

OK  
A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO E SEUS  
NA INDÚSTRIA DE FERTILIZANTES



1290000899



TCC/UNICAMP J328f

85 JF

ARTUR JAVARONI JÚNIOR

Monografia apresentada ao  
Instituto de Economia da  
UNICAMP.

Orientador: Prof. José  
Maria F. J. da Silveira

Campinas, 1991

CENTRO DE DOCUMENTAÇÃO  
INSTITUTO DE ECONOMIA  
UNICAMP

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todos aqueles que de forma direta ou indireta acabaram por contribuir para a execução do mesmo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. José Maria F. J. da Silveira pela paciência e compreensão com que marcou a sua orientação para a execução deste trabalho. Agradeço também ao Prof. Sérgio L. M. Salles Filho por ter aceito a tarefa de analisar o conteúdo deste trabalho.

"Os espíritos se assemelham aos para-quedas: só funcionam quando abertos".

## ÍNDICE

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUÇÃO .....                                                                     | 1  |
| CAPÍTULO 1                                                                           |    |
| A INDÚSTRIA DE FERTILIZANTES QUÍMICOS .....                                          | 3  |
| 1. Aspectos Gerais da Produção de Fertilizantes .....                                | 3  |
| 2. O Uso de Fertilizantes na Agricultura Moderna .....                               | 7  |
| 3. Uma Visão do Cenário Internacional .....                                          | 10 |
| 4. A Indústria de Fertilizantes no Brasil .....                                      | 15 |
| 5. Os Fertilizantes Nitrogenados .....                                               | 27 |
| CAPÍTULO 2                                                                           |    |
| A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO (FBN) .....                                        | 34 |
| 1. O Que é FBN .....                                                                 | 34 |
| 2. O Melhoramento das Estirpes de RHIZOBIUM .....                                    | 36 |
| 3. A Produção Industrial de Inoculantes .....                                        | 40 |
| CAPÍTULO 3                                                                           |    |
| O MERCADO DA FBN E OS SEUS IMPACTOS NA INDÚSTRIA DE FERTILIZANTES NITROGENADOS ..... | 53 |
| 1. O Mercado da FBN .....                                                            | 53 |
| 2. Os Gargalos do Setor de Inoculantes .....                                         | 55 |
| 3. O Nível de Utilização de Inoculantes .....                                        | 59 |
| 4. Estimativa do Custo do Inoculante x Custo do Fertilizante Nitrogenado .....       | 61 |
| 5. Os Impactos da FBN na Indústria de Fertilizantes Nitrogenados .....               | 65 |
| CAPÍTULO 4                                                                           |    |
| PERSPECTIVAS DA FBN .....                                                            | 68 |
| CONCLUSÕES .....                                                                     | 78 |
| BIBLIOGRAFIA .....                                                                   | 81 |

## INTRODUÇÃO

Atualmente o mundo em que vivemos está passando por profundas mudanças estruturais. O padrão de desenvolvimento industrial baseado no setor metal/mecânico e da química pesada chegou ao seu final e um novo padrão tecnológico baseado na engenharia genética e na micro-eletrônica está sendo desenhado.

Este novo padrão tecnológico não é mais baseado em enormes plantas industriais, cujas economias de escala provem do seu gigantismo mas sim na pequena e média indústria cujo produto contém uma sofisticada tecnologia e cujo valor unitário é bastante elevado.

Neste sentido, a biotecnologia tem se desenvolvido muito nos últimos anos. O desenvolvimento da engenharia genética e da micro-informática estão dando suporte técnico para que a biotecnologia avance cada vez mais.

Dentro da biotecnologia temos a fixação biológica de nitrogênio (FBN) que desde o início do século vem despertando a atenção de muitos pesquisadores. Dada a particular característica de alguns microorganismos em fixar nas leguminosas o nitrogênio do ar sem se recorrer à adubação nitrogenada, muitas empresas foram montadas com o

intuito de fornecer estes microorganismos para a agricultura em volumes compatíveis à necessidade desta.

