

AGROMINERAIS PARA O BRASIL

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL
RIO DE JANEIRO, 2010

AGROMINERAIS PARA O BRASIL

EDITORES

Francisco Rego Chaves Fernandes
Adão Benvindo da Luz
Zuleica Carmen Castilhos

O conteúdo deste trabalho é de responsabilidade
exclusiva do(s) autor(es)

VERA LÚCIA DO ESPÍRITO SANTO SOUZA
Projeto Gráfico/Editoração Eletrônica

GISELE ROSE DA SILVA
Assistente de Pesquisa

Foto Agrominerais: Verdete, Silanito, Fonolito, Amazonita, Verdete britado
(da esquerda para a direita) – Sílvia Cristina Alves França e Gisele Rose da Silva.
Agrícolas: milho, soja, feijão, arroz e cana-de-açúcar.

Centro de Tecnologia Mineral

Agrominerais para o Brasil/Eds. Francisco R. C. Fernandes, Adão B. da Luz,
Zuleica C. Castilhos. - Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

380 p.: il.

1. Fertilizantes. 2. Agrominerais. 3. Agroindústria. I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Fernandes, Francisco R.C. (Ed.). III. Luz, Adão B. (Ed.). III. Castilhos, Zuleica C. (Ed.).

ISBN 978-85-61121-61-7

CDD 668.62

APRESENTAÇÃO

Com a edição deste livro conclui-se o Projeto AGROMINERAIS, coordenado pelo CETEM com financiamentos do CT-Mineral e FINEP.

No decorrer dos últimos 18 meses foi realizada intensa atividade de interação entre pesquisadores e professores das mais importantes instituições brasileiras. Foram realizadas Oficinas Temáticas muito concorridas, envolvendo a comunidade acadêmica, tecnológica, empresarial e organizações sociais. Ainda foram produzidos estudos prospectivos por especialistas renomados, nacionais e também internacionais das diferentes áreas do conhecimento envolvidas no tema. Destes últimos, foram elaborados quinze distintos capítulos para o atual livro sobre Agrominerais.

Acreditamos que com a edição deste livro e a sua divulgação simultânea na internet e no site do CETEM, estamos dando uma positiva contribuição à importante questão dos Agrominerais no Brasil.

Rio de Janeiro, Julho de 2010.

José Farias de Oliveira
Diretor do CETEM

SUMÁRIO

PREFÁCIO	<i>Francisco Rego Chaves Fernandes, Adão Benvindo da Luz e Zuleica Carmen Castilhos</i>	
CAPÍTULO 1	PANORAMA DOS AGROMINERAIS NO BRASIL: ATUALIDADE E PERSPECTIVAS <i>Yara Kulaif e Francisco Rego Chaves Fernandes</i>	01
CAPÍTULO 2	AGROMINERAIS: RECURSOS E RESERVAS <i>Antonio Fernando da Silva Rodrigues, David Siqueira Fonseca, Mathias Hider Ricardo Eudes Parahyba e Vanessa M. M. Cavalcante</i>	23
CAPÍTULO 3	ROTAS TECNOLÓGICAS CONVENCIONAIS E ALTERNATIVAS PARA A OBTENÇÃO DE FERTILIZANTES <i>Arthur Pinto Chaves</i>	45
CAPÍTULO 4	ROCHAS, MINERAIS E ROTAS TECNOLÓGICAS PARA A PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES ALTERNATIVOS <i>Adão Benvindo da Luz, Francisco E. Lapido-Loureiro, João Alves Sampaio, Zuleica Carmen Castilhos e Marcelo Soares Bezerra</i>	61
CAPÍTULO 5	MATERIAIS SILICÁTICOS COMO FONTES REGIONAIS DE NUTRIENTES E CONDICIONADORES DE SOLOS <i>Éder de Souza Martins, Álvaro Vilela de Resende, Claudinei Gouveia de Oliveira e Antonio Eduardo Furtini Neto</i>	89
CAPÍTULO 6	O MEIO AMBIENTE NA PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES FOSFATADOS NO BRASIL <i>Elvira Gabriela Dias e Roberto D. Lajolo</i>	105
CAPÍTULO 7	FOSFOGESSO: GERAÇÃO, DESTINO E DESAFIOS <i>Roberto Mattioli Silva e Marco Giuliatti</i>	125
CAPÍTULO 8	A INDÚSTRIA BRASILEIRA DE FERTILIZANTES (CADEIA NPK, ENXOFRE, ROCHA FOSFÁTICA E POTÁSSIO) - PROJEÇÕES DE 2010 A 2030 <i>Eduardo Soares Ogasawara, Yara Kulaif e Francisco Rego Chaves Fernandes</i>	145
CAPÍTULO 9	UM ESTUDO DAS PRINCIPAIS LAVOURAS PARA A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS <i>Maria Helena M. Rocha Lima e Nilo da Silva Teixeira</i>	169
CAPÍTULO 10	O USO DA BIOMASSA COMO NOVA FONTE ENERGÉTICA MUNDIAL <i>Ângelo Bressan Filho</i>	189
CAPÍTULO 11	POLÍTICAS GOVERNAMENTAIS PARA OS BIOCOMBUSTÍVEIS <i>Ricardo Borges Gomide</i>	203

CAPÍTULO 12	INVENTÁRIO E CARTOGRAFIA DE RECURSOS AGROMINERAIS CONVENCIONAIS E ALTERNATIVOS DO TERRITÓRIO BRASILEIRO	
	<i>Gerson Manoel Muniz de Matos e Ivan Sérgio de Cavalcante Mello</i>	227
CAPÍTULO 13	ROCHAS E MINERAIS COMO FERTILIZANTES ALTERNATIVOS NA AGRICULTURA: UMA EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL	
	<i>Peter Van Straaten</i>	235
CAPÍTULO 14	BIOCOMBUSTÍVEIS NOS ESTADOS UNIDOS EM CONTEXTO DE MUDANÇA	
	<i>Joaquim Ramos Silva</i>	265
CAPÍTULO 15	A SITUAÇÃO ENERGÉTICA DA UNIÃO EUROPEIA E O CASO PARTICULAR DOS BIOCOMBUSTÍVEIS: DIAGNÓSTICO ACTUAL E PERSPECTIVAS	
	<i>Carla Guapo Costa</i>	277

PREFÁCIO

Francisco Rego Chaves Fernandes
Adão Benvindo da Luz
Zuleica Carmen Castilhos

Este livro "Agrominerais para o Brasil" é um livro editado pelo Projeto Agrominerais coordenado pelo CETEM - Centro de Tecnologia Mineral do MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia, para atender a dois objetivos principais:

- abordar aprofundadamente o vasto conjunto de temas pertinentes aos Agrominerais com um enfoque centrado no Brasil;
- apresentar sugestões de linhas de ação, uma Agenda de Prioridades, para o desenvolvimento científico-tecnológico brasileiro sustentável.

Apresenta os principais resultados do Projeto "Estudo Prospectivo Relativo aos Agrominerais e Seus Usos na Produção de Biocombustíveis Líquidos com Visão de Longo Prazo (2035)", resultante de Oficinas temáticas que foram realizadas envolvendo algumas centenas de participantes. O projeto foi apoiado pelo CT-Mineral/Fundo Setorial Mineral e pela FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos, tem como coordenador o CETEM e como instituições co-executoras, a UFSCar/Rede Inter-universitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA), a Embrapa Cerrados/Rede de Pesquisa de Rochas Silicatadas de Fonte de Potássio, a CPRM-Serviço Geológico do Brasil (SGB) e o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM/MME).

Agrominerais (tais como enxofre, minerais de potássio, rocha fosfática, calcário e turfa) é matéria-prima de origem mineral sendo insumo absolutamente indispensável para viabilizar a agricultura e a pecuária brasileiras, ou seja, é parte integrante da alimentação dos cidadãos brasileiros, da viabilização do agronegócio externo, e ainda, alavancando o nascente e pujante setor dos biocombustíveis.

O tema do livro foi desdobrado pelos editores, em quinze capítulos, cada um deles a cargo de um especialista de renomado conhecimento.

Inicia-se o livro "Agrominerais para o Brasil" com dois capítulos dedicados às Fontes Convencionais de Nutrientes (FCN). O primeiro, "*Panorama dos agrominerais no Brasil: atualidade e perspectivas*" traça um atualizado perfil dos fertilizantes convencionais (NPK): - uma complexa cadeia de múltiplos produtos e mercados; - uma caracterização geral desta indústria no Brasil e no mundo e um histórico deste setor industrial no Brasil, desde a sua fundação, destacando-se as consequências da sua privatização há dez anos. Finalmente, a atualidade, a qual apresenta grandes desafios, em que a oferta tem elevadíssima dependência das importações, atinge cerca de 80% do total dos nutrientes consumidos pelo Brasil e a especulação financeira se faz fortemente presente.

Logo em seguida: "*Agrominerais: recursos e reservas*" aprofunda o tema dos Agrominerais (minerais de potássio, fosfato, enxofre e calcário) no Brasil no segmento da pesquisa e lavra de recursos minerais, incluindo uma minuciosa apresentação da disponibilidade primária (ocorrências e jazidas minerais) em todo o território nacional. É também analisado para cada um dos recursos agrominerais, os aspectos de mercado e as relações de dependência e sustentabilidade entre o agronegócio e o mineralnegócio.

Um capítulo crítico: "*Rotas tecnológicas convencionais e alternativas para a obtenção de fertilizantes*", apresenta os diferentes produtos oferecidos no mercado brasileiro, tanto oriundos das Fontes Convencionais de Nutrientes (FCN) - os de alta solubilidade e concentração - como das Fontes Alternativas de Nutrientes (FAN) - rocha, termofosfatos e outros -, questionando-se aprofundadamente as vantagens e desvantagens de sua utilização no clima e solos tropicais brasileiros. Em conclusão, defende o autor, ser

altamente desejável o fortalecimento da pesquisa e desenvolvimento tecnológico das diferentes fontes alternativas de fertilizantes fosfatados, para atender às demandas crescentes, com o aproveitamento de quantidades enormes de minérios marginais inacessíveis pela tecnologia atual, mas que são: de interesse industrial, de conservação de recursos minerais e de minimização do impacto ambiental.

Dois capítulos são dedicados às Fontes Alternativas de Nutrientes (FAN). O primeiro "*Rochas, minerais e rotas tecnológicas para a produção de fertilizantes alternativos*" aprofunda a rochagem, ou seja, as técnicas de aplicação direta na agricultura de rochas moídas ou contendo finos naturais, como material fertilizante. Os autores realizaram uma detalhada busca, em todo o extenso território brasileiro, identificando e localizando as rochas e materiais fertilizantes alternativos, nos colocando ainda a par do estado da arte dos estudos tecnológicos visando o seu aproveitamento. No final sugerem uma agenda de prioridades para futuras pesquisas de desenvolvimento científico e tecnológico. Na continuação do tema, um novo capítulo, "*Materiais silicáticos como fontes regionais de nutrientes e condicionadores de solos*", destacando um novo paradigma, com a mudança de uso de matérias primas convencionais globalizadas para matérias primas alternativas regionais. Localiza também estes materiais (primários e secundários) abundantes no Brasil, justapõe as suas ocorrências com a localização das produções de cana-de-açúcar e soja, que são as duas principais fontes dos biocombustíveis, mostrando a ampla viabilidade do seu aproveitamento regional e finaliza elencando ainda um conjunto de vantagens decorrentes da sua utilização.

Dois capítulos são totalmente dedicados ao meio ambiente, que apresentam, no seu final, um elenco de sugestões, uma agenda de prioridades para implementação. O primeiro "*O meio ambiente na produção de fertilizantes fosfatados no Brasil*" dá-nos uma aprofundada e ilustrativa panorâmica dos diferentes e múltiplos impactos negativos no meio ambiente associados à cadeia produtiva dos fertilizantes fosfatados, que obrigatoriamente devem ser levados em consideração, no planejamento da ampliação da produção de agrominerais. A esperada ocorrência de tais impactos nos futuros empreendimentos torna necessário identificar as ações e medidas que, se implementadas, poderão atenuar este efeito, seja na lavra ou no beneficiamento dos minerais fosfáticos. Estes processos produtivos encontram-se todos no campo dos conflitos, seja pelo uso da terra ou da água e integrados no desenvolvimento sustentável no binômio: conservação e desenvolvimento econômico. Já na etapa de industrialização, o fosfogesso destaca-se como um importante problema, pois: "*constitui significativo passivo ambiental que, mantidas as atuais circunstâncias, deve continuar a crescer na razão direta da expansão da produção, em virtude da rota tecnológica adotada*". Os autores concluem que: "*o papel do desenvolvimento científico e tecnológico pode ser muito mais decisivo na solução dos problemas (...) deve ser tratado de modo amplo e transparente, envolvendo todos os atores interessados – empresas, instituições de ciência e tecnologia, organismos de governo, entidades não governamentais, sociedade civil – e incorporar como pressupostos os princípios de prevenção e precaução*".

O segundo capítulo: "*Fosfogesso: geração, destino, desafios*", centra e desenvolve o tema do rejeito complexo gerado na produção de ácido fosfórico, produto essencial na cadeia NPK dos fertilizantes, mas contendo, entre outros, metais pesados e minerais radiativos. A sua produção no Brasil iniciou-se em 1950 e para cada tonelada de ácido fosfórico geram-se seis toneladas de rejeito, o fosfogesso, gerando atualmente uma produção anual de 5 milhões de toneladas a sua produção anual. Os autores mostram que já atinge 50% a parcela do fosfogesso gerado no Brasil que é descartada no ambiente empurrado pelas empresas produtoras de ácido fosfórico, utilizado principalmente com finalidade agrícola. Neste particular, sem que haja uma avaliação do potencial impacto radiológico na população consumidora dos produtos agrícolas e sem provas da sua eficácia como fertilizante. Mostram ainda que existem pressões dobradas para a ampliação do seu descarte, como material de construção (por exemplo, para a população de baixa renda, ao abrigo do PAC do governo federal), sem que se aplique, nem o princípio da precaução, com seu consequente banimento, nem a proposição, pelos órgãos brasileiros competentes, de padrões e limites quantitativos das mensurações de risco principalmente quanto às emissões radiativas. Em contraste, no resto do mundo desenvolvido, nos Estados Unidos, União Europeia e Japão, os autores referem-se à rejeição deste material, para estradas junto de centros urbanos e habitados devido ao teor de radionuclídeos. Destaca-se nos EUA o banimento do uso do fosfogesso, feito pela *United States Environmental Protection*

Agency (USEPA) em 1992 citando a demolição de conjuntos habitacionais na Flórida, construídos nos anos 60.

