O DNPM possui um quadro técnico de pesquisa geológica, com intuito de promover a elaboração de textos, cartas e mapas para divulgação. O Gráfico 6 evidencia o salto nos investimentos da Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais (CPRM/DNPM-MME), que aumentaram em quase dez vezes no período 2000-2009. Ainda assim, estes gastos se limitaram à etapa de exploração.

Em seu último relatório, ao final de 2010, o IBRAM constatou que somente 30% do território brasileiro havia sido mapeado geologicamente. Os custos elevados e arriscados da exploração desincentivam empresas a investir nesta direção. Como não há diretrizes nacionais que definam o escopo da pesquisa em instituições de ensino, o papel do DNPM faz-se ainda mais importante. O mapeamento geológico de ponta reduz drasticamente os custos de exploração mineral. A natureza pública desta informação reduz os riscos e serve como incentivo, ou ponta-pé inicial, para que empresas aumentem seus próprios gastos em exploração.

10. Em 1880, os depósitos de cobre de Michigan (EUA) já haviam sido descobertos, porém o salto na produção ocorreu com a invenção da dinamite de nitroglicerina. O novo método logo foi adaptado para as jazidas de ferro e bauxita, também aumentando as respectivas produções. Saindo do escopo da mineração, as dinamites foram adaptadas para outros usos como saneamento básico e transportes (galerias subterrâneas, túneis etc.). Outro exemplo oriundo da mesma época foi a introdução da eletrólise em escala comercial. Os produtores de cobre desenvolveram a técnica como forma de recuperação (quase completa) do metal. Tanto na época quanto hoje em dia, a eletrólise faz parte dos mais diversos processos industriais de separação de elementos, como a produção de soda cáustica e água oxigenada.

11. O United States Geological Survey (USGS) sucedeu, em 1879, tentativas individuais de estados americanos em mapeamento geológico. Com intuito de buscar petróleo, o USGS mostrou-se responsável por boa parte das descobertas de minérios nos Estados Unidos. Formando geólogos e tornando públicas as informações geradas, diminuiu significativamente os custos da exploração mineral. De forma similar, a exploração mineral é um dos responsáveis pelo mapeamento geológico de ponta da atualidade, diminuindo os custos de mapeamentos florestais e o controle de desmatamento.

Gráfico 6. Brasil - CPRM: Investimentos em levantamento geológico (US\$ milhões/2009) 2000-2009



Fontes: CPRM, PNM-2030

A política pública de fomento às atividades de P&D começou a tomar forma ao fim dos anos 1990, mas resultados concretos só ocorreram a partir de 2005. Em 1996, a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) criou os Fundos Setoriais (FNDCT)¹²: 14 fundos de setores específicos, um voltado à interação universidade-empresa e outro para melhorias de infraestrutura, somando 16 fundos. De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), o FNDCT representa a quase totalidade dos gastos públicos com P&D, com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) tendo papel residual. Um dos fundos setoriais destina-se a mineração (CT-Mineral) e é focado no desenvolvimento de tecnologia intermediária nas empresas e no estímulo à pesquisa científica de suporte à exportação mineral. Sua fonte de financiamento são 2% da Compensação Financeira do Setor Mineral (CFEM), os “royalties da mineração”.

O programa só deslançou a partir de 2005 com a Lei do Bem e Lei da Inovação¹³, que permitiu: incentivos fiscais automáticos às atividades de P&D (semelhante aos principais países do mundo), subvenção a projetos, financiamentos reembolsáveis, subsídios para pesquisadores nas empresas e programas de financiamento à inovação de capital empreendedor (IPEA, 2009). De acordo com o IPEA, entre 1996-2005, 813 empresas foram beneficiadas pelos fundos setoriais, aumentando para 1.132 somente entre 2005-2009. Ao final de 2009, o IPEA constatou que programas de incentivos fiscais às atividades de P&D no período 1996-2005 no Brasil induziram aumento nos gastos em P&D das empresas participantes em 90% dos casos. Também, empresas apoiadas pelo FNDCT investiram 104% a mais de recursos próprios em pesquisa.

Não há série consolidada para P&D no setor, somente levantamentos pontuais pelo IBGE e IPEA, indicando que os gastos totais no Brasil foram da ordem de 1,3% do PIB em 2008. Os dispêndios seriam 95% pelas empresas e 5% de fundos públicos (contra uma divisão 89%-11%, respectivamente, em 2005). No período 2005-2008, haveria aproximadamente 6 mil empresas industriais que realizaram gastos com P&D, das quais a FINEP financiou pouco mais de mil. A participação pública em P&D é baixa principalmente frente à observada nos países desenvolvidos, próxima de 50% (IPEA, 2009).

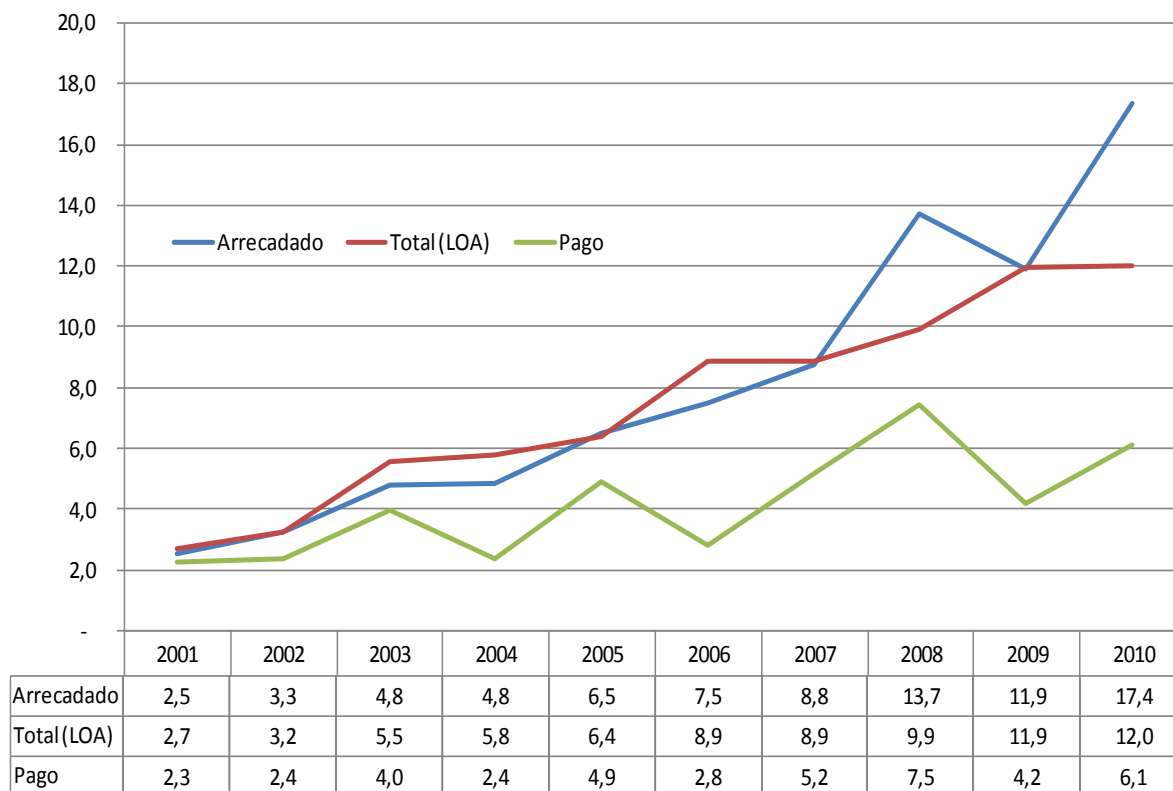
Observa-se no Gráfico 7 a evolução dos gastos públicos em P&D na mineração, desde a criação

12. Fundo Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT).

13. Lei nº 11.196/2005 e Lei nº 10.973/2004, respectivamente.

do fundo setorial em 2001. O valor efetivamente desembolsado pelo MCT saiu de R\$ 2,3 milhões em 2001 para R\$ 6,1 milhões em 2010. Mesmo com aumento de 165% no período, o valor continua em um patamar baixo frente ao tamanho do setor e aos gastos privados.

Gráfico 7. Brasil: Gastos públicos em P&D na mineração (Fundo CT-Mineral) (R\$ milhões) 2001-2010



Fontes: Secretaria Executiva, MCT; Execução Orçamentária 1999-2010, SIAFI. Elaboração própria.

O relatório de resultados indica que os dispêndios do CT-Mineral foram empregados em poucos projetos, em sua maioria na área de geologia. Os principais resultados são o mapeamento de novas áreas. Somente um projeto ao longo dos últimos cinco anos do fundo, com foco em novos processos laboratoriais para aprimoramento da engenharia de mina, destacou-se em oposição aos projetos na área de geologia (com aporte de R\$ 8 milhões). Por mais valiosa que seja a pesquisa geológica, observa-se a concentração dos esforços públicos – seja por gasto direto de órgãos ou financiamento de projetos – na etapa da exploração. Além do aumento dos gastos públicos em P&D, seria proveitosa para o setor a diversificação dos projetos apoiados pelo fundo setorial.

O esforço empresarial em inovação

Enquanto na década de 1990 o setor viu seus gastos em pesquisa de exploração estagnarem, essa tendência tem se invertido ao longo da última década (Hitzman, 2002). Em 2010, os dispêndios privados da indústria em pesquisas relacionadas à exploração mineral somaram US\$ 7,3 bilhões, liderados pelo Canadá e Austrália (Tabela 5). O Brasil gastou US\$ 234 milhões em 2010, valor correspondente a menos da metade do gasto do Peru, apesar de ter quase oito vezes sua dimensão. Porém, mesmo com gastos inferiores frente a outros países, o Gráfico 8 indica que as empresas têm empenhado maior esforço em pesquisas de exploração.

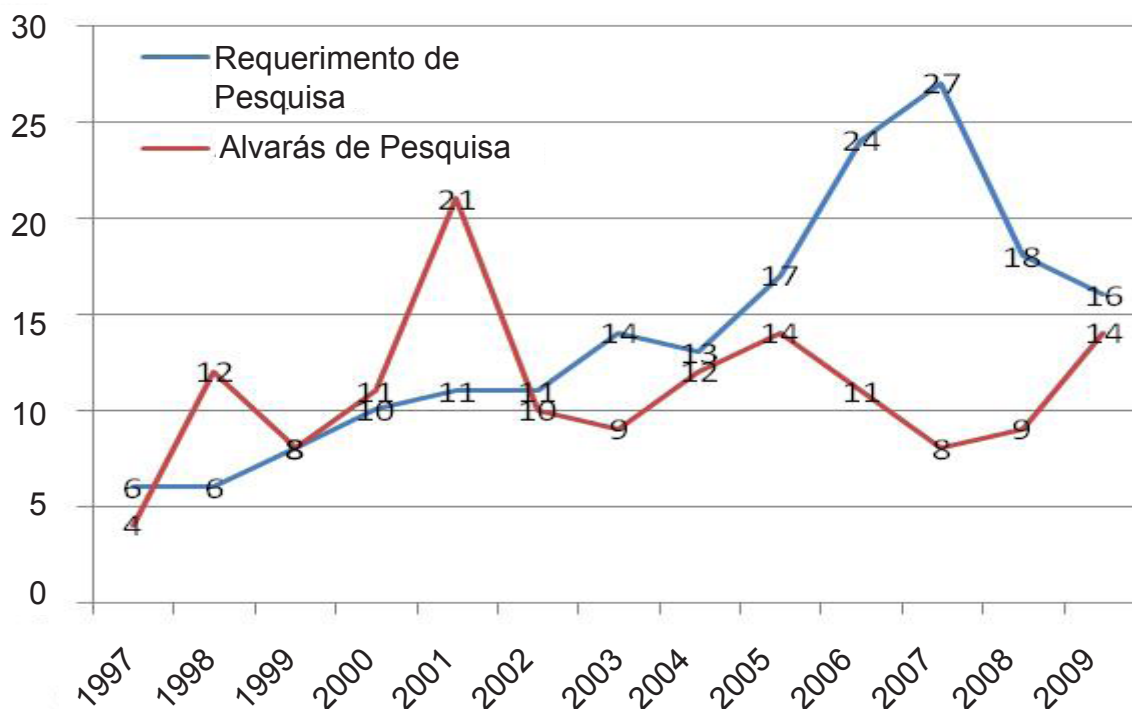
Tabela 5. Países selecionados: Investimentos privados em exploração mineral - 2010

| Investimento Global (US\$ 7.320.000) | Área (km ²) x 1000 | Investimentos Absolutos (US\$ mil) | Participação nos Investimentos (%) | Investimentos Absolutos/Área (US\$ mil/km ²) | Investimento Brasil versus Países |
|--------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|-----------------------------------|
| Brasil | 8.547 | 234.000 | 3,0 | 27,4 | 1,0 |
| Canadá | 9.971 | 1.171.200 | 16,0 | 117,5 | 4,3 |
| Austrália | 7.682 | 951.600 | 13,0 | 123,9 | 4,5 |
| Peru | 1.285 | 512.400 | 7,0 | 398,8 | 14,6 |
| EUA | 9.373 | 439.200 | 6,0 | 46,9 | 1,7 |
| México | 1.973 | 366.000 | 5,0 | 185,5 | 6,8 |
| Rússia | 17.075 | 366.000 | 5,0 | 21,4 | 0,8 |
| Chile | 757 | 366.000 | 5,0 | 483,5 | 17,7 |
| China | 9.600 | 292.800 | 4,0 | 30,5 | 1,1 |
| África do Sul | 1.223 | 256.200 | 3,5 | 209,5 | 7,7 |

Fonte: Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira, 5ª edição, IBRAM, 2010.

Os gastos em exploração mineral são somente uma parcela do dispêndio privado em P&D. Dados compreensivos para o setor são dispersos, porém a Pesquisa de Inovação Tecnológica do IBGE (PINTEC), feita em 2005 e 2008, publicada no final de 2010, apresenta dados mais recentes para a indústria extrativa¹⁴. Em 2008, os gastos em P&D eram 81% próprios e 19% de terceiros, estes sendo 15% privado e 4% público. Os resultados indicam gastos significativamente maiores com P&D interna, além de aumento na compra de *softwares* e pesquisa externa (Tabela 6).

Gráfico 8. Brasil: Número de requerimentos e alvarás de pesquisa (mil unidades) – 1990-2009



Fonte: DNPM, 2009; elaboração própria.

14. O nível de desagregação da PINTEC não permite análise exclusiva da mineração. A categoria mencionada, da indústria extrativa, inclui petróleo, gás e carvão mineral.

Tabela 6. Brasil - Pesquisa de Inovação Técnica 2005 e 2008: indústria extrativa (R\$ milhões)

| Discriminação | 2001-2003 | 2003-2005 | 2005-2008 |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Taxa de inovação* | 33,3 | 33,4 | 38,6 |
| Gastos em atividade inovativa | 385 | 681 | 496 |
| Gastos em atividade interna de P&D | 28 | 78 | 74 |
| Aquisição externa de P&D | n.d. | 12 | 13 |
| Aquisição de software | n.d. | 8 | 19 |
| Dispêndio em treinamento | n.d. | 9 | 18 |

* % das empresas que implementaram produto novo ou substancialmente aperfeiçoado. As atividades que as empresas empreendem para inovar são de dois tipos: P&D (pesquisa básica, aplicada ou desenvolvimento experimental); e outras atividades não relacionadas com P&D, envolvendo a aquisição de bens, serviços e conhecimentos externos.

Fonte: PINTEC 2005 e 2008, IBGE. Elaboração própria.

Os resultados da PINTEC, pesquisa amostral, seguem a mesma tendência dos dispêndios da Vale. Ao longo de período semelhante ao observado pela PINTEC, os gastos de P&D da Vale aumentaram em quase quatro vezes, enquanto os gastos em projeto multiplicaram por oito (Tabela 7).

Tabela 7. Investimentos da Vale em projetos e P&D (US\$ milhões) – 2004-2010

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Projetos | 1.061 | 2.313 | 2.988 | 4.682 | 6.457 | 5.845 | 8.239 |
| P&D | 284 | 907 | 476 | 741 | 1.063 | 1.010 | 1.136 |
| Total | 1.345 | 3.220 | 3.464 | 5.423 | 7.520 | 6.855 | 9.375 |

Fonte: Vale - Relatórios de Investimento 2004-2010.

Alguns dos grandes desafios das empresas são: a necessidade de conciliar o planejamento de longo prazo da produção com a volatilidade da demanda no curto prazo; as complexas operações de logística em larga escala para a movimentação de centenas de milhões de toneladas; a natureza intensiva em capital do negócio; e a criação de oportunidades de mobilidade econômica e social nas comunidades remotas onde se processam as operações. A chave para superar estes desafios tem sido a inovação, isto é, a busca por ideias e novos processos que aumentem a produtividade total dos fatores de produção.

