



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

**Análise da disponibilidade e custos de
produção dos fertilizantes fosfatados no
Brasil**

David Siqueira Fonseca

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS - CCS

DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO

Curso de Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos
Setores Energético e Mineral

Rio de Janeiro,
Maio de 2017.



David Siqueira Fonseca

**Análise da disponibilidade e custos de produção dos
fertilizantes fosfatados no Brasil**

Trabalho de Conclusão de Curso

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral, apresentada ao programa de pós-graduação *lato sensu* em Administração da PUC-Rio como requisito parcial para a obtenção do título de especialista em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral.

Orientador: Carlos Roberto de Castro Gonzalez

Rio de Janeiro,

Maio de 2017.

Resumo

Fonseca, David Siqueira. Análise da disponibilidade e custos de produção dos fertilizantes fosfatados no Brasil. Rio de Janeiro, 2017. 35 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral – Departamento de Administração. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O Brasil é um dos maiores produtores agrícolas do mundo e os fertilizantes foram essenciais para os ganhos de produtividade do setor. Na cadeia do NPK os fertilizantes fosfatados participam com produtos como superfosfato simples, triplo, MAP e DAP que exigem a extração da rocha fosfática, sua concentração e posterior processo químico-industrial de fabricação com outros insumos como enxofre e amônia. O Brasil possui depósitos de fosfato e produz amônia, mas não enxofre, sendo necessária sua importação. Os custos de produção do concentrado no país têm sido bastante competitivos, e provavelmente também o dos outros produtos da cadeia, favorecendo que haja a pesquisa e desenvolvimento de novas minas de fosfato e plantas de fertilizantes no país.

Palavras- chave

Fertilizantes, Rocha Fosfática, Enxofre, Amônia, Custos

Abstract

Fonseca, David Siqueira. Availability and Production Cost Analysis of Phosphate Fertilizers in Brazil. Rio de Janeiro, 2017. 35 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Especialização em Políticas Públicas e Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral – Departamento de Administração. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Brazil is one of the world's largest agricultural producers and fertilizers were essential for productivity gains in the sector. In the NPK chain, phosphate fertilizers participate with products such as single and triple superphosphate, MAP and DAP, which require the extraction of phosphate rock, its concentration and subsequent chemical-manufacturing process with other inputs such as sulfur and ammonia. Brazil has phosphate deposits and produces ammonia, but not sulfur, and should import it. The production costs of the concentrate in the country have been very competitive, and probably also the other products of the chain, favoring the research and development of new phosphate mines and fertilizer plants in the country.

Key-words

Fertilizer, Phosphate Rock, Sulfur, Ammonia, Costs

Sumário

1. O problema	1
1.1. Introdução	1
1.2. Objetivo Final	2
1.3. Delimitação do Estudo	2
1.4. Relevância do Estudo	2
2. Referencial Teórico	4
2.1. Fertilizantes e sua importância	4
2.2. A cadeia de fertilizantes fosfatados	4
2.3. Tipos de depósitos de fosfato e seu aproveitamento	6
2.4. Características da indústria de fertilizantes	8
2.5. Custos na mineração	8
3. Metodologia	10
4. Resultados	11
4.1. Reservas e produção de fosfato	11
4.2. Insumos amônia e enxofre (ácido sulfúrico)	13
4.3. Comércio exterior	15
4.4. Investimentos, custos, preços e logística	17
5. Conclusão	30
6. Bibliografia	33

Lista de figuras

Figura 1: A cadeia de fertilizantes fosfatados.....	5
Figura 2: Esquema simplificado da cadeia produtiva.....	8
Figura 3: Mapa com a localização dos principais depósitos de fosfato de origem alcalina no Brasil.....	12
Figura 4: Comparativo da evolução dos custos de extração da rocha no Brasil, Flórida e Marrocos.....	19
Figura 5: Custos de produção de rocha fosfática no mundo - 1985.....	20
Figura 6: Custos CFR do MAP e custo de produção da Vale em 2015.....	27
Figura 7: Unidades de mineração e industriais da Vale Fertilizantes.....	28
Figura 8: Rede ferroviária da região sudeste.....	29

Lista de Tabelas

Tabela 1: Fatores técnicos dos fertilizantes fosfatados.....	6
Tabela 2: Diferenças entre o minério brasileiro e o de outros países.....	6
Tabela 3: Pauta de importações de produtos fosfatados.....	16
Tabela 4: Custos de produção de projetos situados na África.....	21
Tabela 5: Possíveis custos de operação para a mina de Arraias-TO.....	22
Tabela 6: Custos operacionais do projeto Santana da MBAC para a produção de SSP.....	22
Tabela 7: Comparação entre o investimento em uma nova mina de fosfato e o retorno.....	23
Tabela 8: Preço da rocha fosfática importada do Marrocos para o Mali (US\$/t) em 2012.....	24
Tabela 9: Custos de importação de fertilizantes para o Brasil.....	24
Tabela 10: Comparação entre o custo do concentrado importado com o produto nacional.....	25
Tabela 11: Composição dos custos de fabricação da Vale Fertilizantes.....	26

1. O problema

1.1. Introdução

O agronegócio é um dos setores mais importantes da economia brasileira, responsável por cerca 23% do PIB (Confederação Nacional da Agricultura, 2016). Com produtos de destaque como soja, café, açúcar, suco de laranja, algodão, carne bovina e de frango, o país também possui grande possibilidade de expansão de sua área agropecuária podendo ser em breve o maior produtor mundial de alimentos. No chamado Desafio 2050, a FAO-ONU considera que o Brasil pode contribuir com 40% do crescimento global de alimentos até 2050, quando a população mundial deve alcançar nove bilhões de pessoas.

Dentre os fatores responsáveis por essa potência agropecuária pode-se citar a disponibilidade natural favorável (terra, água, energia solar e clima), pesquisa tecnológica, recursos humanos, financiamentos e os fertilizantes, que possibilitaram a expansão da fronteira agrícola para o Cerrado, caracterizado por solos ácidos e empobrecidos em nutrientes, assim como promoveram uma maior produtividade nas áreas já plantadas, minimizando o desmatamento. Segundo a Associação Nacional para Difusão de Adubos/ANDAs, em 2015, foram consumidos 30,2 milhões de toneladas de fertilizantes, o que coloca o país como um dos maiores consumidores mundiais. Da cadeia do NPK, ainda segundo a ANDA, o Brasil em 2015 produziu 46% dos fertilizantes fosfatados consumidos, 22% dos fertilizantes nitrogenados consumidos e 5% dos fertilizantes potássicos consumidos.

Para suprir o restante da demanda a importação tem gerado déficits anuais na balança comercial de mais de 10 bilhões de dólares, considerando toda a cadeia do NPK. Essa dependência levanta questões sobre vulnerabilidade e riscos para a manutenção da competitividade do agronegócio tendo em vista que, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento/ CONAB, os fertilizantes foram responsáveis por 27,8% dos custos de produção da soja no período entre as safras de 2007/8 a 2015/16.

Na cadeia do NPK os fertilizantes fosfatados compõem produtos como superfosfato simples e triplo, que exigem, como matéria-prima, rocha fosfática e enxofre (ácido sulfúrico) e MAP e DAP que exigem rocha fosfática, enxofre (ácido sulfúrico) e nitrogênio (nitrato de amônia). Esse cenário coloca o Brasil

como potência mundial do agronegócio, mas a alta dependência de fertilizantes tem preocupado o Governo, a sociedade e os agricultores.

1.2. Objetivo Final

O trabalho objetiva analisar a cadeia dos fertilizantes fosfatados no Brasil e os problemas relacionados de modo a responder as seguintes perguntas:

1) O Brasil possui suficientes matérias-primas para conquistar a autonomia na produção de fertilizantes fosfatados? 2) Quais os custos associados a essa produção?

1.3. Delimitação do Estudo

O estudo limita-se somente à cadeia dos fertilizantes fosfatados e não a todos os fertilizantes, portanto, não serão abordados potássio nem alguns produtos da cadeia do nitrogênio, como a ureia, por exemplo.

Apesar de inúmeros trabalhos sobre o mercado de fertilizantes e sua relação com o crescimento do agronegócio, pouco se comenta sobre o tema deste trabalho, que será abordar sobre as disponibilidades de matéria-prima e verificar sua competitividade em relação aos custos finais destes produtos,

1.4. Relevância do Estudo

O agronegócio brasileiro possui sua competitividade atrelada a diversos fatores, tais como disponibilidade de terras, água e sol e clima favoráveis, avanços tecnológicos que permitiram o plantio em solos empobrecidos e ácidos, e uso dos corretivos e fertilizantes, entre outros. Por outro lado, alguns fatores afetam ou podem afetar sua competitividade, tais como infraestrutura precária e alto preço dos insumos. Entre estes insumos estão os fertilizantes, dos quais somos dependentes. O acelerado crescimento global da última década fez com que os preços atingissem recordes devido à alta demanda da China, o que trouxe incertezas ao setor do agronegócio. Apesar de muitos estudos terem sido realizados desde então, a maioria foi direcionada a questões mercadológicas e poucos tratam das questões relacionadas à disponibilidade de matérias-primas no Brasil e no mundo, investimentos necessários e custos de produção. Esse

desconhecimento acaba trazendo incertezas aos consumidores e prejudica também a formulação de políticas públicas por parte do governo.

A abordagem que será feita neste estudo, apesar de ainda incipiente, pode induzir as empresas, o meio acadêmico e até o setor agrícola a aprofundar estes estudos na busca da autossuficiência dos fertilizantes fosfatados no Brasil.

2. Referencial Teórico

2.1. Fertilizantes e sua importância

Fertilizantes são nutrientes adicionados ao solo com o objetivo de garantir o crescimento saudável e aumentar a produtividade das plantas. Segundo Malavolta (2008), são 19 os minerais considerados macronutrientes necessários e/ou essenciais para as plantas, sendo compostos por elementos principais como: carbono, hidrogênio, oxigênio, fósforo, potássio, nitrogênio, enxofre, cálcio e magnésio. Destes, oxigênio, hidrogênio e carbono estão disponíveis na atmosfera e fazem parte do ciclo de desenvolvimento natural das plantas. Os demais nutrientes podem ser disponibilizados via origem orgânica ou através dos recursos minerais.

O cálcio e o magnésio podem ser encontrados em rochas calcárias e aplicados diretamente no solo para correção de acidez, técnica conhecida como “calagem”. Os depósitos calcários são abundantes no Brasil e não representam risco de fornecimento. Já o nitrogênio, fósforo e potássio não estão prontamente disponíveis. O fósforo e o potássio encontrados nas rochas devem ser minerados e passam por processos químicos complexos para se tornarem apropriados ao uso como fertilizantes, assim como o nitrogênio.

