

# DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS ECONÔMICOS PARA SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE UMA UNIDADE PRODUTORA DE UREIA

C. A. G. PERLINGEIRO<sup>1</sup>, M. M. V. M SOUZA<sup>2</sup>, R. B. M. COSTA<sup>3</sup> e T. F. R. A. RIBEIRO<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro/Escola de Química, Departamento de Engenharia Química

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro/Escola de Química, Departamento de Processos Inorgânicos

<sup>3</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro/Escola de Química

E-mail para contato: ribeiro.tfr@gmail.com

**RESUMO** – O presente estudo objetiva a avaliação econômica preliminar do mercado nacional de fertilizantes, para obtenção de parâmetros relevantes a serem empregados na simulação e otimização de uma nova unidade de produção de ureia. Para tal, diversas informações econômicas oriundas de banco de dados especializados são processadas através de métodos de regressões e extrapolações. Dessa forma, foi possível determinar quantitativamente não só o futuro potencial do investimento, como também, dentre outros parâmetros, a meta de produção da unidade, contribuindo positivamente para o balanço de informações da otimização do processo. Por fim, realiza-se uma discussão sobre a incerteza dos resultados obtidos devido à subjetividade do cenário econômico, apontando como exemplo alguns dados de um estudo similar publicado pela Petrobras.

## 1. INTRODUÇÃO

A ureia é um composto químico de fórmula  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , de grande importância para o mercado de fertilizantes. A demanda por este produto no cenário nacional ganha destaque não só pela baixa fertilidade dos solos brasileiros, mas também pela dependência de importações para suprir as necessidades do mercado. Atualmente os únicos produtores de ureia no Brasil são a Vale Fertilizantes e a Petrobras, cuja produção total soma 1,5 milhões toneladas/ano. Contudo, especula-se que a demanda nacional ultrapasse a atual média mundial de 3% a.a estimada por Meessen (2012).

Logo, caracteriza-se como motivação deste trabalho o levantamento dos principais parâmetros econômicos necessários para o cálculo do potencial econômico de um novo empreendimento através das técnicas de simulação e otimização de processos apontadas por Perlingeiro (2005). Espera-se obter um conjunto de variáveis que não apenas contribua para o balanço de informações do sistema de equações a ser resolvido, como também que garanta a confiabilidade dos resultados.

## 2. METODOLOGIA

O potencial econômico de uma unidade depende de diversos fatores, tais como: custo de utilidades, custo das matérias primas, receita, custo dos equipamentos, custo de operação, etc.

Enquanto que alguns fatores são diretamente relacionados às atribuições tecnológicas da unidade, outros são relacionados apenas aos parâmetros econômicos, tais como ocorre no caso do custo das matérias primas e receita. Portanto, deve-se dar a devida importância a caracterização correta desses valores, já que nem mesmo o mais preciso dos simuladores de processo retornaria uma estimativa correta sem a confiabilidade de todas as variáveis de entrada.

Logo, para que seja possível avaliar a receptividade do mercado brasileiro a inserção de uma nova unidade produtora de ureia, avaliou-se os dados econômicos disponíveis em bancos de dados especializados, tais como: Alice Web, Radar Comercial e Anuários da ABIQUIM. Estes dados não só apontam a natureza atual do mercado de fertilizantes e suas tendências, como serão utilizados para extração dos parâmetros necessários para o cálculo do potencial econômico.

Inicialmente, através da análise dos dados de importação e exportação do fertilizante, nota-se que o Brasil é um país tipicamente importador deste produto, conforme apontado pela Tabela 1.

Tabela 1 - Exportação e importação de ureia.

Ano	Exportação		Importação	
	US\$ FOB	Exportação (ton)	US\$ FOB	Importação (ton)
2008	10.069.051	15.796	1.227.413.655	2.234.520
2009	5.662.662	15.359	538.007.626	2.042.444
2010	6.379.757	16.152	712.075.869	2.547.130
2011	5.073.413	8.457	1.139.288.074	2.678.902

Esse cenário é justificado quando apresentado a série temporal da evolução dos preços de exportação e importação do produto, conforme apontado pela Figura 1. Percebe-se que o preço do produto importado é mantido historicamente abaixo do produto nacional para exportação. Essa diferença indica um cenário desfavorável à balança comercial brasileira.