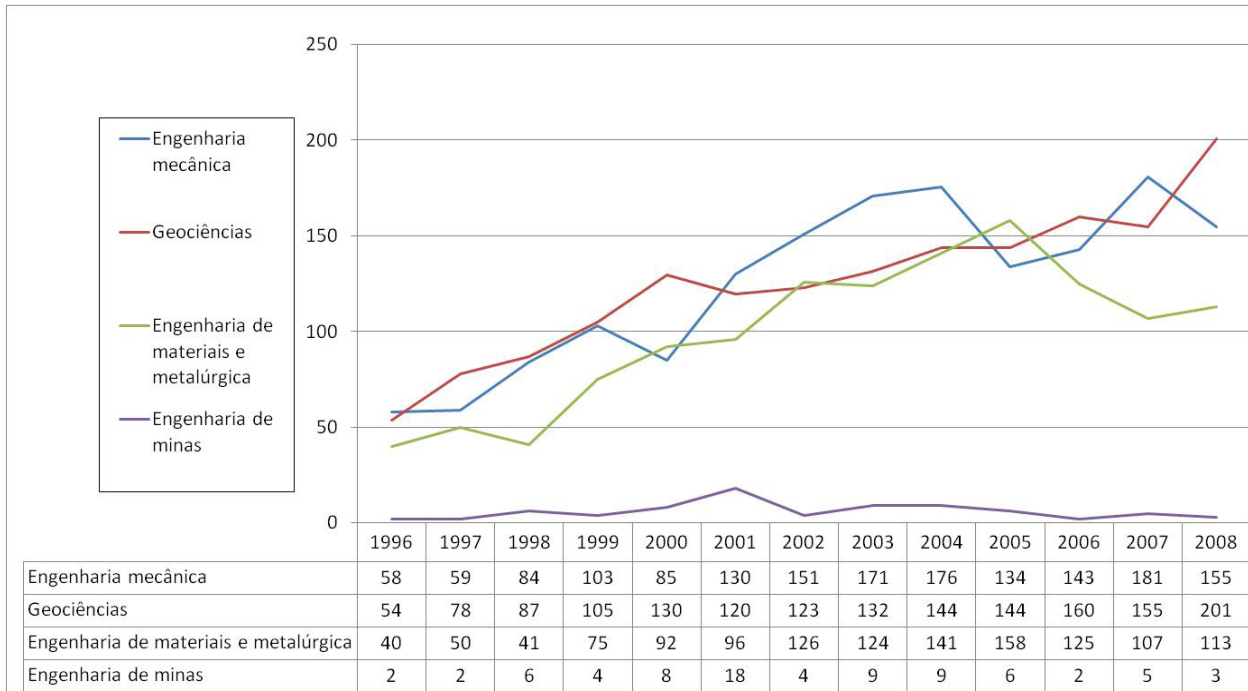
Gastos direcionados: aproximação com a comunidade científica, maior qualidade do capital humano e capacitação de fornecedores

A criação de uma rede de conhecimento especializado é fundamental para que a mineração seja fonte de crescimento sustentável e duradouro. Para empresas em geral, a inovação é igualmente importante, pois é por meio dela que se reinventam processos, produtos e o próprio modo de operar da corporação.

As empresas de mineração vêm desenvolvendo parcerias com universidades e centros de pesquisa com o objetivo de fomentar externamente a inovação, ao mesmo tempo em que investem em iniciativas internas de inovação tecnológica. De acordo com o Plano Nacional de Mineração 2030, o investimento em P&D por tonelada de minério de ferro na Alemanha e Japão em 2009 chega a ser 15-20 vezes superior ao brasileiro (PNM-2030, p. 67). Uma maior articulação com Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) seria a forma mais objetiva de reduzir os custos das atividades de P&D e alcançar os níveis europeus. O Plano também sugere a valorização da função do pesquisador tecnológico nos quadros das empresas.

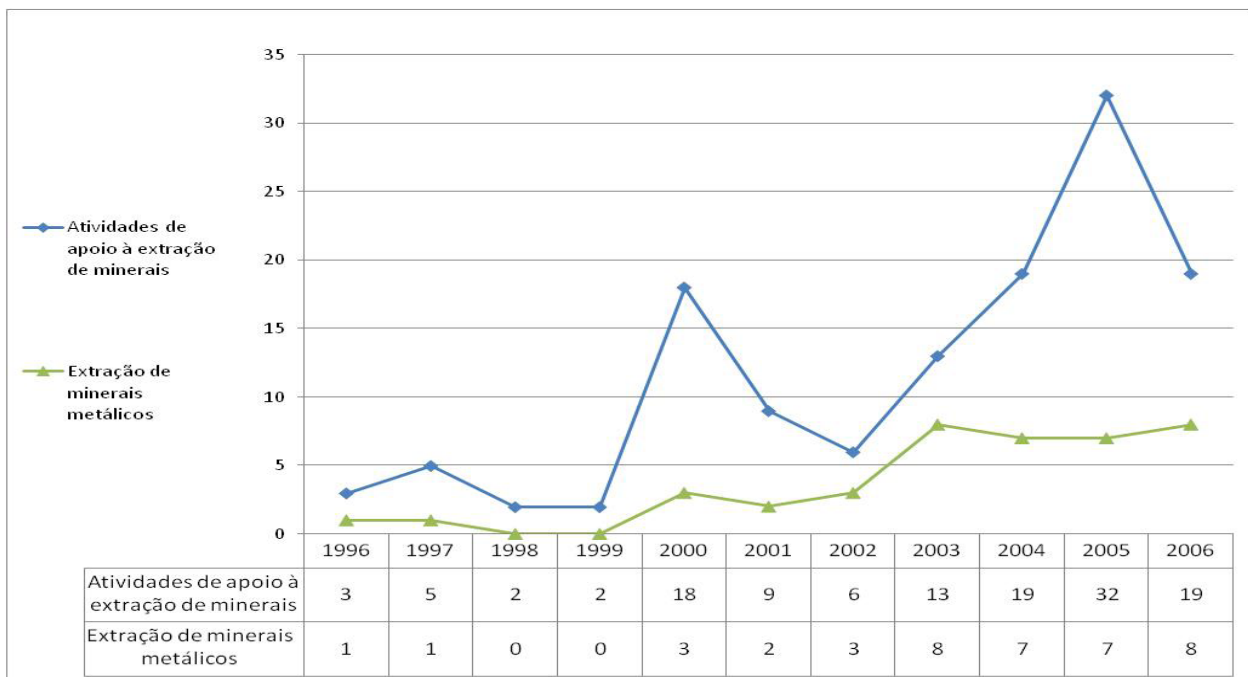
Os Gráficos 9 e 10 indicam que este caminho está sendo trilhado. A titulação de doutores em áreas técnicas, voltadas para mineração, vem crescendo desde 1996 (Gráfico 9). O Gráfico 10 apresenta a evolução do número de doutores empregados em áreas relacionadas à mineração.

Gráfico 9. Brasil: Número de doutores titulados por áreas do conhecimento – 1996-2008



Fonte: Estudo da demografia da base técnico-científica brasileira, 2010, CGEE/MCT. Elaboração própria.

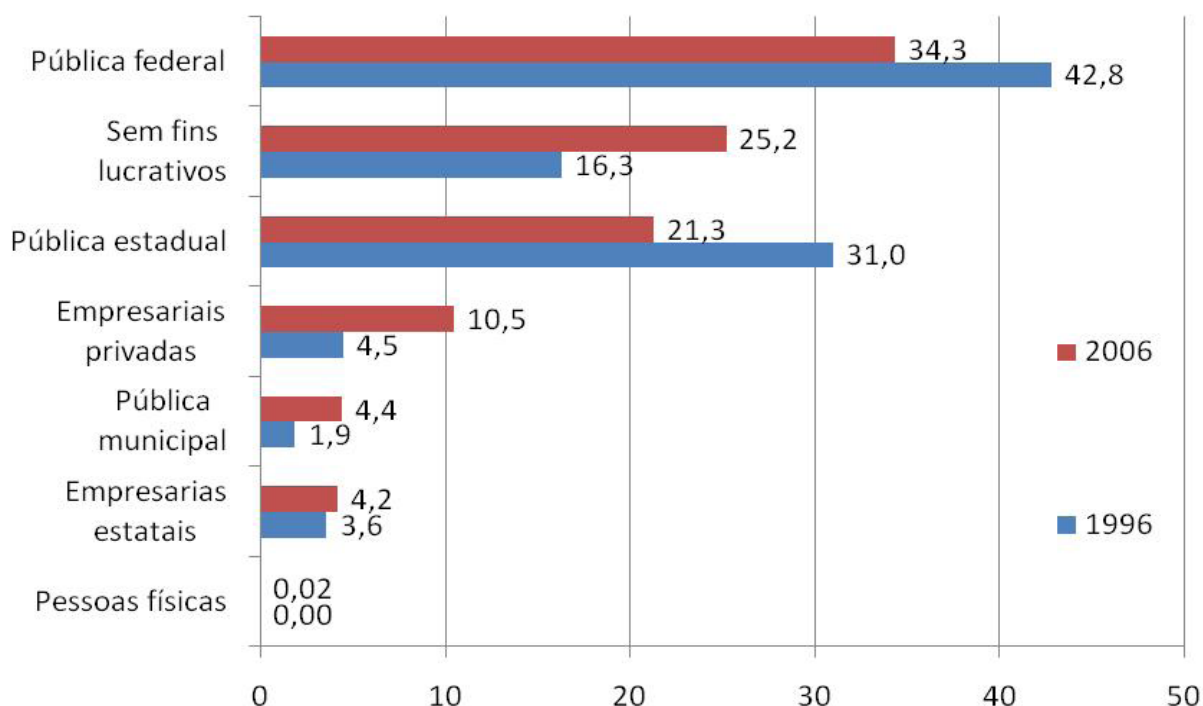
Gráfico 10. Brasil: Número de doutores titulados no período 1996-2006, empregados em 2008, por seção e divisão da CNAE* dos estabelecimentos empregadores e ano da titulação



Fonte: Estudo da demografia da base técnico-científica brasileira, 2010, CGEE/MCT. Elaboração própria.

Notas: *Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE). CNAE do empregador correspondente ao principal vínculo empregatício (o de maior remuneração).

O Gráfico 11 complementa os anteriores, ilustrando a migração de doutores do setor público para o empresarial. Estabelecimentos de natureza empresarial privada mais que dobraram sua participação no número de doutores empregados. Empresas sem fins lucrativos e estatais também cresceram, indicando uma saída de doutores da rede pública (principalmente de ensino) para o setor empresarial.

Gráfico 11. Brasil: Distribuição dos doutores titulados em 1996 e 2006, empregados durante o ano de 2008, por natureza jurídica do estabelecimento empregador (%)

Fonte: Estudo da demografia da base técnico-científica brasileira, 2010, CGEE/MCT.

Neste âmbito de parcerias externas, destaca-se o modelo de inovação aberta da Vale¹⁵, no qual a comunidade de ciência e tecnologia opera em rede com a empresa. Já com o BNDES, fundou-se uma empresa dedicada ao desenvolvimento de tecnologia de ponta em formas mais eficientes de geração de energia¹⁶. O setor tem buscado estreitar os laços com universidades, como forma de complementar às atividades de P&D internas ou terceirizando por completo a atividade.

Internamente, vem construindo centros de excelência¹⁷ na busca da inovação, voltados para soluções em energia, pesquisa mineral e desenvolvimento sustentável. Além da inovação, outro importante componente para o desenvolvimento econômico é o investimento em capital humano¹⁸. Diante disso, aplica-se no talento dos seus colaboradores para responder às demandas de todos os elos da cadeia de mineração, valorizando a formação e qualificação profissional de seus próprios quadros¹⁹. Investe no desenvolvimento do capital humano como fonte decisiva de avanço empresarial.

Outra dimensão é as ações de fomento regionais e setoriais, e de outros *stakeholders* envolvidos nas atividades. O Programa INOVE, por exemplo, vem desenvolvendo e qualificando pequenos e médios fornecedores em mais de nove estados. Junto com os estados, institutos de ensino e entidades de classe, o INOVE já qualificou por intermédio do Programa de Desenvolvimento de Fornecedores 51.800 profissionais, certificou 320 empresas e vem garantindo acesso ao crédito em parceria com instituições financeiras. O INOVE está sendo implantado para ter abrangência nacional nos próximos anos.

15. Por meio de 72 convênios com 15 universidades e institutos de pesquisa, como as Fundações de Amparo a Pesquisa nos estados, e o CNPq e a FINEP no âmbito federal, parcerias essas que totalizam o valor de R\$ 140 milhões.

16. Vale Soluções em Energia (VSE).

17. Destaque para o Instituto de Tecnologia Vale – ITV, com base em São Paulo, Minas Gerais e Pará. Cabe registrar o trabalho de pesquisa feito em quatro centros tecnológicos mantidos pela Vale: o Centro de Tecnologia em Não-Ferrosos (MG), o Centro de Tecnologia de Ferrosos (MG), o Centro de Excelência em Logística (ES) e o Centro de Tecnologia em Alumínio (PA).

18. Nos últimos anos, o Brasil obteve grande sucesso em elevar o nível de alfabetização e as taxas de matrícula nos sistemas de ensino, principalmente dentre os jovens. O esforço, agora, é elevar a qualidade da educação no país, ou seja, de melhorar o nível do capital humano.

19. Programa Jovem Aprendiz, Escola Modelo e capacitação de ponta em geologia, geofísica, geoquímica e engenharia.

O fomento empreendido estende-se a uma densa cadeia de fornecedores de equipamentos e bens de capital, e de serviços de valor agregado^{20 21}. Por fim, atividades na produção e na área social²² são realizadas por meio de parcerias público-privadas (PPPs)^{23 24}, tanto no Brasil como no exterior²⁵. A crescente necessidade de processos mais limpos e de maior sustentabilidade tem sido outro motor da demanda por inovações.

Tecnologia e sustentabilidade

Em relação ao meio ambiente, o foco está na conservação de ecossistemas²⁶ e na busca por processos que aumentem a produtividade e reduza passivos ambientais de forma simultânea.

A promoção da sustentabilidade global compreende algumas complexidades. Por exemplo, os benefícios da emissão excessiva de carbono são imediatos e altamente concentrados, enquanto que os ganhos em evitar sua emissão tendem a se manifestar ao longo do tempo e a ser diluídos entre substancial número de beneficiários. Ao mesmo tempo, trata-se de atividade que requer coordenação em âmbito global em um mundo em que percepção de custos e benefícios não é uniforme entre países.

Um projeto de redução de resíduos em uma mina de zinco²⁷ em Paracatu (MG) é um exemplo em que inovação, produtividade e sustentabilidade caminham na mesma direção. O projeto tinha como objetivo a difícil meta de eliminar o passivo ambiental da mina via aumento da produção. No processo de separação do zinco de outros minérios, produz-se pó calcário como resíduo. Este pó é dividido entre PCI e PCA dependendo das concentrações de chumbo e cádmio presentes no pó. O PCI é o pó calcário industrial, não comercializável e classificado como resíduo classe 1 (perigoso) pelo Ministério da Agricultura, tendo de ir para uma barragem impermeabilizada e controlada. Já o PCA é o pó calcário agrícola, 100% comercializável.

Em 2007, a unidade produzia 100% de PCI. Em 2008 houve modificação no circuito produtivo, gerando resíduos de 58% PCA e 42% PCI. Em 2009 houve melhora para 65% PCA e, atualmente, a produção de resíduos inverteu-se por completo para 100% PCA. O sucesso do projeto ocorreu

20. A Vale exerce papel decisivo na reativação da indústria ferroviária brasileira, com compras de 259 locomotivas e 12.210 vagões no período de 2003 a 2010. De 2008 a 2010, adquiriu-se aproximadamente R\$ 5 bilhões em bens de capital de fornecedores nacionais, incluindo equipamentos complexos como a linha de embarque e de carregadores de navios usada em algumas operações. Já o fomento de serviços de valor agregado se dá por meio de alianças de construção, com a contratação no Brasil da ordem de R\$ 7 bilhões em 2010 e 2011.

21. A empresa incentiva a transformação de recursos minerais e é indutora do desenvolvimento da siderurgia nacional. Mais de 50% do aumento da capacidade de produção de aço do Brasil terá a Vale como protagonista nos próximos anos. A contribuição agregada da Vale para o potencial siderúrgico do país pode atingir de 15,5 a 18,5 Mt nos próximos anos, aumentando em mais de 50% a capacidade de produção nacional.

22. Na área social, o apoio ao desenvolvimento social e econômico nas regiões onde a Vale opera é realizado pela Fundação Vale. A Fundação estabelece parcerias com governos, organizações não governamentais e empresas privadas, promovendo iniciativas estruturantes nas áreas de infraestrutura urbana, fortalecimento da gestão pública e desenvolvimento humano e econômico.

23. Dentre as iniciativas, destacam-se: a ThyssenKrupp CSA Siderúrgica do Atlântico (TKCSA), em associação com a ThyssenKrupp no Rio de Janeiro e inaugurada em meados de 2010, com capacidade de produção anual de 5 milhões de toneladas (Mt); a Companhia Siderúrgica Ubu (CSU), no Espírito Santo, cujo projeto está sendo integralmente desenvolvido pela Vale, também com capacidade de 5 Mt; a Companhia Siderúrgica do Pecém (CSP), em parceria com a Posco e a Dongkuk Steel, no Ceará, com capacidade de 3 a 6 Mt; e a Aços Laminados do Pará (ALPA), usina sendo desenvolvida integralmente pela Vale, no estado do Pará, com capacidade de 2,5 Mt.

24. Além disso, a Fundação Vale vem implantando as Estações Conhecimento, que se constituem em centros de desenvolvimento humano e econômico. Já existem dez unidades em funcionamento no Brasil e quatro em construção. Foi inaugurada a Estação Conhecimento de La Loma, na Colômbia, enquanto estão sendo implantadas duas outras, em Ciénaga, na Colômbia, e em Tetê, em Moçambique.

25. Destaca-se na área social o pioneirismo na formação de Parcerias Sociais Público-Privadas, bem como o desenvolvimento de projetos de infraestrutura e apoio a prefeituras na captação de recursos, que em 2009 contribuíram para a captação de R\$ 1,3 bilhão por meio do apoio da Fundação Vale, promovendo o fortalecimento da gestão pública.

26. A Vale tem feito a reabilitação de espécies nativas da Mata Atlântica, do cerrado e da Amazônia, com a proteção de mais de 3 bilhões de árvores e de 25 milhões plantadas entre 2007 e 2009. No total, US\$ 1,3 bilhão foi aplicado em proteção e conservação do meio ambiente no biênio 2008-09, com destaque ao Programa Vale Florestar e ao Fundo Vale de Desenvolvimento Sustentável.

27. Projeto Resíduo Zero, da Votorantim Metais Zinco, na mina de Paracatu (MG).

devido à interação das ferramentas de gestão, com operadores controlando o processo de forma contínua (*fine-tuning*). Porém, o principal fator de sucesso do projeto foram avanços da engenharia química – novos reagentes e novas máquinas, com maior precisão de dosagem dos agentes químicos. A empresa estima que o projeto tenha elevado a vida útil da barragem de 2013 para 2017, podendo avançar até 2020 com novas melhorias nos processos.

Por fim, vale destacar como o setor vem se distanciando da ótica de “escolha de Sofia” no que diz respeito à sustentabilidade. Onde antes reduzir impactos ambientais era praticamente sinônimo de aumento nos custos, as inovações têm mostrado como o caminho inverso não só é uma alternativa possível, mas também real.

Os resultados vistos nas seções anteriores são exemplos concretos desta nova visão. A redução na emissão de gases, via novos sistemas de TI como o M2M, ocorreu junto ao aumento da produção. Já no projeto de redução de resíduos, o que antes era um passivo ambiental, tornou-se um produto comercializável. Se o *truckless mining* de fato sair do papel, a mineração dependerá cada vez menos de energia fóssil como insumo, caminhando para maior eficiência na produção, junto com uma matriz energética mais limpa.