Hoje em dia, uma série de pesquisas em biotecnologia já apontam para profundas mudanças no setor. A transferência de genes já é uma realidade e promete revolucionar no futuro, toda a sociedade humana. Dentro deste paradigma, também a FBN promete revolucionar toda a agricultura através da possibilidade de se obter culturas geneticamente manipuladas para que as próprias plantas tenham a capacidade de fixar o nitrogênio existente no ar.

Esta monografia tem a finalidade de fazer um mapeamento da atual situação do setor de inoculantes agrícolas no Brasil, investigando as suas restrições e potencialidades, vis-à-vis a indústria de fertilizante nitrogenados. Para isto, faremos no primeiro capítulo um esboço geral do desenvolvimento da indústria de fertilizantes no mundo e no Brasil. No segundo capítulo trataremos com mais detalhes do que é a fixação biológica de nitrogênio (FBN). No terceiro capítulo abordaremos o mercado de inoculantes no Brasil e o seu impacto na indústria de fertilizantes nitrogenados. No quarto capítulo serão mostradas algumas perspectivas quanto à FBN através das pesquisas que estão sendo realizadas a nível internacional. Ao final deste trabalho, faremos algumas conclusões.

## CAPÍTULO I

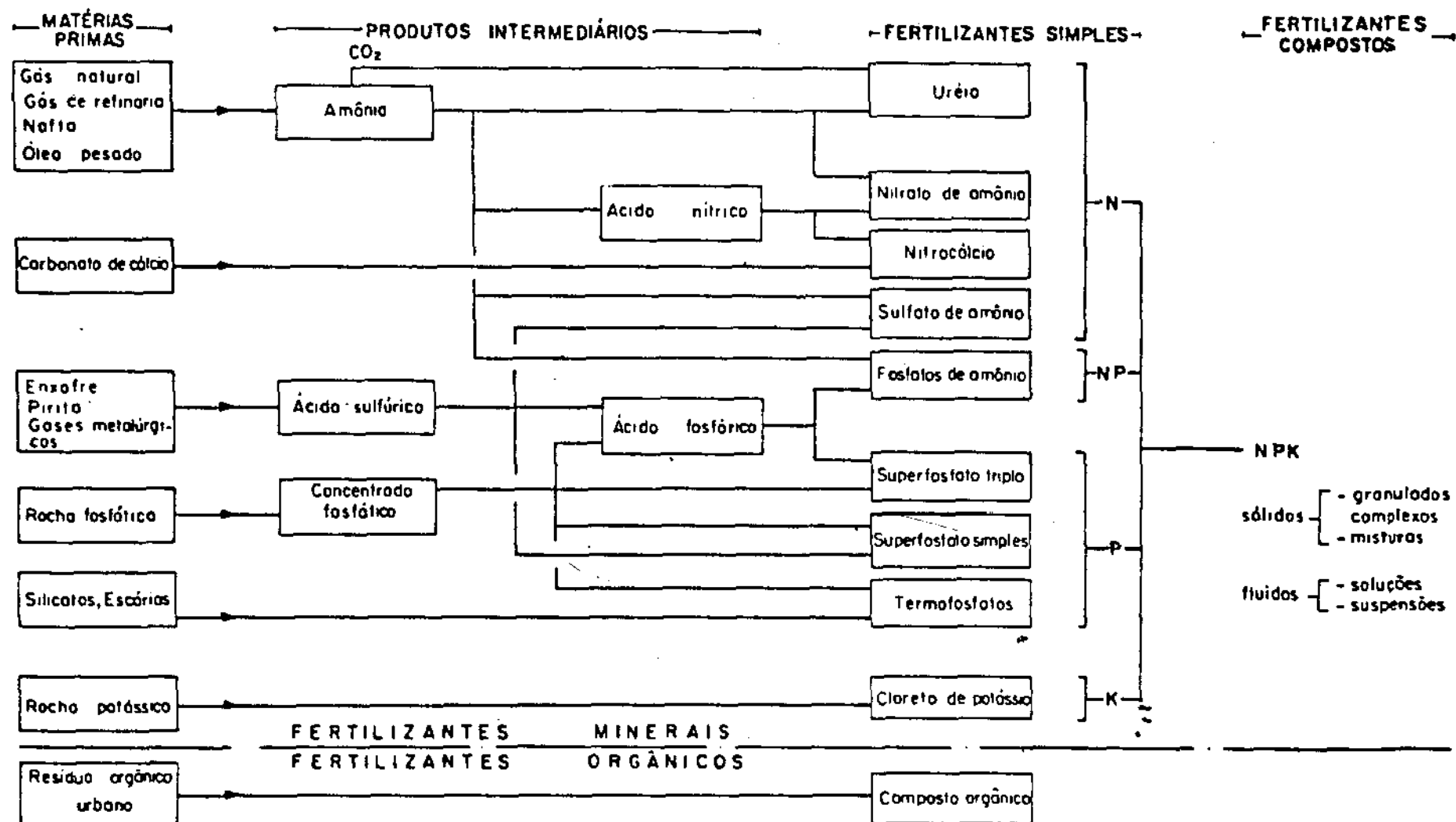
### A INDÚSTRIA DE FERTILIZANTES QUÍMICOS

#### 1. Aspectos Gerais da Produção de Fertilizantes

Segundo a legislação brasileira (decreto no. 86.955 de 18/02/1982), fertilizantes são "substâncias minerais ou orgânicas, naturais ou sintéticas, fornecedoras de um ou mais nutrientes das plantas".

"A produção de fertilizantes pode ser dividida em quatro etapas: matérias-primas, produtos intermediários, fertilizantes simples e fertilizantes compostos. Praticamente toda a indústria se baseia no processamento de recursos naturais fósseis, como hidrocarbonetos (gás natural e derivados de petróleo) ou rochas com teores variáveis de fósforo ou potássio, além de enxofre, utilizado na produção de ácido sulfúrico. Entre os produtos intermediários, que constituem os insumos para a etapa seguinte, ou seja, para a produção de fertilizantes simples, os principais são a amônia, o ácido sulfúrico, os concentrados fosfáticos e o ácido fosfórico (figura 1).