Em "A indústria brasileira de fertilizantes (cadeia NPK, enxofre, rocha fosfática e potássio) - projeções de 2010 a 2030" é feito um exercício econométrico - rigoroso, através de sofisticada e adequada metodologia - onde são apresentados resultados de um exercício de projeção de longo prazo, das principais variáveis do mercado de fertilizantes minerais NPK do Brasil. Mostra a necessidade até 2030 de ampla ampliação da capacidade produtiva nacional da indústria do NPK, em todos os seus segmentos produtivos, para atender a um forte crescimento esperado do PIB brasileiro. Há uma expectativa de crescimento pujante do *agrobusiness*, o que significa a necessidade de novos empreendimentos agrominerais em grandes proporções, significando também vultosos investimentos, que até ao presente momento, a iniciativa privada ou estatal está longe de viabilizar. Comparados estes resultados com os obtidos num estudo da ANDA realizado em 2009, verifica-se que são muito semelhantes, apontando as necessidades adicionais em mais 50% da capacidade produtiva atual brasileira.

O tema de agrocombustíveis vem logo em seguida, desenvolvido em três capítulos concatenados: o primeiro trata da agricultura brasileira no que se refere às duas maiores produções direcionadas para biocombustíveis, a cana-de-açúcar e a soja; o segundo, sobre as políticas governamentais brasileiras para os biocombustíveis e, finalmente, o terceiro versa sobre o uso da biomassa como nova fonte energética mundial.

O capítulo "*Um estudo das principais lavouras para a produção de biocombustíveis*", é um texto positivo e afirmativo:

- o Brasil poderá expandir suas plantações tanto para a indústria de alimentos quanto de biocombustíveis (...) confirmando em 2030 um futuro promissor para os agentes envolvidos tanto com a cadeia produtiva do etanol
- o atual sucesso do carro *flex* é fruto dessa experiência adquirida desde a década de 70, com o lançamento do PROÁLCOOL, que incentivou o uso do álcool anidro misturado à gasolina até surgimento dos veículos *flex* em 2003.
- o grande desafio do Brasil é consolidar a liderança na utilização da bioenergia como combustível automotivo.

No decorrer deste capítulo é-nos dado conhecer, tanto para a cana-de-açúcar como para a soja, estatísticas atualizadas e detalhadas sobre a área plantada - nacional e regional - , a estrutura industrial, as esperadas expansões da produção projetadas principalmente para os biocombustíveis, com a incorporação de novas áreas e ainda, os mercados para estes produtos.

O conhecimento referente às "*Políticas governamentais para biocombustíveis*" é de grande interesse e, neste capítulo, nos é dado conhecer as medidas governamentais, baseadas na plena convicção que existem externalidades positivas dos biocombustíveis em relação aos outros combustíveis fósseis, para consolidar a sua produção e uso no Brasil, baseada em suporte à agricultura e à instalação de unidades industriais de produção, à estruturação da cadeia logística e de abastecimento, à definição de normas e padrões de comercialização, ao consumo e à fabricação de veículos. Os diferentes instrumentos de política são também explanados, tal como a definição de mandatos para uso compulsório, políticas fiscais, creditícias e tributárias. Em seguida, listam-se as principais instituições do governo federal relativas aos biocombustíveis. Finalmente, em sua conclusão, o autor afirma que: "*É nítida a relevância da cana-de-açúcar como bem energético e estratégico para o país. Essa posição, conquistada ao longo de anos, serve como modelo para a consolidação do biodiesel no mercado brasileiro, assim como para o desenvolvimento de futuros biocombustíveis, a exemplo do bioquerosene e do biogás, ou mesmos de novas gerações tecnológicas*".

"O uso da biomassa como nova fonte energética mundial" trata intensivamente do uso de biomassa, dissecando o etanol como um novo produto para o mundo, a natureza do funcionamento da cadeia de produção sucroalcooleira no Brasil e a competição entre a produção de matérias-primas agrícolas e energéticas. Em relação a este último item, observa o autor que a utilização de matérias-primas agrícolas,

convencionais ou não, para a produção de combustível em grandes volumes traz, para os países que iniciam este tipo de programa, algumas consequências que não podem ser ignoradas. Observa ainda que: o atendimento deste novo tipo de demanda tende a provocar fortes desequilíbrios, que podem ser globais ou domésticos, nas relações econômicas, ambientais e sociais, que não podem ser desconsideradas pelas autoridades responsáveis pela gestão do novo programa. O autor apresenta uma visão otimista mas contendo algumas advertências em sua análise como mostra o subtítulo final do capítulo: O uso da biomassa como fonte energética é um movimento irreversível e de consequências imprevisíveis!

Um capítulo inteiro fecha o conjunto de capítulos que trata especificamente do Brasil e é dedicado ao "Inventário e cartografia de recursos agrominerais convencionais e alternativos do território brasileiro", com a produção de dois mapas do Brasil que podem ser consultados na internet e/ou em encarte de folha dupla no próprio livro. Os mapas versam sobre: - *Ambientes geológicos favoráveis para agrominerais fontes de P, K, Ca e Mg, direcionado à cartografia das fontes minerais convencionais para produção destes macronutrientes e - Insumos alternativos para a agricultura: rochas, minerais e turfa voltado para a cartografia de fontes alternativas, tais como rochas, minerais e substância húmica (turfa), para aplicação direta na agricultura, com destaque para os insumos utilizados na rochagem.*

Finalmente, três capítulos são inteiramente dedicados a estudos internacionais e foram diretamente encomendados a especialistas estrangeiros O primeiro sobre "*Rochas e minerais como fertilizantes alternativos na agricultura: uma experiência internacional*", onde o autor disserta sobre três fatores básicos que pesam no desempenho dos cultivos, além das características físico-químicas, (o fator rocha), existem as propriedades químicas e físicas dos solos (o fator solo) e finalmente as exigências e necessidades de nutrientes dos plantios (o fator plantio). Atualiza o conhecimento sobre as rochas e os minerais alternativos fertilizantes e relata as aplicações alternativas em um conjunto grande de países do mundo. Os outros dois capítulos são dedicados às questões que se prendem mais com a matriz energética e a produção de biocombustíveis na União Europeia e nos Estados Unidos. No capítulo dedicado à UE: "*A situação energética da União Europeia e o caso particular dos biocombustíveis: diagnóstico actual e perspectivas*", destaca-se que a par das controvérsias quanto à produção de biocombustíveis, no que se refere à segurança alimentar e à questão ambiental, existe uma grande dependência da UE em relação às principais importações das principais fontes de energias não-renováveis e perspectiva do seu agravamento no futuro, o que obrigou a um grande programa de reversão da matriz energética, através do incentivo às energias renováveis, com ênfase nos biocombustíveis, acompanhada de grande esforço de pesquisa e desenvolvimento, existindo aprofundada apresentação de sua meta e resultados parciais. Com "*Biocombustíveis nos Estados Unidos em contexto de mudança*", mostra-se a insustentabilidade do modelo energético dominante desde 1970, apoiado em fontes não-renováveis, como os combustíveis fósseis e o atual dilema dos EUA, o principal produtor e consumidor mundial. Para a transição para um novo modelo, que está em marcha desde o final da primeira década do século XXI, a transição para o uso maior de fontes renováveis como os biocombustíveis, exige-se pesados desafios de natureza tecnológica e de uma contribuição ativa para o combate ao aquecimento global ou a sua atenuação, diminuindo a emissão de gases do efeito estufa. O autor aponta que, no estágio atual da pesquisa tecnológica, a nascente indústria norte-americana de biocombustíveis baseado no milho não é competitiva, só sobrevive por barreiras à concorrência externa e subsídios aos seus produtores. Os biocombustíveis competitivos existem apenas em outros países que não os EUA (predominantemente no Brasil), mas a quebra das barreiras internas e as importações acabariam com o principal pilar da política energética deste país que é a independência energética.

O Brasil requer urgentes e vultosos investimentos industriais em todos os setores da cadeia produtiva dos Agrominerais, de forma que a demanda, incluindo a segurança alimentar brasileira, o programa de exportações do agronegócio e o acelerado desenvolvimento dos biocombustíveis não sejam inviabilizados. Hoje em dia, as decisões empresariais estão nas mãos da Vale e da Petrobrás, que detêm uma participação majoritária na cadeia convencional de NPK, após recentes aquisições das participações dos grupos multinacionais que dominaram a indústria brasileira no último decênio.

Acreditamos que terão uma excelente leitura todos aqueles que tenham acesso a este livro, especialistas do tema, alunos e professores, profissionais e leitores em geral, interessados em aprender ou aprofundar seus conhecimentos sobre os Agrominerais.

A INDÚSTRIA BRASILEIRA DE FERTILIZANTES (CADEIA NPK, ENXOFRE, ROCHA FOSFÁTICA E POTÁSSIO) - PROJEÇÕES DE 2010 A 2030

EDUARDO OGASAWARA¹, YARA KULAIF², FRANCISCO REGO CHAVES FERNANDES³

Introdução

O presente capítulo apresenta a metodologia e resultados de um exercício de projeção de longo prazo (até 2030) das principais variáveis do mercado de fertilizantes minerais do Brasil. Este exercício fez parte de pesquisa para elaboração dos perfis do setor de fertilizantes do Plano Duo-Decenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - PDGMT 2010/2030, proposto e coordenado em 2009 pelo Ministério de Minas e Energia - MME.

Os estudos do PDGMT utilizaram como referência o documento "Elaboração do Plano Duo-Decenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - PDGMT 2010/2030" (MME, 2009), que forneceu o padrão conceitual geral. Segundo este, é objetivo do Plano apontar qualitativamente os principais obstáculos a serem superados para o pleno atendimento das necessidades de longo prazo e projetar quantitativamente as necessidades futuras para o período dos próximos 20 anos.

O documento observa que, embora a análise do passado nos indique que o Brasil nos últimos 25 anos tenha tido uma taxa de crescimento econômico muito baixa, atualmente reúne condições para entrar em um patamar mais alto de crescimento, sustentável para esse horizonte de 20 anos.

Quanto à geração de riqueza e o comportamento do consumo brasileiro entre 2010 e 2030, define o texto a utilização de três hipóteses de cenários para o PIB (que são explanadas mais detalhadamente a seguir), sendo que a hipótese mais otimista, denominada inovadora, indica um cenário que alia estabilidade econômica, reformas e inovação, contemplando taxas de crescimento do PIB entre 5% e 8%.

Para as projeções de longo prazo, uma segunda variável importante utilizada foi o comportamento do crescimento demográfico. Segundo previsão do IBGE, o Brasil deverá alcançar o máximo populacional de aproximadamente 220 milhões de habitantes por volta de 2040, apenas 10 anos após o horizonte do PDGMT.

Metodologia para as projeções de consumo e produção de 2010-2030

Dentre as técnicas existentes para realizar predições, talvez a mais utilizada seja a regressão e suas variantes, como regressões múltiplas. Porém, mais recentemente, outras técnicas lineares, como autoregressão e vetores autoregressivos, vêm sendo usadas com mais frequência.

Estas novas técnicas visam a solucionar problemas. Por exemplo, embora a análise de regressão lide com a dependência de uma variável em relação a outras, que pode ser calculada estatisticamente, não necessariamente existe uma relação causa-efeito entre elas. Da mesma forma, como a especificação da modelagem de regressão é uma tarefa complexa, empírica, não é difícil se deparar com o problema do erro ou de introdução de viés na especificação do modelo, que comumente pode ter sua origem ou na omissão de uma ou mais variáveis relevantes, na inclusão de uma ou mais variáveis desnecessárias, ou ainda na adoção da forma funcional incorreta. A metodologia Box-Jenkins (Box *et al.* 2008), por meio do método ARIMA (Box *et al.* 2008), caracteriza-se por apresentar uma ênfase na análise de séries temporais da variável estimada (Y), permitindo que Yt seja explicada por valores passados, ou defasados, da própria Y e dos

¹ M.Sc. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ). E-mail: eogasawara@cefet-rj.br

² D.Sc. Universidade de São Paulo (USP). Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM/MME). E-mail: yara.kulaif@dnpm.gov.br

³ D.Sc. Universidade de São Paulo (USP). Centro de Tecnologia Mineral (CETEM). E-mail: ffernandes@cetem.gov.br

termos de erro estocásticos. O modelo ARIMA é uma generalização do modelo autoregressivo de média móvel (ARMA) (Gujarati e Porter, 2008). Ele é representado pela notação ARIMA (p, d, q), na qual p é o número de termos autorregressivos, d é o número de diferenças e q é o número de termos da média móvel. No caso de d = 0, tem-se o modelo ARMA (p, q), e no caso em que tanto d quanto q sejam iguais a 0, tem-se o modelo AR(p). O modelo ARIMA (0, 1, 0) é o passeio aleatório *random walk* (Tsay, 2001).

Pode-se tomar como exemplo o consumo de fertilizantes. Neste caso, em vez de se tentar prever diretamente o consumo a partir de outras séries, pode-se prever via método ARIMA o consumo dividido pelo PIB. Esta divisão é um dos diferentes tipos de transformação de séries temporais que podem ser aplicados numa modelagem econométrica (Gujarati e Porter, 2008) e foi comumente utilizada em modelagens de previsão de fertilizantes e de outras substâncias minerais via intensidade de uso (Suslick, 1991, Suslick *et al.*, 1995).

Neste trabalho as previsões foram todas realizadas partindo-se da variável obtida pela divisão do consumo pelo PIB. Esta escolha se justifica pelo fato de já ter sido utilizada no passado e pela necessidade de se estabelecer três perspectivas de previsão vinculadas às diferentes previsões de PIB de 2010 a 2030.

Cenários de PIB adotados

Foram estabelecidos três cenários, quais sejam, um mais conservador, outro médio e um mais otimista, para possibilitar as várias projeções quantitativas do PDGMT. De maneira geral, em sua confecção, seguiram-se as diretrizes propostas no documento base para a elaboração do Plano Duo-Decenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - PDGMT 2010/2030, que estabeleceu:

- Para o Brasil é admitido um cenário mais provável de retomada do desenvolvimento, fundamentado no progressivo amadurecimento da democracia e do processo político, no aprofundamento da estabilização da economia, e na complementação das reformas institucionais.