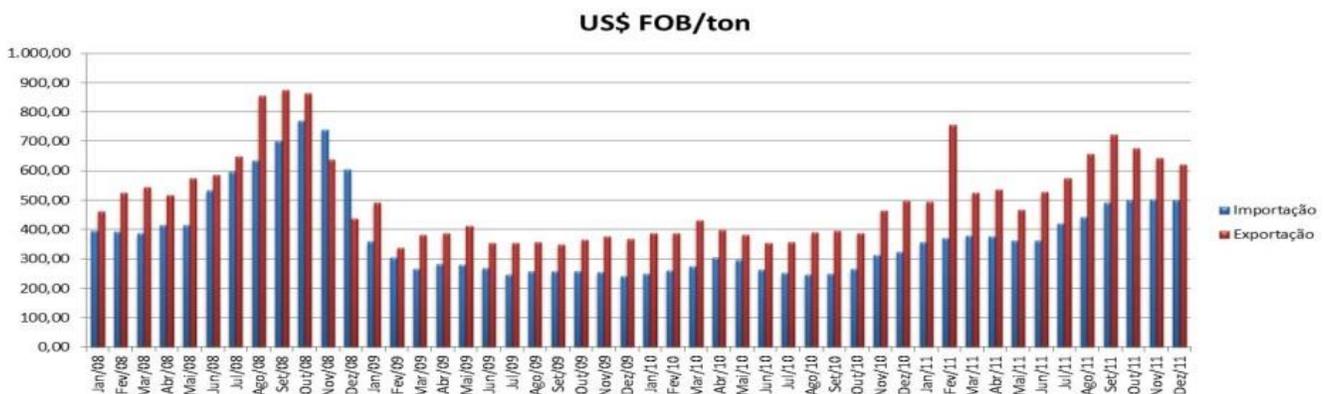


Figura 1 - Série histórica mensal de importação e exportação de ureia entre 2008 e 2011.

Conclusão semelhante pode ser extraída quando analisada a evolução histórica do consumo aparente. Este índice leva em conta a demanda interna de um determinado produto, calculado a partir da soma do volume de produção com importações e subtraído das exportações. Quando avaliado

juntamente com as curvas de produção, importação e exportação, nota-se que a curva do consumo aparente acompanha a tendência da curva de importações, conforme a Figura 2.

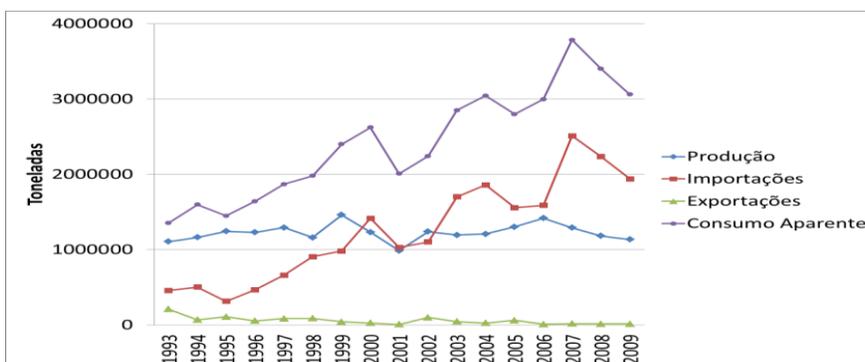


Figura 2 - Evolução do consumo aparente de ureia em toneladas por ano.

Por sua vez, verifica-se que apesar de um ligeiro aumento da capacidade instalada no início da década de 90, o aproveitamento destas instalações encontra-se subutilizado, conforme evidenciado pelas Figuras 3 (a) e 3 (b)

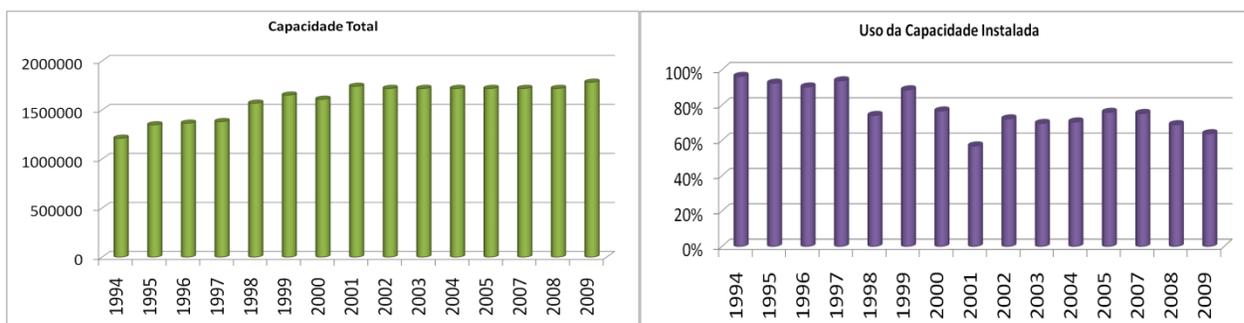


Figura 3 - (a) Evolução da Capacidade Instalada ; (b) Evolução do Uso da Capacidade Instalada

Por fim, observa-se que o consumo aparente vêm se mantendo historicamente a cima da capacidade instalada, representando um desequilíbrio entre a relação de oferta e procura, conforme a Figura 4.