Como consequência da evolução da tecnologia petroquímica nos últimos 40 anos, a amônia ( $\text{NH}_3$ ) tornou-se o insumo-chave para o preparo de fertilizantes nitrogenados. Os hidrocarbonetos são a base para a sua produção e por isso



as unidades industriais de amônia são normalmente instaladas junto de pólos petroquímicos. As fábricas modernas produzem cerca de 1.400 toneladas de amônia por dia, a preços bastante competitivos. Com o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), seu subproduto, a amônia é a base para produção da uréia,  $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$  que tem 46% de nitrogênio e é hoje responsável por cerca de 70% do total de fertilizantes nitrogenados simples produzidos no Brasil. O alto teor de nitrogênio e os custos favoráveis de produção tornam a uréia um fertilizante que tende a participar cada vez mais dos mercados brasileiro e mundial.

As rochas fosfáticas são o material inicial para obtenção dos fertilizantes fosfatados. Em geral, essas rochas tem teores variáveis de fluorapatita  $[\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3]$ . Duas dificuldades, porém, se apresentam para o aproveitamento das rochas brasileiras como fonte de fósforo: baixos teores e baixa disponibilidade. Seu teor de fósforo, expresso na forma de pentóxido de fósforo ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), situa-se entre 5% e 10%, o que é considerado muito baixo para permitir o tratamento pela tecnologia disponível, que exige teores entre 30% e 38% e não tolera os altos níveis de impurezas presentes nas jazidas nacionais. Além disso, o fósforo contido nas rochas brasileiras tem baixa solubilidade no solo, o que não permite seu aproveitamento pelas plantas.