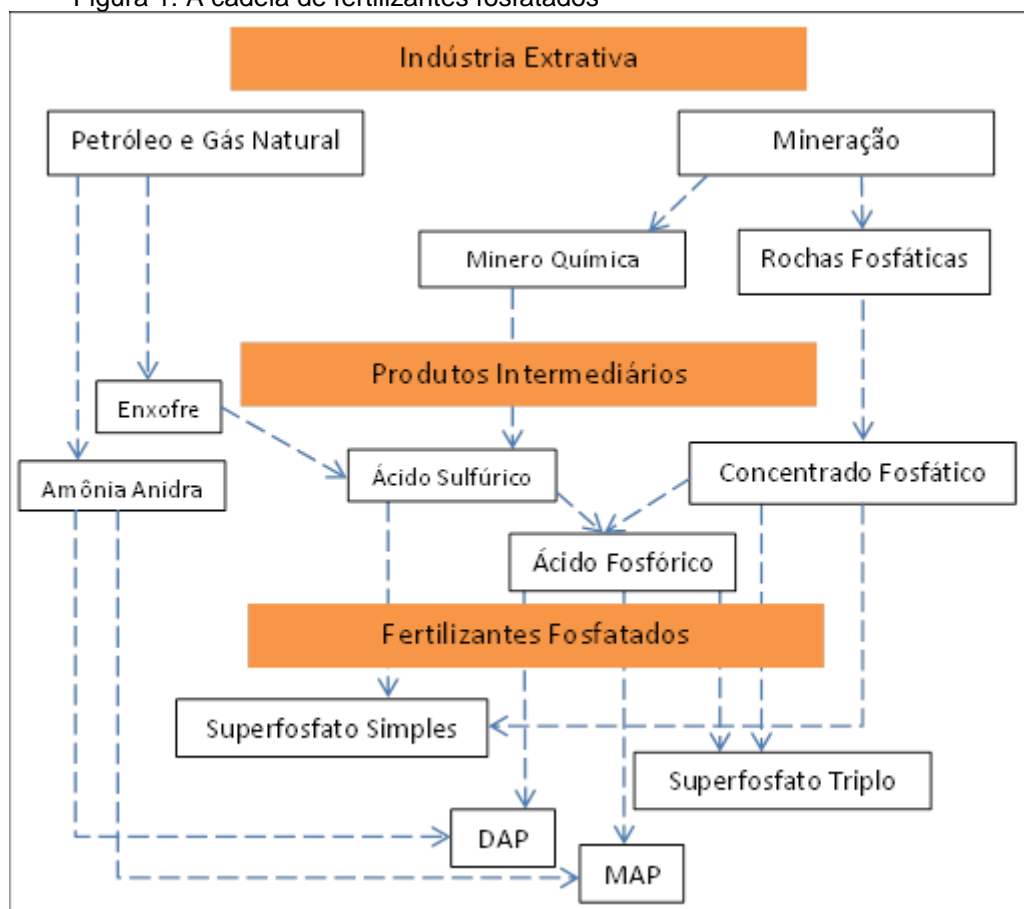
Esses três nutrientes são conhecidos pela sigla NPK e sua importância é resumida, segundo Malavolta (2009), como: *“Adubo e corretivo são dois insumos indispensáveis para uma agricultura sustentável, ...Desempenha o papel maior, quer dizer participação percentual mais alta nos ganhos de produtividade: mais grãos por hectare significa necessidade de cultivar menos terra e de perturbar ecossistemas para conseguir a mesma produção”*.

Isso significa, aumentar a produtividade sem aumento da área cultivada. Portanto, além de exercer funções primordiais para o correto e saudável crescimento das plantas, os fertilizantes também impedem o desmatamento ao aumentarem a produtividade da área plantada.

2.2. A cadeia de fertilizantes fosfatados

A cadeia de fertilizantes fosfatados, mostrada na figura 1, é bastante complexa. Nela estão contidas as matérias-primas necessárias, os produtos intermediários e os fertilizantes básicos.

Figura 1: A cadeia de fertilizantes fosfatados



Fonte: elaboração própria, com base em Kulaif e Fernandes (2010).

A figura contém apenas duas fontes de insumos fertilizantes para os fosfatados: a mineração e o petróleo e gás natural. O petróleo é o responsável por grande parte do enxofre recuperado no refino, de forma a atender a legislação ambiental, e o gás natural, responsável pela produção da amônia. Já a mineração é responsável pela rocha fosfática, além de também produzir o ácido sulfúrico como subproduto da metalurgia de diversos metais.

Os fatores técnicos dos fertilizantes fosfatados são apresentados na Tabela 1. A reação entre o concentrado fosfático e o ácido sulfúrico produz o superfosfato simples (SSP), que possui um baixo teor de fósforo (entre 16% e 22%), mas com aproximadamente 12% de enxofre, o que pode ser uma vantagem, principalmente para os solos brasileiros. O ácido fosfórico é produzido através da reação entre o concentrado fosfático e o ácido sulfúrico, produzindo como subprodutos o fosfogesso e o ácido fluossilícico. O ácido fosfórico e o concentrado fosfático compõem o superfosfato triplo (TSP) com maior concentração de fósforo que o SSP (entre 44% a 48%). Já as interações entre o

concentrado fosfático, o ácido fosfórico e a amônia anidra comporão o fosfato de monoamônio (MAP) ou o fosfato de diamônio (DAP), fontes de fósforo e nitrogênio, mas não de enxofre. O DAP possui mais nitrogênio (18%) do que o MAP (entre 9% a 12%). O Brasil não tem produzido DAP nos últimos anos. A amônia é originada do nitrogênio do ar em composição com o hidrogênio do gás.

Tabela 1: Fatores técnicos dos fertilizantes fosfatados.

Produto	Fatores Técnicos
Superfosfato simples: SSP $\text{Ca}(\text{H}_3\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4$	0,374 t de H_2SO_4 0,575 t de rocha com 36% de P_2O_5
Superfosfato triplo: TSP $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$	0,346 t H_3PO_4 (100%) 0,393 t de rocha com 36% de P_2O_5
Fosfato Monoamônico – MAP $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$	0,136 t de amônia 0,541 t de H_3PO_4 (100%)
Fosfato Diamônico – DAP $(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$	0,232 t de amônia 0,468 t de H_3PO_4 (100%) 0,40 t de H_2SO_4

Fonte: Lapido-Loureiro e Melamed (2009)

2.3. Tipos de depósitos de fosfato e seu aproveitamento

Os principais depósitos de rocha fosfática são do tipo sedimentar e ígneo, de modo que os sedimentares representam a grande maioria dos depósitos em termos de reservas. Entretanto no Brasil, a grande maioria dos depósitos descobertos até hoje são de origem ígnea. As diferenças entre os dois tipos de depósitos foram definidas por Francisco F. Sanz Esteban, então diretor da empresa Serrana, em 1981, no II Encontro Nacional de Rocha Fosfática e, em 1987, no Seminário Sobre Recuperação de Fósforo. Belger *et al* atualizaram para o descrito na Tabela 2.

Tabela 2: Diferenças entre o minério brasileiro e o de outros países

CARACTERÍSTICAS	MINÉRIOS BRASILEIROS	MINÉRIOS DE OUTROS PAÍSES
Origem do Minério	Ígnea e ígnea/laterítica (exceto Lagamar e Patos de Minas)	Sedimentar
Teor de P_2O_5 Composição mineralógica (P_2O_5)	5 a 15% (baixo teor) apatita e fosfatos secundários (não-apatíticos)	20 a 30% (alto teor) colofana, oólitos e concreções fosfáticas, composição simples
Distribuição das impurezas	Heterogênea, dependendo do perfil de alteração próximo à superfície e da neoformação dos minerais.	Mais homogênea, em decorrência da própria origem sedimentar.

Variedade dos corpos de minério	Grandes variações laterais e verticais, tanto da distribuição do P_2O_5 , como dos minerais e elementos contaminantes; mantos de cobertura superficial irregulares.	Variações laterais e maior constância na vertical.
Geometria dos corpos de minério	Coberturas superficiais irregulares exigindo operações de lavra seletiva e mais sofisticada presença de leitos silicificados ou limonitizados	Camadas horizontais em geral de rochas macias e pouco abrasivas
Ganga/impurezas	Fe, Mg, Si, Al e fosfatos não recuperáveis.	Fe, Al, argilas e matéria orgânica.
Granulometria/liberação	Apatita não liberada, exigindo operações de cominuição; liberação em torno de 35# a 68#.	Em geral a fosforita é constituída por nódulos e concreções fosfáticas que podem ser concentrados por simples classificação granulométrica e lavagem.

Fonte: Belger *et al* (1987), que por sua vez adaptou de Esteban (1981).

Esteban (1981), na mesma palestra da diferença entre os minérios, avançou para as diferenças de custos e investimentos para o minério nacional em relação ao do exterior, quais sejam, baixos teores e baixa relação de concentração, complexidade de processo para concentração em função das características mineralógicas, eficiência do processo ainda baixa (em 1981), escala pequena dos empreendimentos nacionais o que implica em maior custo por tonelada produzida.

O esquema de beneficiamento nacional do fosfato foi descrito por Belger *et al* (1987) como sendo composto por mineração, britagem, homogeneização e estocagem, moagem, desmagnetização, classificação (com a fração ainda grossa voltando para a moagem), deslamagem e flotação.

Segundo Ibrafos (1990), a mineração de fosfato brasileira iniciou-se em 1943 com a empresa Serrana em Jacupiranga (SP), lavrando minérios de alto teor. Com a proximidade da exaustão na década de 1960, a empresa desenvolveu um processo de concentração para os minérios de baixo teor, tecnologia que foi utilizada para todos os demais depósitos brasileiros que se seguiram, até o atingimento da autossuficiência no ano de 1985. Esse processo ficou conhecido como processo Serrana/Paulo Abib.

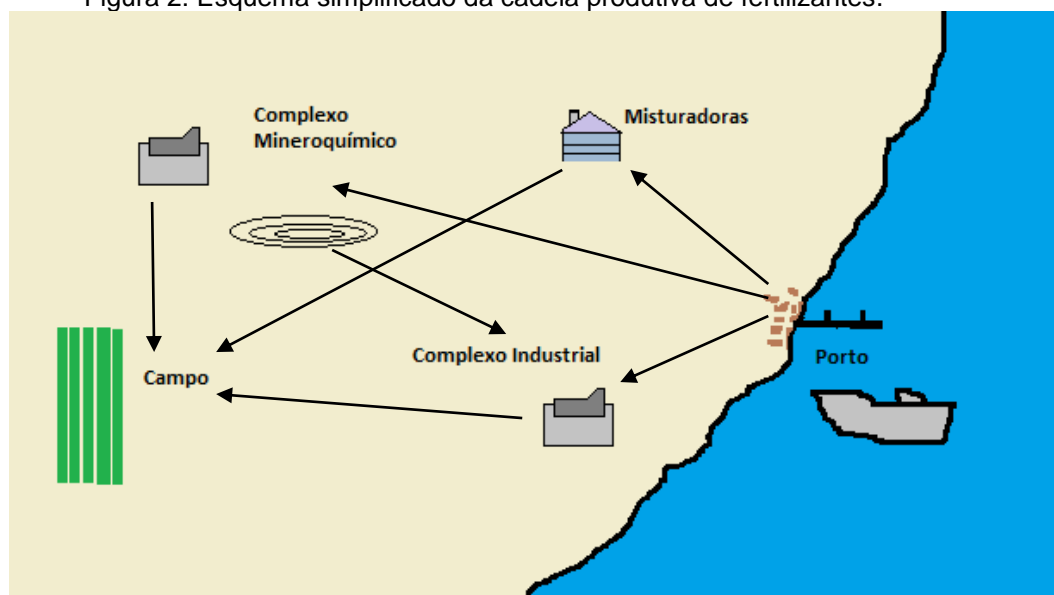
Segundo Lobo e Silva (1983), as reservas nacionais de fosfato em 1983 eram da ordem de 3,5 bilhões de toneladas de minério e 345 milhões de toneladas, com média de teor em torno dos 10% de P_2O_5 . A lavra, naquela época, resultava numa recuperação de 85% e o beneficiamento resultava numa

recuperação de 60%; assim o fósforo potencialmente recuperável era de 345,2 Mt $\times 0,85 \times 0,6 = 176,1$ Mt. O estudo considerou ainda uma taxa de crescimento para o setor agrícola de 4% e o consumo aparente na época de 1,055 Mt. Dessa forma, utilizando uma fórmula com estes fatores, os autores calcularam que as reservas naquela época seriam suficientes para 52 anos e, caso houvesse um aumento de recuperação no beneficiamento para 75%, as reservas seriam suficientes para 57 anos.