Conclusão

O desenvolvimento econômico depende, de forma crescente, da disponibilidade de minerais e metais em volume e qualidade adequada para viabilizar a realização das mudanças estruturais necessárias para a contínua melhoria do bem-estar de bilhões de pessoas em todo o mundo.

A transformação do minério em produto final vem se tornando mais intensiva em tecnologia. A velha ideia da extração como atividade simplista não condiz com a prática atual. Para se manter na fronteira da competitividade, o setor precisa do que há de mais avançado em diversas áreas. A atividade requer a aplicação de sofisticados conhecimentos técnicos²⁸, o investimento contínuo em P&D e a alocação de consideráveis recursos para promover a sustentabilidade.

Os gastos públicos de fomento a P&D aumentaram nos últimos cinco anos, mas continuam com participação residual. Em países desenvolvidos este percentual chega à metade do total dos gastos em P&D e é direcionado para projetos de alto risco, com poucos incentivos de mercado. O esforço empresarial tem se mostrado mais presente, não só por gastos mais elevados, mas também pela maior interação empresa-universidade.

Além de sua participação majoritária no desenvolvimento de tecnologia para o setor, o esforço privado vem atuando em mais dimensões que o público. Com o seu peso na economia, obriga fornecedores a também investirem em inovação para poder acompanhar suas mudanças. Estaleiros e a tecnologia naval enfrentam contínua necessidade de modernização para atender ao setor e também ao transporte de petróleo. A inovação e o progresso tecnológico em um minério específico podem gerar novos processos produtivos aplicáveis a diversos outros minérios; além de aumentar a qualidade do capital humano como um todo, com externalidades positivas para outros setores. Desta forma, os exemplos de retornos crescentes da tecnologia são abrangentes, incluindo, por exemplo, áreas como geologia, física, química, TI e transportes. Além de decisivos para as condições de competitividade, a tecnologia e o conhecimento são essenciais para a sobrevivência do setor.

Referências

- A cadeia da produção começa no desmonte. *Revista Minérios & Minerales*, edição 316, 2009.
- Avaliação das políticas de incentivo à P&D e inovação tecnológica no Brasil. Nota Técnica, IPEA, 2009.
- Baer, W. (1969). *The development of the Brazilian steel industry*. Nashville, TN: Vanderbilt University Press.

28. Cada depósito mineral demanda o emprego de uma tecnologia específica e/ou de diferentes nuances da mesma tecnologia.

- Barro, R.; Mankiw, G.; Sala-i-Martin, X. (1995). Capital mobility in a neoclassical model of growth. *American Economic Review*, 85 (March): 103–15.
- Blomström, M.; Kokko, A. (2007). *From natural resources to high-tech Production: the evolution of industrial competitiveness in Sweden and Finland*. Stanford University Press and World Bank.
- Blomström, M.; Meller, P. (Eds.) (1991). *Diverging paths: comparing a century of Scandinavian and Latin American development*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- Bravo-Ortega, C.; De-Gregorio, J. (2007). The relative richness of the poor? Natural resources, human capital and economic growth. In: Lederman, D.; Maloney, W. F. (Eds.) *Natural resources: neither curse nor destiny*, p. 71-99.
- David, P.; Wright, G. (1991). *The origins of American resource abundance*. Oxford and Stanford University.
- De La Vergne, J. (2003). *Hard rock miner's handbook*. Temple/North Bay: McIntosh Engineering, p. 54-65.
- Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), anuários 2000-2010.
- Hitzman, M. W. (2002). *R&D in a declining industry (mining): support for the development of revolutionary technologies?* Department of Geology and Geological Engineering, Colorado School of Mines.
- Informações e análises da economia mineral brasileira, 5ª edição, Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), 2010.
- Khan, S. D.; Jacobson, S. (2008). Remote sensing and geochemistry for detecting hydrocarbon microseepages. *Geological Society of America Bulletin*, 120, p. 96-105.
- Lederman, D.; Maloney, W. F. (2007). *Natural resources: neither curse nor destiny*. Stanford University Press and World Bank.
- Maloney, W. (2002). *Missed opportunities: innovation and resource-based growth in Latin America*. World Bank.
- Meller, P. (1991). Chilean economic development, 1880–1990. In: Blomström, M.; Meller, P. (Eds.) *Diverging paths: comparing a century of Scandinavian and Latin American development*. Washington, DC: Inter-American Development Bank.
- Nascimento, D. (2010). *Flotação aniônica de minério de ferro*. Dissertação (mestrado) em pós-graduação em Engenharia Mineral. Universidade Federal de Ouro Preto.
- O maior navio mineraleiro do mundo. *Revista Minérios & Minerales*, edição 316, 2009.
- Plano Nacional de Mineração (PNM-2030). Ministério de Minas e Energia, 2011.
- Resíduo zero. *Revista Minérios & Minerales*, edição 316, 2009.
- Tecnologia se torna aliada do meio ambiente. *Revista Minérios & Minerales*, edição 316, 2009.
- Villalobos, S. R. (1990). *Historia de la ingenieria en Chile*. Santiago, Chile: Hachette.
- Wright, G. (1990). The origins of American industrial success, 1879–1940. *The American Economic Review*, 80(4): 651-668.
- Wright, G.; Czelusta, J. (2007). *Resource-based growth past and present*. Stanford University Press and World Bank.

VII Petróleo: commodity x tecnologia

Eloi Fernández y Fernández*
Carlos Soligo Camerini**

Introdução

As primeiras utilizações do petróleo, para calafetar embarcações e embalsamar os mortos, ocorreram na Antiguidade, sendo o óleo proveniente de exsudações naturais. O uso do petróleo como recurso energético inicia-se no século XIX, com a descoberta do querosene, obtido por destilação e substituindo o óleo de baleia, largamente utilizado para iluminação naquela época. A era do petróleo teve início na Pensilvânia (EUA), com a descoberta por Edwin Drake, em 1859, de um poço de 21 metros de profundidade, com tecnologia usada pelos chineses na procura de água subterrânea. Posteriormente, foram descobertos novos usos para outros derivados do petróleo obtidos por meio da destilação fracionada, hoje amplamente utilizados no setor petroquímico, como plásticos, tecidos sintéticos, elastômeros e combustíveis para motores a explosão.

O petróleo é um líquido natural viscoso cuja coloração varia entre verde, marrom e preto, composto por uma mistura de moléculas de hidrocarbonetos (parafinas, hidrocarbonetos não saturados, naftenos e aromáticos) e pequenas porções de oxigênio, nitrogênio e enxofre. Sua formação ocorre pela transformação dos sedimentos soterrados em rocha, transformação do material orgânico em petróleo e, finalmente, migração do petróleo para a rocha reservatório.

O petróleo cru, isto é, que ainda não passou por nenhum processo de tratamento, tem diferentes denominações, que caracterizam sua densidade API (American Petroleum Institute). Se o grau ou densidade API for superior a dez, o petróleo flutua na água. A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis do Brasil (ANP) definiu a seguinte classificação para os petróleos: *Petróleo Leve*, com grau API maior ou igual a 31°; *Petróleo Mediano*, com grau API maior ou igual a 22° e menor que 31°; *Petróleo Pesado*, com grau API maior que 10° e menor que 22°; e *Petróleo Extrapesado*, com grau API menor ou igual a 10°.

As características de densidade influenciam os preços em função das diferenças nos processos de extração, escoamento, tratamento e refino do petróleo. Outras características, como grau de enxofre e teor de parafinas, também têm influência.

O petróleo é comercializado em função de suas características e referenciado ao tipo

* Diretor Geral da ONIP e Professor da PUC-Rio.

** Superintendente da ONIP – Organização Nacional da Indústria do Petróleo.

Brent, mistura de tipos de petróleo produzidos no Mar do Norte oriundos dos sistemas petrolíferos Brent e Ninian, com grau API de 39,4° e teor de enxofre de 0,34%, ao tipo WTI, petróleo originário da bacia permiana do oeste do Texas (EUA) com grau API entre 38° e 40° e teor de enxofre de 0,3%, e à Cesta de Referência da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), média de preços de misturas de petróleo produzido pelos países componentes da OPEP.

A literatura (Richter, 2010; Maués, 2008) e os fóruns internacionais de energia (IEA, 2010) estabelecem algumas questões básicas como direcionamentos principais dos futuros cenários para o suprimento de energia no mercado mundial.

É comum a afirmação de que a era do petróleo não terminará por falta do produto, assim como a Idade da Pedra não findou por falta de pedra, e sim pela migração para outro produto. O petróleo é produzido em terra, com sistema bastante simplificado se comparado ao petróleo produzido no mar. Além das dificuldades para a extração no subsolo, as condições estabelecidas pela existência de uma camada de água, que hoje em dia pode atingir mais de 2.000m, tornam as atividades de exploração e produção nessas condições bem mais complexas por exigirem operações em ambientes muito mais adversos às intervenções humanas, inclusive com ações obrigatoriamente remotas.

Os avanços tecnológicos e os elevados custos de capital para atender os novos desafios das atividades de exploração e produção em condições cada vez mais adversas têm estabelecido barreiras que ultrapassam os limites tradicionais da indústria petrolífera convencional, desta forma ampliando a vida útil do petróleo como *commodity* energética internacional e conseqüentemente sua influência na economia mundial.

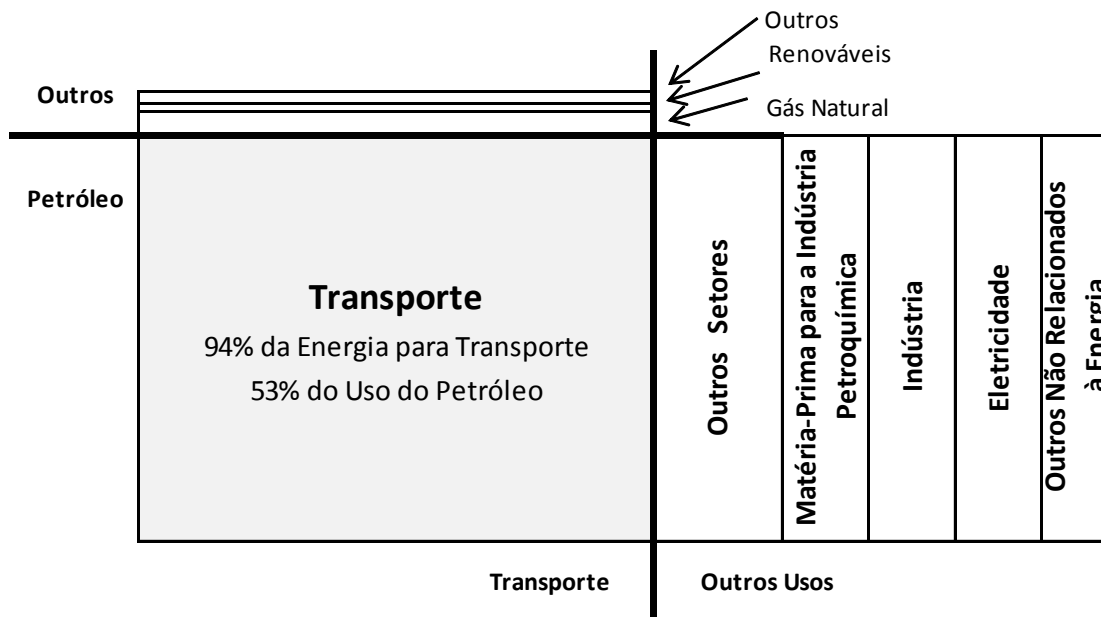
A seguir, pretende-se apresentar uma visão geral e simplificada do cenário atual e futuro próximo dos sistemas petrolíferos no mundo e no Brasil. Esses dados conduzem a uma discussão da monetização das reservas e das estratégias da apropriação de valor por meio da cadeia de suprimento e da tecnologia associada a esses processos. Tal situação é nova na realidade petrolífera brasileira, na qual as reservas do pré-sal e a conseqüente ampliação das reservas e da produção no *offshore* brasileiro estabelecem um novo patamar na escala de produção nacional, tanto para a *commodity* petróleo como para as perspectivas do parque industrial supridor.

Cenário internacional

Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA, 2010), em 2007, a demanda mundial de energia primária foi da ordem de 12.000 Mtep (milhões de toneladas equivalentes de petróleo), das quais mais de 80% de origem fóssil, em torno de 35% de petróleo, 20% de gás natural e 25% de carvão.

Como mostra a Figura 1, a indústria do petróleo é responsável por 94% da energia utilizada no segmento de transporte e continuará dominante por um período significativo. As especulações quanto à sua longevidade não estão baseadas apenas no fato de ser um bem finito, mas, principalmente, em aspectos ambientais e no crescente estímulo à adoção de fontes de energia renováveis e à eletrificação de motores, conforme documento da Organização Nacional da Indústria do Petróleo (ONIP, 2010).

Figura 1. Impacto do uso de petróleo no segmento de transporte



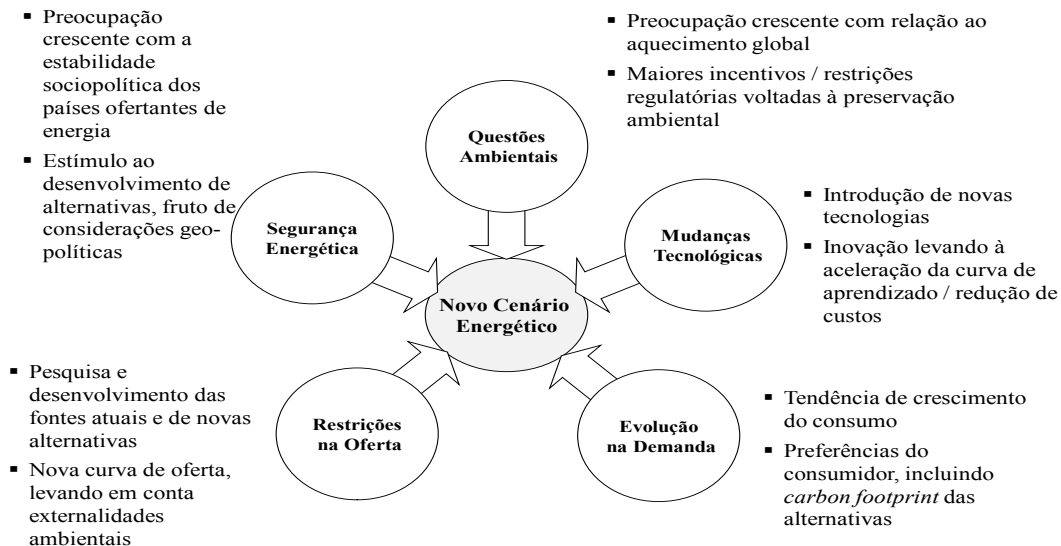
Fonte: ONIP (2010).

A pujança da economia movida pela indústria do petróleo, com empresas incluídas entre os maiores conglomerados mundiais (estatais e privados), tende a dificultar a evolução mais rápida das fontes renováveis, com custos mais elevados e escala de produção e distribuição muito pequenas.

Ruptura nesse processo, abreviando a era do petróleo, acontecerá quando a própria indústria petrolífera perceber que a mudança poderá provocar perdas significativas de mercado. A ideia será evitar o erro dos fabricantes de carruagens, que não perceberam a ameaça da entrada do automóvel no seu mercado. Nenhum fabricante de carruagens tornou-se fabricante de automóveis. Como várias companhias privadas já atingiram seu máximo de produção (*peak oil*) e encontram dificuldades na agregação de novas reservas, esta hipótese passa a ter uma crescente probabilidade de ocorrer.

Apesar dos movimentos que a maioria das petroleiras tem feito no sentido da entrada no mercado de fontes renováveis, este tem sido tímido em sua evolução e com crescimento significativo apenas em momentos de crise ambiental, ou mesmo energética. A opção preferencial tem sido o investimento no desenvolvimento de processos produtivos mais limpos e produtos refinados com menor quantidade de resíduos nocivos, conforme documento da ONIP (2010), ilustrado na Figura 2.

Figura 2. Principais fatores que podem provocar mudanças no mercado de energia



Fonte: ONIP (2010).

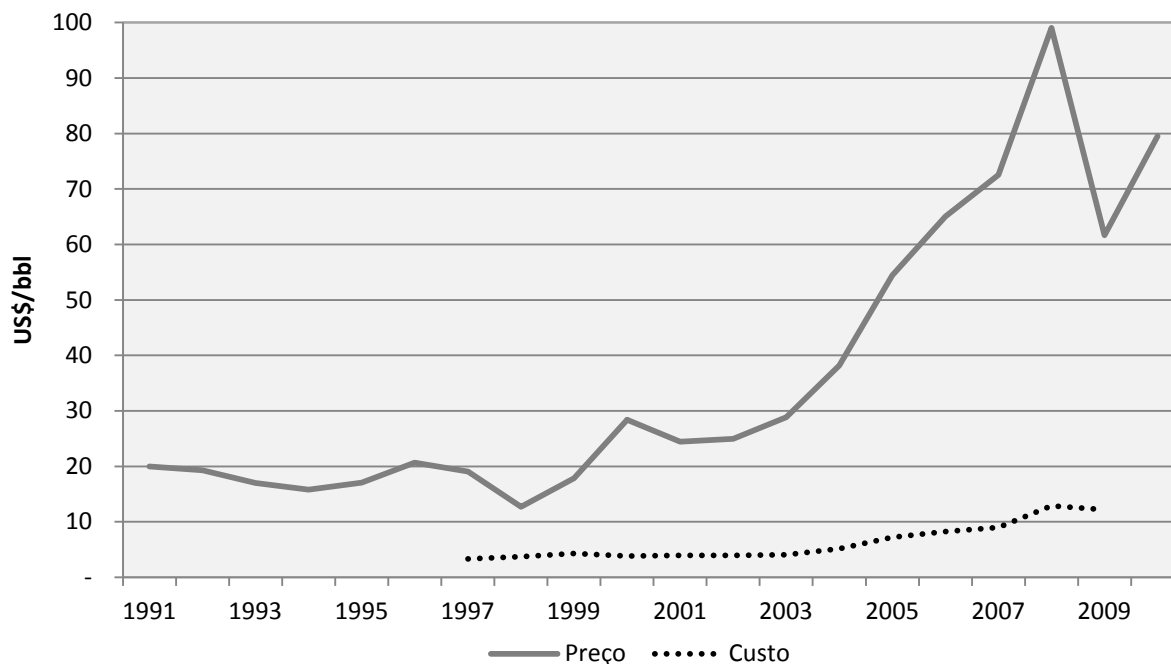
Os governos também têm forçado esses movimentos, via maior rigidez no sistema regulatório, bem como introduzindo novos instrumentos de planejamento energético e de estímulo aos programas de eficiência energética (ASME, 2010).