Desta forma, foram os seguintes os valores propostos de crescimento anual do PIB, segundo os três cenários elaborados (Tabela 1):

Tabela 1 - Cenários para o PIB entre 2010 e 2030.

PIB - Produto Interno Bruto	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
	FRÁGIL: Instabilidade e Retrocessos	VIGOROSO: Estabilidade e Reformas	INOVADOR: Estabilidade, Reformas e Inovação
Média no período 2010-2030 (% a.a.)	2,3	4,6	6,9
- Período 2010 a 2015 (% a.a.)	2,8	4,0	5,0
- Período 2015 a 2020 (% a.a.)	2,5	4,5	6,5
- Período 2020 a 2030 (% a.a.)	2,0	5,0	8,0

Fonte: Mendo (2009).

METODOLOGIA DO MODELO AUTO-REGRESSIVO DE PREVISÃO DE CONSUMO

O processo de obtenção de resultados através do método ARIMA para previsão de séries temporais foi dividido em três atividades básicas:

- análise e transformação das séries temporais.
- ajustamento do modelo Box-Jenkins e previsão preliminar.
- saturação da previsão.

Análise e transformação das séries temporais

As séries temporais podem ser divididas em séries estocásticas estacionárias e não estacionárias. A maioria das variáveis econômicas, dentre elas as de interesse para os fertilizantes, como o PIB, consumo e preço de determinado fertilizante, são consideradas não estacionárias. Para a finalidade de se fazer previsões, as séries não estacionárias têm pouco valor prático (Tsay, 2001). Mas a partir da identificação de uma série não estacionária, podem-se realizar modificações sobre as séries de modo a transformá-las em séries temporais estacionárias (Gujarati e Porter, 2008).

A primeira transformação empregada em todas as séries foi a aplicação do número índice sobre cada série temporal. O objetivo foi igualar as escalas das séries de modo a nivelar as forças dos regressores no modelo de previsão. O ano escolhido como base para o número índice para todas as séries estudadas foi o de 2008. Este processo foi realizado tanto para o consumo de cada fertilizante quanto para o PIB.

A série transformada (consumo/PIB) é não estacionária e possui tendência. Foi necessário retirar a tendência desta série de modo a se poder aplicar a modelagem Box-Jenkins. Para se remover a tendência, calculou-se a regressão linear simples sobre a série transformada e subtraiu-se da série original o valor da regressão. O resíduo da série transformada obtido após se retirar o valor da regressão linear é a série sem tendência. Esta diferença é comumente conhecida como inovação (Gujarati e Porter, 2008). A modelagem Box-Jenkins é feita com base na inovação.

Ajustamento do modelo Box-Jenkins e previsão preliminar

A partir da inovação pode-se calcular a autocorrelação da série. O objetivo da autocorrelação é obter os *lags*, ou seja, o índice dos autoregressores com módulo de autocorrelação (Matlab, 2009) superior a um determinado patamar (por exemplo, 0,2), para se aplicar o modelo Box-Jenkins. Uma vez tendo sido ajustado o modelo ARIMA, pode-se calcular a previsão da inovação para a série temporal e reaplicar a tendência ao modelo. Isto permite a geração da previsão do consumo por unidade do PIB.

Saturação da previsão

Para o cenário inovador, o PIB cresce fortemente (mais de quatro vezes). É de se esperar que a sua componente agrícola, determinando o consumo dos fertilizantes, não cresça nas mesmas proporções do PIB total. Isso já é observado atualmente e, desta forma, é necessário aplicar uma saturação da capacidade de propagação do crescimento do PIB ao consumo dos fertilizantes.

Pode-se adotar o consumo por habitante como *proxy* para a definição do modelo de saturação. Multiplicando-se o PIB saturado pelo valor da previsão saturada do consumo por habitante, tem-se a previsão do consumo efetivo para cada um dos cenários. O modelo de saturação apresentado é baseado na função sigmóide, no qual o consumo por habitante dos EUA foi utilizado como um limiar de saturação para o consumo por habitante do Brasil. A projeção da população do Brasil até o ano de 2030 foi obtida pelo IBGE (2009) e a projeção da população dos EUA até o ano de 2030 foi obtida no U.S. Census Bureau, Population Division (2008).

A função de saturação é sigmóide ajustada pelo método de Newton. Ao final do capítulo, é apresentado, em anexo, um exemplo do processo de cálculo.

CENÁRIO ECONÔMICO DOS FERTILIZANTES

Para situar o contexto da projeção, faz-se referência aqui ao desenvolvimento recente da indústria de fertilizantes.

A configuração do mercado produtor de fertilizantes no Brasil, até o final de 2009, caracterizava-se por:

- um forte oligopólio de três grandes grupos multinacionais (Bunge, Mosaic/Cargill e Yara), sendo que Mosaic e Yara são grandes conglomerados da indústria de fertilizantes internacional e Bunge e Cargill,

conglomerados produtores, processadores e comercializadores de commodities agrícolas no mercado internacional. Estes grupos estavam aliados no Brasil na *holding* Fertifós, que é detentora do controle acionário das grandes produtoras brasileiras de matérias-primas fosfatadas, a saber, Fosfertil, Ultrafertil e Goiasfertil⁴, centrados nos fertilizantes fosfatados a partir da rocha fosfática, mas verticalizados, dominando a cadeia final dos produtos fertilizantes, principalmente a venda aos agricultores.

- diminuição significativa do peso das empresas brasileiras de capital nacional no final da cadeia de NPK, localizadas, principalmente, no segmento independente das misturadoras (cerca de 80 empresas, sendo que a maior delas participa apenas com 2% do total produzido) em relação ao destes grupos multinacionais, que ampliaram assim o seu controle sobre a indústria e conseqüentemente dos preços finais no Brasil dos produtos fertilizantes aos agricultores. Em 2008, a participação conjunta das multinacionais foi de 65%.
- nos outros segmentos da indústria: fertilizantes nitrogenados e potássicos, existia uma situação de duopólio e monopólio, respectivamente, com a Petrobras e a Fosfertil dividindo o mercado do nitrogênio, e a Vale, antiga Companhia Vale do Rio Doce, atuando no potássio.

São mercados de concorrência imperfeita instalados no Brasil que, desde a criação de forte esquema de importações pelas empresas, têm, de forma continuada, controlado os preços e financeirizado o mercado dos produtos (com especulação e volatilização), drenando os rendimentos dos produtores agrícolas com os seus custos crescentes, e se apoderando de quantias avultadas em dólares do comércio exterior pelas importações que elas mesmas promovem. Acrescem ainda os seguintes ingredientes:

- a participação simultânea de dois destes grupos em boa parte das *trading companies* que comercializam internacionalmente os grãos
- a direta consequência desta situação na má qualidade da concorrência nas duas pontas da cadeia da agroindústria faz com que os custos de produção e a competitividade das principais *commodities* produzidas pelo Brasil sejam diretamente afetados;
- uma grande vulnerabilidade nacional, com todos os riscos concomitantes, tanto na segurança no abastecimento das matérias-primas, quanto na segurança alimentar, para um grande país agrícola e produtor de biocombustíveis (Albuquerque e Azambuja, 2008).

Segundo Kulaif (2009), em valores monetários, as necessárias importações para atender ao consumo brasileiro de rocha fosfática, potássio e enxofre já atingiram, em 2008, US\$ 5,1 bilhões, quando em 2007 era de US\$ 1,8 bilhão e em 2006 de US\$ 1,1 bilhão, cifras astronômicas e com acelerado crescimento ano a ano. Em 2008, importaram-se US\$ 3,8 bilhões em potássio, US\$ 0,3 bilhão em rocha fosfática e US\$ 1,0 bilhão em enxofre. Têm-se ainda outras importações, não incluídas neste cálculo, como a do nitrogênio sob a forma de amônia, sulfato de amônia e uréia, além da importação de produtos intermediários para fertilizantes, como os fosfatos de amônio (MAP e DAP). Não se espera elevação destes montantes, em valor, em 2009; ao contrário, a evolução do ciclo descendente de preços das *commodities* sugere baixa acentuada, mas os valores totais tendem a continuar elevados, uma vez que os problemas estruturais que originam esta situação perduram (BM, 2009).

Ficou claro durante 2009, tanto nas enfáticas declarações do Ministro da Agricultura de que não toleraria mais essa situação, quanto numa condenação da atual configuração do mercado pelos órgãos de comunicação, que seriam necessárias imediatas ações e políticas concretas de governo em conjunto com o empresariado nacional (Rodrigues, 2008). O dado novo em 2010, resultado concreto das pressões, foi a forte expansão da Vale no setor, comprando toda a participação dos grupos Bunge, Yara e Mosaic na Fosfertil, além das participações menores da Heringer e da Fertipar na empresa, com a Vale passando a deter 78,9% do capital da empresa (99,81% das ações ordinárias e 68,24% das preferenciais), conforme comunicado da Vale em seu sítio na internet (SMB, 2010). Paralelamente, a Vale também adquiriu outros ativos

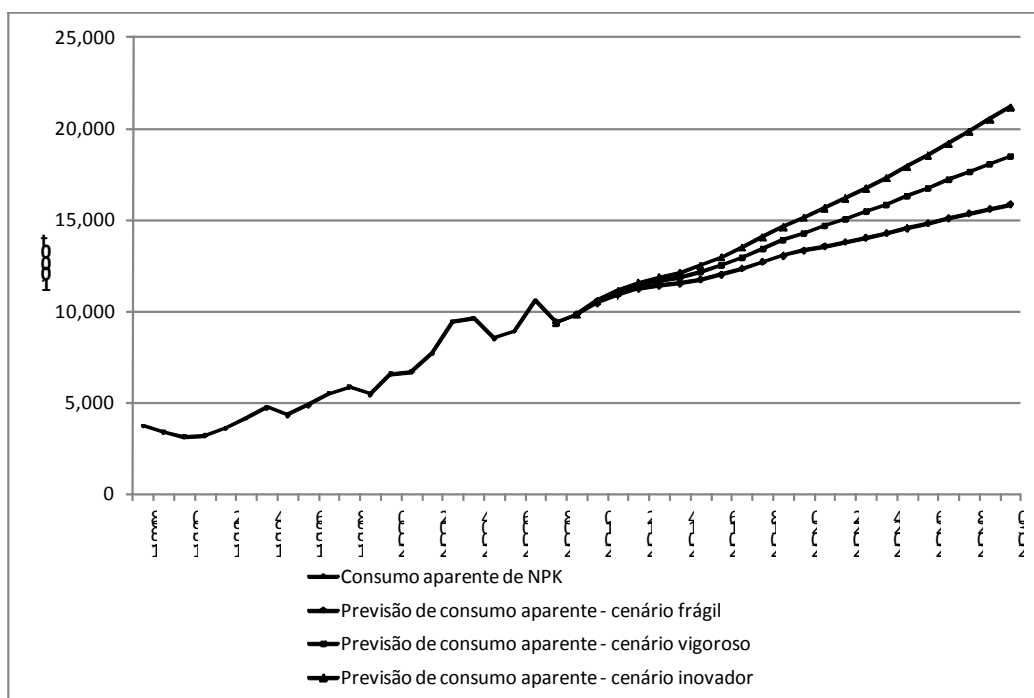
⁴ Ultrafertil e Goiasfertil foram incorporadas à Fosfertil pouco após a privatização.

de produção de matérias-primas e fertilizantes simples da Bunge e Mosaic no Brasil, tendo estas praticamente se retirado da produção de insumos dos fertilizantes NPK, embora continuem atuando com sua estrutura tentacular na rede de vendas de fertilizantes finais ao agricultor brasileiro.

Projeções para 2010-2030 do consumo e do consumo por habitante

As projeções entre 2010 e 2030 foram realizadas calculando-se o consumo efetivo (demanda agrícola) de fertilizantes, medido em toneladas de nutrientes (n) contidos nas “entregas aos agricultores”, conforme estatísticas divulgadas pela ANDA.

Como indicado anteriormente, a projeção do consumo até 2030 (tanto a total quanto a por habitante) considerou três macro-cenários de evolução da economia (Cenário 1: Frágil, com crescimento do PIB de 2,3% a.a.; Cenário 2: Vigoroso, com crescimento do PIB de 4,6% a.a. e Cenário 3: Inovador, com crescimento de 6,9% a.a.), além do padrão de consumo por habitante de nações já industrializadas (no caso, os EUA), como uma proxy do ponto de saturação do consumo por habitante brasileiro. Os resultados obtidos mostraram que o consumo chega a mais do que duplicar no Cenário 3, duplica no Cenário 2 e cresce 70% no Cenário 1.



Fonte: MINERALdata (2010); SMB (2010); MME/DNPM (2009).

Gráfico 1 - Consumo de fertilizantes (NPK), projeções 2010-2030.

Tabela 2 - Projeções do consumo de fertilizantes - 2010-2030 – em 1000 t de nutrientes.

Consumo em 2008 (1000 t de n)		9.387		
Cenários para o crescimento do PIB		Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
% de crescimento médio anual		2,3 % a.a.	4,6% a.a.	6,9% a.a.
Consumo (projetado)	2010	10.458	10.521	10.573
Consumo (projetado)	2030	15.845	18.492	21.167

Fonte: MINERALdata (2010); SMB (2010); MME/DNPM (2009).

Comparados estes resultados com os obtidos no estudo da ANDA (2009a) “*Projeção de Entregas de Fertilizantes no Brasil 2008-2020*”, realizado em 25 de março de 2009, verifica-se que eles são muito semelhantes. Enquanto a ANDA estima para 2020 um aumento de 51,4%, em relação a 2008 nas entregas dos produtos fertilizantes no Brasil, a projeção aqui apresentada obtém, para o mesmo período, um aumento de 41,9%, para o Cenário 1 (Frágil), 52,1%, para o Cenário 2 (Vigoroso) e de 61,2% para o Cenário 3 (Inovador).

Nas projeções do consumo de fertilizantes por habitante (kg de nutrientes/hab/ano), o consumo por habitante brasileiro ultrapassa, desde os primeiros anos da projeção, o consumo por habitante dos EUA. Em 2030 tem-se um consumo por habitante nos EUA de 55,9 kg e um consumo brasileiro de, respectivamente, 73,2 kg, 85,4 kg e 97,8 kg/hab, para cada um dos três cenários, mesmo levando-se em conta a proxy dos EUA no consumo por habitante do Brasil no modelo econométrico.