2.4 Características da indústria de fertilizantes

A indústria de fertilizantes pode ser dividida entre as grandes empresas/corporações, altamente verticalizadas, que mineram e processam o bem mineral e as misturadoras, pequenas empresas que compram os insumos de terceiros. A figura 2 abaixo ilustra de forma genérica o esquema.

Figura 2: Esquema simplificado da cadeia produtiva de fertilizantes.



Fonte: elaboração própria.

Segundo Kulaif (1999) são “características da indústria de produtos químicos básicos, da qual os fertilizantes fazem parte, uma estrutura de produção complexa e tecnologicamente interdependente, as grandes escalas de produção, a importância estratégica das matérias-primas, a alta competitividade nos mercados internacionais, os altos investimentos iniciais e os altos custos de atualização tecnológica”. Já entre os problemas, ainda segundo Kulaif (1999), “a sazonalidade do seu consumo, levando à existência de capacidade ociosa durante boa parte do ano, com consequentes altos custos de estoques e capital

de giro, acarretando a diminuição da rentabilidade dos investimentos”. Esse processo, segundo a autora, faz com que os fertilizantes sejam mais preteridos nas decisões de novos investimentos, levando as empresas que permanecem no mercado investirem pesadamente na globalização das operações, acarretando um processo de fusões e aquisições.

No Brasil, as empresas de fertilizantes são verticalizadas, ou seja, mineram, beneficiam e processam o bem mineral até a confecção dos produtos intermediários e tradicionalmente compram enxofre para a produção de ácido sulfúrico.

2.5. Custos na mineração

Segundo Gentry e O’Neil (1984), custos operacionais são aqueles incorridos durante o funcionamento normal do projeto podendo ser divididos em diretos, indiretos e gerais. Os custos diretos, ou variáveis, são considerados custos de primeira linha e podem ser alocados diretamente para o produto que está sendo produzido. Eles consistem principalmente de mão de obra e custos dos materiais, ou seja, são os relacionados à mão de obra (operação direta, supervisão da operação, manutenção direta e supervisão e encargos anteriores na folha de pagamento), materiais (manutenção e reparos de materiais, materiais de processamento, matérias-primas e consumos como combustíveis, óleos, água, energia), *royalties* e de desenvolvimento da mina. Custos indiretos, ou fixos, são os custos independentes da produção mineral em si. Embora estes custos muitas vezes variem com o nível de produção, não variam diretamente com o rendimento do produto. Alguns dos principais componentes dos custos associados com custos indiretos são o de mão de obra (administrativo, segurança, técnico, contadores, escritório, reparação de instalações e encargos anteriores na folha de pagamento), seguros, depreciação, empenhos, taxas, reclamações, viagens, encontros, doações, materiais de escritório, relações públicas, e desenvolvimento geral da mina. Despesas podem ou não ser consideradas custos de operação e geralmente são associadas a ações de marketing e vendas (vendedores, analistas de marketing, supervisão, viagens e encargos da folha de pagamento) e administrativas (advogados, pesquisa e desenvolvimento, relações públicas, financeiro, contribuições, contas, contadores e auditoria).

3. Metodologia

A análise aqui realizada baseou-se, em grande parte, em dados numéricos de natureza quantitativa. As fontes desses dados foram o Departamento Nacional da Produção Mineral/DNPM, com relação às reservas e produção de fosfato e enxofre, o Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior /MDIC, com os dados de importação de fertilizantes e a Associação Nacional para a Difusão de Adubos /ANDA, com dados sobre as entregas de fertilizantes. Tendo em vista que cerca de 70% da produção nacional de fosfato é da Vale Fertilizantes, e sendo essa uma empresa aberta listada na Bolsa de Valores, alguns dados foram obtidos consultando seus relatórios anuais.

No entanto os custos de produção não estão disponíveis e a empresa Vale informou que por questões de política interna os custos não poderiam ser fornecidos. Como o objetivo era obter os custos de uma mina apenas de fosfato, descartou-se o contato com a empresa que detém 20% do mercado, a Anglo American, pois a mina de Catalão possui subprodutos como o nióbio e barita. Assim, recorreu-se a projetos de fora, tendo em vista que empresas que querem obter financiamento em bolsas precisam realizar relatórios padronizados seguindo regras internacionais, tais como o NI43-101, que estão disponíveis na internet. Os únicos projetos nacionais que possuem tais relatórios são os da empresa MBAC localizados em Arrais (TO) e Santana (PA).

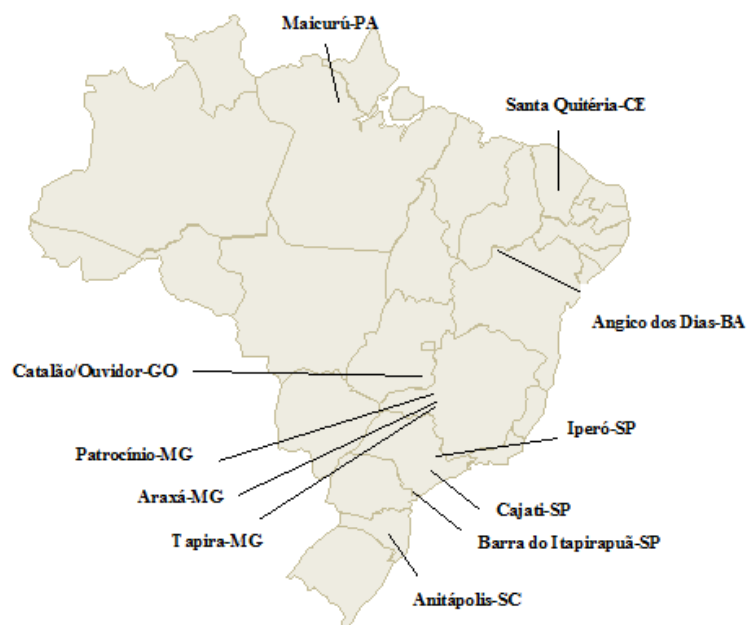
Além disso, há uma extensa bibliografia de fosfato no Brasil, principalmente da década de 1980, quando o Instituto Brasileiro do Fosfato/Ibrafós, realizava Simpósios, Encontros e Seminários voltados para a substância. Naquela época discutiam-se os problemas relacionados às nossas jazidas, recuperação e custos, aqui utilizados. Além dos dados, essas publicações forneceram também a fundamentação teórica. A partir do *boom* das commodities de meados da década passada foram confeccionados muitos estudos sobre o setor de fertilizantes, seja pelo BNDES, Valor Econômico, revistas (Brasil Mineral), apresentações em Congressos e Simpósios pelas empresas produtoras. Outros estudos interessantes foram os do Centro de Tecnologia Mineral/CETEM, mais técnicos na questão da composição e eficiência dos fertilizantes, também com uma base teórica excelente.

4. Resultados

4.1. Reservas e produção de fosfato

Conforme visto em 2.3. os tipos de depósitos mais importantes são os sedimentares e os ígneos, sendo estes predominantes no Brasil (85% de nossas reservas e 90% de nossa produção são originados de rocha ígnea e seu manto de alteração). Pode-se dizer que o Brasil possui certa abundância de depósitos de fosfato. Segundo a publicação *Carbonatitic Complexes of Brazil: Geology*, da CBMM (1984), o país possui cerca de 21 complexos carbonatíticos sendo 7 deles com fosfato; no entanto, na publicação não foram considerados os depósitos de Salitre I e II, nos quais consta apenas titânio, e de Barra do Itapirapuã, que consta apenas mineralização em terras raras, fluorita e chumbo. A Figura 3 é um mapa com a localização aproximada dos principais carbonatitos mineralizados a fosfato no Brasil.

Figura 3: Mapa com a localização dos principais depósitos de fosfato de origem alcalina no Brasil.



Fonte: adaptado de *Carbonatitic Complexes of Brazil: Geology*, CBMM (1984).

Na Figura 3 deve-se considerar que em Patrocínio (MG) há os depósitos de Serra Negra e Salitre 1 e 2. O depósito de Maicuru, no Pará, fica situado na Reserva Nacional do Cobre/RENCA, e soma-se aos de Anitápolis, Barra do Itapirapuã, Iperó e Santa Quitéria como os que não estão operando. Não foram inseridos no mapa os depósitos recentemente descobertos, tais como o de

Santana, no Pará, descoberto pela empresa MBAC, um corpo descoberto no município de Piedade (SP) composto por magnetita, calcita, barita e fosfato, e alguns corpos descobertos no Rio Grande do Sul (Três Estradas e Joca Tavares). Assim, podemos considerar que de quase uma dezena e meia de carbonatitos mineralizados a fosfato no Brasil apenas 6 encontravam-se em produção até 2016 e 2 novos projetos entram em produção em 2017 em Salitre 1, o da Vale, no município de Patrocínio (MG), e o da Galvani no município de Serra do Salitre.

As reservas brasileiras, segundo o DNPM, somam mais de 3 bilhões de toneladas de minério com um teor médio de 10% de P_2O_5 , ou seja, 300 milhões de toneladas de fosfato contido, quando somadas as medidas e indicadas, que significam um grau de precisão razoável (foram descartadas as inferidas). Esses depósitos juntos garantem a lavra anual de minério (Run of Mine - ROM) de pouco mais de 34 milhões de toneladas que, quando concentrados, somam cerca de 6 milhões de toneladas com uma média de teor de 35% de P_2O_5 . Apesar das reservas não serem detalhadas aqui, vale dizer que elas estão concentradas na região do Triângulo Mineiro (Tapira, Araxá e Patrocínio) e de Catalão, em Goiás. Depósitos interessantes ocorrem também no Ceará (Itataia), Santa Catarina (Anitápolis) e São Paulo (Cajati e Iperó).

Em termos mundiais as principais fontes de fósforo estão contidas em rochas sedimentares, principalmente no Marrocos e território do Oeste do Saara. A dimensão desse depósito foi reavaliada há poucos anos, quando houve questionamento sobre a capacidade dos recursos minerais de fertilizantes fosfatados fornecerem insumos no futuro para uma crescente população mundial. Entre os vários estudos que suscitaram tal questionamento está o de David A. Vaccari intitulado *Phosphorus: A Looming Crisis*, publicado pela revista *Scientific American* em 2009. Neste artigo o autor relacionou as reservas existentes com a produção e fez cálculos que mostravam que no período de um século o mundo não teria mais recursos para suprir a demanda. Previsão essa muito parecida com as realizadas para o petróleo na década de 1970, que não consideraram a descoberta de novos depósitos e o avanço da tecnologia, que permitiu o maior aproveitamento dos poços. A resposta da indústria veio rápida: já em 2010 o *International Fertilizer Development Center* – IFDC publicou uma reavaliação de reservas de autoria de Steven J. Van Kauwenbergh para a região do Marrocos e Oeste do Saara como sendo de 50 bilhões de toneladas, valor esse correspondentes atualmente a 80% das reservas mundiais e que pode

garantir o suprimento de fósforo por muitos séculos, considerando a demanda atual.

Em termos de produção mundial e a despeito do Marrocos e Oeste do Saara possuírem as maiores reservas, o maior produtor mundial segundo o USGS é a China, sendo que em 2015 este país foi responsável por 44,84% da produção mundial, seguido de Marrocos (13,45%), Estados Unidos (12,38%), Rússia (5,61%), Jordânia (3,36%), Brasil (2,74%) e outros. Essa produção, segundo o USGS foi de 223 Mt em 2015.