As oscilações que o custo e o preço da *commodity* petróleo têm sofrido ao longo dos últimos anos não obedecem a uma lógica clara de oferta e demanda, permitindo diversos tipos de especulações e conjecturas econômicas ou, no mínimo, intensas reflexões em torno do mercado mundial de energia.

A crise do petróleo nos anos 1970, provocada pelo aumento de preços orquestrado pela OPEP, provocou mudanças significativas no mercado de energia, viabilizando a produção no Mar do Norte e programas de combustíveis alternativos, como o álcool brasileiro.

Na década de 1990, a queda dos preços colocou em xeque inúmeras empresas de petróleo, que viram seus custos de produção se aproximar perigosamente do preço de mercado, como pode ser observado no Anuário da ANP (2001), bem como nos dados apresentados pela EIA (2011), conforme resumido no gráfico da Figura 3. A margem reduzida em um negócio de alto risco implicou uma drástica redução no volume de investimentos e alterações significativas nas estruturas operacionais das empresas de petróleo, privadas e estatais, bem como dos grandes prestadores de serviços nas atividades de exploração e produção.

Figura 3. Preços (barril Brent) – 1991-2010 e Custo de exploração – 1997-2009



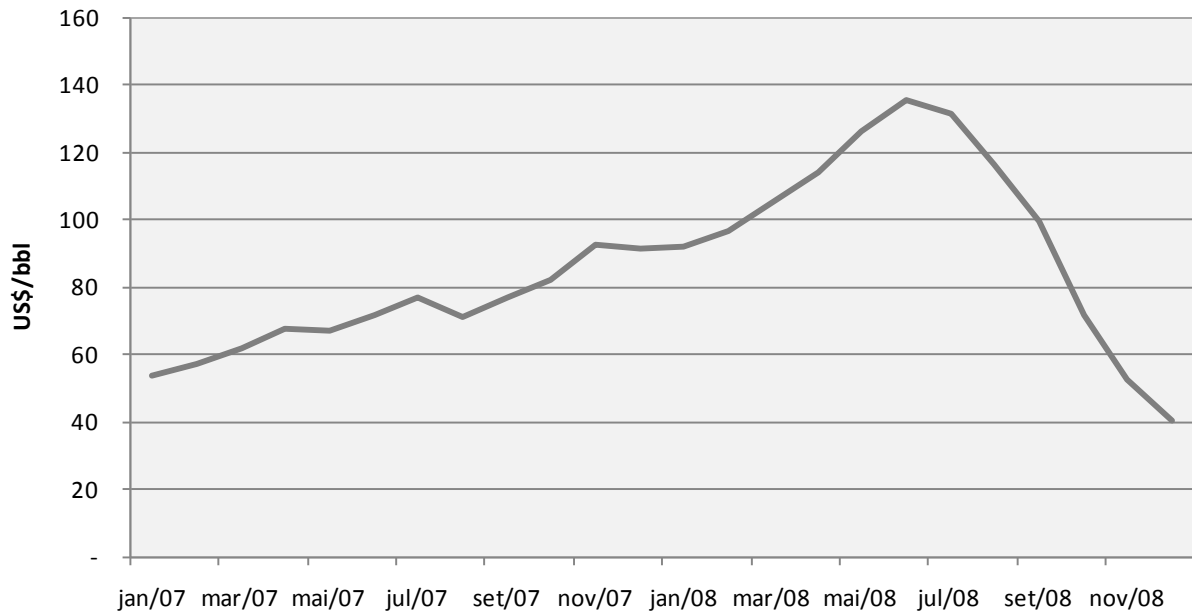
Fonte: EIA e ANP, Anuários 2001 e 2010.

Entre 2000 e 2010, as variações nos preços do petróleo foram de grande magnitude em curtos períodos de tempo, provocando mudanças bruscas e complexas nas decisões de investimento. A estimativa do preço do Brent usada nas análises técnicas e econômicas variou rapidamente de U\$ 15 para U\$ 35 e para U\$ 45 logo a seguir.

Em 2007 e 2008, o aumento vertiginoso, de U\$ 54 em janeiro de 2007 para U\$ 135 em junho de 2008, e a queda para U\$ 41 em dezembro de 2008, conforme os Anuários da ANP (2008, 2009), provocaram incertezas quanto ao valor de mercado da *commodity* e sua influência no retorno dos investimentos (Figura 4).

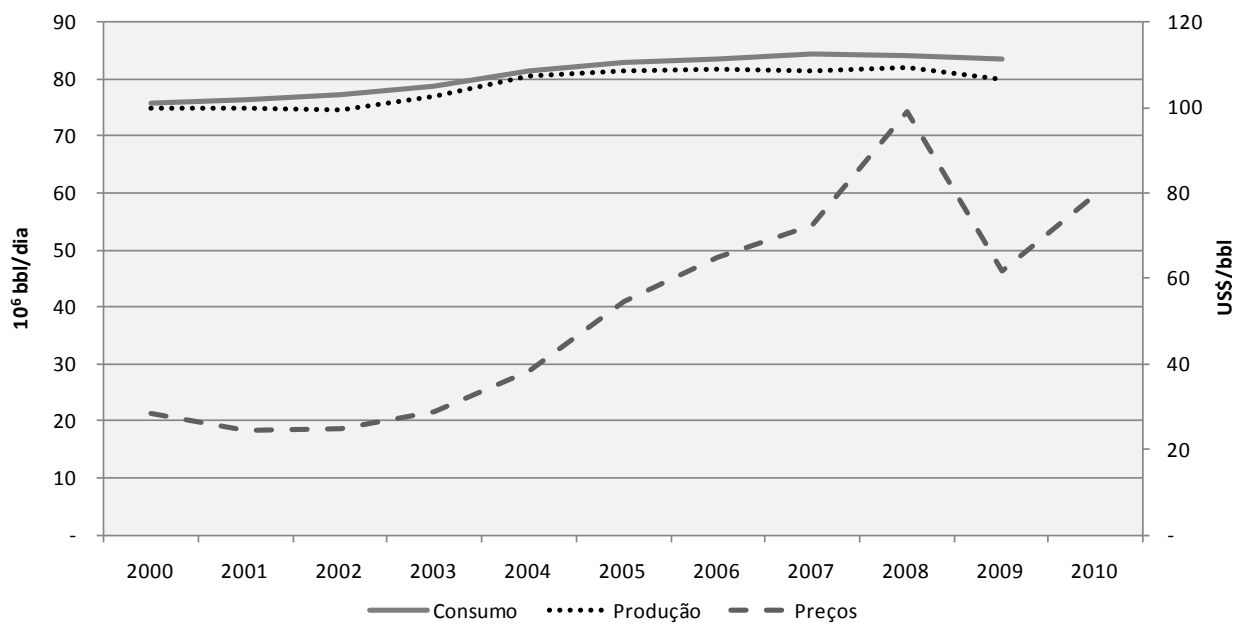
A Figura 5 mostra a evolução dos preços, do consumo e da produção do petróleo ao longo dos últimos dez anos, conforme Anuários da ANP (2001, 2008, 2010). Uma análise simples e objetiva do comportamento dessas curvas nos obriga a concluir que as oscilações do preço não se vincularam

Figura 4. Preços mensais do petróleo – 2007-2008



Fonte: ANP, Anuários 2008 e 2009.

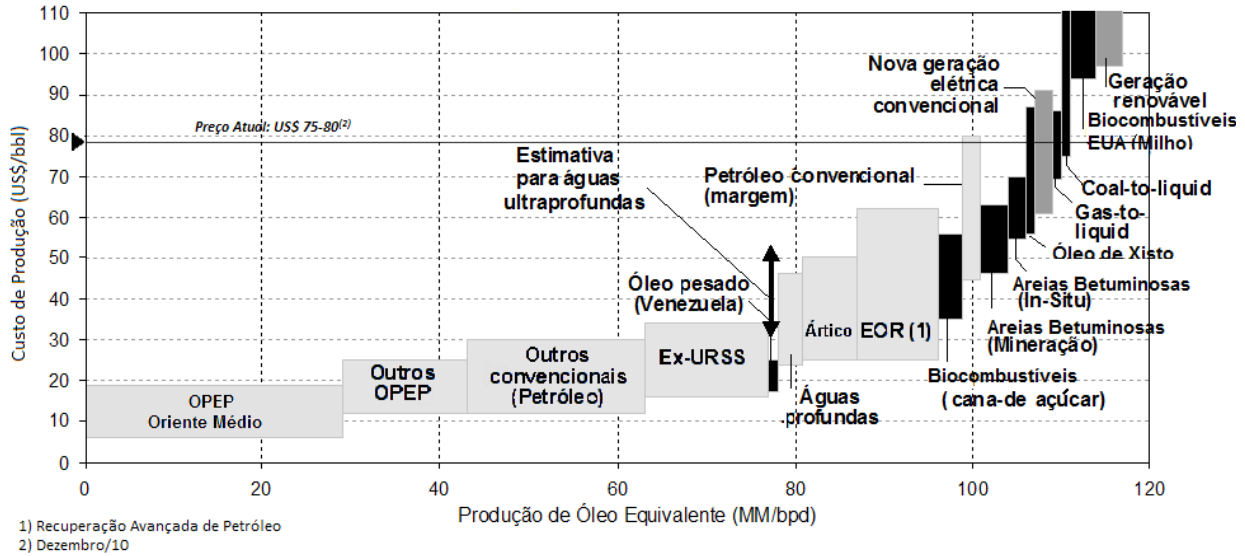
Figura 5. Preço do Brent (US\$/bbl), Consumo médio (bbl/dia) e Produção média mensal (bbl/dia) 2000-2010



Fonte: ANP, Anuários 2001, 2008 e 2010.

Os custos de produção de petróleo variam significativamente em função de seus processos de exploração e produção. A Figura 6 mostra que o custo de produção pode variar de U\$ 8 (Oriente Médio) até U\$ 60 (recuperação avançada), em dados de 2010.

Figura 6. Custo de produção (US\$/bbl) e Produção em óleo equivalente (MM/bpd) – 2010



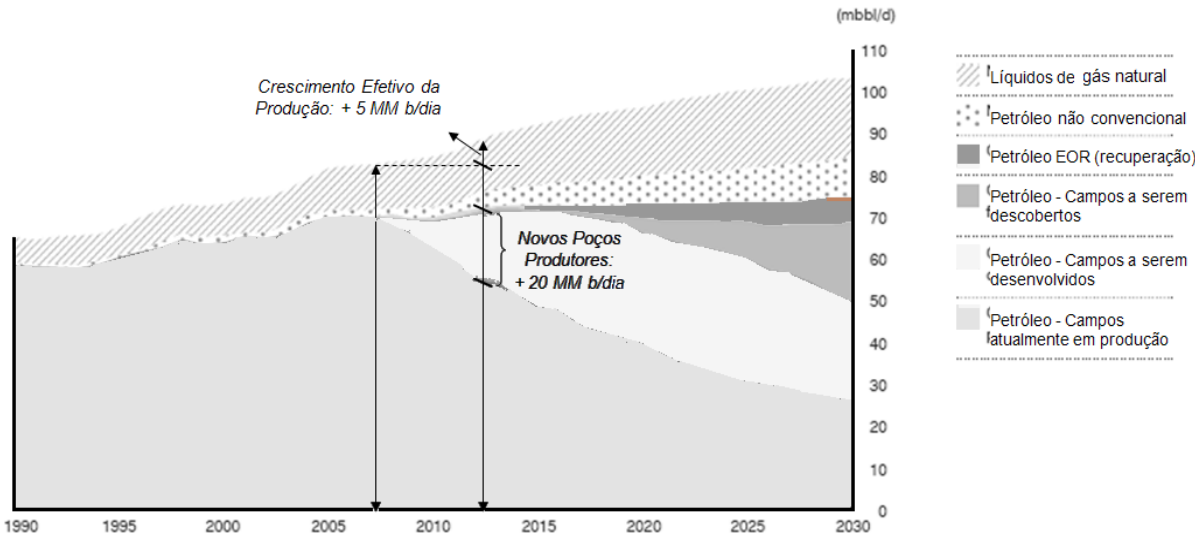
Fonte: ONIP (2010).

A produção da OPEP, somada à de outros produtores de petróleo convencional, corresponde a aproximadamente 80% do total, com um custo inferior a US\$ 35/bbl, acarretando risco de mercado considerável aos operadores com custos superiores a este patamar, em um ambiente de queda de preços semelhante ao ocorrido na década de 1990.

A produção atual de petróleo tende a declinar ao longo do tempo, devendo ser reposta pelas descobertas de novas reservas, desenvolvimento de novos métodos de recuperação avançada (EOR) e viabilização econômica de jazidas de petróleo não convencional como o xisto (*oil shale*), areia betuminosa (*oil sand*), águas profundas, a transformação química do gás natural em petróleo sintético (GTL), os biocombustíveis e a transformação do carvão em combustível líquido (CTL).

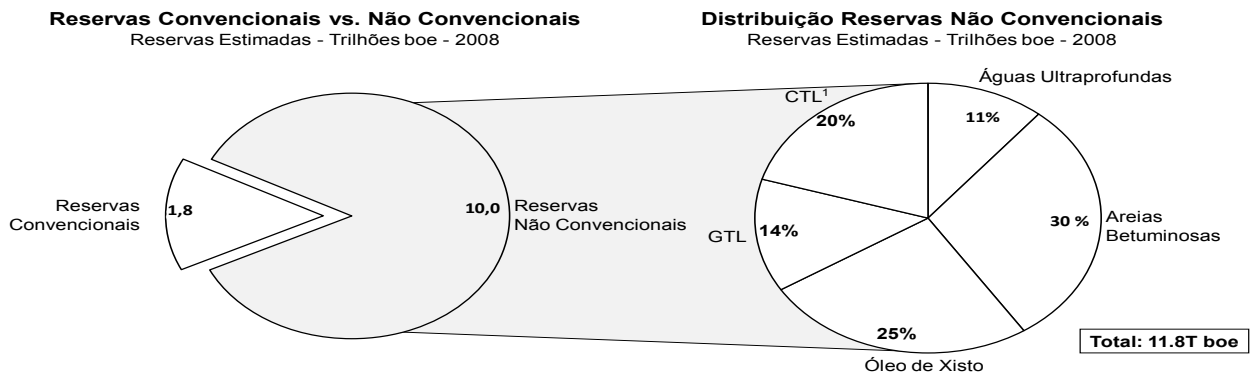
A visão das reservas atuais de petróleo aponta para a manutenção da capacidade de produção. Apesar de abundantes, elas apresentam custo de produção mais elevado, devido à dependência crescente do petróleo não convencional, que acarreta processos de produção mais caros, conforme estudos da ONIP (2010) ilustrados nas Figuras 7 e 8. De fato, a Figura 7 apresenta a evolução da produção de petróleo não convencional, mostrando que, mesmo que o consumo fique constante, a reposição por reservas mais caras é eminente. A Figura 8, por sua vez, mostra que as reservas de petróleo ainda são vastas, principalmente se consideradas as de óleo não convencional.

Figura 7. Evolução da produção de petróleo – 1990-2030



Fonte: ONIP (2010).

Figura 8. Reservas de petróleo (convencionais versus não convencionais) – 2008

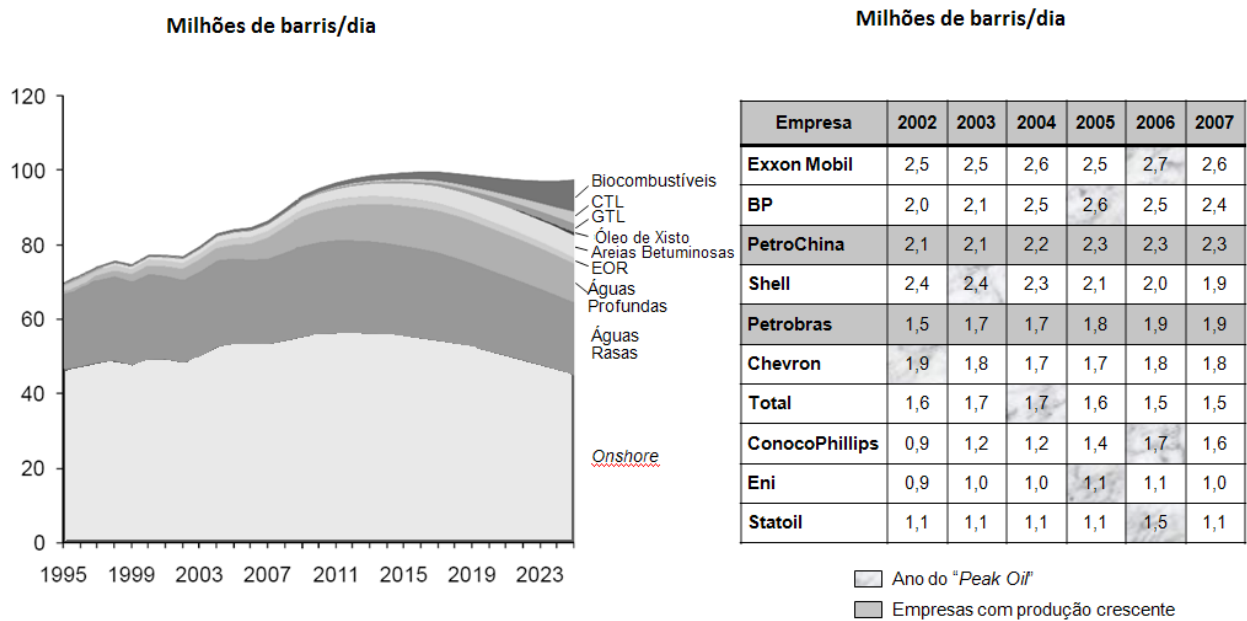


1) CTL assume conversão de 2,4 boe para cada Ton carvão

Fonte: ONIP (2010).