Em vista dessas dificuldades, o minério de fósforo é primeiro beneficiado por um processo conhecido como "flotação" ou "flutação", do qual resulta um produto conhecido por "concentrado fosfático", que contém de 70% a 80% de fluorapatita. Esse material é então "digerido" por meio de uma reação química com um ácido inorgânico forte, podendo originar a formação de uma série de produtos, como o ácido fosfórico, o superfosfato simples e o superfosfato triplo. O primeiro é insumo na produção do terceiro, bem como na produção dos fosfatos de amônio, ao reagir com a amônia; os dois últimos destinam-se à preparação de fertilizantes compostos.

Quanto ao potássio, a indústria utiliza sobretudo o cloreto de potássio (KCl), obtido a partir do beneficiamento de rochas potássicas do tipo evaporito, formadas essencialmente por uma mistura de silvita (KCl) e halita (NaCl).

Os fertilizantes compostos, por sua vez, podem ser obtidos de uma mistura de fertilizantes simples, nas proporções adequadas ao consumo pelos agricultores. Desta forma obtém-se uma mistura física dos vários componentes, em forma de pó ou de grãos com diâmetro entre 0,5 e 5 milímetros. Podem também ser produzidos pela granulação dos fertilizantes simples, de forma que cada grão contenha os três macronutrientes primários, ou por sua diluição em água

ou em suspensões com uso de argila. Os fertilizantes fluídos assim obtidos tem tido participação crescente no mercado brasileiro" (1).

## **2. O Uso de Fertilizantes na Agricultura Moderna**

"Dentre os elementos minerais, as plantas precisam de quantidades relativamente elevadas de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, [que são os] seus macronutrientes. Vários outros elementos, denominados micronutrientes, lhes são também necessários, porém em pequenas quantidades. Incluem-se aí o boro, cloro, cobalto, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco. As chuvas suprem as plantas com a água e parte do oxigênio que elas consomem. A própria atmosfera proporciona o carbono, na forma de dióxido de carbono, bem como o restante do oxigênio. As leguminosas podem, em alguns casos, obter nitrogênio da atmosfera, através de bactérias fixadoras.

A maior parte das plantas, no entanto, obtém nitrogênio do solo, onde estão também todos os demais nutrientes, fornecidos naturalmente ou acrescentado pelos homens ou pelos animais. Se o solo não puder fornecer suficientemente qualquer dos nutrientes mencionados, mesmo aqueles necessários em quantidades muito pequenas, o crescimento e desenvolvimento da planta, serão prejudicados. As deficiências mais comuns são de nitrogênio, fósforo e

potássio. Em solos ácidos, a falta de cálcio e enxofre é também relevante. Nos lugares em que a natureza permanece intocada, um ciclo fechado de nutrição pode ser observado: o sistema está em equilíbrio e a decomposição de matéria orgânica faz com que os nutrientes retornem ao solo. Com a introdução da agricultura, rompe-se este ciclo.

Quando a atividade agrícola substitui uma floresta, o solo pode se exaurir em poucos meses. Algumas áreas de solo extremamente ácido chegam a esse processo mesmo sem a introdução da agricultura, por falta de enxofre, magnésio, e, principalmente, cálcio. O solo fica sujeito aos perigos da erosão e da lixiviação [retirada, por meio de lavagem, dos sais nutrientes contidos nos solos, realizada pela água das chuvas]. Se as práticas agrícolas não forem corretamente obedecidas, o comprometimento pode ser irreversível. Além disso, a cada colheita, os nutrientes são gradualmente extraídos do solo, e tais perdas não são totalmente repostas pela decomposição de matéria orgânica que nele permanece. Sem contribuição externa, sua capacidade de prover nutrientes às culturas diminui progressivamente, como ocorreu e ainda ocorre em certas regiões do Brasil.