Alguns avanços na área de fosfato ocorreram nos últimos anos no Brasil, a saber: 1) aprovação de novas reservas, que possibilitaram a manutenção das 300 milhões de toneladas, sendo as mais importantes na região do Alto Paranaíba (MG). 2) Abertura de novas minas, ainda na região do Alto Paranaíba-MG, a mina da Vale (Mosaic) em Patrocínio (MG) e da Galvani/Yara, no município vizinho de Serra do Salitre (MG). 3) Novas descobertas de depósitos, Santana (PA), Piedade (SP), Rio Grande do Sul. 4) Consolidação do consórcio INB-Galvani, no Ceará. 5) Investimentos de aumento de capacidade de produção de ácido sulfúrico, fosfórico, SSP, TSP, MAP e DAP.

No entanto, falta ainda resolver algumas questões, principalmente em relação aos depósitos paralisados, quais sejam: 1) Maicurú, localizado na RENCA, 2) Anitápolis, que por estar localizado numa área serrana de Mata Atlântica há dificuldade para implantação da planta de ácido sulfúrico que, de acordo com o último projeto, ficaria na área de baixada 3) Iperó, depósito localizado na FLONA de Ipanema, e 4) Áreas da CPRM. Quanto a isso a CPRM desenvolveu o Projeto Fosfato Brasil, com foco na pesquisa de áreas potenciais, sendo que uma das principais é a localizada em Alhandra/PB-Goiana/PE.

4.2. Insumos amônia e enxofre (ácido sulfúrico)

O Brasil possui quatro plantas de produção de amônia anidra, três da Petrobras, em Camaçari (BA), Laranjeiras (SE) e Araucária (PR) e uma da Vale Fertilizantes, localizada Piaçaguera (SP). Segundo a ANDA, a produção de amônia em 2015 foi de 1.222 Mt, mas para fins fertilizantes foram destinadas 700.000 t.

A Petrobras possui um projeto de nova fábrica de amônia, no município de Três Lagoas, no Mato Grosso do Sul (UFN3), iniciada em 2011 e paralisada em 2014 após consumir 3 bilhões de dólares, e cuja estimativa de produção é de 700 mil toneladas ano.

O enxofre, além da importância na participação na cadeia de fertilizantes, através da acidulação da rocha fosfática, ainda é um dos micronutrientes essenciais para as plantas.

A principal fonte de enxofre mundial atualmente é o recuperado no refino do petróleo e gás natural a fim de atender a cada vez mais restrita legislação ambiental. Assim, é de se supor que os maiores produtores mundiais correspondam aos maiores refinadores mundiais (China, Estados Unidos, Rússia e Canadá) e, devido a essa proveniência, não há sentido em se falar de reservas de enxofre. Outra importante fonte, principalmente no Brasil, é como subproduto da metalurgia de metais, no caso brasileiro, ouro, cobre e zinco e até há pouco tempo, do níquel também, e nesse caso o subproduto é o ácido sulfúrico. No Brasil 50% da produção de enxofre é proveniente da recuperação do refino do petróleo e gás natural (através de 10 refinarias da Petrobras) e os outros 50% são provenientes da metalurgia de forma que ambos somaram 514.000 toneladas produzidas em 2015. Esse montante tem sido responsável por apenas 20% do nosso consumo, uma vez que o país tem importado anualmente 2,2 Mt gerando dispêndios da ordem de um pouco mais de US\$ 300 milhões.

Dos itens que compõem a pauta dos fertilizantes no mundo o enxofre é, sem dúvida, o que deveria trazer menos preocupação, tendo em vista que ele se tornou, nos últimos anos, um produto que não faz parte do *core business* principal das empresas de petróleo. No entanto, devido à insuficiente produção no Brasil, novos projetos que almejam a produção de superfosfato devem considerar a importação do produto e os problemas relacionados, quase sempre de logística.

Uma das questões interessantes ligadas ao enxofre no Brasil é que a produção oriunda da recuperação do petróleo aumentou consideravelmente nos últimos anos, principalmente entre 2011 e 2012. A Petrobras saltou de uma produção de 150.000 t em 2008, para 244.307 t em 2012, e mantém esse patamar de 250.000 t desde então. A razão desse incremento foi a exigência da legislação ambiental de redução do nível do enxofre na gasolina e no diesel. No entanto, como o parque de refinarias permanece o mesmo já há alguns anos, essa produção deve aumentar apenas com a entrada em operação de novas refinarias, tais como de Abreu e Lima (o que ocorreu parcialmente em 2015) e, posteriormente a de Duque de Caxias, e estima-se que pode atingir 300.000 toneladas, mas o cancelamento das refinarias *premium* que seriam construídas no Ceará e no Maranhão reduziram as possibilidades de diminuição da dependência.

Uma das alternativas é a importação de ácido sulfúrico ao invés de enxofre. Nesse sentido, Gustin (2015) discutiu essa possibilidade devido a, entre outros argumentos, possibilidade de minimização da volatilidade dos preços, permitindo um grande poder de barganha, assim como na diminuição do custo pela diminuição no volume transportado. No entanto, a própria palestrante admite as dificuldades da troca, seja pela questão cultural ou pelas dificuldades de transporte de ácido no interior do país, entre outros.

4.3. Comércio exterior

A Tabela 3 a seguir suporta o argumento da dependência, pois mostra o comércio exterior dos produtos fosfatados, uma pauta com 16 itens que somou em 2015 os valores de US\$ 2,64 bilhões de dólares importados, uma queda em relação aos anos anteriores, que apresentaram dispêndios de US\$ 3,3 bilhões de dólares em 2014 e US\$ 3,4 bilhões de dólares em 2013. Como o país não possui as matérias-primas para a produção dos fertilizantes, as quantidades e dispêndios de produtos como Superfosfato Simples, Triplo e MAP são bastante carregadas.

Tabela 3: Pauta de importações de produtos fosfatados

N.C.M.	DESCRIÇÃO DA N.C.M.	QUANTIDADE (t)			VALOR (US\$ 1.000,00)		
		2013	2014	2015	2013	2014	2015
	Bens Primários						
25101010	FOSFATOS DE CÁLCIO, NATURAIS, NÃO MOÍDOS	1.558.413	1.637.166	1.685.996	210.277	176.804	183.669
25102010	FOSFATOS DE CÁLCIO, NATURAIS, MOÍDOS	70.322	115.697	184.927	9.640	11.037	22.004
	Compostos - Químicos						
28092011	ÁCIDO FOSFÓRICO	5.364	4.801	6.761	5.485	4.647	6.344
28092019	OUTROS ÁCIDOS FOSFÓRICOS	142.424	150.019	172.024	58.004	54.439	72.334
28141000	AMONÍACO ANIDRO	321.784	354.620	353.043	174.067	181.550	155.350
28352200	FOSFATO MONO OU DISSÓDICO	605	523	514	1.418	1.149	1.022
28352990	OUTROS FOSFATOS	833	569	349	2.369	1.746	1.030
31031010	SUPERFOSFATO SIMPLES	847.555	664.815	568.701	177.277	113.760	99.579
31031020	SUPERFOSFATO, TEOR DE PENTÓXIDO DE FOSF.	33.681	4.219	21.499	8.567	758	5.034
31031030	SUPERFOSFATO TRIPLO	1.137.676	957.703	822.897	452.604	346.157	301.883
31052000	ADUBOS OU FERTILIZANTES C/ NITROGÊNIO, F.	474.143	629.250	456.594	199.321	230.527	166.321
31053010	HIDROGÊNIO-ORTOFOSFATO DE DIAMÔNIO (DAP)	845.975	756.062	358.976	423.834	332.658	168.039
31053090	OUTROS HIDROGENOS-ORTOFOSFATOS DE DIAM	231	422	43.249	319	544	20.583
31054000	DIIDROGÊNIO-ORTOFOSFATO DE AMÔNIO (MAP)	2.500.663	3.004.766	2.281.251	1.253.558	1.384.561	1.080.445
31055100	ADUBOS OU FERTILIZANTES C/ NITRATO E FO.	208.915	305.468	79.634	66.807	97.239	21.653
31055900	OUTS.ADUBOS/FERTILIZ.MINER.QUIM.C/NITR.	1.237.456	1.540.689	1.178.263	537.054	590.628	482.898
31056000	ADUBOS OU FERTILIZANTES C/ FÓSFORO	3.966	4.258	4.750	7.107	7.411	6.800

Fonte: SECEX/MDIC, obtido pelo programa aliceweb2.

Na pauta de bens primários constam os concentrados de fosfato, que até há pouco tempo tinham como principal fonte o Marrocos; a partir de 2012/2013 passaram a ser importados em parte do Peru, através do início da operação da mina de Bayovar, uma *joint venture* entre a Vale, a Mosaic e a Mitsui. Apesar dos dispêndios não serem tão expressivos quanto os produtos intermediários, a quantidade de quase 1,9 Mt de concentrado de fosfato importadas em 2015 mostra que o país tem espaço para crescer na produção interna de concentrado, pois na contabilização do consumo aparente (produção + importação – exportação) a produção de concentrado equivale a praticamente 80% do que o país necessita, mas isso não reflete nossas necessidades de fósforo, já que diante da ausência dos outros nutrientes, nitrogênio e enxofre, importam-se fertilizantes à base de fosfato tais como simples, triplo, MAP e DAP, que aumentam nossa dependência no elemento fósforo.

Quanto à amônia, ao computarmos os dados de consumo aparente (produção + importação – exportação) verifica-se que o país produziu cerca de 80% do que consumiu em 2015. A importação foi proveniente, principalmente, de Trinidad e Tobago, rica em petróleo e gás natural.

Já na pauta de compostos químicos o que chama a atenção são os produtos intermediários superfosfato simples e triplo que, apesar da grande quantidade, não representam grandes dispêndios, talvez pelo ainda baixo valor agregado, assim como o DAP, que o país não produz. Já o MAP, apesar de produzido no Brasil, impressiona pelo volume e dispêndios realizados, sendo um dos grandes vilões da cesta de importações, junto com o cloreto de potássio, e a ureia, que não foram inseridos por não fazerem parte da cadeia dos fosfatados.

4.4. Investimentos, custos, preços e logística

No 2º Congresso Brasileiro de Fertilizantes, organizado pela ANDA em 2012, as principais empresas produtoras (Vale, Petrobras, Anglo, Mbac e Galvani) apresentaram seus investimentos para o período 2012-2017. Esses investimentos somavam US\$ 18,9 bilhões e incluíam novas minas (Patrocínio, Serra do Salitre, Santa Quitéria, Santana), novas plantas de nitrogenados e ampliações das capacidades existentes para superfosfato simples, triplo, MAP e outros.