É interessante notar que as maiores companhias internacionais de grande porte (IOC – International Oil Companies) atingiram seu ponto máximo de produção e iniciaram um processo de declínio, necessitando de novas descobertas para manutenção de sua capacidade produtiva, conforme apresentado no estudo da ONIP (2010) e ilustrado na Figura 9.

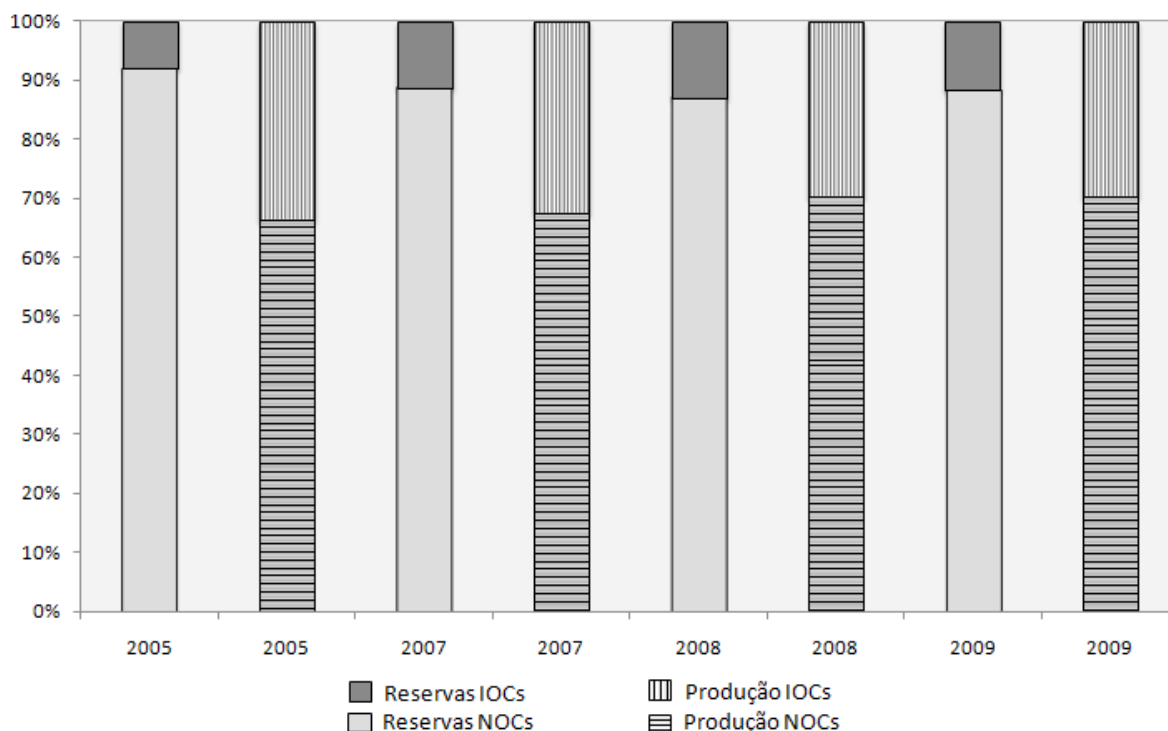
Figura 9. Produção - 1995-2023 e Peak Oil das empresas internacionais de petróleo - 2002-2007



Fonte: ONIP (2010).

No caso das chamadas companhias estatais de petróleo (NOC – National Oil Companies), a realidade apresenta-se de forma diferente. Essas companhias detêm algo em torno de 90% das reservas e 70% da produção mundial, conforme pode ser observado na publicação da Energy Intelligence (2011) e ilustrado na Figura 10. Esse volume gera um fato consumado indiscutível no mercado mundial de petróleo, cujo resultado é um domínio significativo no comércio da *commodity*.

Figura 10. Reservas e Produção das NOCs e IOCs – 2005-2009



NOCs – National Oil Companies; IOCs – International Oil Companies.

Fonte: Energy Intelligence (2011).

No ambiente internacional, Venezuela, Noruega, Reino Unido e Coreia do Sul desenvolveram estratégias diferentes na busca de benefícios gerados pela produção de petróleo, conforme pode ser observado na Figura 11.

Figura 11. Quadro comparativo de diferentes experiências internacionais

| | | Descrição | Comentários |
|---------------------------------------|-------------------------------|---|---|
| Óleo e Gás | Noruega (Stavanger) | Partindo de uma base industrial inexistente, a Noruega fez da cadeia de petróleo uma importante indústria nacional, que atualmente representa quase 25% do PIB, após a descoberta de jazidas no Mar do Norte. | - Fortes mudanças após a descoberta de grandes jazidas de petróleo. - Uso de políticas públicas de incentivo à indústria - Foco em inovação |
| | Reino Unido (Aberdeen) | Em um contexto de crise macroeconômica, o Reino Unido desenvolveu uma importante cadeia de petróleo após a descoberta de campos de petróleo no Mar do Norte. | - Fortes mudanças após a descoberta de grandes jazidas de petróleo - Pouca intervenção do Estado no segmento - Foco na excelência operacional |
| | Venezuela | Em um ambiente sóciopolítico conturbado, a Venezuela criou uma economia altamente dependente do petróleo sem desenvolvimento significativo de capacitações. | - Caso de fracasso na intervenção do estado |
| Associado à Cadeia do Petróleo | Coreia do Sul | Em 40 anos, a Coreia do Sul desenvolveu uma importante indústria naval que atualmente é a líder mundial em entrega de navios e plataformas Offshore de alta tecnologia | - Priorização de indústrias - Uso de políticas públicas e mecanismos de incentivo públicos - Foco em exportação |

Fonte: ONIP (2010).

A Venezuela é um exemplo de não maximização dos ganhos indiretos da produção do petróleo. Em um ambiente sociopolítico conturbado, a Venezuela criou uma economia altamente dependente do petróleo sem um plano de diversificação industrial e desenvolvimento tecnológico significativo. Alternância de políticas de abertura e restrição de investimentos externos resultaram na retração da atividade de exploração e produção, afetando o desenvolvimento de toda a cadeia. O foco quase que exclusivo na exploração das reservas não criou bases amplas para o desenvolvimento e deixaram a economia nacional exposta à volatilidade do preço do petróleo.

Ainda no caso da Venezuela, a falta de incentivos e de políticas coordenadas para o desenvolvimento da cadeia de óleo e gás (O&G) dificultou a criação de bases de competitividade local para que as empresas conseguissem fornecer bens e serviços para outros mercados. A grande dependência de empresas estrangeiras na produção de petróleo inibiu a criação de capacitações e/ou conhecimento local. O modelo com baixo retorno às operadoras estrangeiras detentoras de conhecimento resultou na redução da produção e dos investimentos após o esgotamento de poços maturados de maior rentabilidade.

Apesar de não ser produtora de petróleo, a Coreia do Sul merece destaque por sua criação de um parque industrial voltado para a indústria de O&G. Em 40 anos, a Coreia do Sul desenvolveu uma importante indústria naval que atualmente é a líder mundial em entrega de navios e plataformas *offshore* de alta tecnologia.

A experiência coreana é interessante por ter promovido uma mudança econômica e cultural com ênfase na meritocracia, na eficiência e na educação, financiamento com baixas taxas de juros, regimes especiais de depreciação e redução de impostos. Focou sua estratégia na indústria pesada, visando o mercado internacional. Desenvolveu grandes grupos nacionais para ganho de escala e competitividade mundial e incentivou a parceria destes grupos com empresas internacionais com obrigatoriedade de transferência de tecnologia. Investiu em universidades e centro de pesquisas com forte ligação com a indústria.

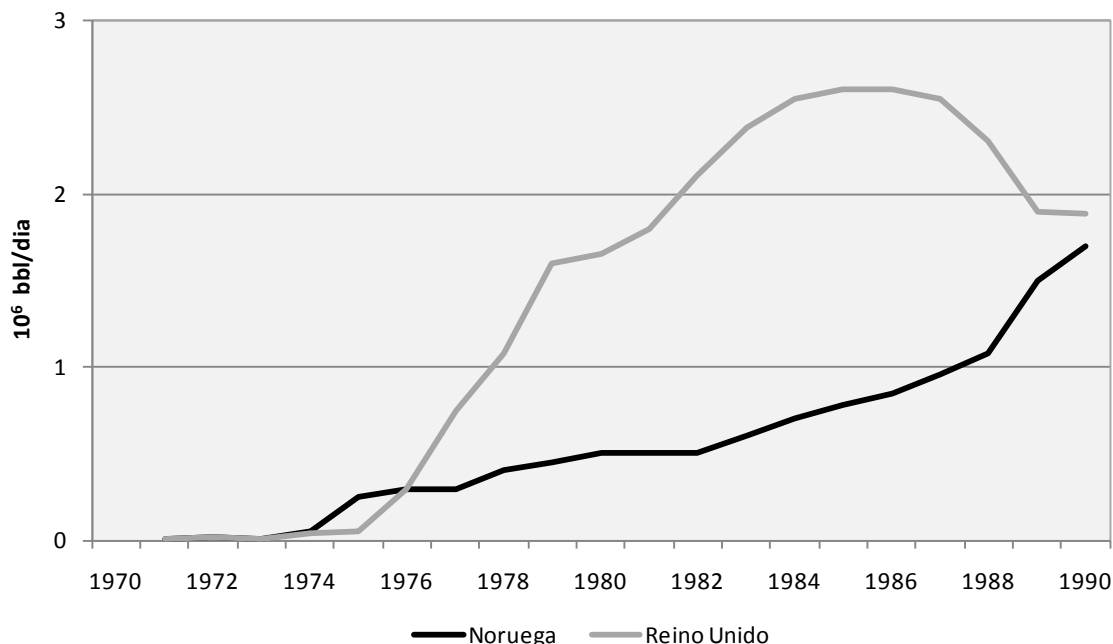
A Noruega é um exemplo de desenvolvimento tecnológico e industrial de sucesso baseado na implantação da indústria de extração do petróleo. O país utilizou a estatal Statoil como instrumento de implantação de políticas de industrialização e desenvolvimento de novas tecnologias. A regulação foi feita para as áreas de Exploração e Produção, Segurança e Questões Ambientais no regime de concessão. Convém ressaltar que as atividades produtivas foram mantidas abertas, permitindo que outras empresas internacionais participassem do mercado, exercendo atividades nos segmentos de exploração e produção, colaborando, inclusive, com o aporte de conhecimento tecnológico no desenvolvimento dessas atividades naquele país. Ao mesmo tempo, o apetite do mercado internacional foi mantido em via de mão dupla, isto é, eram atraídos investidores e tecnologias exógenas e simultaneamente inseridas empresas norueguesas no mercado global, por meio do mecanismo de reciprocidade e competitividade.

Empresas locais, institutos de pesquisa e universidades com foco na inovação industrial receberam incentivos, bem como empresas internacionais que contratassem fornecedores nacionais e investissem em pesquisa e desenvolvimento (P&D) no país, com transferência de tecnologia para as empresas e instituições norueguesas. A Noruega incentivou investimentos em P&D por meio da redução de impostos proporcional aos gastos em pesquisas, além de investimentos governamentais direcionados a pesquisas relevantes para a indústria. No contexto da evolução da produção, a Noruega optou por uma curva de produção coerente com o tempo necessário para a indústria local capacitar-se e conseqüentemente aumentar a produção local.

No caso do Reino Unido, que possui reservas contíguas às da Noruega, a estratégia de desenvolvimento foi diferente. Com uma economia muito maior que a norueguesa e um processo de industrialização absolutamente consolidado, não necessitava do petróleo como indutor do desenvolvimento, mas sim como alavanca para reverter a situação de crise na balança comercial e alto índice de desemprego. Além disso, já existia a British Petroleum, uma cadeia de fornecedores bem estabelecida e centros tecnológicos na área de petróleo com renomada competência.

Assim, as estratégias dos dois países foram diferentes. A Noruega priorizou o desenvolvimento da indústria em detrimento da produção acelerada, enquanto o Reino Unido procurou a monetização rápida das jazidas. A Figura 12 mostra as curvas de produção dos dois países em suas duas primeiras décadas.

Figura 12. Curvas de produção do Reino Unido e da Noruega – 1970-1990



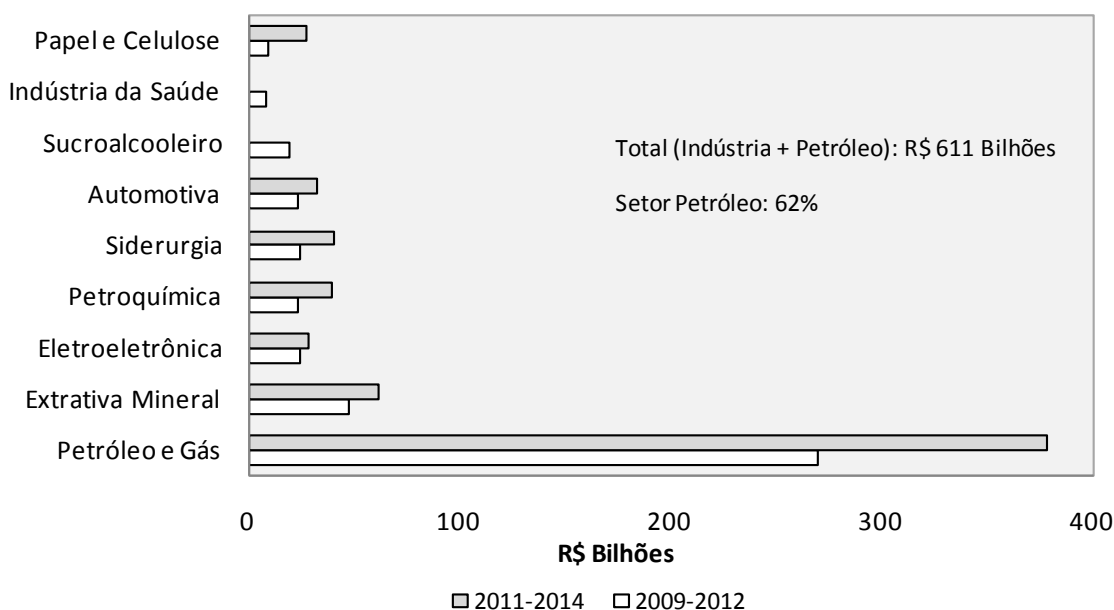
Fonte: ONIP (2010).

Situação brasileira

No Brasil, o petróleo ocupa papel de destaque na economia, com participação crescente no Produto Interno Bruto, podendo superar 20% em 2020, sendo responsável por 62% dos investimentos industriais (Figura 13) e 50% dos investimentos em infraestrutura (Figura 14), conforme estudos divulgados recentemente pelo BNDES (2011).

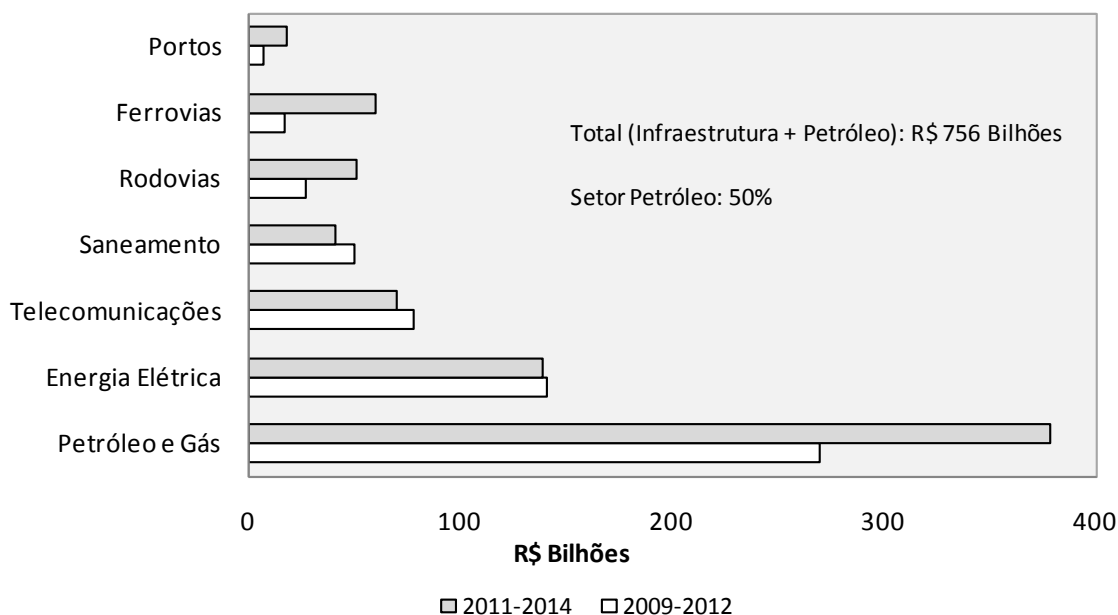
Com a exploração do pré-sal, haverá uma tendência de crescimento que deverá atingir um patamar de produção de 4 milhões de barris por dia em 2020, conforme previsões da Petrobras em seu Plano de Negócios 2010-2014 (Petrobras, 2010), apresentadas na Figura 15.

Figura 13. Brasil: Investimentos industriais – 2011-2014



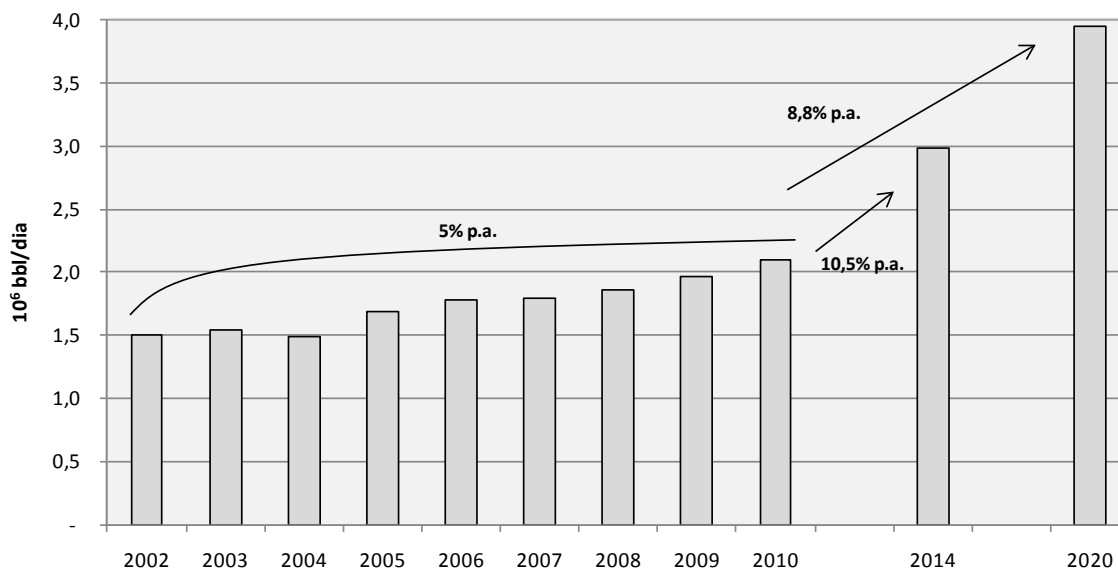
Fonte: BNDES (2011).