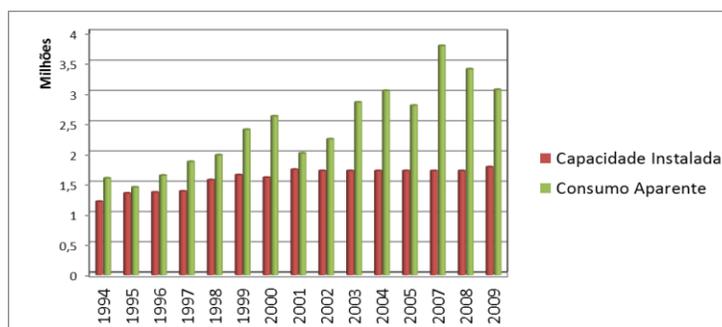


Figura 4 - Evolução do Consumo Aparente frente a Capacidade Instalada

### 3. RESULTADOS

O primeiro passo para a determinação dos parâmetros econômicos que possam alimentar a simulação do processo é a escolha do ano base. Escolheu-se arbitrariamente o ano de 2025, dado que existem projeções similares na literatura, como o apontado pela Petrobras (2010). Dessa forma, todos os parâmetros que variam em função temporal, devem ser ajustados para esta data.

#### 3.1. Estimativa de preços e avaliação da Margem Bruta

O custo da matéria prima depende basicamente do consumo dos reagentes na unidade e seus preços unitários. Utiliza-se a nível industrial a síntese de Basaroff para produção de ureia, que pode ser resumida através da Equação 1 e Equação 2:



Logo, utilizou-se a série histórica do Amoníaco Anidro (NCM 28141000) e Dióxido de Carbono (NCM 28112100) para estimativa dos valores a serem empregados na simulação do processo. Projeções lineares e exponenciais dos preços de amônia e dióxido de carbono foram empregadas, conforme observado na Figura 5.

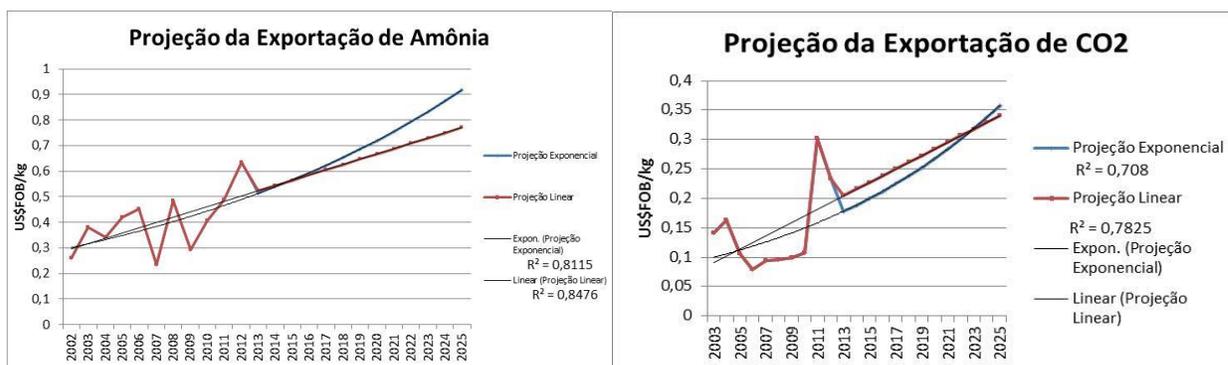


Figura 5 - (a) Projeção do preço da amônia; (b) Projeção do preço do CO2.

Em ambos os casos, decidiu-se adotar os resultados da projeção linear para 2025, uma vez que estas retornaram um maior coeficiente de correlação.