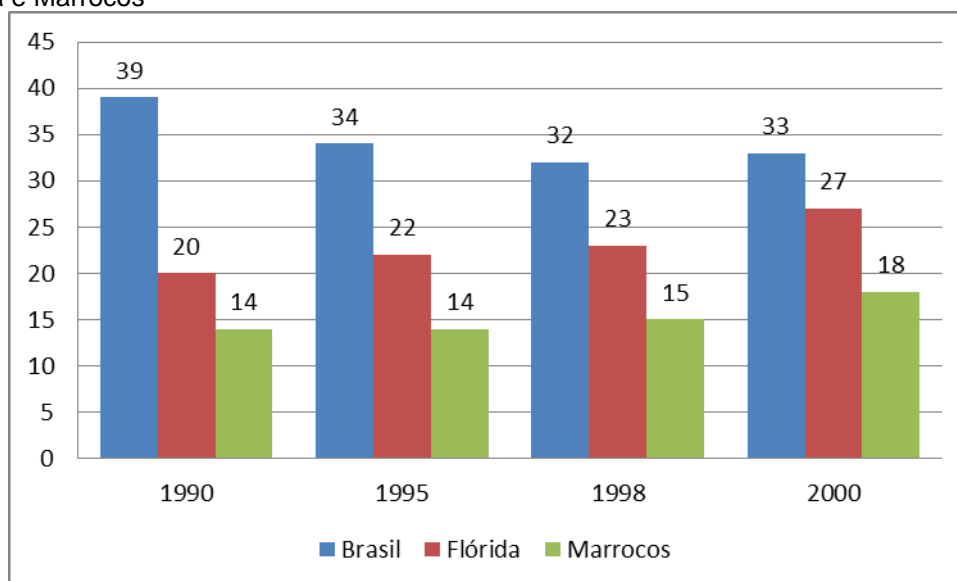
Destes projetos, o da Galvani, empresa que foi adquirida em parte pela norueguesa Yara, em Serra do Salitre (MG), já está em fase adiantada de implantação e o da Vale, adquirida pela Mosaic, em Patrocínio, já iniciou os

primeiros embarques do minério para Araxá. Nesse caso, houve uma mudança substancial no projeto, já que antes contemplava mina, com planta de concentração e produção de fertilizantes no município de Patrocínio, para apenas a mina e embarque do minério de Patrocínio para Araxá, cuja exploração enfrenta problemas de queda no teor e características geológicas e mineralógicas diferentes (Lira, 2016). Assim, para aproveitar a capacidade instalada foi operacionalizado o projeto de uma pera ferroviária para aproveitamento do ramal entre as cidades, que estava ocioso. O investimento é de US\$ 1 bilhão de dólares para a produção de 6,5 Mt de minério, assim o custo do empreendimento é de US\$ 153,8 t/ano. Esse cálculo pôde ser realizado por se tratar apenas de Run of Mine - ROM. Para efeito comparativo, o trabalho de Alvarenga (Ibrafos, 1988) informava que naquela época um investimento em uma nova mina para produção de rocha fosfática era de US\$ 180 t/ano.

Já os custos de produção de fertilizantes no Brasil não se encontram disponíveis. As empresas produtoras são altamente verticalizadas e não divulgam seus custos devido à concorrência. No Seminário sobre Recuperação de Fósforo, ocorrido em São Paulo em 19 e 20 de novembro de 1987, patrocinado pela Ibrafos, Marcelo Garcez Lobo informou que o custo industrial da produção de concentrado fosfático era de US\$ 40/t a US\$ 45/t. Como o investimento era de US\$ 150/t ano de capacidade instalada e considerando ainda um retorno de 15% a.a. a remuneração do investimento era de US\$ 22,5/t. Assim, concluiu o palestrante, somando custo e remuneração o preço a ser praticado deveria ser no mínimo entre US\$ 62/t a US\$ 67/t; no entanto, houve uma queda nos preços para US\$ 40/t. Já em 1994, no VI Encontro Nacional de Rocha Fosfática, organizado pela ANDA e Ibrafos, o trabalho de Mário A. Barbosa Neto indicou que os custos de produção de rocha fosfática em 1991 no Brasil eram de US\$ 35,63 enquanto que nos Estados Unidos eram de US\$ 18,2/t, mas que os esforços das empresas brasileiras somadas às privatizações e de adoção de tecnologias mais integradas ao tipo de rocha nacional, haviam reduzido grande parte de nossas reservas a custos na faixa de US\$ 25/t a US\$ 35/t.

Reis (Perspectivas para o fósforo, 2002, Simpósio Nacional dos Fertilizantes, ANDA) comparou os custos de extração da rocha no Brasil, Flórida e Marrocos, conforme mostrado na Figura 4. Em 1990, por exemplo, o custo de extração no Brasil era praticamente o dobro do da Flórida, enquanto que no ano 2000 essa diferença era de US\$ 6/t.

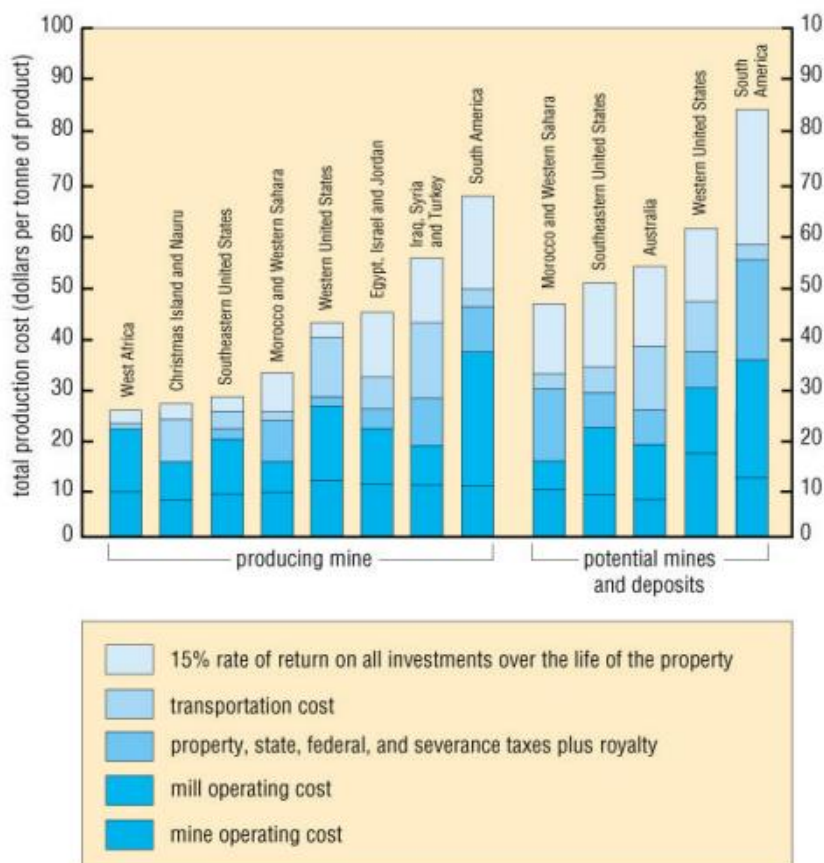
Figura 4: Comparativo da evolução dos custos de extração da rocha no Brasil, Flórida e Marrocos



Fonte: Reis (2002).

Steen (1988) foi um dos primeiros a falar na questão da depleção do fosfato, assunto já explicado no item 2.3, e citou os principais fatores de custo na recuperação e processamento da rocha fosfática: acesso ao minério, grau de beneficiamento requerido, investimento de capital, custo de operação e viabilidade e custo dos outros recursos. Nesse mesmo estudo de Steen, cujo objetivo era mostrar que as minas estão sendo depletadas e os custos, subindo, ele se reporta a um estudo de custos de 1985, conforme mostrado na Figura 5. Nesta, observa-se que os custos de operação nas minas da América do Sul situam-se em cerca de US\$ 12/t, os custos de operação do processamento em cerca de US\$ 25/t, taxas e royalties em cerca de US\$ 9/t, transporte US\$ 3/t (entende-se transporte como sendo do processamento até a indústria química), e taxa de retorno de 15% de US\$ 17/t. Assim, o custo do concentrado em 1985 seria de US\$ 37/t, compatível com o valor de US\$ 39/t visto na Figura 4. No entanto, como já dito, esses custos são anteriores a vários avanços que ocorreram no Brasil, que levaram à diminuição dos custos.

Figura 5: Custos de produção de rocha fosfática no mundo - 1985



Source: Fantel et al.

Fonte: Steen (1988)

New (2016), consultor da CRU, analisando dois estudos dos custos de produção de rochas fosfatadas realizados em 1983 e em 2013 concluiu que, em termos nominais, os custos médios globais aumentaram no período 27%, indo para US\$ 38/t mas que, em termos reais, esse custo médio caiu. Segundo ele, esse fato contradiz o senso de que as empresas estavam lavrando minérios mais ricos, apesar dos custos das minas da Flórida realmente terem aumentado, mas foram compensados pela entrada de operações na China, cujos custos são mais baixos. Segundo ele, esse pequeno aumento nos custos influencia pouco os preços de mercado, afetados pela dinâmica da oferta e demanda.

Para efeito comparativo, foram pesquisados alguns projetos de fosfato localizados na África, com grande variedade de custos, mostrados na Tabela 4. O primeiro, da empresa Cominco, um possante depósito localizado no Congo de mais de 400 Mt com 10% de P_2O_5 , que poderia se assemelhar a muitos de nossos depósitos, se não fosse o fato de ser do tipo sedimentar, possui custos de operação de US\$ 36,57/t nos primeiros 5 anos e US\$ 41,52 nos seguintes.

Uma das principais vantagens do projeto consiste na proximidade do porto de Point Noire, localizado no litoral do Congo a cerca de 40 Km da mina. Já o projeto da empresa Montero, localizado na África do Sul, apesar de também próximo ao porto de Saldanha possui o dobro do custo de produção do projeto anterior, para um depósito de 32,8 Mt, apesar de existirem outros alvos adjacentes, não considerados no cálculo. Outro projeto, no Mali, da empresa Great Quest, apresenta no seu estudo de pré-viabilidade custos ainda maiores, para a produção de um produto granulado e sem utilização de ácido sulfúrico. Apesar da vantagem do alto teor, cerca de 24% de P_2O_5 , o depósito também pode ser considerado modesto em relação ao do Congo, já que são 50Mt. Os custos iniciais de mineração e beneficiamento somam US\$ 65,31/t, mas o produto granulado deve ser confeccionado perto do rio Níger, devido à disponibilidade de água, encarecendo o transporte em cerca de US\$8,63/t. O custo da granulação é de US\$ 37,69 somando US\$ 118,69, de custo total no primeiro ano. No entanto, esse não é o principal entrave, mas sim a localização, já que para produzir o NPK há um custo adicional de US\$ 81,89 do transporte, que eleva o preço para US\$ 200,58/t. Finalmente, o custo de operação do NPK, a partir do 4º ano de operação é de US\$ 435,47/t.

Tabela 4: Custos de produção de projetos situados na África

Empresa/País/Projeto	Cominco/Congo/Hinda Project ¹	Montero/Africa do Sul/Duyker Eiland ²	Great Quest/Mali/Tilemsi
Custos de Operação	US\$36,57/t primeiros 5 anos e US\$ 41,52/t anos 6 a 10.	US\$ 81,51/t	US\$ 118,7/t no primeiro ano e US\$ 88/t a partir do 8º ano.

Fontes: 1 Cominco Resources 2 Montero Mining & Exploration. 3 Great Quest Metals Ltda.

No Brasil há relatórios similares disponíveis, principalmente da empresa MBAC que, por ser listada na bolsa do Canadá, além de realizar estudos de pré-viabilidade, tais como o projeto de Arraias (TO), já paralisado, e para o de Santana (PA), era obrigada também a apresentar relatórios anuais da operação. Assim, MBAC (2014) informa que lavrava um produto denominado Fosfato Natural Reativo vendido aos fazendeiros para aplicação direta numa operação de mina, moimento e tratamento a um custo em 2012 de US\$ 29/t. Na atualização do Relatório Técnico, MBAC (2013), apresentou os custos de operação para a produção de SSP na jazida de Arraias, com reservas de 65 Mt e teores de 5,07% de P_2O_5 e uma taxa de recuperação de 53% de P_2O_5 , mostrados na Tabela 5.