Figura 14. Brasil: Investimentos do setor petroléico comparados com os de infraestrutura - 2011-2014



Fonte: BNDES (2011).

Figura 15. Brasil: Produção de petróleo – 2002-2020



Fonte: Petrobras (2010).

Os investimentos no pré-sal, somados aos já existentes no pós-sal, serão suficientes para impulsionar a economia brasileira nas próximas décadas, gerando riquezas significativas na cadeia produtiva, desde que políticas adequadas sejam implantadas. A demanda por bens e serviços deve atingir a cifra de US\$ 400 bilhões até 2020, criando um ciclo de crescimento em toda a sociedade, conforme a ONIP (2010). Esforço significativo deverá ser feito por vários segmentos da sociedade, procurando solucionar lacunas no sistema produtivo brasileiro, que hoje responde por baixo percentual no fornecimento de bens de capital e serviços. Por isso, o pré-sal pode ser considerado uma excelente oportunidade.

Pode-se citar desenvolvimento de tecnologia, capacitação de pessoal, regime fiscal, escala, crédito, sustentabilidade e melhoria de processos voltados à produtividade como fatores de aumento da competitividade. É fundamental a análise de toda a cadeia, pois os elos mais fortes, como os operadores e seus grandes fornecedores, apresentam alta competitividade, o que não acontece nos elos compostos por micros, pequenos e médios subfornecedores.

No caso brasileiro, vários processos utilizados na Noruega e Reino Unido foram implantados, destacando-se o papel da Petrobras e seu Centro de Pesquisas como indutores de desenvolvimento tecnológico junto às instituições de ciência e tecnologia (ICTs) brasileiras, a partir de uma efetiva utilização dos recursos do Fundo Setorial de Petróleo e Gás Natural (CT-Petro), instituído em 1998, em parceria com a ANP e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). Posteriormente, a Petrobras criou redes temáticas com objetivos empresariais e de atração de centros de pesquisas de fornecedores internacionais de alto valor tecnológico agregado.

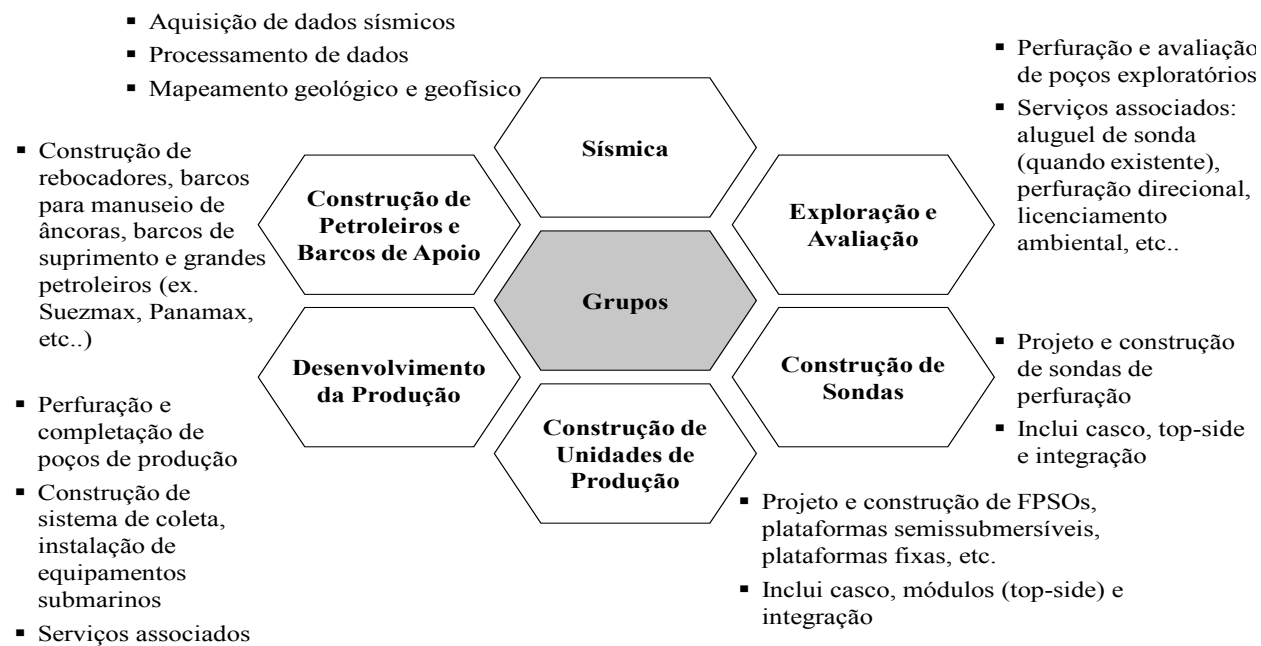
Com os recursos do CT-Petro, inúmeros projetos foram executados, com destaque para o Centro de Tecnologias de Dutos (CTDUT), liderado pela PUC-RJ, e o complexo do Tanque Oceânico da UFRJ, além da montagem de uma grande rede de novos laboratórios, particularmente em universidades da região Nordeste do país.

O Brasil também deverá fazer opções quanto à sua estratégia de produção, além de conectá-la com uma política industrial que atenda aos requisitos de crescimento econômico, preservação do meio ambiente e desenvolvimento social. Entretanto, além disso e da descoberta de reservas do pré-sal, o país não pode deixar de levar em consideração aspectos mundiais na realização de novos investimentos e empreendimentos em energias renováveis.

Cadeia de suprimento

A *commodity* petróleo gera riquezas que podem viabilizar o crescimento de uma indústria de bens e serviços de alto valor agregado, sendo um alavancador na geração de empregos e, principalmente, de renda. Os investimentos no Brasil no setor de Exploração e Produção (E&P) movimentarão uma cadeia envolvendo seis grandes grupos, conforme estudo da ONIP (2010): Sísmica; Exploração e Avaliação; Construção de Sondas; Construção de Unidades de Produção; Desenvolvimento da Produção; e Construção de Petroleiros e Barcos de Apoio (Figura 16).

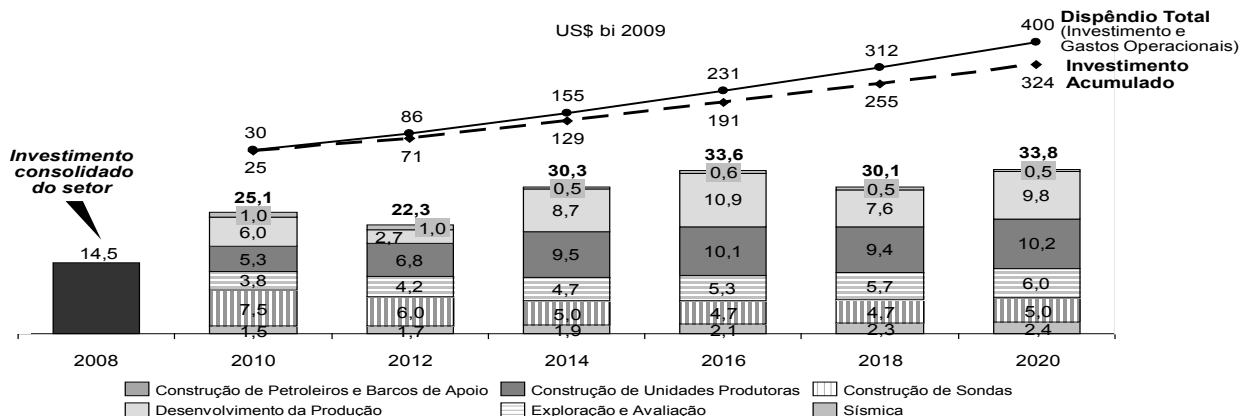
Figura 16. Principais grupos fornecedores da cadeia de bens e serviços da indústria do petróleo



Fonte: ONIP (2010).

Os investimentos crescerão fortemente e com a participação de várias empresas produtoras de petróleo. A demanda por bens e serviços será em torno de U\$ 400 bilhões até 2020, gerando escala suficiente para desenvolver uma sólida cadeia produtiva local de bens e serviços, conforme programa de investimentos estimados pela ONIP (2010) e apresentados nas Figuras 17 e 18.

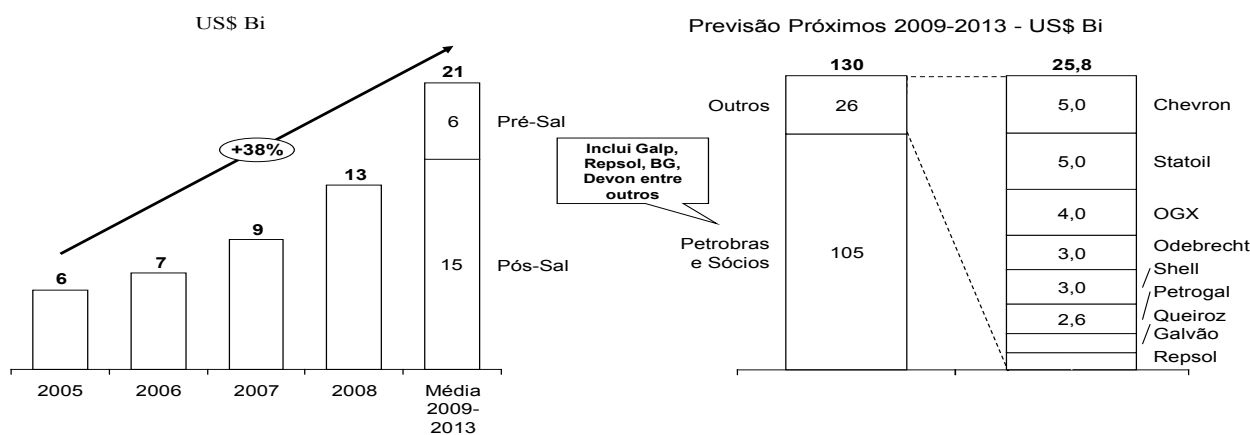
Figura 17. Investimentos e gastos operacionais no setor de Exploração e Produção com bens e serviços – 2008-2010



Fonte: ONIP (2010).

Nota: Inclui sondas e unidades produtivas já arrendadas

Figura 18. Principais operadoras e seus investimentos nas cadeias de suprimento de bens e serviços – 2005-2013

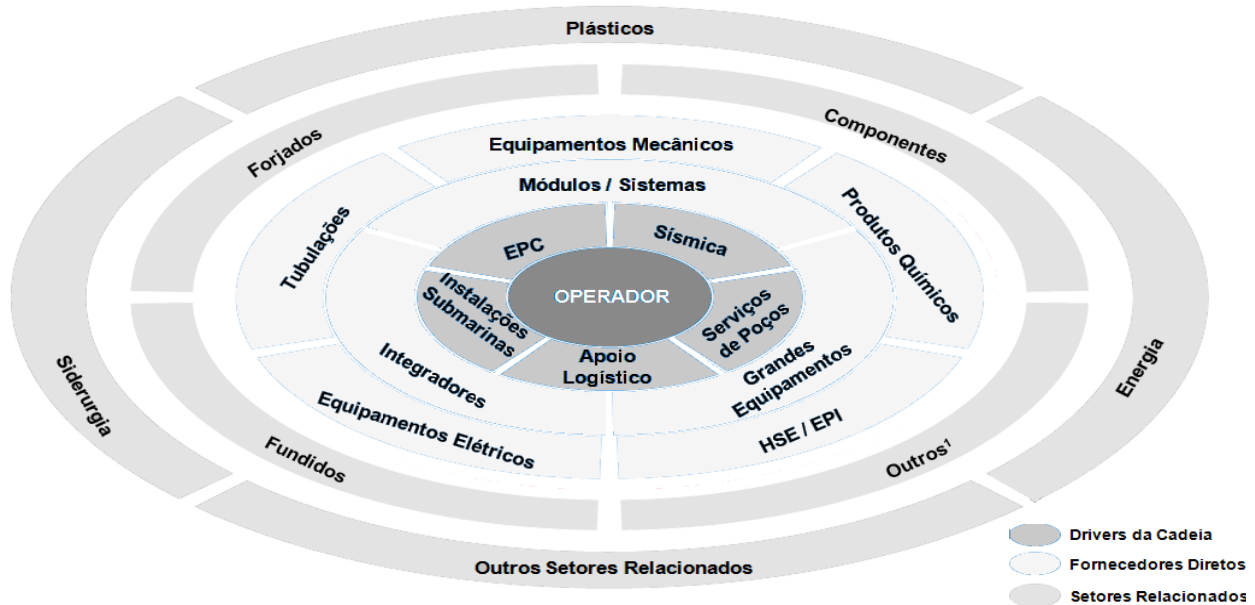


Fonte: ONIP (2010).

Ainda de acordo com o estudo da ONIP (2010), a cadeia de suprimentos pode ser detalhada, mostrando a disputa em ambiente de alta competição, com caráter global e forte concentração na oferta. Ao mesmo tempo, os instrumentos de produção devem ser definidos em um plano de metas, com aprendizado previamente estabelecido e definido de forma a não perpetuar sistemas produtivos ineficientes.

A cadeia de suprimento *offshore* abrange um grande número de atores, desde operadores e fornecedores com atuação global até microempresas de base tecnológica. A Figura 19 ilustra essa complexidade.

Figura 19. Cadeia de fornecimento para os operadores de petróleo

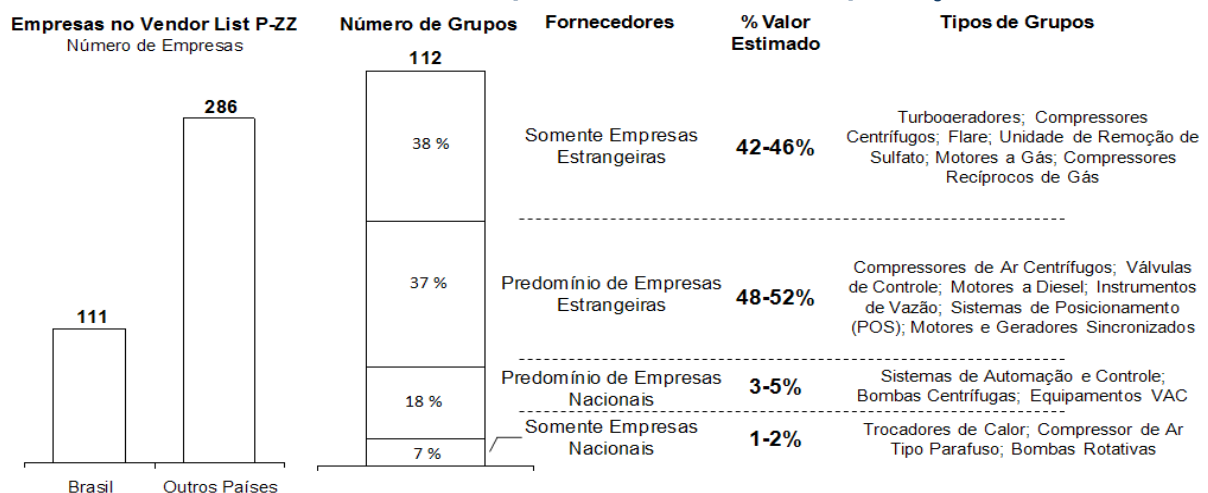


1) Inclui todos os materiais e equipamentos para os quais a cadeia offshore é pouco representativa, ficando portanto fora da cadeia de fornecimento principal
 Fonte: ONIP (2010).

Em vários segmentos, grandes investimentos devem ser feitos para garantir infraestrutura de produção, como na área naval e de navieças. No entanto, a competição deverá ser grande, pois, no longo prazo, a demanda nacional do setor de petróleo deverá cair e a oferta deverá ser direcionada ao mercado internacional e a outros setores da economia nacional.

Na análise de uma lista de fornecedores de uma plataforma de produção marítima de petróleo, observa-se que os grandes empreendimentos têm fornecimento preponderante de empresas estrangeiras. Em 38% dos grupos de equipamentos analisados não existem fornecedores brasileiros listados, o que indica grande potencial de crescimento, conforme ilustrado na Figura 20.

Figura 20. Participação de empresas estrangeiras e nacionais em uma lista de fornecedores de uma plataforma marítima de produção



Fonte: ONIP (2010).

A cadeia de óleo e gás tem perspectivas de geração de emprego e renda no Brasil a partir de políticas industriais que promovam o aumento da competitividade. A indústria brasileira possui porte e abrangência capazes de produzir equipamentos e serviços necessitando de maior escala que, de forma sustentável, garanta um mercado robusto, com concentração e consolidação dos principais elos da cadeia produtiva.

O mercado brasileiro deverá ser o foco, com exportações que consolidem o aumento de competitividade e consequente manutenção dos mercados conquistados. Os principais concorrentes são empresas multinacionais de forte atuação global. Neste contexto, o desenvolvimento tecnológico e a formação de recursos humanos têm papel fundamental, com destaque para os processos de aumento da produtividade, como automação e robótica.

O exemplo do segmento de equipamentos submarinos, com mercado local bem estabelecido, elevado aporte tecnológico e excelente nível de capacitação de seus profissionais, deve ser modelo para outros segmentos. Oportunidades de investimentos são abundantes; no entanto, devem ser direcionados a segmentos que, com baixo esforço, possam atingir retorno significativo em renda, geração de emprego e bem-estar social.

Tecnologia

A Lei do Petróleo, nº9.478/1997, determina à ANP a obrigação de estimular a pesquisa e a adoção de novas tecnologias na exploração, produção, transporte, refino e processamento. No cumprimento dessas atribuições, a partir de 1998, a ANP incluiu nos Contratos de Concessão para Exploração, Desenvolvimento e Produção de Petróleo e/ou Gás Natural uma cláusula estabelecendo que, caso a Participação Especial seja devida para um campo em qualquer trimestre do ano-calendário, o concessionário será obrigado a realizar Despesas Qualificadas com Pesquisa e Desenvolvimento em valor equivalente a 1% (um por cento) da receita bruta da produção para tal campo.