Outro fator a ser utilizado no cálculo do potencial econômico é a receita, que depende basicamente da quantidade de produto vendido e seu valor unitário. Portanto, analisou-se a evolução histórica da ureia (NCM 31021010) a fim de se estimar o valor do produto para 2025. Como a maior parte do produto é comercializada na sua forma granulada a 46% em peso, corrigiu-se o valor para obtenção de um produto puro. Como é possível observar pela Figura 6, ambas as projeções apresentaram coeficientes de correlação altos. Optou-se pela projeção exponencial, não só pelo melhor correlação, mas também pelas expectativas de comercialização positivas em todo o mundo.

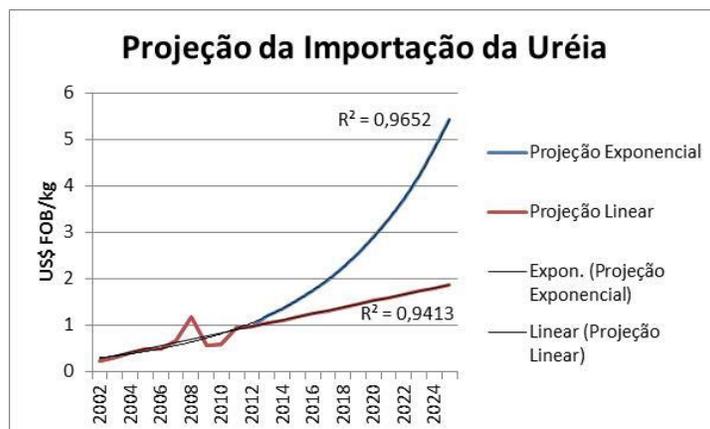


Figura 6. Projeção do preço da ureia.

Como o intermediário carbamato de amônio geralmente é recuperado na unidade para ser reconvertido em seus reagentes originais, não houve necessidade de estudar a evolução temporal deste componente.

Munido destes resultados, foi possível o cálculo da Margem Bruta (MB), que é definida como a diferença entre a receita e o custo anual das matérias primas. Este índice representa o limite superior do lucro anual, e serve como uma análise preliminar do potencial comercial do processo. Apesar de não incluir as atribuições tecnológicas da unidade, Perlingeiro (2005) aponta que uma Margem Bruta Anual negativa, muito baixa ou igual a zero inviabiliza liminarmente o processo e a necessidade de prosseguimento do estudo. Contudo, pode-se notar pela Tabela 2 que este índice apontou um alto resultado, indicando preliminarmente um grande potencial comercial.

Tabela 2. Cálculo da Margem Bruta para unidade produtora de ureia.

Produto	Preço (US\$/kg)	Massa Molar (kg/kmol)	Preço Molar (US\$/kmol)	Estequiometria (kmol)	Margem Bruta Individual (US\$)
NH3	0,77	17,03	13,1131	-2	-26,2262
CO2	0,34	28,01	9,5234	-1	-9,5234
H2O	0,007415	18,01	0,13354415	1	0,13354415
Ureia	5,43	60,06	326,1258	1,00	326,1258
<b>MB Total</b>					<b>290,5097442</b>

Nota-se que preço da ureia desempenha um papel crucial na obtenção de uma margem atrativa. Observou-se que, quanto mais o preço da ureia se aproxima do cenário linear apontado na Figura 6, menos atrativo se torna o lucro do empreendimento. Neste caso, especula-se que uma unidade de produção de ureia não acoplada a uma unidade de amônia seria economicamente menos vantajosa. Entretanto, somente a visão estratégica do governo brasileiro poderia determinar qual das projeções propostas apresentaria a maior verossimilhança. Como existe interesse da Petrobras na construção de mais unidades produtoras de ureia, ratifica-se a escolha do melhor cenário.

### 3.2. Estimativa da Meta de Produção

A fim de permitir a simulação da unidade que determinará o custo das matérias primas, custo de

utilidade e custo dos equipamentos, é necessário estabelecer uma meta de produção. Tomou-se como objetivo a obtenção da autossuficiência do mercado brasileiro deste fertilizante nitrogenado.

Logo, foram realizadas projeções do consumo aparente a partir de dados extraídos da ABIQUIM e Alice Web. É possível perceber que de acordo com as Figuras 7 (a) e 7 (b), que a projeção exponencial apresentou o maior coeficiente de correlação para a série histórica estudada, sendo a escolhida para estimar o comportamento da demanda interna até 2025.