Tabela 5: Possíveis custos de operação para a mina de Arraias (TO)

Descrição	Unidade	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Mineração	USD/t SSP	56,20	31,98	31,11	33,08	38,04	33,86	35,28
Mão-de-Obra	USD/t SSP	26,22	12,53	12,55	12,55	12,59	12,83	12,59
Manutenção	USD/t SSP	8,52	4,26	4,26	4,26	4,28	4,36	4,28
Energia	USD/t SSP	15,39	10,46	10,54	10,55	10,55	10,54	10,55
Reagentes	USD/t SSP	39,99	35,08	34,96	34,96	34,97	34,94	34,96
Enxofre	USD/t SSP	36,62	28,05	26,97	26,97	26,97	26,95	26,97
Amônia	USD/t SSP	13,02	14,64	14,62	14,62	14,63	14,61	14,62
CFEM	USD/t SSP	2,19	1,29	1,28	1,32	1,42	1,33	1,36
Total	USD/t SSP	198,15	138,29	136,29	138,30	143,44	139,44	140,61

Fonte: MBAC (2013)

Neste caso a amônia se justifica devido aos testes realizados mostrarem que seu uso levaria a um produto com menor acidez livre e um granulado mais robusto e propício às futuras misturas (MBAC 2013).

Já para o projeto Santana, localizado no sul do Pará, MBAC (2014) informou no estudo de pré-viabilidade que para uma jazida de 45,5 Mt com teores de 12,86% de P_2O_5 , os custos de operação do SSP são de US\$ 113/t, conforme mostrado na Tabela 6. O preço FOB esperado do SSP em Rondonópolis seria de US\$ 345/t.

Tabela 6: Custos operacionais do projeto Santana da MBAC para a produção de SSP.

Processo	Custo (US\$/t)
Mina	13,2
Beneficiamento	28,3
Ácido Sulfúrico	34,8
Acidulação	11,4
Granulação	25,3
Total	113,0

Fonte: MBAC Feasibility Study (FS) Santana Phosphate Project (2013)

Essa jazida de Santana é do tipo ígneo, ou seja, mais parecida com os depósitos nacionais em operação, apesar das reservas serem ainda aquém dos atualmente lavrados na região do Triângulo Mineiro e Catalão. Assim, os dados pesquisados permitiram que fosse arbitrado o custo de produção do concentrado fosfático com 35% de P_2O_5 no Brasil entre US\$ 37/t e US\$ 43/t para as minas já maduras como Tapira, Catalão, Cajati e a nova operação da Vale em Patrocínio.

A mina de Araxá não é considerada pois, segundo Lira (2016), está apresentando custos mais altos. Esse arbitramento considera um custo de extração entre US\$ 7/t e US\$ 13/t e o processamento entre US\$ 30/t e US\$ 36/t.

Isso possibilitou a elaboração da Tabela 7, na qual um estudo de Alvarenga de 1988 é comparado com a situação atual. Assim, como o investimento em uma nova mina demandava US\$180/t, considerando um retorno de 15% sobre o investimento, o custo de operação na época de US\$34,52/t, os preços em US\$ 40/t estavam trazendo dificuldades ao produtor de rocha.

Já na época atual o investimento da Vale em Patrocínio, de US\$ 153,8/t (Lira, 2016), com a mesma taxa de retorno de 15%, os custos entre US\$ 37/t a US\$ 43/t e os preços a US\$ 82,55/t, segundo relatório da Vale, permitem uma situação bem mais tranquila.

Tabela 7: Comparação entre o investimento em uma nova mina de fosfato e o retorno obtido.

	Alvarenga (1) (1988)	2015/2016
Investimento nova mina	US\$180/t (1)	US\$ 153,8/t (3)
Retorno 15%	US\$ 27/t	US\$ 23/t (4)
Custo concentrado	US\$ 34,52/t	US\$ 37/t a US\$ 43/t
Preço mínimo a ser praticado	US\$ 61,52/t	US\$ 60/t a US\$ 66/t
Preço real	US\$ 40/t (2)	US\$ 82,55/t (Vale) (5) US\$ 109,93/t (6)

(1) Luiz Carlos Alvarenga, Ibrafos (1988).

(2) Os preços eram de cerca de US\$ 60/t no início da década de 1980 e caíram para US\$ 40/t, estrangulando os produtores.

(3) Investimento baseado na nova mina da Vale em Patrocínio (Lira, revista Mineração & Sustentabilidade, 2016).

(4) O retorno de 15% foi apenas para acompanhar o raciocínio já utilizado por Alvarenga

(5) Preço praticado pela Vale em 2015, apesar de o minério ser praticamente todo transferido para a confecção de superfosfato, simples, triplo e MAP (Fonte: Desempenho Institucional da Vale 2015).

(6) Preço médio do concentrado importado em 2015. Fonte: Sumário Mineral Brasileiro.

Assim, arbitrado um custo de produção do concentrado no Brasil, é interessante compará-lo com o custo de internalização do produto. A empresa Great Quest, do Mali, realizou esse estudo para o concentrado importado do

Marrocos para o Mali, conforme mostrado na Tabela 8, lembrando que o preço praticado era de 2012.

Tabela 8: Preço da rocha fosfática importada do Marrocos para o Mali (US\$/t), junho de 2012.

Preço FOB Marrocos	187,50
Transporte e seguro	30,00
Manuseio e limpeza no porto	20,00
CIF Dakar	237,50
Custo de transporte interno Dakar-Bamako	99,00
CIF Bamako	336,50
Custo de distribuição interna	100,95
Preço de varejo	437,45

Fonte: <https://pt.slideshare.net/Adnet/great-questilemsiphosphateprojectpea06-feb13>

No entanto, há outros estudos mostrando que a África sofre com os custos, arcando com preços na porta da fazenda 2 a 3 vezes maiores que os preços de mercado. Gregory e Bumb (2006), por exemplo, mostram uma tabela comparativa do preço FOB, frete e seguro e consequente preço CIF, custos de desembarço e custos de transporte interno para os Estados Unidos, Nigéria, Malawi, Zâmbia e Angola. Assim, considerando o preço FOB para os Estados Unidos de US\$ 135/t (ureia), o produto chega ao importador por US\$ 196,61/t, enquanto na Nigéria para o mesmo preço FOB, a ureia chega por US\$ 320,14/t, no Malawi para um preço FOB de US\$ 145/t, o preço da ureia para o importador é de US\$ 302,89/t. Na Zâmbia, pelo mesmo preço FOB, a ureia chega por US\$ 308,67/t e em Angola, para um preço FOB de US\$ 226/t do NPK 12-24-12, o preço do importador é US\$ 608,28/t. E isso sem considerar os custos e margens do revendedor. No caso dos Estados Unidos o preço final da ureia é US\$ 226,61 e do NPK em Angola, US\$ 828,28/t.

Nessa questão, Paul Burnside, da consultoria internacional CRU, apresentou uma palestra no Fertilizer Latin America 2013 sobre os custos de importação de fertilizantes para o Brasil, mostrados na Tabela 9.

Tabela 9: Custos de importação de fertilizantes para o Brasil.

Frete oceânico	US\$ 20/t a US\$ 40/t
Demurrage	US\$ 10/t a US\$ 30/t
Adicional Frete da Marinha Mercante	US\$ 10/t

(25% do custo do frete e manipulação)	
Custos de terminais	US\$ 5/t a US\$ 10/t
Frete interno	US\$ 10/t a US\$ 80/t

Fonte: Paul Burnside. Fertilizers in Brazil: The Rout to Self-Sufficiency. CRU Fertilizer Latin America, Sao Paulo, January 2013.

Sobre o aumento dos custos logísticos, o Valor Econômico (2008) aponta que “as despesas com frete marítimo acrescentem algo entre 16% aos preços dos fertilizantes no mercado internacional” enquanto “as despesas portuárias no Brasil, em conjunto com o AFRMM, podem representar outros 12% de acréscimo aos preços dos produtos”.

De acordo com esse estudo de Paul Burnside e, ao exemplo do Mali, realizou-se uma simulação do custo final do concentrado de rocha importado para o Brasil considerando o preço médio internacional do concentrado em 2015 e os preços da Vale também para 2015, conforme Tabela 10. Considerando esses parâmetros, se a média do preço do concentrado em 2015, segundo o USGS, foi de US\$ 72,41/t a adição do frete oceânico ao concentrado elevam os custos para US\$ 92/t a US\$ 112/t quando do desembarque. Esse valor é coerente com a média da importação em 2015, que foi de US\$ 110/t obtido pelo valor dispendido ($\text{US\$ } 205.673 \times 10^3$) e quantidade importada (1.871×10^3 toneladas), segundo SECEX/MDIC. Assim, adicionando os demais custos referentes aos desembarços alfandegários e o frete interno, a rocha nacional possui uma vantagem de US\$ 44/t a US\$ 159/t quando se compara o preço praticado pela Vale e o custo que o concentrado chega a um intermediário.

Tabela 10: Comparação entre o custo do concentrado importado com o produto nacional.

	Importado	Nacional
Preço FOB origem	US\$ 72/t (1)	US\$ 82,55/t (4)
Frete oceânico	US\$ 92/t a US\$ 112/t (2)	
Preço importação FOB	US\$ 110/t (3)	
Demurrage	US\$ 102/t a US\$ 142/t (2)	
AFRMM	US\$ 112/t a US\$ 152/t (2)	
Custos de terminais	US\$ 117/t a US\$ 162/t (2)	
Frete interno	US\$ 127/t a US\$ 242/t (2)	
Custo final	US\$ 127/t a US\$ 242/t (2)	

Fonte: (1) United States Geological Survey – USGS (2017).

(2) Paul Burnside. Fertilizers in Brazil: The Rout to Self-Sufficiency. CRU Fertilizer Latin America, Sao Paulo, January 2013.

(3) Sumário Mineral Brasileiro, preço médio do importado.

(4) Vale, Desempenho Institucional da Vale 2015.

No entanto, é necessário enfatizar duas questões na simulação acima. A primeira é que ao preço da Vale de US\$ 82,55/t devem ser acrescidos os custos do frete também, mesmo que sejam menores que o custo do frete do porto para o intermediário. Do mesmo modo é preciso ressaltar que algumas produtoras de superfosfato simples, triplo ou MAP podem estar localizadas no porto, como é o caso da Fertilizantes Heringer, com produção de SSP em Paranaguá-PR. Nesse caso o frete do porto para a indústria é mínimo (mas ocorrerá depois com o SSP). A segunda questão é que, pelo fato de as produtoras de concentrado no Brasil serem verticalizadas, a comercialização do concentrado não é algo significativo. Segundo a Vale (2011), no 2Q11 foram produzidas 1,3 Mt de rocha e vendidas apenas 47.000 toneladas, ou seja, quase a totalidade de rocha minerada é consumida na transformação. Assim, a simulação da Tabela 10 é mais bem aplicada para produtos mais acabados da cadeia.

Avançando para os outros produtos da cadeia, a Vale apresentou em relatório do setor de fertilizantes que os custos de produção variáveis representam cerca de 70% dos custos totais de seus produtos, conforme Tabela 11. No 2Q11, os custos com a amônia decresceram devido à produção de superfosfato simples, que não havia sido produzido no 2Q10. Nessa Tabela destaca-se o peso que o enxofre possui (17%) na composição dos custos variáveis.