O contrato de concessão estabeleceu ainda que, no mínimo, 50% do valor dos investimentos devem ser aplicados em instituições de P&D credenciadas pela ANP para esse fim, podendo os demais recursos ser aplicados em despesas qualificadas como P&D executadas em instalações próprias dos concessionários e de empresas afiliadas.

Nos termos do que dispõe o contrato de concessão, até 2010, foram enquadrados nessa obrigatoriedade os concessionários Petrobras, Shell, Repsol, Manati, Brasoil Manati e Rio das Contas, cujas obrigações anuais são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Obrigação de investimentos em P&D por concessionário (R\$ milhões) – 2000-2010

| Ano | Concessionário | | | | TOTAL |
|-------|----------------|-------|--------|--------|----------|
| | PETROBRAS | SHELL | REPSOL | OUTROS | |
| 2000 | 94,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 94,20 |
| 2001 | 127,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 127,27 |
| 2002 | 263,54 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 263,54 |
| 2003 | 323,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 323,30 |
| 2004 | 392,49 | 10,72 | 0,00 | 0,00 | 403,20 |
| 2005 | 506,53 | 2,28 | 0,00 | 0,00 | 508,81 |
| 2006 | 613,84 | 0,00 | 2,55 | 0,00 | 616,39 |
| 2007 | 610,24 | 0,00 | 6,26 | 0,00 | 616,50 |
| 2008 | 853,73 | 0,00 | 7,13 | 0,00 | 860,86 |
| 2009 | 633,02 | 0,00 | 4,34 | 1,52 | 638,88 |
| 2010 | 735,34 | 0,00 | 4,24 | 4,12 | 743,69 |
| TOTAL | 5.153,50 | 13,00 | 24,51 | 5,64 | 5.196,65 |

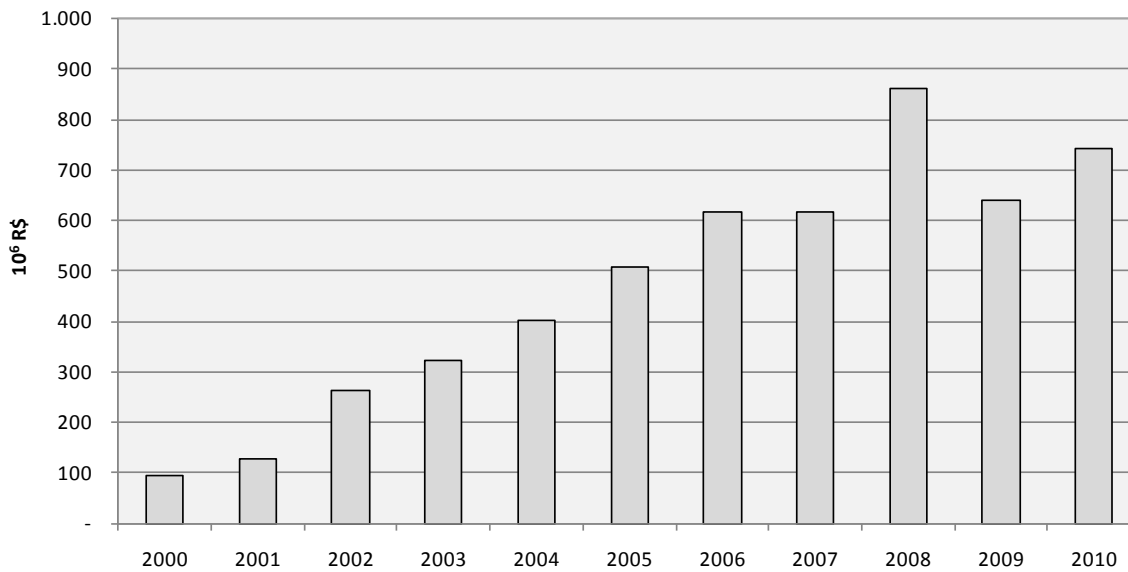
Fonte: ANP.

O resumo da evolução da obrigação de investimentos em P&D por parte das operadoras no período 2000-2010 é ilustrado na Figura 21.

Entre as universidades e centros tecnológicos que receberam recursos com autorização prévia para construção de infraestrutura, destacam-se: UFRJ, PUC-RIO, UNICAMP, UFF, USP, IPT-SP e

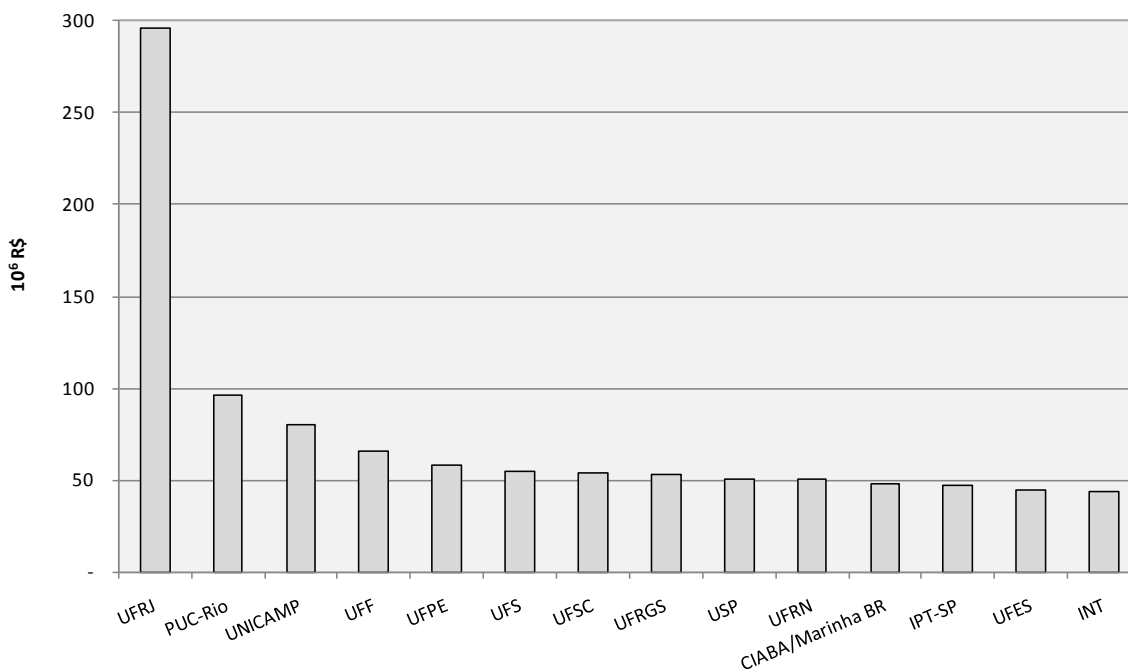
INT, na Região Sudeste; UFRN, UFS e UFPE, na Região Nordeste; e UFSC e UFRGS, na Região Sul. Essas instituições credenciam-se como líderes tecnológicos na área de petróleo pela infraestrutura construída, capacidade de gestão e excelência de seus pesquisadores. A Figura 22 ilustra essa categorização.

Figura 21. Obrigação de investimentos em pesquisa e desenvolvimento – 2000-2010



Fonte: ANP.

Figura 22. Universidades com os maiores investimentos (valores superiores a 2% do total) em autorizações prévias da ANP



Fonte: ANP.

Implementado pela ANP em 1999, o Programa de Recursos Humanos (PRH-ANP) consiste na alocação de recursos em bolsas de estudo de níveis técnico e superior (graduação, mestrado e doutorado) com vistas à formação de mão-de-obra capacitada para atender à demanda da indústria de petróleo, gás natural e biocombustíveis. Desde sua criação, foram investidos R\$ 184,3 milhões, concedidas 5.088 bolsas de estudo e formados mais de 2.700 profissionais. No ano de 2009, os recursos foram de R\$ 20 milhões e 520 bolsas, sendo 287 de graduação, 128 de mestrado e 105 de doutorado.

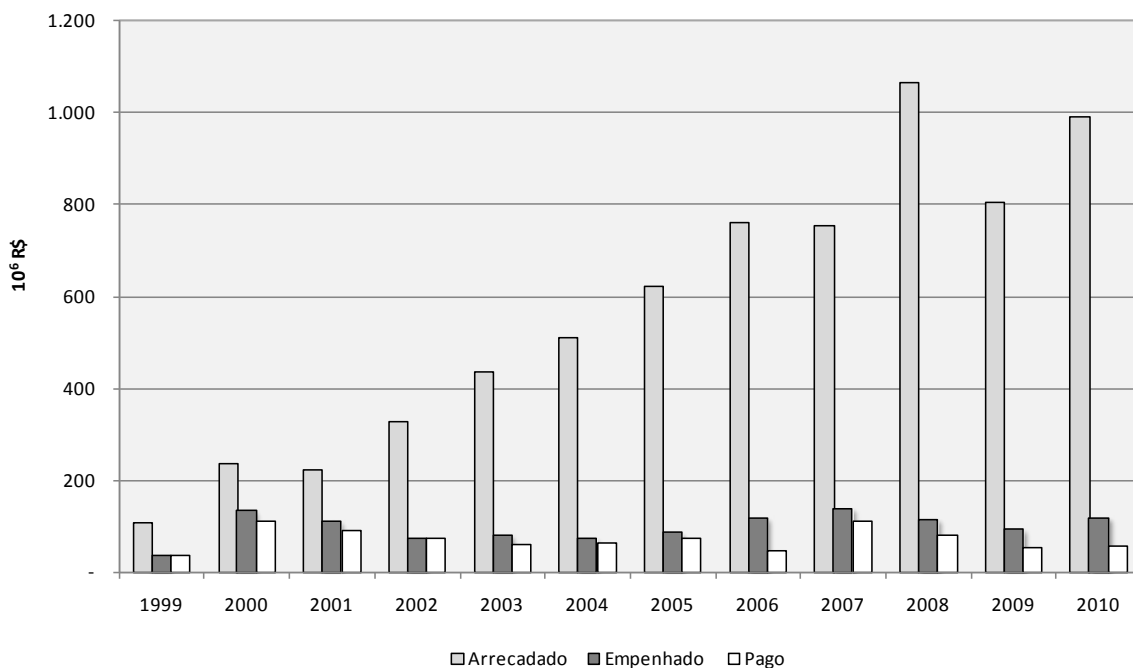
A Lei nº 9.478/97 estabeleceu também que 25% da parcela do valor do *royalty* que exceder a 5% da produção serão atribuídos ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), para financiar programas de amparo à pesquisa científica e ao desenvolvimento tecnológico aplicados à Indústria do Petróleo. E determinou que, com o apoio técnico da ANP, serão celebrados convênios com universidades e centros de pesquisa.

Em 1999, foi criado o Fundo Setorial do Petróleo (CT-Petro). O objetivo da criação foi estimular a inovação na cadeia produtiva do setor de petróleo e gás natural, a formação e qualificação de recursos humanos e o desenvolvimento de projetos em parceria entre empresas e universidades, instituições de ensino superior ou centros de pesquisa do país.

O fundo em questão visa o aumento da produção e da produtividade, a redução de custos e preços e a melhoria da qualidade dos produtos do setor e tem como fonte financiadora 25% da parcela do valor dos *royalties* que exceder a 5% da produção de petróleo e gás natural. Com esses recursos, o CT-Petro financia programas de amparo à pesquisa científica, ao desenvolvimento tecnológico do setor petrolífero e à formação de recursos humanos.

As diretrizes estabelecidas no CT-Petro dispõem que os recursos compreendidos no fundo serão direcionados às universidades estatais ou privadas, sem fins lucrativos, do país, podendo ser representadas por fundações de apoio definidas na forma da Lei nº 8.958, de 20 de dezembro de 1994, e centros de pesquisa do país, estatais ou privados, sem fins lucrativos. A FINEP funciona como a secretaria executiva do CT-Petro. As arrecadações geradas pelos *royalties* têm sido expressivas, mas nem sempre redundaram em gastos efetivos, em parte devido a constantes contingenciamentos. Um resumo da evolução desses recursos está ilustrado na Figura 23.

Figura 23. Recursos do CT-Petro arrecadados (já com dedução de 20% destinada ao CT-Infra), empenhados e pagos por ano – 1999-2010



Fonte: MCT.

Os esforços tecnológicos nas ICTs brasileiras têm grande abrangência e incluem diversas áreas da engenharia e geologia.

A produção de petróleo em terra (*onshore*) é dependente de tecnologia madura, com alguns desafios relativos à produção avançada, visando o aumento de recuperação do petróleo (hoje, recupera-se em torno de 30-40%), logística e transporte (principalmente do gás) e meio ambiente. Com baixo custo de produção, principalmente nos países árabes, o petróleo em terra é responsável

por 80% da produção mundial. No entanto, está com uma curva de produção decrescente, abrindo espaço para o petróleo no mar (*offshore*) em águas rasas (até 300m), profundas (de 300m a 1.000m) e ultraprofundas (mais de 1.000m), demandando tecnologias de viabilização da exploração e produção e redução de custos.

A produção no mar apresenta desafios tecnológicos proporcionais ao tipo de óleo (leve ou pesado), lâmina d'água e tipo de reservatório, entre outros. Na fase de exploração, existe demanda na elaboração de modelos de evolução geotectônica, tectono-sedimentar, paleogeográfica, análise das propriedades mecânicas e hidráulicas de fraturas e falhas no controle das acumulações de petróleo, caracterização e predição da ocorrência dos elementos deposicionais dos sistemas siliciclásticos, caracterização e predição da ocorrência dos elementos deposicionais dos sistemas carbonáticos e da qualidade de reservatórios siliciclásticos e carbonáticos, simulação numérica da biodegradação do petróleo e sísmica 4D (estudos de viabilidade, aquisição, processamento e interpretação).

A caracterização e a engenharia de reservatórios com formações carbonáticas como no pré-sal, atípicas no Brasil, impõem diversos desafios, com destaque para a visualização 3D, que permite a análise de imagens e dados, otimizando a tomada de decisão na locação de poços de forma multidisciplinar, envolvendo engenheiros e geólogos. A tecnologia de visualização 3D, acoplada a uma nova família de sensores e equipamentos resistentes ao ambiente agressivo dos poços, permitirá o acompanhamento de poços em tempo real, com aumento de produtividade e qualidade e redução de custos de perfuração. Simuladores de grande porte permitirão o projeto de poços de longo trecho e grande afastamento horizontal. A preservação do meio ambiente durante a perfuração de poços exploratórios e de produção deverá demandar técnicas de prevenção, detecção, combate a vazamentos e remediação de áreas afetadas. A análise do acidente com a plataforma Deepwater Horizon, no Golfo do México, deverá gerar novas regulações e, conseqüentemente, um forte desenvolvimento tecnológico.

A perfuração de poços demandará tecnologias de fluidos para construção de poços, controle e remoção de dano à formação, divergência na estimulação, predição e controle de produção de areia.

Desenvolvimentos continuarão a ocorrer nas áreas de campos inteligentes, modelagem integrada (rocha, perfil e sísmica), caracterização e modelagem da deformação (falhas e fraturas) e modelagem geomecânica, caracterização da arquitetura deposicional, integração de dados sísmicos, dados dinâmicos na modelagem 3D, riscos e incertezas na caracterização e nas previsões de produção, otimização de planos de drenagem, gerenciamento de reservatórios e valoração nos estudos de viabilidade técnica e econômica (EVTEs).

Reservatórios de petróleo produzem uma razão água-óleo crescente ao longo de sua produção, necessitando de tecnologias que controlem e minimizem os danos causados ao meio ambiente e reduzindo o custo de tratamento e descarte. São importantes as tecnologias de controle de produção de água, injeção de água sem tratamento, separação e descarte de água produzida, injeção, reinjeção e descarte, gerenciamento de *souring* e gerenciamento de incrustações.

Merece destaque o esforço na busca de tecnologia que viabilize o tratamento e reinjeção da água produzida em ambiente submarino, diminuindo os custos e os riscos no processo.

Métodos de elevação artificial usados para elevar o óleo até a superfície depois que a energia do reservatório passa a ser insuficiente para produzir os fluidos na vazão desejada, por fluxo natural, são desenvolvidos principalmente para reservatórios de petróleo pesado. Bombeamento centrífugo submerso e bombas de alta vazão e escoamento multifásico são destaques nessa área.

Tecnologias que garantam o escoamento dos fluidos produzidos são essenciais, principalmente em águas profundas e ultraprofundas, pois a formação de parafina ou hidratos pode provocar bloqueios que impedem o fluxo, acarretando operações complexas, demoradas e de altos custos operacionais. Estudos serão desenvolvidos nas tecnologias de bloqueio por hidratos em emulsões água/óleo, aquecimento de linhas submarinas, produção e transporte multifásico de óleos pesados e escoamento multifásico com emulsões.

A produção no mar exige constante desenvolvimento de equipamentos submarinos adaptáveis às características específicas de cada reservatório de petróleo (densidade, razão gás/óleo, razão água/óleo, corrosividade do fluido etc.) e condições de profundidade, temperatura, correntes e solo marinho. Os principais desenvolvimentos abrangem equipamentos submarinos para teste de longa duração, equipamentos e sistemas submarinos acionados eletricamente, equipamentos submarinos para HPHT (alta temperatura e alta pressão), equipamentos submarinos para bombeio centrífugo submersos (BCS) a jusante da árvore de natal molhada (ANM) e bombeio centrífugo submerso submarino (BCSS), sistema submarino de injeção de água, sistemas de *boosting* a jusante da ANM (sistema de bombeio multifásico submarino [SBMS], *Vertical Annular Separation and Pump System* [VASPS] e Bombas Volumétricas).

Os dutos submarinos, umbilicais e *risers* construídos com diferentes materiais e projetados para transporte de fluidos, acionamento hidráulico e transmissão de dados são alvo dos mais sofisticados desenvolvimentos da indústria de petróleo em águas ultraprofundas, com destaque para sistemas de *risers* desacoplados dos movimentos das unidades flutuantes de produção, *risers* e dutos rígidos (*Steel Catenary Riser* [SCR] e *lazy-wave*), isolamento e aquecimento de dutos submarinos (*pipe-in-pipe*, duto aquecido rígido ou flexível), *risers* e dutos flexíveis para serviço ácido, alternativas tecnológicas de *risers* de baixo custo para campos marginais.