Antes do advento dos fertilizantes minerais, só a aplicação de resíduos humanos, animais ou vegetais proporcionava nutrientes às culturas. O abastecimento das populações ficava limitado por esse sistema de produção de

alimentos, que dependia basicamente do retorno dos resíduos ao solo. Com o crescimento urbano durante a Revolução Industrial, elevaram-se as perdas de nutrientes do ciclo natural, pois eles passaram a ser exportados para as cidades, junto com os produtos agrícolas. O uso de fertilizantes permitiu a reposição dos nutrientes e contribuiu, assim, para o crescimento da população urbana. Na Europa Ocidental, estima-se que, após mais de um século de uso intensivo de fertilizantes, metade da produção agrícola se deve a esses insumos. Obviamente, isso não seria possível sem o desenvolvimento de novas variedades vegetais, maquinaria moderna, defensivos agrícolas e outros implementos.

Nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) são os três macronutrientes primários. O primeiro é importante componente das proteínas e da clorofila. Metabolizado em quantidades elevadas, frequentemente é o principal fator de aumento da produtividade agrícola. Beneficia sobretudo as partes verdes dos vegetais. O fósforo é basicamente responsável por todos os processos vitais das plantas nos quais energia é armazenada e utilizada. Promove o crescimento das raízes e melhora a qualidade dos grãos, além de acelerar o amadurecimento dos frutos. O potássio participa da produção, transporte e acumulação de polissacarídeos nas plantas, melhorando sua resistência a condições adversas, como a falta de água ou doenças, pois é

responsável pelo equilíbrio de cargas no interior das células vegetais" (2).

### **3. Uma Visão do Cenário Internacional**

"A grande expansão mundial do consumo e da produção de fertilizantes químicos verificados no pós-guerra, deve ser observada como parte das estratégias das grandes empresas transnacionais na busca de novos mercados. O consumo mundial dos três nutrientes básicos (N-P-K) passou de 7,5 para 94,6 milhões de toneladas no período de 1946 a 1977, sendo que desse total 71% são consumidos na Europa, América do Norte e União Soviética. Cabe frisar, contudo, que no processo de expansão do mercado mundial de fertilizantes ocorreu um substancial crescimento na produção dos países em desenvolvimento. Na tabela 1 observa-se que durante as décadas de 1960 e 1970, a participação dos países em desenvolvimento apresentou um substancial crescimento, principalmente no que se refere a nitrogênio e fósforo, sendo que a produção de potássio permaneceu mais concentrada na Europa Ocidental, América do Norte e União Soviética. Deve-se atentar para o fato de que, independentemente do decréscimo da participação relativa dos países centrais, sua produção cresceu intensamente no período.

TABELA 1  
PARTICIPAÇÃO MUNDIAL NA PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES (X)

|                                   | Nitrogenados |            | Fosfatados |            | Potássicos |         |
|-----------------------------------|--------------|------------|------------|------------|------------|---------|
|                                   | 1965/66      | 1984/85(1) | 1965/66    | 1984/85(1) | 1965/66    | 1984/85 |
| Economias de Mercado              |              |            |            |            |            |         |
| - Desenvolvidos                   | 68,2         | 48,8       | 74,8       | 48,2       | 68,1       | 51,4    |
| - Em Desenvolvimento              | 5,9          | 19,5       | 4,1        | 18,3       | 0,2        | 1,7     |
| Economias Centralmente Planejadas |              |            |            |            |            |         |
| - Europa e URSS                   | 21,2         | 27,8       | 17,6       | 26,8       | 30,8       | 45,3    |
| - Ásia                            | 4,7          | 11,9       | 3,5        | 6,6        | 0,9        | 1,5     |

FONTE: United Nations (1982).

(1) Informações com base na capacidade instalada para os anos de 1984/85.