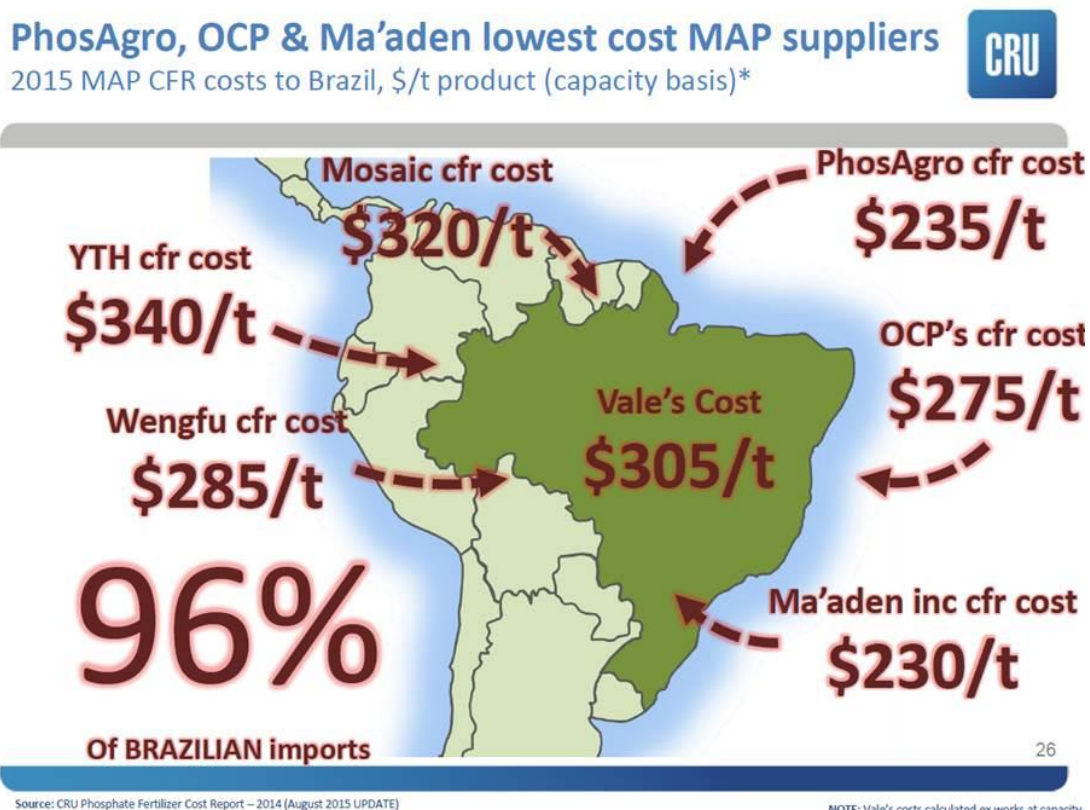
Tabela 11: Composição dos custos variáveis de fabricação de fertilizantes da Vale.

%	2Q10	2Q11
Enxofre	17%	17%
Amônia	14%	8%
Serviços	15%	16%
Gás	5%	7%
Óleo	14%	10%
Energia Elétrica	8%	7%
Resíduos Asfálticos	14%	10%
Matéria-prima (mina)	6%	4%
Outros	7%	21%
Total	100%	100%

Fonte: Vale Fertilizantes (2011).

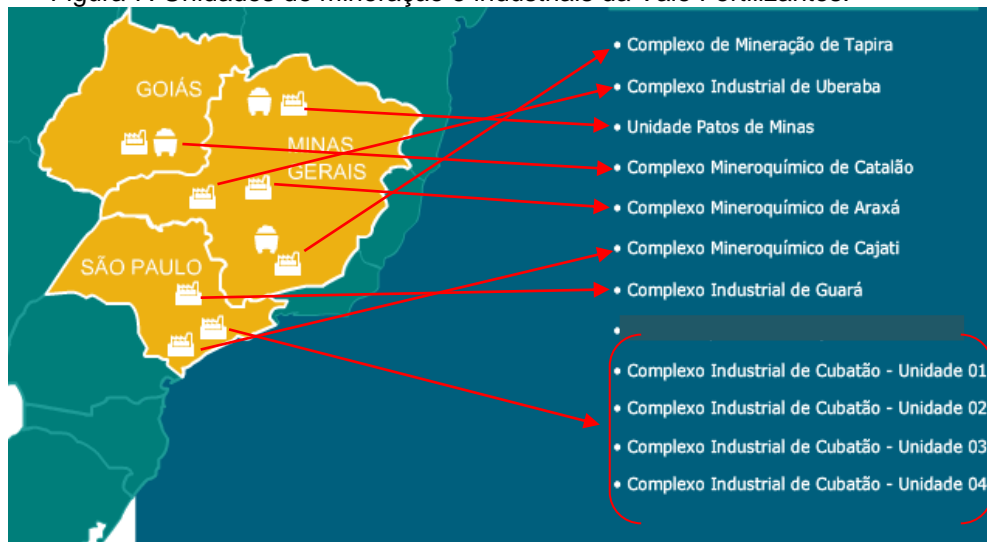
A empresa Vale Fertilizantes forneceu uma figura da consultoria internacional CRU mostrando os custos CFR (cost and freight) do MAP em 2015 (Figura 6). Nessa figura são mostrados os custos de produção da Vale em comparação com o custo de importação de diversas empresas como a PhosAgro, da Rússia, OCP, do Marrocos, a Mosaic, dos EUA, a Wengfu, da China, entre outras. Nela é possível visualizar que o custo de produção da Vale é competitivo em relação ao MAP importado. Apesar de não realizarmos o mesmo exercício que fizemos com a rocha fosfática há de se considerar ainda alguns custos adicionais ao produto importado. Enquanto o custo da Vale Fertilizantes em 2015 foi de US\$ 305/t, de acordo com a CRU, o preço realizado, segundo o Relatório de Desempenho, foi de US\$ 511,70/t. Quanto à importação, o preço calculado pela razão entre o dispêndio (US\$ 1.080.445 X 10³) e a quantidade importada (2.281.251 tons) em 2015, segundo a SECX/MDIC foi de US\$ 473,61/t, que se situa bem acima dos valores apresentados pela CRU, o que daria uma margem de vantagem à Vale muito similar à obtida com o concentrado.

Figura 6: Custos CFR do MAP e custo de produção da Vale em 2015.



Quanto à logística, na figura 7 podem ser visualizadas as unidades de mineração e industriais da Vale, empresa que responde por 70% da produção nacional.

Figura 7: Unidades de mineração e industriais da Vale Fertilizantes.

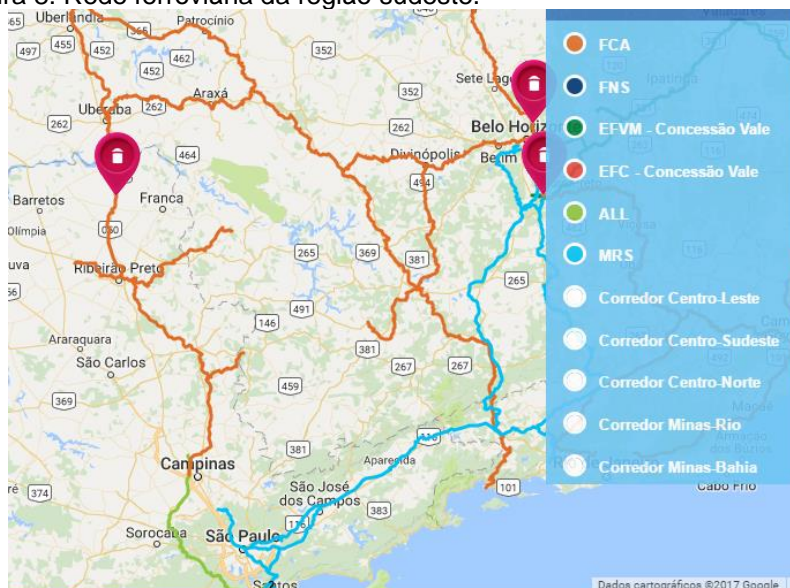


Fonte: Adaptado de Vale Fertilizantes (sem escala ou localização precisa).

Já na figura 8 é possível visualizar a rede de ferrovias existentes que integram as operações da Vale, seja pela FCA, operada pela VLI, sendo a própria Vale uma das acionistas, que integra os trechos Uberaba, Patrocínio e Araxá, em Minas Gerais, com as unidades de Guará, em São Paulo, e a ALL em Cubatão e Santos.

As figuras 7 e 8 demonstram que as unidades da empresa estão bem integradas com a rede logística, além dos consumidores. Segundo a ANDA, a região Sudeste respondeu por 7,4 Mt das entregas de fertilizantes, enquanto a região Centro-Oeste por 10,2 Mt, de um total no Brasil de 30,2 Mt em 2015.

Figura 8: Rede ferroviária da região sudeste.



Fonte: VLI.

Outro ponto que impacta diretamente os custos são as tarifas de importação e tributos, tendo em vista que atualmente os fertilizantes importados estão com redução da Tarifa Externa Comum – TEC de 6% para 0% e com alíquota zero de ICMS. Sobre isso, a Vale (2016) apresentou no XII Congresso Nacional de Engenheiros de Minas, realizado em novembro de 2016, palestra intitulada Perspectivas do Setor Mineral na Visão da Vale Fertilizantes, em que propõe aplicação de alíquota única de 4% de ICMS em todas as transações de fertilizantes no território nacional e a retirada dos fertilizantes da Lista de Exceções à Tarifa Externa Comum do Mercosul (LETEC), e outros. Entre os benefícios com essas medidas, a empresa cita o estabelecimento de condições isonômicas entre o produto nacional e o importado, levando à retomada de produção nacional ociosa de até 1 (um) milhão de toneladas por ano, aumento do saldo da balança comercial, expansões das arrecadações em nível estadual e federal, redução no custo para o agronegócio e criação de ambiente de negócios favoráveis.

No entanto, o país não possui alguns insumos, como enxofre e potássio, e taxar os produtos importados indistintamente pode ocasionar, na verdade, um aumento nos custos de produção do produto nacional, já que o objetivo das atuais taxas de importação zeradas é a manutenção da competitividade do agronegócio nacional. Assim, taxar o enxofre, que é um insumo que o país não conseguirá produzir de maneira razoável em um curto período de tempo, produzirá o aumento no custo do produto nacional e, por consequência, no

produto final vendido ao agricultor. Além disso, como mostrado aqui, o produto nacional é competitivo em relação ao importado e não há a garantia de que, ao se taxar o insumo/produto importado, haverá a diminuição da capacidade ociosa, até porque no ambiente atual estão sendo realizados investimentos na abertura de novas minas (Patrocínio e Serra do Salitre) e aumento da produção. Para o potássio, mesmo que não tenha sido tratado aqui nesse trabalho, é importante ressaltar que essa redução das taxas não é o motivo da não entrada em produção dos projetos que estavam sendo anunciados, mas sim queda dos preços nos últimos anos.

5. Conclusão

O Brasil experimentou consideráveis avanços na área dos fertilizantes fosfatados, primeiro com o desenvolvimento de tecnologia própria de processamento, o que ocasionou a troca das importações dos fosfatos sedimentares oriundos dos Estados Unidos e Marrocos pelo fosfato ígneo nacional nas décadas de 50, 60 e 70 do século passado.

Outro importante avanço ocorreu com a reorganização da indústria através da privatização do setor no início da década de 90 seguido de inúmeras fusões e aquisições, conforme descrito por Kulaif (1999), que trouxeram maior competitividade a nossa indústria. Por fim, pode-se acrescentar como terceiro vetor a explosão das pesquisas minerais com a descoberta de novos depósitos no Brasil que levaram a manutenção de nossas reservas ao patamar de 300 milhões de toneladas, motivado em decorrência do *boom* das commodities minerais na década passada. Além disso, conforme mostrado em 4.1., de todos os projetos que vinham sendo anunciados, três entraram em produção, apesar de um deles (Arraias (TO), da MBAC) já ter paralisado as atividades.