A caracterização e o processamento de fluidos produzidos requerem desenvolvimento de equipamentos e processos como separação gravitacional e centrífuga, hidrociclones para altos teores de óleo, tratamento de óleo (incluindo óleos pesados), tratamento de água produzida, tratamento químico de efluentes, tratamento dielétrico de petróleo, processamento para atingir queima zero de gás.

Os desafios tecnológicos da área de gás natural estão concentrados na transformação química em líquidos, procurando viabilizar seu transporte e comercialização. A tecnologia de *gas to liquids* (GTL) será desenvolvida para viabilizar a transformação, em plataforma de produção *offshore*, do gás natural em petróleo sintético e posterior transporte por navio para terminais terrestres. O transporte via navios de gás natural liquefeito (GNL) e gás natural comprimido (GNC) são outras opções tecnológicas que, apesar de inéditas em ambiente *offshore*, podem ser consideradas tecnologias dominadas.

As plataformas flutuantes de produção necessitam de projetos e novos materiais que permitam sua operação em lâminas d'água ultraprofundas com novas concepções de casco para embarcações de apoio, manuseio, instalação e monitoração de sistemas de ancoragem, sistemas de posicionamento assistidos por propulsores e alternativas para armazenamento e transferência de gás.

Plataformas, oleodutos, gasodutos, navios, plantas de processo, equipamentos, revestimentos de poços e umbilicais necessitam de tecnologias que garantam sua integridade estrutural, envolvendo métodos de inspeção, manutenção e reparo. A garantia da integridade de dutos instalados em ambiente submarino requer sistemas de inspeção e reparo robotizados, pois a atuação de mergulhadores se limita à profundidade máxima de 300m.

Investimentos são feitos na tecnologia de ensaios não destrutivos aplicados à inspeção de equipamentos utilizados na produção em águas ultraprofundas, como os métodos de monitoração e inspeção remota, inspeção baseada em risco para dutos rígidos, avaliação da degradação da barreira de vedação de linhas flexíveis, análise de tensões em equipamentos e estruturas em serviço, monitoração e controle da corrosão. Completam o processo de integridade estrutural, métodos não convencionais de reparo em dutos rígidos e linhas flexíveis e programas de integridade estrutural de longo prazo.

Tecnologias de Logística e de Transporte de Petróleo e Gás apresentam como desafios tecnológicos sistemas de detecção e localização de vazamentos, reabilitação de dutos, tecnologias de *pigging*, sistemas voltados para operação e automação de dutos, gerenciamento da corrosão em dutos, terminais e navios, confiabilidade e metodologias para análise de riscos, novos materiais, distribuição e armazenamento, aumento da capacidade de transferência em oleodutos, projeto, construção e montagem de dutos, terminais e navios.

Tecnologias voltadas à segurança, meio ambiente e saúde incluem tratamento de resíduos da perfuração, avaliação e monitoramento ambiental em regiões oceânicas e costeiras, monitoramento

costeiro, oceânico e continental com uso de bioindicadores para avaliação da qualidade ambiental, automação do monitoramento *in situ*, avaliação socioeconômica e valoração de danos ambientais, avaliação de riscos ecológicos e à saúde humana.

Na recuperação de ecossistemas e preservação da biodiversidade, estudos aprofundam o conhecimento nas análises de ciclo de vida, tecnologias de controle e prevenção, nanotecnologia e genética aplicadas ao controle e prevenção, membranas para aplicações em controle de poluição e sistemas de informação ambiental.

Entre as tecnologias para sequestro de carbono, destacam-se rotas químicas, injeção em ambientes profundos, metodologias para avaliação da efetividade da imobilização ou retenção de carbono, modelagem da dinâmica atmosférica e especiação de compostos das emissões.

Em 1966, a Petrobras¹ criou e instalou o seu Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (CENPES) no Campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro e demonstrou, com esta ação, uma clara estratégia de articulação com as instituições de ciência e tecnologia (ICTs) do Brasil e do exterior, objetivando a participação dessas instituições no desenvolvimento tecnológico voltado para as soluções de seus desafios empresariais.

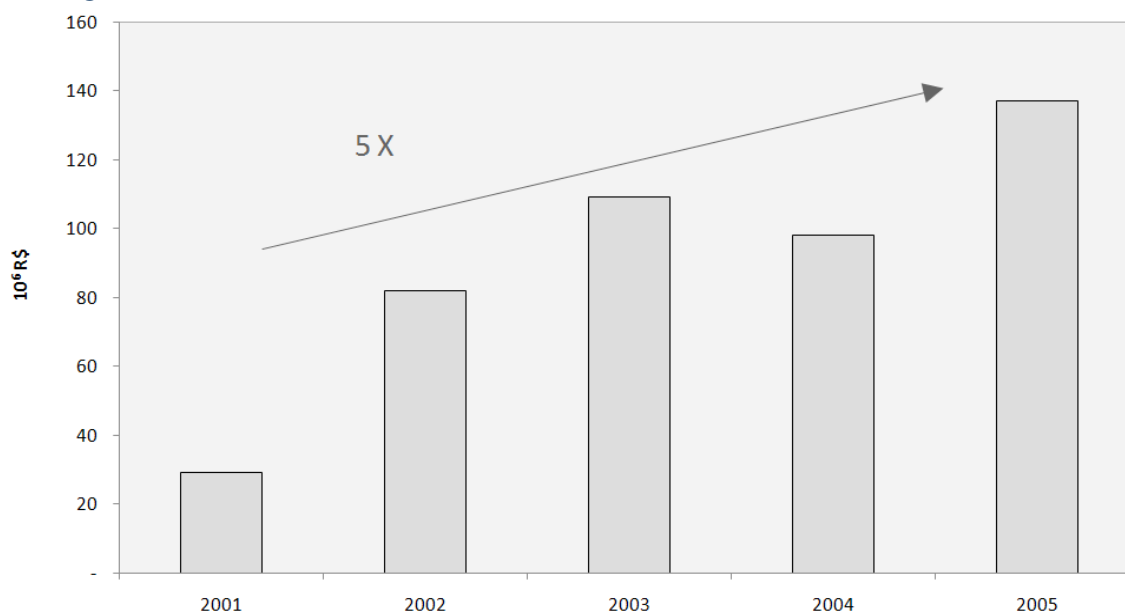
O desenvolvimento tecnológico na Petrobras passou por diversas etapas, desde o aprendizado da tecnologia importada, inicialmente na área de refino, até as tecnologias desenvolvidas em parceria com ICTs e fornecedores no Brasil e no exterior, voltadas para a produção em águas ultraprofundas.

Ao longo de sua história, o investimento externo ao CENPES foi crescente e a partir de 1998 de forma exponencial com a criação do CT-Petro e da obrigação, assumida nos contratos de concessão, de investir no mínimo 1% da receita bruta da produção de um determinado campo em despesas qualificadas como P&D, quando a participação especial seja devida para tal campo.

Em um primeiro momento, a Petrobras recorreu a projetos apoiados pelo CT-Petro, administrado pela FINEP, que criava credibilidade no investimento em ICTs ainda não credenciadas pela ANP. Os editais permitiam que empresas aportassem recursos financeiros em projetos em parceria com ICTs, obtendo recursos não reembolsáveis da FINEP que variavam de 20% a 50% do valor total do projeto.

Em 2005, a Petrobras investiu cerca de R\$ 140 milhões em projetos com instituições de ensino e pesquisa, o que já representava o ponto mais alto da curva ascendente de investimento nessas instituições desde 2001, conforme pode ser observado na Figura 24.

Figura 24. Investimentos da Petrobras em P&D nas ICTS nacionais – 2001-2005



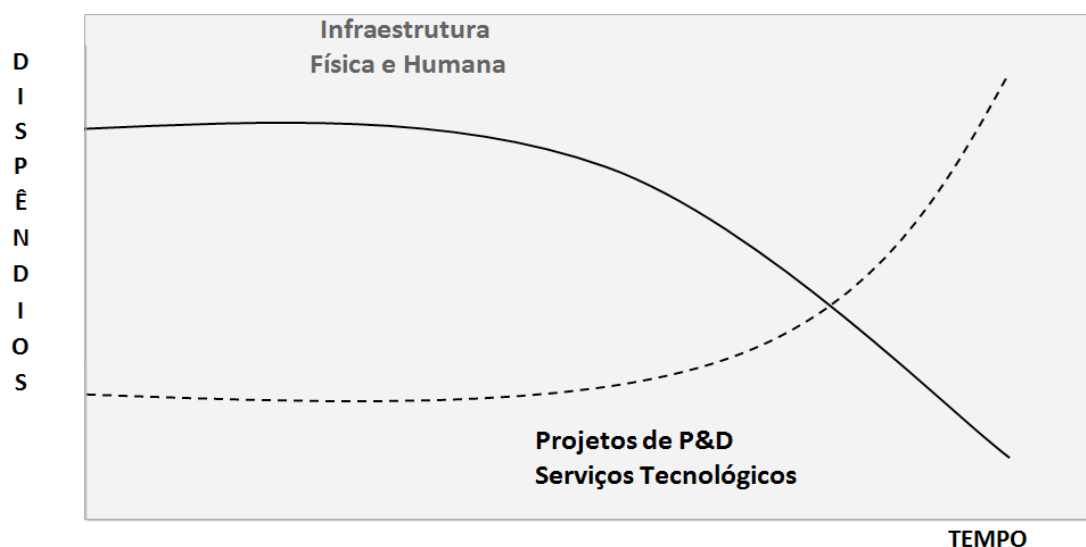
Fonte: Petrobras.

1. Ver Tavares e Chaves (2008).

Essa forma de investimento não permitiu o cumprimento de toda a obrigação da Petrobras junto à ANP e, uma vez publicado no Diário Oficial da União o Regulamento ANP nº 5/2005, aprovado pela Resolução nº 33 de 24/11/2005, que estabelece os requisitos para a realização de investimentos em P&D, a empresa decidiu, em articulação com a ANP, criar um modelo que facilitasse o aumento no volume de investimento em instituições de ensino e pesquisa.

O modelo concebido em 2006 baseou-se na criação de Redes Temáticas e Núcleos de Competência, objetivando o fortalecimento das relações entre instituições, privilegiando os investimentos na construção, ampliação, reforma e consolidação da curva estimada laboratorial no parque das ICTs em todo o país, tendo como concepção o modelo consagrado internacionalmente para desenvolvimento institucional de sistemas de pesquisa, desenvolvimento e inovação, incorporado e adaptado pela Petrobras e resumidamente ilustrado na Figura 25.

Figura 25. Situação desejada na implantação das redes temáticas criadas pela Petrobras



Fonte: Petrobras.

Essas instalações provocam um maior reconhecimento internacional dos polos de competência brasileiros em temas relevantes para o setor de petróleo e gás, viabilizando a expansão das Redes Temáticas no que tange à cooperação tecnológica também com instituições estrangeiras.

O modelo consiste nas Redes Temáticas formadas por pelo menos cinco instituições de reconhecida competência em uma determinada área estratégica para a Petrobras. Os projetos desenvolvidos no âmbito de cada rede respeitam necessariamente seu tema específico. Foram criadas 50 Redes Temáticas, as quais: Geofísica, Geoquímica, Geotectônica, Sedimentologia e Estratigrafia, Automação de Poços, Computação e Visualização Científica, Gerenciamento de Água, Corrosão, Campos Maduros, Óleos Pesados, Simulação de Reservatórios, Modelagem e Observação Oceanográfica, Estruturas Submarinas, Tecnologia em Asfalto, Fluidodinâmica Computacional, Concretos e Refratários, Combustíveis Limpos, Desenvolvimento de Produtos e Processos para o Refino, Desenvolvimento de Catálise, Desenvolvimento Veicular, Materiais Aplicados ao Refino do Petróleo, Cadeia de Suprimento de Petróleo, Metrologia, Construção Naval, Tecnologia em Dutos, Nanotecnologia, Hidrogênio, Bioprodutos, Gás Natural, Mudanças Climáticas, Planejamento Energético, Monitoramento Ambiental Marinho, Recuperação de Ecossistemas e Remediação de Áreas Impactadas, Instrumentação, Automação, Controle e Otimização de Processos, Prospecção Tecnológica, Integração C&T-Indústria, Gestão da Inovação e Tecnologias Convergentes.

As Redes Temáticas são implementadas por meio de termos de cooperação entre a Petrobras, as instituições parceiras e suas respectivas fundações de apoio.

O segundo modelo refere-se aos Núcleos Regionais de Competência, centros especializados no setor de petróleo, gás e energia implantados em instituição de ensino e pesquisa localizada na

área de abrangência de determinada Unidade de Negócios da Petrobras. Os núcleos foram criados por meio de termos de cooperação entre a Petrobras, a instituição parceira e sua fundação de apoio, possibilitando a construção de novas instalações na instituição, a ampliação ou reforma da infraestrutura existente e a capacitação de seus recursos humanos para o desenvolvimento de projetos de P&D e prestação de serviços tecnológicos de interesse da Unidade de Negócio da Petrobras.

A despeito do curto espaço de tempo decorrido desde a publicação do Regulamento ANP nº 5, já se observaram relevantes evoluções no relacionamento da Petrobras com as instituições de ensino e pesquisa, notadamente no que concerne à propriedade intelectual. Antes detentora de 100% da propriedade dos resultados gerados no âmbito de projetos de P&D com as instituições de ensino e pesquisa, hoje a Petrobras prioriza acordos de parceria e, por conseguinte, todos os ativos gerados no âmbito do acordo são de propriedade da Petrobras e da instituição parceira, desde o momento de sua criação.

Em agosto de 2006, foram assinados os primeiros convênios das Redes Temáticas e dos Núcleos Regionais, montando a cerca de R\$ 420 milhões, dos quais R\$ 244,1 milhões foram desembolsados até o final do mesmo ano. Para o triênio 2006-2008, período inicial de avaliação dos novos modelos criados, a projeção de investimentos em instituições de ensino e pesquisa brasileiras por intermédio de Redes Temáticas e Núcleos Regionais totaliza R\$ 793,5 milhões.

Hoje, a Petrobras conta, no âmbito das Redes Temáticas e dos Núcleos Regionais, com 80 instituições parceiras de 19 unidades da Federação, números que poderão crescer no curto prazo.

A criação de centros de tecnologia por empresas petrolíferas internacionais como a BG e prestadoras de serviços de alta tecnologia como Schlumberger, Baker Hughes e FMC Technologies, entre outras multinacionais, consolida o caráter internacional da tecnologia de O&G no Brasil.

Conclusão

O petróleo será a *commodity* predominante na área de energia durante, no mínimo, mais 20 anos, mesmo com o aumento de restrições ambientais e o crescimento das novas fontes de energia. A possibilidade de substituição por outras formas de energia deve ser considerada no longo prazo. A volatilidade dos preços deve ser frequente, em função de eventos políticos, econômicos, ambientais e naturais.

A estabilidade das reservas e a manutenção dos atuais níveis de produção dependerão da capacidade de viabilização tecnológica dos processos de recuperação avançada de petróleo, da extração de xisto e areias betuminosas e principalmente do petróleo em águas profundas.

No Brasil, a produção tenderá a crescer nas próximas décadas, em função das descobertas no pré-sal. O desenvolvimento da produção gerará investimentos vultosos, viabilizando a criação de uma rede de suprimentos robusta, competitiva internacionalmente e geradora de riqueza e empregos.

A política industrial para o setor petróleo deverá estabelecer medidas e ações que garantam o crescimento econômico e social, com preservação do meio ambiente; entretanto, deverá ser sábia o suficiente para garantir a sustentabilidade das atividades decorrentes da ampliação da cadeia de valor. Nesse contexto, deve definir metas, de forma a não perpetuar sistemas produtivos ineficientes.

Os investimentos em P&D deverão ser mantidos nas universidades, entretanto deverão ser fortemente ampliados nas empresas, onde a tecnologia desempenha papel decisivo na competitividade. As universidades e centros tecnológicos que receberam forte investimento em infraestrutura laboratorial devem ser utilizados para o desenvolvimento tecnológico de todos os elos da cadeia do petróleo, especialmente as micro, pequenas e médias empresas.

Os perigos residem em pouca competitividade da indústria, principalmente em função da carga tributária, dificuldades na captação de financiamentos, políticas de câmbio, escala, protecionismo de

outros países, mão-de-obra brasileira carente de formação básica e profissional e desenvolvimento tecnológico voltado para a produtividade industrial.

Enfim, planejar e executar com base no conhecimento internacional e nas características nacionais, sem reinventar a roda ou querer descobrir jabuticabas, é o nosso desafio. Cabe inovar nas políticas públicas, inclusive na fixação de metas da política industrial que permitam a monetização do óleo e do gás natural resultado das descobertas realizadas, ao mesmo tempo em que se consolida uma indústria de transformação, tecnologicamente atualizada e inserida no contexto do mercado mundial.

Referências

- ANP – Agência Nacional do Petróleo e do Gás Natural (2001). *Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo 2001*.
- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2008). *Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2008*.
- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2009). *Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2009*.
- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2010). *Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2010*.
- ASME – American Society of Mechanical Engineers (2010). *Energy choices, a guide to facts and perspectives*.
- BNDES (2011). *Visão do Desenvolvimento*, n. 91.
- EIA – US Energy Information Administration (2011). *Financial Reporting System – Form EIA-28*.
- Energy Intelligence (2011). *Ranking The World's Oil Companies*. Disponível em: <http://www.energyintel.com/> - acesso em 15/04/2011.
- IEA – International Energy Agency, OCDE – Organization for Economic Cooperation and Development (2010). *World Energy Outlook 2010*. Paris.
- Maués, J. (2010). *Comparação de fontes primárias para geração de energia elétrica no Brasil, baseado em conceitos de risco*. Tese de doutorado. PUC-Rio, dez.
- ONIP – Organização Nacional da Indústria do Petróleo (2010). *Agenda de competitividade da cadeia produtiva de óleo e gás no Brasil*.
- PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A. (2010). *Plano de Negócios 2010-2014*.
- Richter, B. (2010). *Beyond smoke and mirrors – climate change and energy in 21st century*. Cambridge U. Press.
- Tavares, L. L.; Chaves, R. (2008). *Criação e implantação das redes temáticas e dos núcleos de competência da Petrobras*. Congresso da Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica (ABIPTI).