Apesar do grande crescimento da participação dos países em desenvolvimento no mercado internacional, estes mantiveram ou até mesmo elevaram a sua demanda por matérias-primas e produtos finais. A expansão da produção de fertilizantes nesses países deu-se em diferentes etapas e de diferentes formas. Inicialmente, após a Segunda Grande Guerra houve uma entrada acentuada de empresas transnacionais, com instalação de plantas industriais (este processo decorre basicamente do fato que a instalação de uma planta industrial de fertilizantes requer um expressivo volume de recursos somente acessível às empresas transnacionais. Segundo o Relatório "United Nations" (1982) os requisitos de capital fixo e variável giram entre 50 e 600 milhões para a instalação de plantas nos países desenvolvidos e em desenvolvimento). Isto ocorreu na Índia, Trinidad-Tobago, Coreia, Paquistão, América Latina entre

outros, com a participação de transnacionais norte-americanas, européias e japonesas. A participação das empresas transnacionais, graças aos elevados volumes de capital de que dispõem e das melhores condições de diversificação, vieram, até o final dos anos 60, gradativamente ocupando parcela significativa do mercado mundial de fertilizantes.

Ao longo da década de 1970, a expansão do setor, nos países em desenvolvimento, passou a se dar através de "joint-ventures" de empresas transnacionais com empresas locais, mesmo nos países onde já haviam transnacionais; estas, mais recentemente, passaram a vender parcela significativa de sua participação acionária.

Este procedimento decorre basicamente do fato de as empresas não desejarem correr os riscos inerentes à produção nesses países. A constituição de "joint-ventures" possibilitou, por um lado, a participação das transnacionais nas empresas produtoras a nível das decisões e por outro, garante o controle tecnológico por parte das transnacionais. Para as empresas dos países em desenvolvimento, as "joint-ventures" também são interessantes sob este último aspecto pois viabilizam a aquisição de tecnologia moderna com custos relativamente baixos.

Esta política das transnacionais se associa claramente com a sua forma básica de expansão no setor de fertilizantes, que consiste na geração de tecnologia, na produção de equipamentos especializados e na prestação de serviços de engenharia. Por exemplo, a introdução da obtenção da amônia a partir do gás natural, ocorrida durante a década de 1970, foi totalmente implementada por algumas transnacionais européias e norte-americanas. Após o desenvolvimento desta tecnologia, as empresas passaram a vender o "pacote" e, mais do que isso, passaram a financiar a obtenção desta tecnologia por parte dos países em desenvolvimento. Assim, as empresas transnacionais tem procurado, através de suas pesquisas, viabilizar a criação de novas matérias-primas e de novos métodos de obtenção das mesmas. Além disso, promovem pesquisas a nível de indústria onde buscam:

a) novos fertilizantes ou processos industriais adequados às necessidades tropicais e sub-tropicais;

b) melhoria dos processos industriais para a produção de fertilizantes multi-nutrientes.

Assim, parece evidente a razão que leva as grandes empresas transnacionais a pesquisarem processos produtivos e a desenvolverem tecnologias a nível industrial, vendendo-as e garantindo a obtenção de "royalties" e portanto, não mais

buscando novos mercados com os produtos finais, ou mesmo com os produtos intermediários" (3).

"Em resumo, a indústria mundial de fertilizantes é caracterizada pelos seguintes fatores:

a) maturidade tecnológica;

b) a existência de excedentes originados pelos investimentos dos países centrais (que entraram mais cedo na exploração de recursos naturais);

c) excedentes determinados pela política de substituição de importações nos países em desenvolvimento;

d) pela dificuldade para diversificação e diferenciação de produtos da indústria e;

e) pelos elevados custos de saída.

O único fator atenuante é que nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento há uma demanda reprimida, sendo os níveis de utilização de fertilizantes muito baixos" (4).

#### 4. A Indústria de Fertilizantes no Brasil

A partir da Segunda Grande Guerra teve início um processo de modernização da agricultura brasileira através da importação de tratores e fertilizantes. Tal processo deve ser analisado como parte integrante de um processo maior que também se inicia neste período e que é expansão das grandes empresas transnacionais em busca de novos mercados.