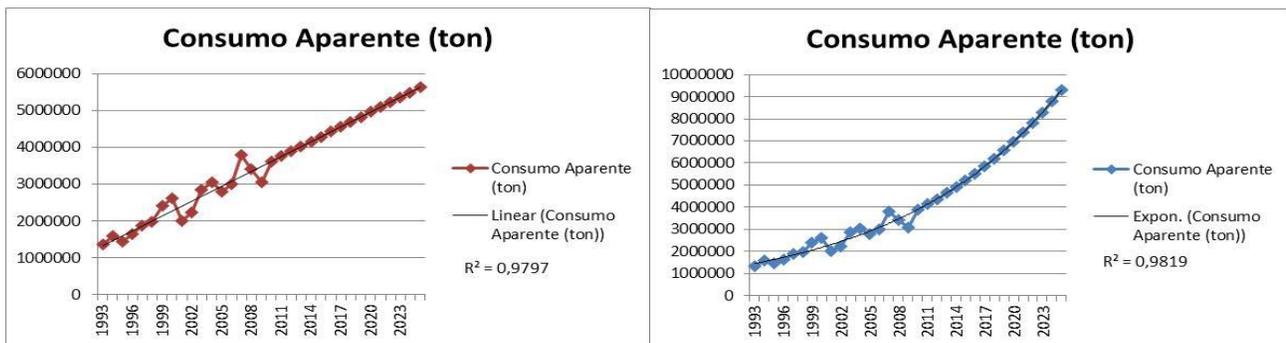


Figura 7 -(a)Projeção linear do consumo aparente; (b)Projeção exponencial do consumo aparente.

Desta forma, o valor obtido é de aproximadamente 9,3 milhões de toneladas/ano. Deste valor, deve-se descontar a capacidade instalada atual, levando-se em consideração a implantação das expansões já previstas, tais como a UFN III e UFN IV. Para tal, estimou-se que apenas 90% da capacidade total estaria operante em 2025. A Tabela 3 resume o raciocínio adotado.

Tabela 3. Cálculo para que o Brasil seja autossuficiente em 2025 com a unidade a ser projetada.

Memória de Cálculo	Tonelada/ano
Consumo Aparente 2025	9307746,411
Capacidade Atual	1782000
Capacidade Após Expansões	3755000
Uso de 90 % da Capacidade Após Expansões	3379500
$\Delta$ (Meta de Produção)	5928246,411
Capacidade Instalada da Unidade	9880410,685

Para estimar a futura Capacidade Instalada da nova unidade, levou-se em consideração que o funcionamento de 60% da capacidade total atinja a meta de produção, permitindo espaço para aumento de produtividade. Logo, a capacidade instalada da nova unidade deve ser de aproximadamente 9,88 milhões de toneladas de ureia por ano.

Contudo, o *gap* calculado entre a demanda e a capacidade instalada é 5,5 vezes maior do que o estimado pela Petrobras (2010), conforme a Figura 8.

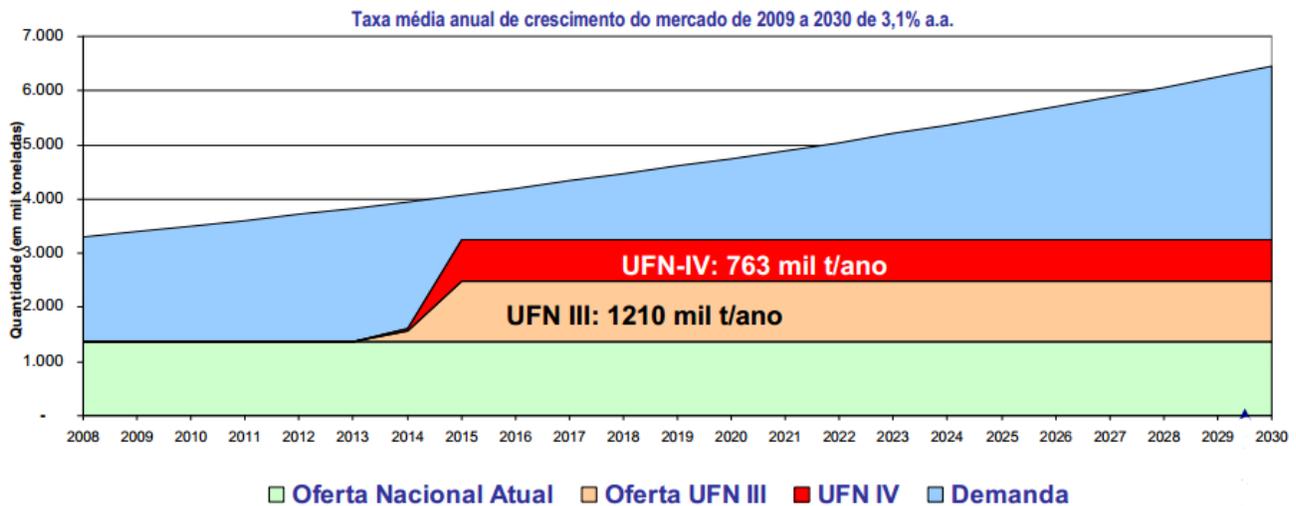


Figura 8. Projeção de crescimento do mercado de ureia até 2030 e produção nacional.