Projeção (cenários) da produção até 2030

A seguir apresentam-se as projeções para o setor de misturas, as fábricas misturadoras de adubos, que constituem o último elo industrial da Cadeia do NPK. Existem estatísticas anuais, que constituem uma longa série editada pela ANDA, do consumo efetivo de fertilizantes, medido pelas toneladas de produtos e nutrientes (N, P e K) contidos nas entregas aos agricultores das diferentes misturas de fertilizantes. A indústria de base de fertilizantes (matérias-primas e produtos intermediários) requer a existência de fábricas de misturas que processem os diferentes fertilizantes em produtos finais que são classificados em três tipos: a mistura de finos, os granulados de sólidos finos e, finalmente e mais importante, a mistura de granulados. A produção neste elo da Cadeia NPK de produtos finais fertilizantes é sensivelmente igual à demanda da agricultura, ou seja, utilizando-se a nomenclatura da ANDA, iguais às entregas de produtos finais fertilizantes aos consumidores (agricultores), existindo alguns casos de agricultores que são também misturadores (comprando os produtos intermediários), mas tal situação não tem expressão estatística em nível nacional.

Assim, as necessidades de novas expansões da produção interna das misturadoras para atender à demanda interna agrícola no Brasil estão na tabela seguinte. Também foi calculado o investimento necessário para sua instalação, partindo-se de um custo estimado de R\$ 15 milhões para o investimento total de uma unidade de mistura com a capacidade de 300.000 t/ano. Sabe-se ainda que, segundo as estatísticas da ANDA para 2008, 1 tonelada de produto final entregue ao agricultor, em média, corresponde a 2,4 toneladas de nutrientes contidos, e que, portanto, para um custo de R\$ 50,00 por tonelada adicional instalada de produto, tem-se o equivalente a R\$ 120,00 de custo para a capacidade adicionada de uma tonelada em nutrientes. Obtém-se, assim, o valor para o total de investimentos requeridos, apresentados abaixo junto com os de ampliação da capacidade de produção correspondentes para os três cenários da economia.

Tabela 3 - Necessidade de ampliação da capacidade produtiva na cadeia de NPK (em 1000 t de nutrientes) para atender à demanda agrícola de fertilizantes finais.

	Ampliação de capacidade produtiva (1000 t de n)		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Capacidade instalada (2010)	10.000	10.000	10.000
Capacidade instalada projetada para 2030	15.845	18.492	21.167
Ampliação necessária entre 2010 a 2030	5.845	8.492	11.167
Investimento (em milhões de reais)	701,4	1.019,0	1.340,0

Fonte: Elaboração dos autores, a partir de dados primários da ANDA (2009b).

Supondo-se agora que a demanda de bens de capital corresponda a 40% do valor dos investimentos projetados para o período 2010 a 2030, e os serviços de engenharia, a 15%, encontram-se a seguir estimados os correspondentes valores, segundo os três cenários considerados.

Tabela 4 - Estimativa de 2010 a 2030 dos bens de capital e os serviços de engenharia.

Cenários	Investimento total (R\$ milhares)	BC e SE (R\$ milhares)	
		BC	SE
1	701,4	661	105,1
2	1.019,0	407,3	150,0
3	1.340,0	560,0	201,0

Nota: BC = Bens de capital; SE = Serviços de Engenharia.

Fonte: Elaboração própria pelos autores, a partir de dados primários ANDA (2009b).

O BNDES informou, em outubro de 2009, que está pronto para financiar projetos na área de fertilizantes, já que a indústria tem anunciado importantes investimentos para os próximos cinco anos. Entre o segundo semestre de 2008 e o primeiro semestre de 2009, foi liberado pelo BNDES um total R\$ 4,4 bilhões, o que mostra uma aceleração, dado que, ao longo de 2008, as liberações não passaram de R\$ 2,7 bilhões.

Projeções de mão-de-obra no período de 2010-2030

O número total de trabalhadores na produção dos diferentes produtos finais fertilizantes, ou seja, na fabricação de misturas, é de 40.000 empregados, segundo o diretor executivo da AMA, e inclui tanto os trabalhadores das misturadoras integradas quanto das não-integradas. Para uma produção em 2008 de 9.387 mil toneladas de nutrientes contidos nos produtos finais, obteve-se uma produtividade nas misturadoras de 235 toneladas/trabalhador/ano (9,4 milhões de toneladas de nutrientes/ano/40.000 trabalhadores). Se calcularmos os trabalhadores necessários para os acréscimos de produção no período de 2010 a 2030, considerando melhorias de produtividade para os cenários Vigoroso e Inovador, teremos, respectivamente, os valores de 235 toneladas de nutriente/trabalhador/ano para o Cenário 1, 270 toneladas de nutriente/trabalhador/ano no Cenário 2 e, finalmente, no Cenário 3, 300 toneladas de nutriente/trabalhador/ano, conforme apresentado na tabela seguinte.

Tabela 5 - Mão-de-obra na produção de produtos finais fertilizantes nas projeções de 2010-2030.

Cenários	Capacidade instalada (10 ⁶ t/ ano - NPK)			Produtividade t/homem/ano	Novos postos de trabalho	Total de mão-de-obra
	Atual	2030	Adicional			
1	10,0	15,8	5,8	235	24.680	64.680
2	10,0	18,5	8,5	270	31.481	71.481
3	10,0	21,2	11,2	300	37.333	77.333

Fonte: Estimativa dos autores.

Quanto ao perfil da mão-de-obra, trata-se de um segmento produtivo com um processo tecnológico de mera mistura de fórmulas pré-fixadas de produtos intermediários e/ou matérias-primas, exigindo, nas operações de mistura, ensacamento e distribuição, trabalhadores com pouca qualificação.

Considerações finais sobre os produtos finais fertilizantes (NPK)

As projeções para o futuro do agronegócio brasileiro indicam crescimento da área plantada, da produção e da produtividade, mas também apontam fatores críticos capazes de afetar a competitividade das *commodities* brasileiras no mercado internacional. Dentre os mais relevantes insumos, os fertilizantes se destacam pela capacidade de afetar os custos de produção agrícola, influenciando significativamente a competitividade deste setor. Aproximadamente 70% das entregas totais de produtos fertilizantes são utilizadas nos cultivos de soja, milho, cana-de-açúcar e café, sendo que destes apenas o milho é um cultivo para consumo interno. Este milho, porém, é insumo básico para a alimentação animal, que é base da indústria de carnes, grande item da pauta de exportação brasileira.

Em praticamente todos os ramos e segmentos da cadeia de NPK existem insuficiências no mercado, com importações avultadas indicando falta de autonomia e consequente subordinação aos ditames do mercado internacional. Entretanto, encontra-se em andamento no Brasil uma estratégia governamental visando à diminuição da insegurança na produção agrícola, através de novas normas de um marco regulatório, visando a um rápido aumento da oferta nacional de fertilizantes e de suas matérias-primas no subsolo brasileiro.

ENXOFRE

Apenas 490.000 toneladas de enxofre em 2008 foram produzidas no país para um consumo brasileiro total de 2.666.000 toneladas, totalizando 18,4%.

Segundo as estatísticas oficiais da produção mineral no Brasil (SMB, 2010), a produção de enxofre no país advém de três diferentes fontes. A maior parte, 67%, computa o enxofre contido no ácido sulfúrico que é produzido em processos metalúrgicos que tratam minérios sulfetados de ouro, zinco, níquel e cobre; 28% é obtido da remoção de compostos sulfurosos presentes em combustíveis derivados de petróleo, como o diesel e a gasolina; e 5% pela remoção desses mesmos compostos do folhelho betuminoso. As três fontes, portanto, são de sub ou coprodutos de atividades industriais outras que não as de produção de enxofre.

No médio e longo prazo, as perspectivas são de que as exigências legais de caráter ambiental apontem para combustíveis mais limpos, implicando em que o enxofre que é recuperado pela Petrobras a partir do tratamento dos combustíveis apresente um ritmo de crescimento expressivo (mais expressivo), a exemplo do que ocorre nos países desenvolvidos.

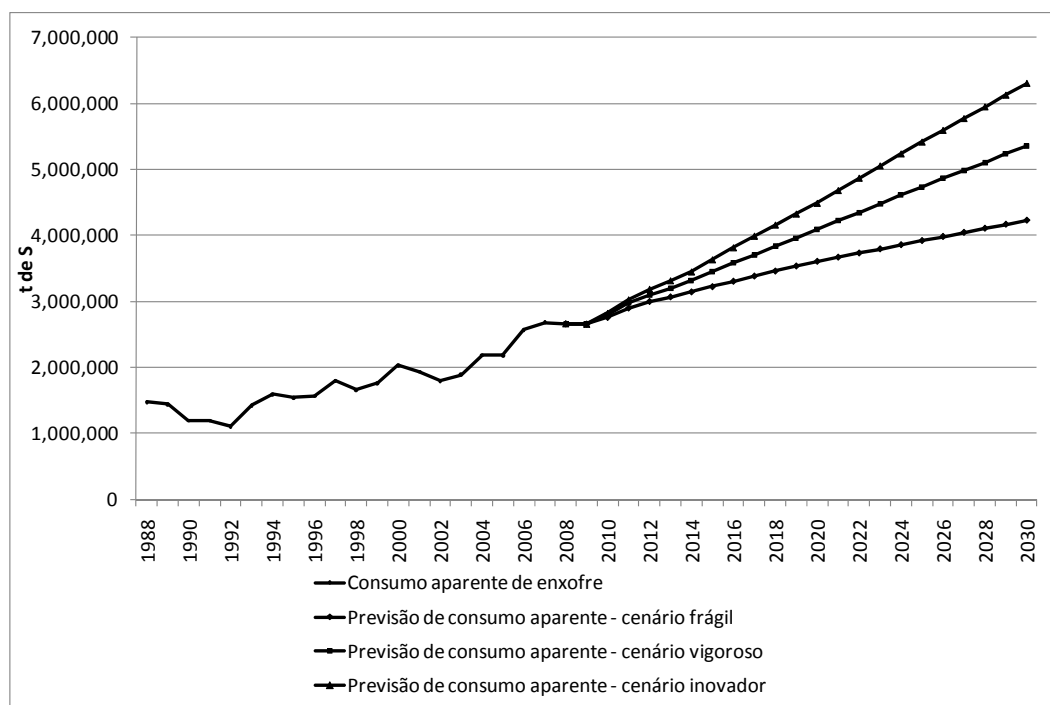
O enxofre tem como uso mais importante a indústria de fertilizantes, perfazendo 82% do consumo brasileiro, sendo um insumo indispensável da cadeia do NPK. Nos últimos 30 anos, de 1978 a 2007, o consumo brasileiro de enxofre praticamente quadruplicou, sendo que o elevado crescimento verificado, bem superior ao crescimento do PIB brasileiro neste período, se deve principalmente à intensificação da produção agrícola brasileira, demandando mais e mais fertilizantes e, consequentemente, maiores quantidades de diferentes matérias-primas e produtos intermediários (como o enxofre).

As importações ficaram predominantemente vinculadas ao consumo das empresas de fertilizantes, com a finalidade de obtenção do ácido sulfúrico. Nos últimos anos, os preços internacionais do enxofre mostraram um comportamento relativamente estável, destoando do comportamento oscilante observado nas principais *commodities* minerais e nas outras substâncias da cadeia do NPK. Apenas no período de junho de 2007 a julho de 2009 os preços do enxofre sofreram forte instabilidade (BM, 2009).

Projeção de consumo de enxofre entre 2010 a 2030

A projeção de consumo de 2010 a 2030 (total e por habitante) considerou três macrocenários para a evolução da economia: o cenário 1, designado por Frágil, com 2,3 % de crescimento médio anual; o cenário 2, designado por Vigoroso, ao qual se arbitrou um crescimento médio anual de 4,6%; e, finalmente, o cenário 3, chamado de Inovador, com 6,9% de crescimento médio ao ano.

Nessas projeções utilizou-se o padrão de consumo por habitante médio de países já industrializados (no caso, os EUA) como uma *proxy* do ponto de saturação do consumo por habitante brasileiro.



Fonte: SMB (2010); MME/DNPM (2009).

Gráfico 2 - Consumo aparente de enxofre, projeções 2010-2030.

O consumo de enxofre projetado para 2030 é cerca de 60% superior ao de 2008 no cenário Frágil, 100% no cenário Vigoroso e 140% no cenário Inovador, mostrando a existência de grandes oportunidades e desafios neste setor. A tabela com as quantidades projetadas e a produção efetiva em 2008 é apresentada a seguir.

Tabela 6 - Projeções do consumo aparente do enxofre no Brasil - 2010-2030 – em t de S.

Consumo aparente (t)	2008	2.666.000 t	
Cenários	Frágil	Vigoroso	Inovador
Crescimento do PIB	2,3 % a.a.	4,6% a.a.	6,9% a.a.
Consumo aparente (projetado) 2010	2.761.983	2.795.931	2.823.867
Consumo aparente (projetado) 2030	4.228.452	5.350.335	6.306.099

Fonte: SMB (2010); MME/DNPM (2009).

Considerando-se que há um descompasso muito preocupante entre a realidade agrícola brasileira, considerando-se o Brasil como um dos maiores produtores do mundo em diferentes culturas agrícolas, e a necessária retaguarda para a sua sustentação, é de se salientar que se torna dramática a projeção das tendências para o futuro, quando só se amplia esse fosso. É também preocupante a situação do elo seguinte do enxofre na cadeia do NPK, qual seja, o ácido sulfúrico, que é a principal matéria-prima de aplicação intermediária na fabricação de diversos produtos, dentre eles, os fertilizantes solúveis (SMB, 2010).

A evolução do consumo por habitante de enxofre no Brasil e nos EUA é apresentada no gráfico seguinte.

No Brasil tem-se hoje um consumo de 14 kg/hab, 50% maior daquele da década de 1980, sendo que, os EUA, com 40 kg/hab atualmente, apresentava um consumo daquela ordem na década de 1940. Na UE-

27⁵, o consumo atual é de 9 kg/hab, enquanto o consumo mundial é da ordem de 7 kg/hab (IFA, 2009; UE, 2009; UN, 2009). Vai sensivelmente diminuindo a distância entre os consumos por habitante nos dois países. Como veremos a seguir, antes de 2030 o consumo por habitante de enxofre no Brasil ultrapassa o dos EUA para os cenários Inovador e Vigoroso.

Projeção (cenários) de produção de 2010 até 2030

Partindo-se de perspectivas gerais com relação às fontes de obtenção de enxofre nos próximos 20 anos no país, considera-se que a fonte mais promissora é a da recuperação do enxofre para atender às leis ambientais cada vez mais exigentes, levando-se em conta, inclusive, a entrada em produção dos novos depósitos de petróleo e gás natural recém-descobertos, incluindo o campo de Júpiter, no pré-sal da Bacia de Santos, que irá entrar em produção no curto prazo.