O Brasil possui depósitos de fosfato que, se não o colocam entre as grandes reservas mundiais, são mais do que suficientes para garantir o fornecimento por um período razoável, isso sem considerar possíveis novas descobertas. Nossos depósitos são, em sua maioria, de origem ígnea (85% das nossas reservas), ao contrário dos depósitos mundiais, cujas reservas são em sua maioria de origem sedimentar. Grande parte das nossas reservas (70%) está concentrada na região do triângulo mineiro (nos municípios de Patrocínio, Araxá e Tapira) e em Catalão (GO), mas novos depósitos têm sido desenvolvidos e descobertos em outras regiões (Ceará, Pará e Rio Grande do Sul). Nossa indústria foi desenvolvida para tratar esse tipo de minério e por estarmos num estágio maduro nossos custos são competitivos. Além disso, como 70% de nossos depósitos encontram-se na região central do país, há uma inegável vantagem competitiva em relação ao produto importado, primeiro pela proximidade com as principais áreas agrícolas situadas em São Paulo, Goiás e Mato Grosso, segundo pela excelente infraestrutura que integra porto-ferrovia-unidades de processamento. Além disso, os novos depósitos que serão desenvolvidos, como no Ceará (Santa Quitéria) e no Pará (Santana) também desfrutarão dessa vantagem, o primeiro por estar perto da nova fronteira agrícola dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, região conhecida pela sigla

MATOPIBA, o segundo por estar próximo à fronteira do norte do Mato Grosso e sul do Pará.

Assim, o que falta é capacidade instalada de produção e os problemas relacionados a isso podem ser atribuídos aos seguintes fatores:

- Depósitos conhecidos há bastante tempo que não entram em produção: depósitos localizados em áreas com restrições ambientais que necessitam de intensas negociações, tais como em Iperó (SP), localizado numa Floresta Nacional - FLONA, e Anitápolis (SC), localizado numa região montanhosa e com mata atlântica bastante preservada, ou ainda depósitos localizados em áreas restritivas politicamente, como o caso de Maicuru (PA), cuja Reserva Nacional do Cobre/RENCA impede pesquisas e desenvolvimento de projetos.
- Ausência de insumos: apesar dos depósitos de fosfato serem suficientes, o país não produz enxofre e amônia em quantidade satisfatória. Assim, ao invés de importar insumos para a confecção de fertilizantes, pode ser mais vantajosa a importação de produtos mais acabados, o que é corroborado com a pauta de importação mostrada na Tabela 3, o que leva ao desestímulo a produção nacional. Tal desestímulo pode ser acentuado, segundo os produtores, com a isenção de tarifas de importação atualmente adotadas pelo governo brasileiro a fim de estimular nosso agronegócio.

Apesar desses entraves, esse trabalho procurou mostrar que os custos do concentrado fosfático e dos fertilizantes mais acabados estão compatíveis com o resto do mundo, principalmente porque os preços praticados nos últimos anos têm garantido a remuneração das empresas. As recentes aquisições mostram que o setor permanece com os grandes *players* mundiais (Yara, que adquiriu parte da Galvani e Mosaic, que adquiriu os direitos da Vale), o que não é um problema, ao contrário, ambas as empresas iniciaram projetos que estavam paralisados. Os dados aqui apresentados revelaram que as minas em operação da empresa Vale Fertilizantes (agora Mosaic) possuem grande competitividade em termos de custos. A pesquisa mostrou boa aderência no custo do concentrado de rocha em relação à internalização do concentrado importado. Em relação aos fertilizantes de baixa ou alta concentração, a ausência de dados dos custos dos produtos não permitiu que se chegasse a uma conclusão definitiva sobre a manutenção da competitividade ao longo da cadeia. Além

disso, a pesquisa focou apenas o ano de 2015 e, para a obtenção de dados conclusivos, um estudo com uma série mais longínqua é necessária.

Ainda sobre as isenções aos produtos importados e considerando que o país possui recursos de rocha fosfática e produz parcialmente amônia, há de se considerar que subsídios do governo devem ser realizados naqueles produtos que o país não possui ou produz de forma insuficiente, tais como enxofre, ureia e potássio. Apesar de ureia e potássio não terem sido tratados neste trabalho, o retorno de tarifas de importação desses produtos só deveria ocorrer se houvesse estudos detalhados sobre a inviabilidade de abertura de novas unidades/minas devido a esses subsídios. No caso do enxofre, como o país não possui perspectivas significativas de produção, os subsídios são favoráveis à diminuição de custos para a produção de fertilizantes no Brasil, favorecendo nosso agronegócio. Não pode ser desconsiderada a dificuldade das empresas de mineração no Brasil em conseguir investimentos necessários para o desenvolvimento e manutenção das jazidas, destacando-se aqui novamente o fator sazonalidade, o que parece ter sido crucial no caso da MBAC, em Arraias, Tocantins, em que a falta de capital de giro levou a sua paralisação. Assim, ao mesmo tempo em que o governo favorece a importação, poderiam ser desenvolvidos mecanismos de financiamento e isenções a fim de se garantir a produção nacional pelo menos para novos empreendimentos que possuem custo de produção maior, trazendo tranquilidade para os primeiros anos de produção.

A pesquisa cumpriu seu objetivo de informar que o país possui recursos de rocha fosfática e possibilidades de aumento na produção de amônia, mas não possui enxofre, além de mostrar que os custos de produção dos empreendimentos maduros são competitivos para a rocha fosfática e o MAP, sendo provavelmente competitivos também para os outros produtos da cadeia superfosfato simples e triplo.

6. Bibliografia

- ANDA Associação Nacional para a Difusão de Adubos. (2008 a 2016). *Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes*. São Paulo: ANDA.
- ANDA; Ibrafos; FINEP. (1994). *I Simpósio Nacional do Setor de Fertilizantes; VI Encontro Nacional de Rocha Fosfática*. São Paulo: ANDA; Ibrafos; FINEP.
- Belger, R. B., Braga et al. (1987). Evolução da Recuperação de P₂O₅ na Mineração. Em Ibrafos, *Seminário sobre Recuperação do Fósforo* (pp. 151-164). São Paulo: Ibrafos.
- Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. (2008-2016). *Sumário Mineral, Fosfato e Enxofre*. Brasília: DNPM.
- Cominco Resources. (15 de 03 de 2017). *Cominco Resources*. Fonte: Congo Brazzaville. Disponível em <<http://www.comincoresources.com/project>>. Acesso em: 15/03/2017
- Companhia Nacional de Abastecimento. (2016). *Evolução dos custos de produção de soja no Brasil*. Brasília: CONAB.
- Confederação Nacional da Agricultura - CNA. (15 de 03 de 2017). *PIB e performance do Agronegócio*. Fonte: Confederação Nacional da Agricultura. Disponível em: <http://www.cnabrasil.org.br/sites/default/files/sites/default/files/uploads/02_pib.pdf> Acesso em: 15/03/2017
- EMBRAPA. (1986). *Anais do I Seminário sobre o Uso do Fosfogesso na Agricultura*. Brasília: EMBRAPA.
- Esteban, F. F. (1981). Tecnologia Brasileira para Fosfato: Situação Atual e Possibilidade de Exportação. Em Ibrafos, *II Encontro Nacional de Rocha Fosfática* (pp. 241-258). Brasília: Ibrafos.
- Fernandes, F. R.; Luz, A. B., & (eds.), Z. C. (2010). *Agrominerais para o Brasil*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT.
- Gentry, D. W., & O'Neil, T. J. (1984). *Mine Investment Analysis*. New York: Society of Mining Engineers of American Institute of Mining and Petroleum Engineers.
- Great Quest Metals. (15 de 03 de 2017). *Great Quest Metals*. Fonte: Tilemsi Phosphate Project Mali Preliminary Economic Assessment. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/Adnet/great-questtilemsiphosphateprojectpea06-feb13>. Acesso em: 15/03/2017

- Gregory, D., & B.L.Bumb. (2006). *Factors affecting supply of fertilizers in Sub-Saharan Africa*. Washington: World Bank.
- Gustin, K. (2015). A Tale of Two Commodities: Futures, Options and Swaps. *Fertilizer Latin America 2015*. São Paulo.
- Ibrafos Instituto Brasileiro do Fosfato. (1981). *II Encontro Nacional de Rocha Fosfática*. Brasília: Ibrafos.
- Ibrafos Instituto Brasileiro do Fosfato. (1987). *Seminário sobre Recuperação do Fósforo*. São Paulo: Ibrafos.
- Ibrafos Instituto Brasileiro do Fosfato. (1988). *IV Encontro Nacional de Rocha Fosfática*. Brasília: Ibrafos.
- Kauwenbergh, S. J. (2010). *World Phosphate Rock Reserves and Resources*. Alabama, USA: IFDC.
- Kulaif, Y. (1999). *A nova configuração da indústria de fertilizantes fosfatados no Brasil*. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq.
- Lira, S. (2016). A Salvação da Lavoura. *Mineração & Sustentabilidade*, 26-30.
- Lobo, M. G.; Silva, R. M. (1983). Produção de Fertilizantes Fosfatados. Em Ibrafos, *Anais do Congresso Brasileiro de Fertilizantes* (pp. 73-102). São Paulo: Ibrafos.
- Loureiro, E. F.; Melamed, R.; Neto, J. d. (2009). *Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT.
- Loureiro, F. E.; Melamed, R. (2009). O fósforo na agroindústria brasileira. Em F. E. Loureiro, R. Melamed; J. D. Neto, *Fertilizantes: agroindústria e sustentabilidade* (pp. 257-304). Rio de Janeiro: CETEM/MCT.
- Mann, C. C. (2008). Nossa boa terra: o futuro depende do solo. Poderemos protegê-lo? *National Geographic*, 58 a 76.
- MBAC. (2013). *Feasibility Study (FS) Santana Phosphate Project*. Tampa: MBAC.
- MBAC. (março de 2013). *Mineral Resource Estimate, Arraias Phosphate*. Disponível em: http://s1.q4cdn.com/736877097/files/doc_downloads/teh_reports/Updated%20Technical%20Report%20Itaf%C3%B3s%20Arraias%20SSP%20Project.pdf >. Acesso em 27 de março de 2017.
- MBAC. (2014). *2013 Annual Report*. Toronto: MBAC.
- Montero Mining & Exploration. (15 de 03 de 2017). *Preliminary Economic Assessment of The Duyker Eiland Project, South Africa*. Fonte: Montero Mining & Exploration. Disponível em:

<<http://www.monteromining.com/projects/pdf/DuykerEiland-PEA.pdf>>

Acesso em: 15/03/2017

New, M. (2016). *crugroup*. Disponível em: <[http://www.crugroup.com/about-cru/cruinsight/Phosphate Paper Synopsis](http://www.crugroup.com/about-cru/cruinsight/Phosphate_Paper_Synopsis)>. Acesso em: 16 de março de 2017.

Steen, I., & Agro, K. (s.d.). *Phosphorus availability in the 21st century*. Disponível em: <<http://www.phosphorusplatform.eu/images/download/PK-Steen-P-reserves-1998.pdf>>. Acesso em 17 de março de 2017.

Straaten, P. v. (2007). *Agrogeology: The use of rocks for crops*. Ontario: Enviroquest Ltd & Peter van Straaten.

Vaccari, D. A. (2009). Phosphorus: A Looming Crisis. *Scientific American*, 54-59.

Vale Fertilizantes. (2011). *Performance accompanies strong industry performance*. Disponível em http://www.valefertilizantes.com/mda/modulos/conteudo/reInvestidores/riComentDesemp/docs/ValeFertilizantes_IFRS_2T11i_Final.pdf. Acesso em: 17 de março de 2017.

Valor Econômico. (2008). *Análise Setorial Indústria de Fertilizantes*. São Paulo: Valor Econômico.