Verifica-se que a origem da diferença se encontra na extensão da série histórica adotada, que é menor nos estudos realizados pela Petrobras. Um dos motivos que pode ter levado a essa escolha é a tentativa de eliminação da flutuação de mercado dos anos anteriores.

Logo, adotando a mesma métrica para os resultados da Petrobras, estima-se que a capacidade instalada de uma nova unidade deva ser na ordem de 5,5 milhões de toneladas por ano, conforme apontado pela Tabela 4

Tabela 4. Cálculo para da meta da unidade e capacidade instalada através dos dados da Petrobras

Memória de Cálculo	Tonelada/ano
Consumo Aparente 2025	5500000
Capacidade Atual	1782000
Capacidade Após Expansões	3755000
Uso de 90 % da Capacidade Após Expansões	3379500
$\Delta$ (Meta de Produção)	2120500
Capacidade Instalada da Unidade	3534166,667

## 4 -CONCLUSÕES

A partir de informações levantadas por banco de dados especializados, observa-se que o Brasil é um país tipicamente importador de ureia, produto amplamente utilizado como fertilizante. Logo, foi proposto um estudo de viabilidade técnica que calcule o potencial econômico de uma nova unidade produtora a partir de técnicas de simulação e otimização de processos.

Contudo, por mais precisos que os modelos implementados na simulação sejam, somente a correta estimativa dos parâmetros econômicos pode garantir a confiabilidade do cálculo do Lucro do Empreendimento.

Logo, a fim de contribuir positivamente para o balanço de informações do sistema e garantir a credibilidade necessária durante a simulação, foram conduzidas análises das séries históricas dos reagentes e produto. A partir das técnicas de regressão e extrapolação de dados, corrigiu-se os parâmetros de interesse para o ano base de 2025, adotado como referência para a simulação. Aproveitou-se para realizar o cálculo da Margem Bruta, que apontou preliminarmente um alto potencial econômico de uma nova unidade.

Por fim, definiu-se como meta de produção a autossuficiência do mercado brasileiro, levando em conta a capacidade instalada atual e a provisionada pelas UFN III e UFN IV. Verificou-se que apesar de seguir o mesmo tipo de projeção adotada pela Petrobras (exponencial), os resultados obtidos se diferenciaram em mais de cinco vezes pelo uso de diferentes séries históricas. Provavelmente, foi adotada uma menor série pela Petrobras para o amortecimento das flutuações de mercado comumente experimentadas pelos reagentes que estão incluídos na rota da indústria de petróleo.

Como futuros estudos, recomenda-se: cálculo da Margem Bruta de empreendimentos desacoplados a unidades produtoras de amônia; estudo de sensibilidade sobre o ano base escolhido; avaliação do planejamento de outros países na produção de ureia, principalmente daqueles que já exportam para o Brasil; Estudo de sensibilidade da série histórica empregada no resultado da capacidade instalada.

## 5. REFERÊNCIAS

MEESSEN, J. H. Urea. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, v. 37, p. 657-695, 2010.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO. Sistema AliceWeb Disponível em: <<http://aliceweb2.mdic.gov.br/>>. Acessado em: 25/11/2013

PETROBRAS. Insumos Agropecuários. Site do Ministério da Agricultura, 2010. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/camaras\\_tematicas/Insumos\\_agropecuarios/46/Petrobras.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_tematicas/Insumos_agropecuarios/46/Petrobras.pdf)>. Acessado em: 26/11/2013

PETROBRAS. Ureia Industrial. Disponível em: <[www.br.com.br/quimicos](http://www.br.com.br/quimicos)>. Acessado em: 26/11/2013

PERLINGEIRO, C.A.G. *Engenharia de Processos*. Rio de Janeiro: Edgard Blucher, 2005.

SANTOS, B. N. dos; OLIVEIRA, D. M. de. *Estudo da modelagem e simulação de um processo de produção de ureia*. Niterói, 2010.