Com relação a esta fonte, segundo previsões da Petrobras, a carga de petróleo processada deverá passar dos atuais 1,8 milhão de barris para 2,3 milhões de barris em 2013 e 3,0 milhões em 2020, um aumento médio anual de 4,8%, com as novas refinarias, em construção, entrando em produção. E, ainda, estão em estudo projetos para a implantação de outras refinarias para atender ao pré-sal.

Por outro lado, a Petrobras-SIX tem realizado investimentos em São Mateus, no Paraná, para aumento da capacidade de recuperação de enxofre, principalmente nas usinas de reciclagem de pneus e borracha⁶. Acredita-se que, com os investimentos aplicados, haverá um incremento da produção de enxofre a partir do folhelho, após 2009.

Em relação ao enxofre produzido como coproduto de metais, as estimativas das quantidades adicionais previstas ou em implantação (ampliação ou novo projeto) são de que haverá um aumento na produção de enxofre, porém também há indicações de que haja um aumento no consumo de ácido sulfúrico nestes grupos metalúrgicos.

Pesquisa realizada em publicações setoriais, como Brasil Mineral e Minérios & Minerales, SMB (2010) e Albuquerque (2008), apontam, como investimentos recentes em ampliação da capacidade produtiva de enxofre, os seguintes:

A AngloGold concluiu, em 2007, um projeto de US\$ 210 milhões de expansão da mina Cuiabá/MG, estendendo a vida útil do minério aurífero sulfetado até 2012 e ampliando a capacidade de produção de sua planta de concentrado (1,4 milhão/ano) e metalúrgica. A capacidade de produção de ácido sulfúrico foi ampliada, assim, para 260 mil t/ano (86 mil toneladas de S), através de um investimento de 36 milhões de dólares na planta de ácido sulfúrico e ustulação na unidade metalúrgica de Queiroz. Foram produzidas, em 2007, 189.209 toneladas.

A Mineração Caraíba tem planos de se transformar em polimetálica (ouro em Nova Xavantina/MT, ferro vanádio e ferro-gusa do rejeito do beneficiamento, além do cobre no oxidado da pilha adjacente à mina). No cobre, anuncia que irá duplicar a produção da sua mina subterrânea, aprofundando-a, de 650.000 t/ano ROM para 1,3 milhões t/ano ROM e, ainda, também em cobre, desenvolver o projeto de cobre no Pará, da mina Boa Esperança, uma nova mina. Entretanto, haverá consumo de ácido sulfúrico para a lixiviação da pilha de rejeitos. Prevêem-se investimentos de US\$ 254 milhões até 2012.

A Votorantim Metais pretende ampliar a produção de níquel em suas várias frentes: a expansão da unidade de Vazante, de 152 mil toneladas para 200 mil toneladas de concentrado, com investimentos de R\$ 369 milhões e conclusão prevista para 2012; na unidade de Três-Marias, ampliando a produção de zinco, de 180 mil para 260 mil toneladas de zinco, com investimentos de R\$ 394 milhões (SMB 2010; Brasil Mineral; 2009).

⁵ União Européia a 27 países.

⁶ A Petrobras/SIX reaproveita pneus inservíveis no processamento do xisto, obtendo desse material gás, óleo e enxofre. Segundo site da empresa (PETROBRAS, 2010), o volume de pneus adicionado corresponde a 5% do volume total de xisto processado.

Dos novos projetos de produção de minerais metálicos que utilizam o enxofre / ácido sulfúrico como um insumo necessário ao seu processo produtivo, computam-se cinco projetos de cobre e um de níquel, todos localizados no Pará e da Vale (Albuquerque e Azambuja, 2008).

Ainda, é de se referir que se mantém paralisado o projeto de recuperação de enxofre, utilizando como matéria-prima a pirita associada ao carvão de Santa Catarina, que poderia abastecer o empreendimento de Anitápolis na produção de ácido fosfórico. Considerando-se que um fator que tem contribuído para um acréscimo significativo no preço final dos fertilizantes é o elevado custo com o frete, no caso de Anitápolis há a grande vantagem da proximidade entre o município e a região produtora de carvão, que é de cerca de 120 km (SMB, 2010).

Por último, tem-se um recente projeto de pequeno porte na cadeia de NPK do grupo canadense Yamana, que adquiriu a empresa Itafós. Esse deverá instalar em Novo Horizonte/GO um complexo químico industrial para a produção de ácido sulfúrico, aproveitando as 580.000 t/ano de concentrado de pirita recuperado dos rejeitos de minério de cobre, obtendo também ouro e cobre. O concentrado fosfático obtido em Arraias/TO, em jazida de sua propriedade, pela compra da Itafós, será transportado para o complexo, onde serão produzidos a partir de 2012 fertilizantes fosfatados. O município de Novo Horizonte tem localização estratégica em relação ao mercado consumidor do Centro-Oeste e Norte, onde a demanda é crescente em função da expansão da atividade agrícola. O valor total do investimento, sendo parte substancial para o setor de metálicos, atinge a quantia de US\$ 200 milhões.

Entretanto, as expansões em curso ou programadas para os próximos anos (Tabela 7) de produção de fertilizantes fosfatados vão criar novas plantas produtoras de ácido sulfúrico, que demandarão, evidentemente, uma maior quantidade de enxofre.

Tabela 7 - Relação de projetos de investimento (2008-2013) de ácido sulfúrico da indústria de fertilizantes.

Produto	Empresa	Capacidade de produção (em t/ano)			Localização	Prev.	Sit. ⁽¹⁾
		Atual	Futura	Aumento			
Ácido sulfúrico	Fosfertil	1.915.000	2.390.000	475.000	Uberaba-MG	2010	A
Ácido sulfúrico	Fosfertil	0	1.400.000	1.400.000	Patrocínio-MG	2012	A
Ácido sulfúrico	IFC	0	200.000	200.000	Anitápolis-SC	2011	B
Ácido sulfúrico	TOTAL	1.915.000	3.990.000	2.075.000	t de H ₂ SO ₄		

Nota: Sit. - Situação ⁽¹⁾ Estágio do projeto: A = Aprovado/em andamento, B = Planejado/ em estudo.

Fonte: ABIQUIM (ABIQUIM 2009), Brasil Mineral (2009).

Com relação aos resultados obtidos, pode-se comentar que, mesmo admitindo-se um horizonte tão conservador para a produção nacional de enxofre em 2030, a se manterem os níveis de investimentos dos projetos em curso, dificilmente se conseguirá atingir os números projetados.

Considerações finais sobre o enxofre

Apesar de o enxofre ser obtido como coproduto das metalúrgicas de diferentes metais, do petróleo e ainda do xisto betuminoso, as quantidades não são suficientes para atender às necessidades do consumo brasileiro. Há uma dependência quase integral do enxofre importado. As expectativas qualitativas para o futuro não são animadoras, tanto mais estando em curso um grande programa de produção de etanol e de biocombustíveis, que necessitará deste insumo estratégico para a fabricação de fertilizantes, não se vislumbra, até o presente, uma estratégia de governo voltada para o enxofre.

Finalmente, a obtenção de enxofre a partir do aumento das exigências legais de combustíveis mais limpos, diminuindo-se o teor mínimo admissível do enxofre e não protelando prazos acordados, parece ser apenas um paliativo, embora nada desprezível. A entrada de novos empreendimentos minerais com beneficiamento de metais associados à obtenção de ácido sulfúrico no processo também apresenta tendência de ampliação.

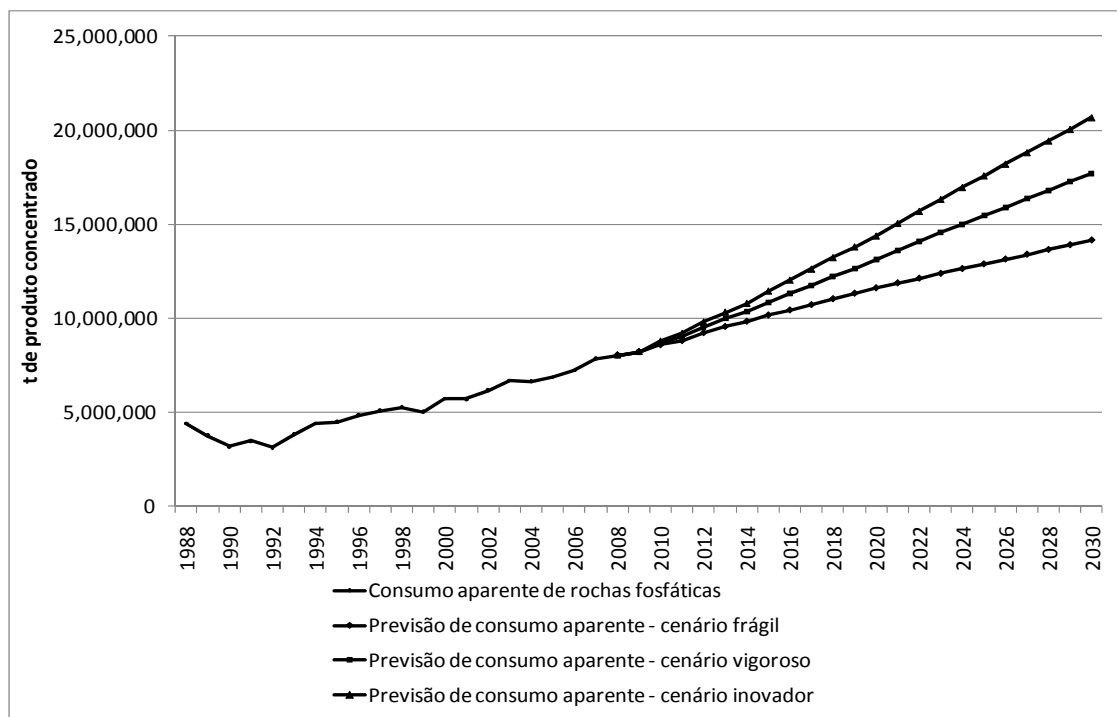
ROCHA FOSFÁTICA

O fosfato (ou concentrado de rocha fosfática) é uma matéria-prima de grande importância porque é um elo-base na cadeia dos fertilizantes químicos NPK, insumo fundamental da agricultura. A produção brasileira de rocha fosfática está localizada nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, próxima aos principais mercados consumidores. Não se trata, como já foi enfatizado antes, de um mercado concorrencial, pois existe forte concentração da oferta. Os preços desta *commodity* no Brasil tendem a refletir os movimentos dos preços internacionais, a que se somam, no Brasil, atividades de formação artificial (especulativa) do preço com estoques elevados, constituídos a partir das compras por importações. Os preços internacionais da rocha fosfática sofreram forte oscilação entre 2007 e 2008 por conta da ação dos especuladores, mas têm gradativamente voltado a valores mais próximos da média histórica dos últimos anos e, segundo estimativas do Banco Mundial, aí permanecerão até 2020 (BM 2009). A produção de rocha fosfática não é intensiva em mão-de-obra, empregando pouco mais de duas mil pessoas, sendo quase a metade destas em regime terceirizado. O uso principal (68%) da rocha fosfática no Brasil é na indústria de fertilizantes, mas há, também, um conjunto grande de outras aplicações, como na alimentação animal e nas indústrias químicas.

Se analisarmos os últimos 30 anos, de 1978 a 2008, o consumo brasileiro de rocha fosfática aumentou cerca de seis vezes. Entre 1990 a 2007, o consumo *per capita* brasileiro passou de 21,5 para 42 kg/hab/ano, quase três vezes menor do que o dos EUA, mas duas vezes maior do que o consumo médio *per capita* mundial.

Projeção de consumo até 2030 (total e per capita)

O consumo aparente de rocha fosfática projetado para 2030 é apresentado a seguir, medido por toneladas de concentrado de rocha fosfática. Como para as outras projeções, a projeção de consumo de 2010 a 2030 (total e *per capita*) considera três macrocenários para a evolução da economia: o cenário 1, designado por Frágil, com 2,3 % de crescimento médio anual; o cenário 2, designado por Vigoroso, ao qual se arbitrou um crescimento médio anual de 4,6%; e, finalmente, o cenário 3, chamado de Inovador, com 6,9% de crescimento médio ao ano. Também foi considerado o padrão de consumo *per capita* médio de nações já industrializadas (no caso, os EUA), como uma *proxy* do ponto de saturação do consumo *per capita* brasileiro.



Fonte: SMB (2010).

Gráfico 3 - Consumo aparente de rocha fosfática, Projeções 2010-2030.

Os resultados obtidos mostram que o consumo chega a mais do que duplicar no Cenário 3 -, Inovador, duplica no Cenário Vigoroso 2 - e cresce 70% no Cenário Frágil - 1. Os dados da sua evolução encontram-se a seguir, tanto em gráfico como em uma tabela sintética.

O gráfico demonstra quantidades substanciais de rocha fosfática que serão requeridas em 2030, entre 14 e 20 milhões de toneladas de concentrado. Seria necessário, então, um acréscimo de 8 a 14 milhões de toneladas para se atingir a autossuficiência (a produção brasileira em 2008 foi de 6 milhões de toneladas), o que seria requerido em novos projetos e ampliações. Como se verá no item seguinte, sobre as expectativas de novos investimentos, os empreendimentos anunciados, mesmo se todos cumpridos, ainda não conseguirão suprir as necessidades do consumo esperado.

Projeção da produção de rocha fosfática até 2030

A projeção da produção de rocha fosfática para atendimento da meta da autossuficiência em cinco anos, ou seja, em 2015, dar-se-ia com a adição de 4 a 5 milhões de toneladas à produção atual de 6 milhões de t/ano, o que corresponderia exatamente ao montante dos novos projetos anunciados, como a seguir discriminados. Para a manutenção dessa autossuficiência no período de 2015 a 2030, seria necessário ainda um novo aporte, entre 5, 7 e 10 milhões de toneladas anuais de concentrado de rocha fosfática para os cenários de crescimento do PIB Frágil, Vigoroso e Inovador, respectivamente.

Há atualmente anúncio de novos projetos e/ou ampliação dos já existentes, ao longo de toda a cadeia de NPK, para começarem a operar entre 2010 e 2015. As empresas Fosfertil, Anglo American⁷, Bunge e Galvani divulgaram projetos e números que, se concretizados, trarão expressivos aumentos da produção nacional e diminuirão sensivelmente a atual dependência.

⁷ O projeto de ampliação da mina de Catalão, em Goiás, em mais de 1 milhão de toneladas, pelo grupo Anglo American, está suspenso, uma vez que este anunciou que irá se retirar dessa atividade no Brasil e em breve estará vendendo a terceiros os seus ativos.

Para os fertilizantes fosfatados, há cinco novos projetos (greenfield): dois projetos na Serra do Salitre, em Patrocínio/MG, um em Anitápolis/SC, outro em Arraias/TO e finalmente um em Santa Quitéria/CE. Das ampliações de empreendimentos já existentes (brownfield) registram-se os de Tapira/MG, Barreiro, em Araxá/MG, Lagamar/MG, Angico Dias/BA e Catalão/GO.

Consolidando estes projetos, apresenta-se a Tabela 10 a seguir com as informações sobre os investimentos previstos para rocha fosfática no Brasil para os próximos cinco anos.

Tabela 10 - Relação de projetos de investimento em rocha fosfática.

Empresa	Capacidade de produção (em t/ano)			Localização	Prev.	Sit. (1)
	Atual	Futura	Aumento			
Fosfertil	0	2.000.000	2.000.000	Serra do Salitre/Patrocínio- MG	2013	B
Fosfertil	2.030.000	2.230.000	200.000	Tapira - MG	2010	A
Fosfertil	1.109.000	1.209.000	100.000	Catalão- GO	2010	A
Bunge	1.000.000	1.350.000	350.000	Barreiro em Araxá- MG	2010	B
Galvani	0	400.000	400.000	Serra do Salitre/Patrocínio - MG	2011	A
Galvani			100.000	Serra do Salitre/Patrocínio - MG	2013	A
Galvani	380.000	900.000	520.000	Lagamar-MG/ Angico Dias-BA	2011	A
Galvani	0	240.000	240.000	Santa Quitéria-CE	2015	A
IFC	0	300.000	300.000	Anitápolis-SC	2011	B
TOTAL	4.519.000	8.729.000	4.310.000			

Nota: * (1) Estágio do projeto: A = aprovado/em andamento, B = planejado/ em estudo.

Fonte: Elaboração dos autores/ABIQUIM (2009), Brasil Mineral (2009).

Os dados mostram que os planos de investimento para rocha fosfática, em implantação ou apenas anunciados, se concretizados, adicionarão 4,3 milhões de toneladas anuais até 2013, significando que o País atingiria a autossuficiência. Mas não existe certeza de que todos eles se concretizarão.

Considerações finais sobre a rocha fosfática

A concentração da oferta de rocha fosfática nas regiões Sudeste e Centro-Oeste deverá se manter para os próximos anos, sendo que, mesmo com uma maior utilização de rochagem ou de materiais alternativos ou de aplicação de rocha fosfática parcialmente acidulada na agricultura, não mudaria o cenário, uma vez que são necessárias jazidas ricas em apatita para sua produção e estas estão concentradas nas regiões produtoras atuais.

Nos últimos seis anos não se ampliaram as reservas brasileiras, mas as projeções de 2010 a 2030, segundo os três cenários da evolução do PIB, indicam que, mesmo sem a adição de novas reservas, estas apresentam o porte necessário para sustentar a autossuficiência. Entretanto, segundo levantamento do DNPM as áreas tituladas com alvarás de pesquisa e com relatórios finais de pesquisa sob análise no DNPM permitem um adicional da ordem de 25% às reservas de rocha fosfática no Brasil, podendo o Brasil até vir a se tornar um exportador.

Acredita-se que o fraco desempenho desta indústria na última década deveu-se, em grande parte, a razões estruturais, à sua organização econômica em concorrência imperfeita, tratando-se de um mercado produtor altamente concentrado, oligopolizado por grandes grupos internacionais, que, ao mesmo tempo em que controlavam as entregas de produtos fertilizantes aos agricultores, mantinham atividades de *traders* na outra ponta da cadeia, qual seja, na produção de *commodities* agrícolas. Recentes modificações no controle acionário das empresas produtoras de matérias-primas e produtos intermediários, com a

compra por uma única empresa (a Vale) de todos os ativos, necessitam de perspectiva para serem avaliadas.

Esforços governamentais estão sendo desenvolvidos para mais bem gerenciar as reservas já existentes e em fase de pesquisa, para efetivar os investimentos prometidos e anunciados pelos grandes grupos, para a melhor utilização dos recursos minerais brasileiros, em nome do interesse nacional. Trata-se de um complexo desafio, dado que no presente momento as cotações dos produtos fertilizantes estão em ciclo de baixa e as expectativas de longo prazo são de estabilização um pouco abaixo dos preços históricos.

Com as aquisições pela Vale ocorridas no início de 2010, recaem sobre esta empresa as decisões de todos os novos projetos listados, com exceção dos da Galvani. Ao longo desse ano de 2010 ocorrerão os anúncios com a confirmação ou modificação dos planos da mineradora para a rocha fosfática no Brasil.

POTÁSSIO

O potássio, junto com o fósforo e o nitrogênio, é componente essencial dos fertilizantes químicos, agrominerais que são matérias-primas que garantem a produtividade agrícola em todo o mundo. Apesar de o potássio ser relativamente abundante nas rochas, as necessidades deste elemento para a produção agrícola no Brasil são de grande monta.

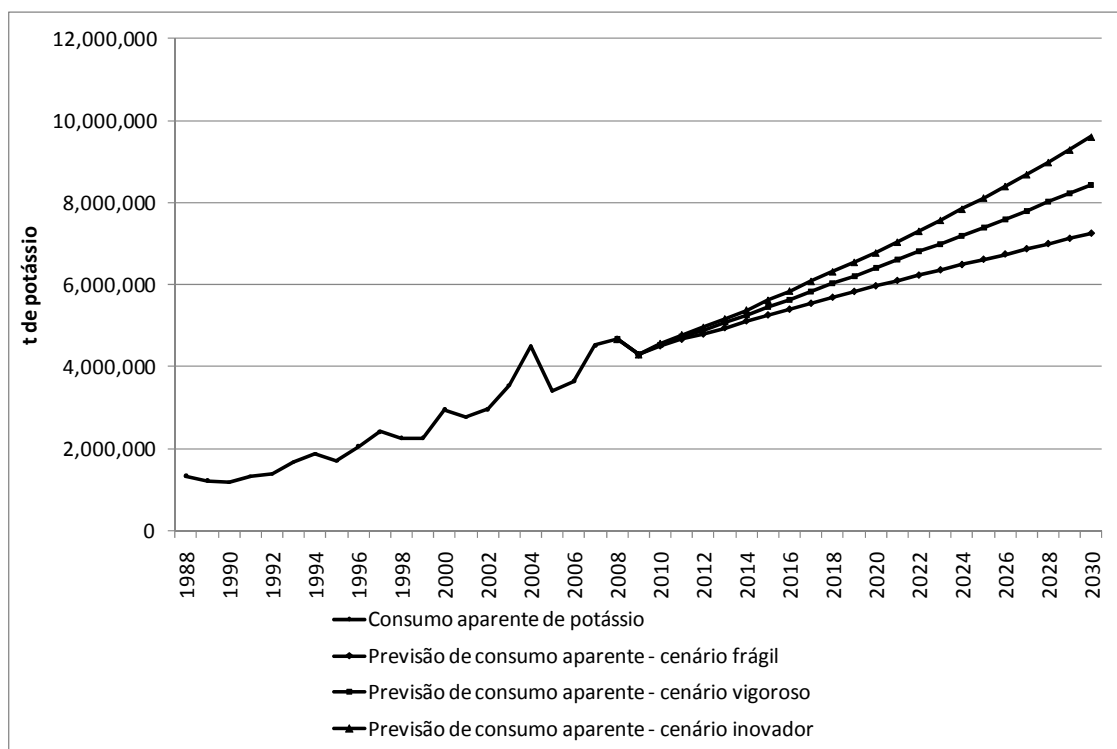
O potássio é produzido no Brasil por uma única empresa, a Vale S/A, porém a capacidade de produção desta empresa só é suficiente para abastecer 9% do consumo nacional. Entre 2005 e 2008, os preços desta *commodity* dispararam, atingindo valores muito altos, tendo praticamente triplicado. Analistas apontam como causas a financeirização do mercado do potássio que, a exemplo de outras *commodities* e especificamente de todas as *commodities* fertilizantes, passou a ser alvo de grandes movimentos especulativos de capitais no mercado de futuros, com o registro em bolsa das principais empresas produtoras e, ainda, das operações de grande vulto dos principais *players* para uma estocagem elevada do produto. Esse processo, porém, se interrompeu com a chamada crise internacional de 2008, sendo que, em meados de 2009, as projeções do Banco Mundial já apontavam para a normalização dos preços do potássio em um nível ainda um pouco menor que os seus preços históricos (BM, 2009).

Para o Brasil, dados da ABIQUIM mostram que 95% do consumo de potássio se dá na produção de fertilizantes e os 5% restantes na indústria química. O Brasil consome anualmente 4,6 milhões de toneladas de potássio (em produto KCL), mas produz apenas 600 mil toneladas. Fontes alternativas de potássio de várias naturezas têm sido estudadas. Esses estudos indicam a necessidade de práticas diversas de aplicação de fertilizantes, como a rochagem, para se buscar novos padrões para a incorporação dos elementos nutrientes aos solos empobrecidos (Chaves, 2010). O consumo *per capita* brasileiro foi, em 2007, de 24,1 kg/hab/ano, valor superior ao dos EUA.

Projeção de consumo até 2030 (total e per capita)

A seguir apresenta-se o consumo aparente projetado, segundo os três cenários, para 2030. O gráfico mostra as quantidades adicionais requeridas de potássio para atender a estas necessidades, segundo cada um dos três cenários.

A projeção de consumo até 2030 (tanto a total quanto a *per capita*) também considera o padrão de consumo *per capita* médio de nações já industrializadas (no caso, os EUA), como uma *proxy* do ponto de saturação do consumo *per capita* brasileiro (MME, 2009; Mendo, 2009). Os resultados obtidos mostram que o consumo mais que duplica no Cenário 3, cresce 90% no Cenário 2 e cresce 70% no Cenário 1.



Fonte: Elaboração própria./ SMB (2010); MME/DNPM (2009).

Gráfico 4 - Consumo aparente de potássio, projeções 2010-2030.

Tabela 11 - Projeções do consumo aparente de potássio 2010 – 2030 em t de K_2O .

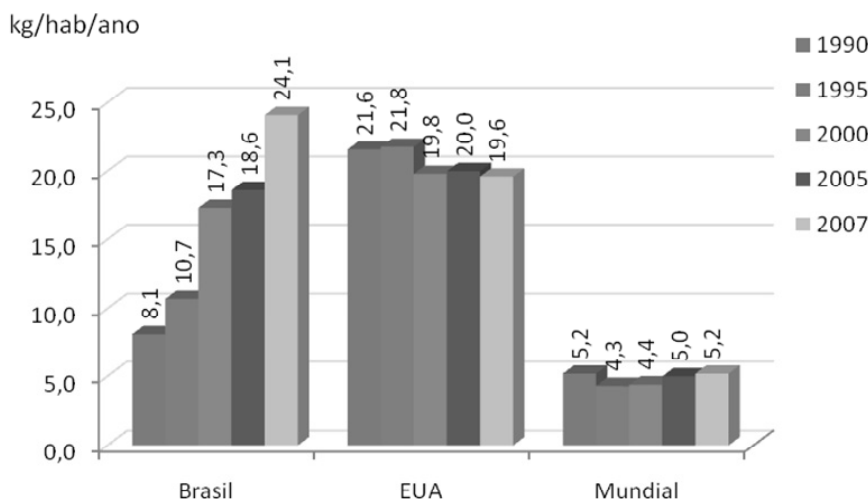
Consumo aparente (t)	2008	4.663.000 t de K_2O		
Cenários	Frágil	Vigoroso	Inovador	
Crescimento do PIB	2,3 % a.a.	4,6% a.a.	6,9% a.a.	
Consumo aparente (projetado) 2010	4.508.565	4.539.240	4.564.371	
Consumo aparente (projetado) 2030	7.246.627	8.427.537	9.602.097	

Fonte: Elaboração própria./ SMB (2010); MME/DNPM (2009).

A tabela mostra que, segundo a projeção, o consumo crescerá em montantes de 3 a 5 milhões de toneladas de K_2O até 2030, atingindo de 7,2 a 9,6 milhões de toneladas de K_2O , dependendo do cenário de crescimento do PIB considerado. O consumo de potássio brasileiro já está entre os três primeiros mundialmente e a tendência é que esta importância se mantenha, o que coloca um desafio de grandes dimensões ao se pensar na segurança de seu abastecimento interno, considerando-se o tamanho da dependência de fontes externas.

Destaca-se que no momento há expectativas de vultosos investimentos em Sergipe e no Amazonas que poderão mudar o panorama atual de insuficiência no médio e longo prazos, através de adição de capacidade produtiva significativa.

Na evolução do consumo por habitante de potássio no Brasil, nos EUA e no mundo, de 1990 a 2007. O gráfico mostra que o consumo per capita brasileiro em 2007 foi de 24,1 kg/hab/ano, apresentando, no período de 1990 a 2007, um aumento de 198%, e tendo, no último ano, ultrapassado os valores dos EUA. As razões que explicam a disparidade no comportamento deste índice é que, no Brasil, as proporções de potássio e fósforo necessárias à fertilização dos solos são bem superiores, e isso se dá tanto pelas características dos seus solos quanto pelo tipo de culturas principais, como soja, cana-de-açúcar e café.



Fonte: Elaboração própria./SMB (2010) - consumo aparente (BR); IBGE (2009) - população (BR); consumo aparente (EUA); U.S. Census Bureau (2008) - população (EUA).

Gráfico 5 - Consumo *per capita* de potássio no Brasil, EUA e no mundo.

Projeção (cenários) de produção até 2030

Partindo-se de um consumo atual de 4,6 milhões de t/ano, as projeções do consumo para 2030 evidenciam que serão necessárias mais 3 a 5 milhões de toneladas de K_2O para atender apenas ao crescimento do consumo aparente, quantidades essas muito significativas, principalmente quando se comparadas com a produção interna atual de apenas 400 mil t/ano. Sendo assim, colocando-se como meta a autossuficiência até 2030, teríamos então uma necessidade suplementar produtiva com novos projetos de 7 a 9 milhões de t/ano de K_2O .

Os dois novos projetos, os únicos assegurados até a presente data (outubro de 2009), a serem executados pela Vale, adicionam 1,7 milhões de t/ano (a mina atual irá subtrair a sua produção em 10 anos porque se extingue) mas estão longe de atender às necessidades do mercado interno. Em 2008 a dependência externa no consumo brasileiro de potássio atingia o recorde de 91% e, aos níveis de consumo brasileiro de hoje, representa apenas a diminuição da dependência em quarenta por cento.

O primeiro projeto, denominado Projeto Carnalita, localizado na mesma sub-bacia Taquari-Vassouras, em Sergipe, da mina em atividade, prevê lavra por dissolução a 1.100 m de profundidade, tem um investimento total estimado em US\$ 844 milhões, vida útil de 40 anos, para uma capacidade de 1,2 milhões de KCl para entrar em operação a partir de 2014. O segundo projeto de potássio, o Projeto Santa Rosa de Lima, pretende explorar silvinita na sub-bacia Santa Rosa de Lima, também em Sergipe, e tem início previsto para 2013. O método de lavra deverá ser por dissolução de fluxo direcional, em um investimento de US\$ 500 milhões, e capacidade para 500 mil toneladas de KCl/ano.

Além desses projetos já aprovados, estão sendo feitos grandes esforços governamentais para o deslanchar de projetos na Amazônia, principalmente em Nova Olinda do Norte, no estado do Amazonas, em uma jazida com reservas de 1,0 bilhão de toneladas e teor médio de 18,5% (teores que variam entre 14,31 a 38,69%), que permitiria a formação de um novo parque industrial no Amazonas, o cloroquímico. Dado o tamanho da jazida, a segunda no mundo em superfície, seria tecnicamente viável, de imediato na primeira fase, uma produção de 2 milhões de t/ano, o triplo da atual produção nacional, a um custo de US\$ 3 bilhões e com um prazo de três anos para a sua implantação. Existem problemas de ordem ambiental e logística, uma vez que a jazida encontra-se em uma região próxima ao rio Madeira, a 1,2 mil metros de profundidade, contabilizando milhões de toneladas de rejeito. A vida útil estimada para as reservas é de 500 anos.

O recurso às importações pelo Brasil deverá se manter ao longo do período em análise (2010-2030), a menos que se amplie o quadro de novos projetos, porque a dimensão anunciada para o ainda hipotético projeto de Nova Olinda no Amazonas (2,0 milhões de t), somado aos dois novos projetos de Sergipe de 1,7 milhões de toneladas de potássio, e os projetos alternativos, que são de pequeno porte, totaliza uma quantidade adicional à produção brasileira de cerca de 3,7 milhões de toneladas ao fim dos próximos cinco anos, insuficiente para atender à demanda. O hiato, a insuficiência em potássio, é em 2008 de 4 milhões de t/ano.

Considerações finais sobre o potássio

Reveste-se de grande importância, assim, a necessidade de se investir em pesquisas geológicas e tecnológicas no sentido de viabilizar no Brasil a descoberta e desenvolvimento de recursos geológicos não tradicionais (jazidas a grandes profundidades e/ou *off-shore*) e, também, das pesquisas agrônômicas voltadas para a diminuição do consumo dos fertilizantes potássicos, aumentando o aproveitamento dos fertilizantes aplicados.

Com o novo posicionamento da Vale no mercado brasileiro de fertilizantes, espera-se que também no potássio sua estratégia torne-se mais agressiva e pró-ativa, o que poderia proporcionar uma dimensão mais otimista para o abastecimento interno desses imprescindíveis insumos do agronegócio.

Referências bibliográficas

- ABIQUIM (2009), Guia da Indústria Química. Associação Brasileira da Indústria Química - ABIQUIM. São Paulo.
- ALBUQUERQUE, G. D. A. S. D., AZAMBUJA, R. S.(2008), "Capítulo 6 – agrominerais: enxofre", Rochas e minerais industriais, 2ª edição. Centro de Tecnologia Mineral – CETEM. Rio de Janeiro, p. 320-339.
- ANDA (2009a), Projeção de entregas de fertilizantes no Brasil 2008-2020. Associação Nacional para Difusão de Adubos - ANDA. São Paulo.
- ANDA (2009b), Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes. Associação Nacional para Difusão de Adubos - ANDA. Vários anos. São Paulo.
- BM (2009), Commodity price data, development prospects group. Banco Mundial (BM). Url: <http://econ.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTDEC/EXTDECPROSPECTS/0,,contentMDK:21148472~menuPK:538204~pagePK:64165401~piPK:64165026~theSitePK:476883,00.html>.
- BOX, G. E., JENKINS, G. M., REINSEL, G. C. (2008), Time series analysis: forecasting and control. 4 ed. Wiley.
- BRASIL MINERAL (2009), AS MAIORES empresas do setor mineral. Brasil Mineral. Ano XXV. n. 287. São Paulo.
- CHAVES, A. P. (2010), "Rotas tecnológicas convencionais e alternativas para a obtenção de fertilizantes", Agrominerais e Biocombustíveis, CETEM – Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro
- GUJARATI, D. N., PORTER, D. C.(2008), Basic econometrics. McGraw-Hill New York.
- IBGE (2009), Projeção da população do Brasil por sexo e idade para o período 1980-2050 (Revisão 2008). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Rio de Janeiro.
- IFA, (2009), World sulphur: statistics by country, in 1000 tonnes P2O5. Production and International Trade Committee. The International Fertilizer Industry Association – IFA. França, <http://www.fertilizer.org>.
- KULAIF, Y.(2009), Relatório Técnico 75: Perfil dos Fertilizantes N-P-K. Plano Duo-Decenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - PDGMT 2010/2030.
- MATLAB (2009), The Mathworks MatLab & Simulink, <http://www.mathworks.com/>.

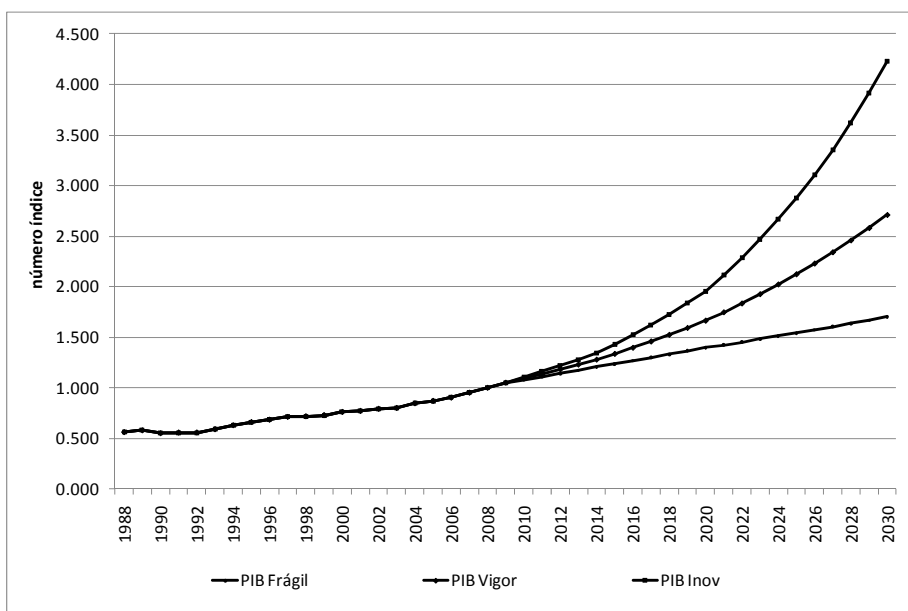
- MENDO, J. (2009), Relatório Técnico 01: Histórico e perspectivas de evolução macroeconômica setorial da economia brasileira a longo prazo. Elaboração do Plano Duo-Decenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - PDGMT 2010/2030. Ministério de Minas e Energia - MME. Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM. Brasília.
- MINERALdata (2010), Séries históricas do setor mineral brasileiro, <http://w3.cetem.gov.br:8080/mineral-data>.
- MME (2009), Elaboração do Plano Duo-Decenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. PDGMT 2010/2030. Perspectiva Mineral. Url: http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/publicacoes/Perspectiva_Mineral/Perspectiva_Mineral_n_1_07-julho-2009.pdf.
- MME/DNPM (2009), Prévia da indústria mineral 2009-2008. Ministério de Minas e Energia - MME. Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM. Brasília, 2009. Url: http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/publicacoes/Previa/Previa_da_Industria_Mineral_2009_2008.pdf.
- RODRIGUES, A. F. D. S. (2008), Agronegócio e mineralnegócio: relações de dependência e sustentabilidade. Informe Mineral, v.8, p. 28 a 47. 2o Semestre de 2008. Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM. Brasília. Url: http://www.dnpm.gov.br/mostra_arquivo.asp?IDBancoArquivoArquivo=3116.
- SMB (2010), Sumário Mineral Brasileiro. Departamento Nacional da Produção Mineral. Departamento Nacional da Produção Mineral. Vários números, desde o número 1, em 1970 e a última publicação em 2008. ano-base 2007. Url: <http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=68&IDPagina=64>.
- SUSLICK, S. B. (1991), "Previsão do Consumo de Alumínio Primário no Brasil por meio de Modelos de Intensidade de Uso", Revista Brasileira de Geociências - São Paulo - SP, v. 21, n. 3, p. 275-284.
- SUSLICK, S. B., HARRIS, D. P., ALLAN, L. H. E. (1995), "SERFIT: An algorithm to forecast mineral trends", Computers & Geosciences, v. 21, n. 5 (Jun.), p. 703-713.
- Tsay, R. S. (2001), Analysis of Financial Time Series. 1 ed. Wiley-Interscience.
- U.S. Census Bureau (2008), Current population reports. US Population.
- UE, (2009) Portal de estatísticas EUROSTAT: população, PIB e outros, somatório UE, e por cada país da UE-27, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home>.
- UN (2009), World population prospects: the 2008 revision population database. United Nations Population Division. United Nations - UN. Nova Iorque.

ANEXO – EXEMPLO DE CÁLCULO DE PROJEÇÕES

A seguir é apresentado o processo de previsão utilizado para as séries temporais de fertilizantes. A primeira etapa é a de transformação de dados. A segunda etapa é a de ajustamento do modelo. A terceira etapa é a de saturação via *proxy* do consumo de nações desenvolvidas.

Transformação para número índice

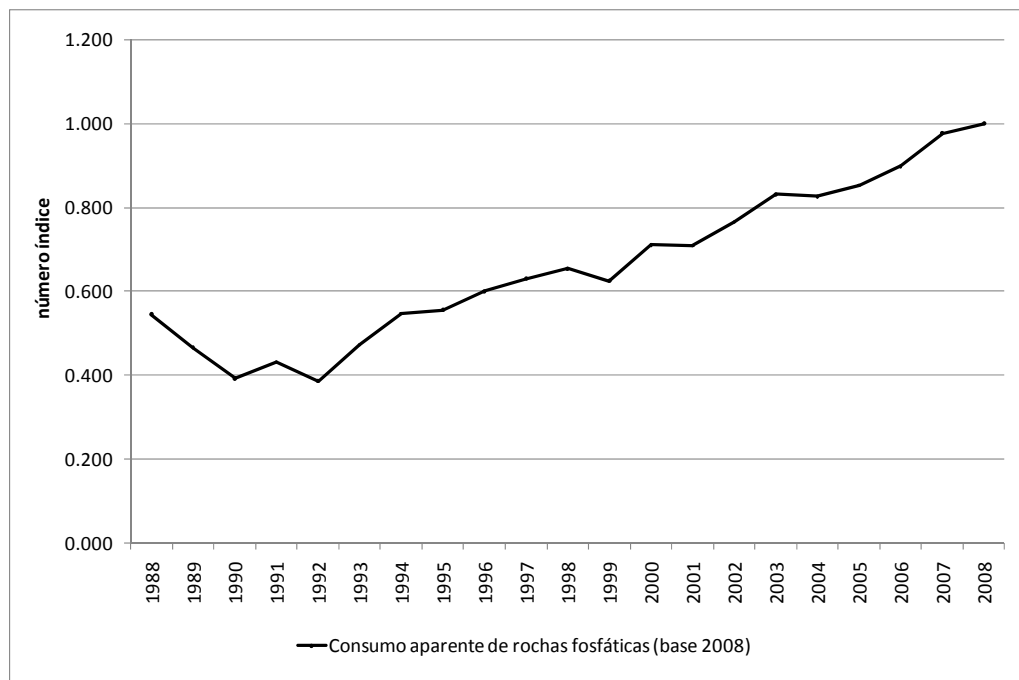
A primeira transformação realizada consiste em aplicar o número índice em cada série temporal. O objetivo é igualar as escalas das séries de modo a nivelar as forças dos regressores no modelo de previsão. Em cada série, todos os valores são divididos por um número fixo daquela série. Este número é o valor da série em um determinado ano e o ano escolhido para todas as séries estudadas foi o de 2008.



Fonte: IPEADATA (2009).

Gráfico A1 - PIB (ano base 2008).

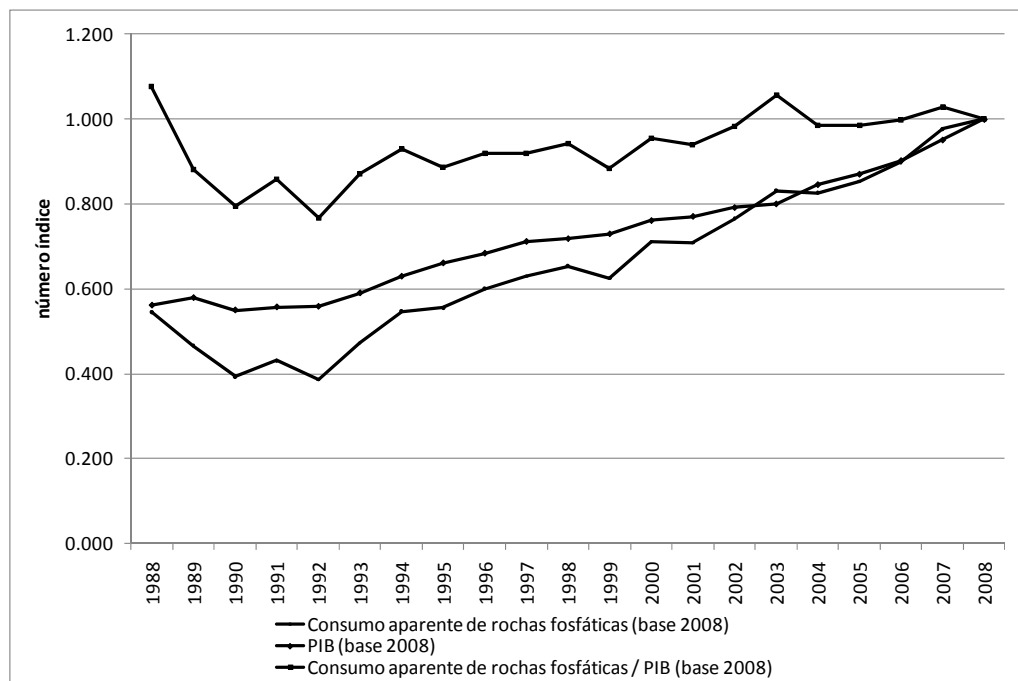
O mesmo processo foi realizado sobre o consumo de cada fertilizante e consumo por habitante, mas, por uma questão de espaço, neste texto apenas o exemplo de consumo de rocha fosfática é apresentado.



Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados primários do IPEADATA (2009) e MINERALDATA (2009).

Gráfico A2 - Consumo aparente de rocha fosfática (ano base 2008)

A partir destas transformações, pode-se realizar um paralelo entre o PIB, o consumo aparente de rocha fosfática e a série transformada pelo PIB.

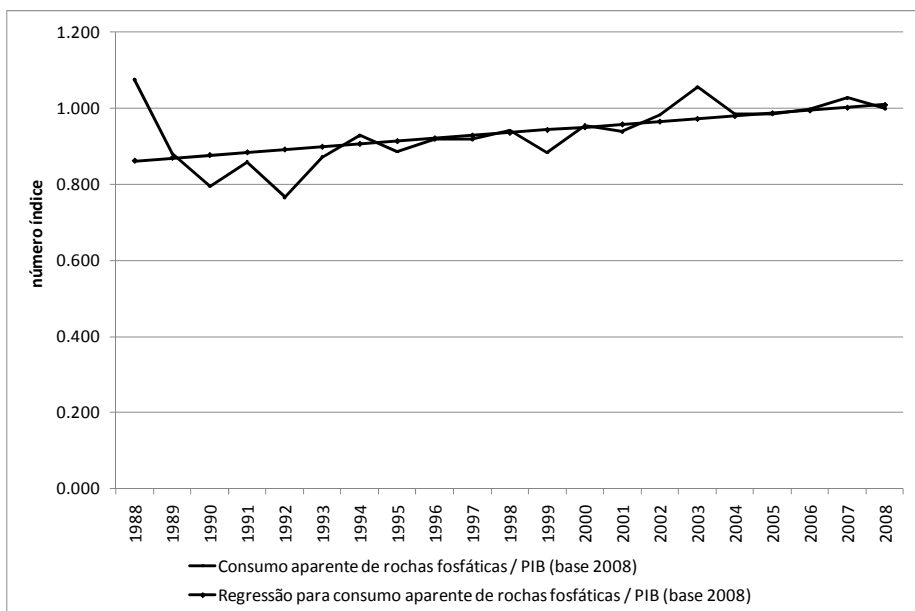


Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados primários do IPEADATA (2009) e MINERALDATA (2009).

Gráfico A3 - Consumo aparente de rocha fosfática pelo PIB.

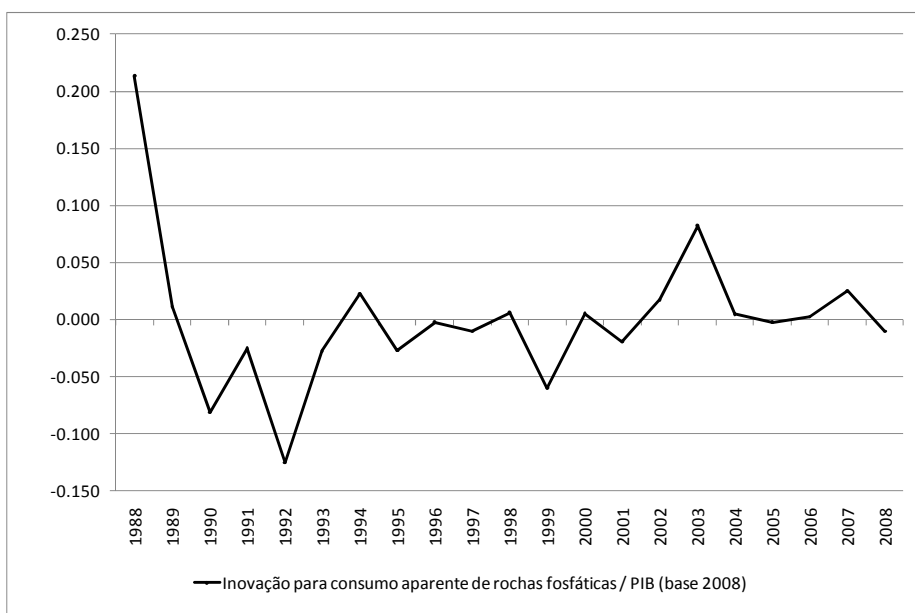
Pode-se observar que a série transformada (consumo aparente/PIB) é não estacionária e que possui tendência. É necessário retirar a tendência desta série de modo a se poder aplicar a modelagem Box-Jenkins. Para se remover a tendência, basta calcular a regressão linear sobre a série transformada.

Gráfico A4 se subtrair a série original do valor da regressão. O resíduo da série transformada pelo valor da regressão linear é a série sem tendência. Esta diferença é comumente conhecida como inovação (Gujarati e Porter, 2008). A modelagem Box-Jenkins é feita em cima da inovação.



Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados primários do IPEADATA (2009) e MINERALDATA (2009).

Gráfico A4 - Regressão linear do consumo aparente de rocha fosfática pelo PIB.



Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados primários do IPEADATA (2009) e MINERALDATA (2009).

Gráfico A5 - Inovação do consumo aparente de rocha fosfática pelo PIB.

Modelo Box-Jenkins para previsão de fertilizantes

A partir da inovação (Gráfico A5) pode-se calcular a autocorrelação da série. O objetivo da autocorrelação é obter os lags para se aplicar o modelo Box-Jenkins.

Pode-se observar que o *lag* é igual a dois para esta série e o ajustamento do modelo Box-Jenkins é feito em cima desta configuração. Uma vez tendo sido ajustado o modelo Garch, pode-se calcular a previsão da inovação para série temporal e se reaplicar a tendência de volta. Isso permite gerar a previsão do consumo aparente pelo PIB, que pode ser obtido pela multiplicação do PIB previsto pelo valor da previsão. A partir da modelagem via Box-Jenkins pode-se realizar a previsão preliminar (Gráfico A6 - Autocorrelação da inovação).

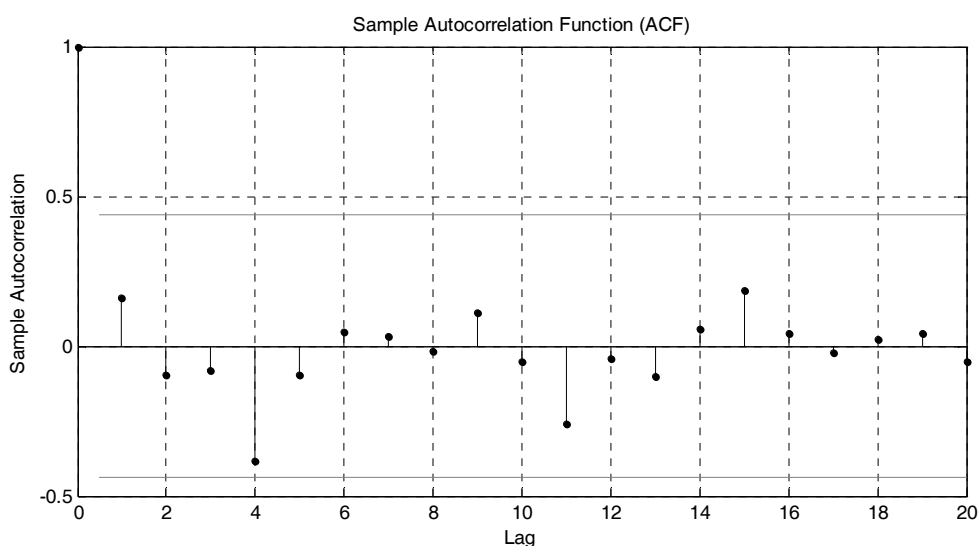
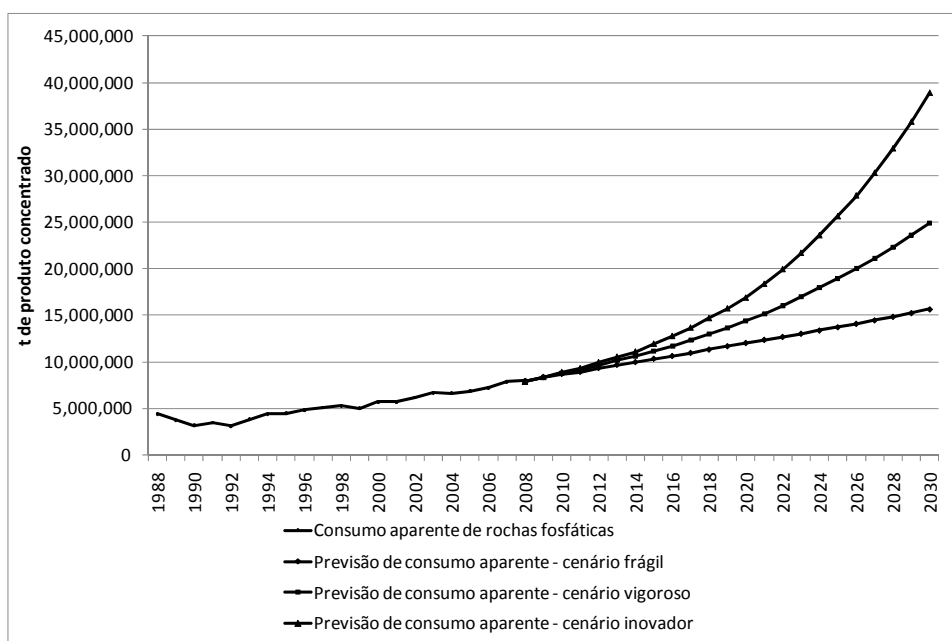


Gráfico A6 - Autocorrelação da inovação.



Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados primários do IPEADATA (2009) e MINERALDATA (2009).

Gráfico A7 - Previsão preliminar.

Saturação do modelo

Na Gráfico A7 pode-se observar que, no cenário inovador, o PIB cresce fortemente (mais de quatro vezes). É de se esperar que a sua componente agrícola, parte intimamente ligada aos fertilizantes, não cresça nas mesmas proporções do PIB como um todo. Isso já é observado atualmente. Desta forma, é necessário aplicar uma saturação da capacidade de propagação do crescimento do PIB ao consumo dos fertilizantes. Entretanto, a saturação deve seguir um modelo.

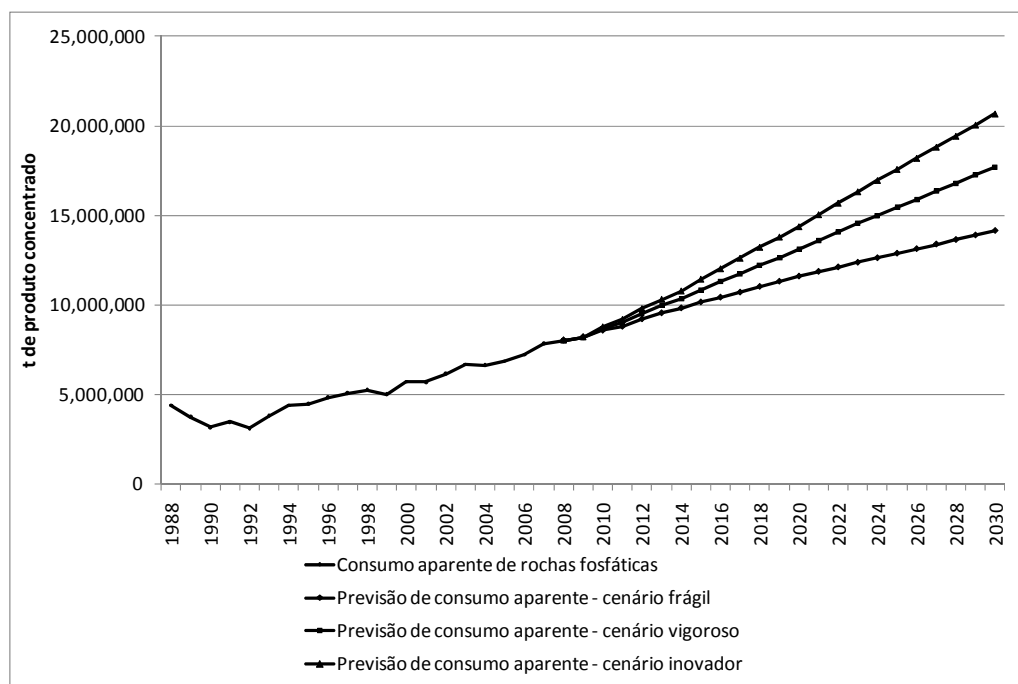
O modelo de saturação apresentado é baseado na função sigmóide, definida como $f(x) = \frac{1}{1+e^{-\lambda x}}$ para todo x real. O nome sigmóide vem da forma em S do seu gráfico. Ela é obtida pela solução da seguinte equação diferencial: $\frac{dy}{dx} = \lambda(y)(1-y)$, com y entre 0 e 1. A função sigmóide pode ser escrita como:

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-\lambda x}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \tanh\left(\frac{\lambda x}{2}\right).$$

Desta forma, pode-se estabelecer um limiar de saturação da previsão, regido pela seguinte equação:

$$\text{Previsão Ajustada} = \text{Valor em 2008} * e^{\frac{\tanh(c \cdot \ln(\frac{\text{Previsão Original}}{\text{Valor em 2008}}))}{a}}$$

A constante c é obtida pelo melhor ajustamento do modelo aos dados passados segundo o método de Newton-Raphson (Burden e Faires, 1994). Com este ajustamento, a previsão passa a ficar saturada, conforme apresentado no Gráfico A8.



Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados primários do IPEADATA (2009) e MINERALDATA (2009).

Gráfico A8 - Previsão saturada para a rocha fosfática.