Desde então, o aumento da produção agrícola não mais se dá apenas com a incorporação de terras virgens, mas também através do aumento da produtividade dos campos em uso. Aliado a este aumento da produtividade dos campos em uso, outro elemento importante para explicar o uso de fertilizantes foi a incorporação de terras menos férteis à agricultura (expansão da fronteira agrícola).

Este processo de modernização da agricultura brasileira tornou as propriedades rurais, que até então eram verdadeiras unidades produtoras autônomas do restante da economia, dependentes de um setor industrial localizado fora dos domínios agrícolas (setor industrial destinado à produção de bens para a agricultura) acoplando assim a agricultura, de forma mais intensa, às atividades industriais e assim, aos movimentos da economia (é a passagem do "complexo rural" para o "complexo agroindustrial").

Para que possamos melhor analisar a indústria de fertilizantes no Brasil, devemos fazer uma periodização da mesma a qual pode ser realizada sob o ponto de vista do consumo aparente ou sob o ponto de vista da produção.

Do ponto de vista do consumo aparente (tabela 2) podemos observar que o mesmo, ao longo do tempo, possui três períodos distintos: pré 1967, entre 1967 e 1980 e pós 1980. O primeiro período possui taxas anuais de crescimento em torno de 8%, sendo caracterizado pela instalação de empresas transnacionais e de algumas empresas privadas nacionais. O segundo período (1967/1980) possui taxas anuais de crescimento em torno de 17,8%, sendo caracterizado por uma acentuada expansão no consumo de fertilizantes que é explicado basicamente em função da política de crédito rural subsidiado e sua obrigatoriedade de utilização dos recursos para compra de insumos agrícolas. O terceiro período é marcado por altas e quedas da taxa anual de crescimento do consumo de fertilizantes no Brasil ocasionadas por situações conjunturais, porém, a crise econômica generalizada aliada ao esgotamento do padrão de financiamento da agricultura até então vigente, levaram uma significativa queda no consumo aparente de fertilizantes que somente recuperou os níveis de 1970 em 1984/1985. Muitos autores subdividem este período em dois sendo o ano de 1983 o marco divisor, mas acreditamos que as alterações realizadas a partir deste ano não são significativas a ponto de caracterizar um novo período.

**TABELA 2**  
**EVOLUÇÃO DO CONSUMO APARENTE DE FERTILIZANTES NITROGENADOS NO BRASIL**

| Ano  | Nitrogênio | Ano     | Nitrogênio |
|------|------------|---------|------------|
| 1950 | 14,2       | 1969    | 164,4      |
| 1951 | 18,6       | 1970    | 275,9      |
| 1952 | 18,6       | 1971    | 278,0      |
| 1953 | 20,5       | 1972    | 412,0      |
| 1954 | 18,3       | 1973    | 346,0      |
| 1955 | 23,6       | 1974    | 389,0      |
| 1956 | 31,2       | 1975    | 406,0      |
| 1957 | 35,0       | 1976    | 490,0      |
| 1958 | 46,7       | 1977    | 700,0      |
| 1959 | 45,0       | 1978    | 702,0      |
| 1960 | 64,7       | 1979    | 779,0      |
| 1961 | 56,8       | 1980    | 905,0      |
| 1962 | 50,9       | 1981    | 667,0      |
| 1963 | 65,2       | 1982    | 640,0      |
| 1964 | 50,8       | 1983    | 564,9      |
| 1965 | 70,6       | 1984    | 802,0      |
| 1966 | 71,1       | 1985    | 822,0      |
| 1967 | 106,3      | 1986    | 988,0      |
| 1968 | 144,3      | 1987(a) | 963,8      |
|      |            | 1988(a) | 876,9      |
|      |            | 1989(a) | 867,0      |

FONTE: ANDA

(a) Fonte: Anuário Estatística do Brasil - 1990 - IBGE.

"Sob o ponto de vista da produção, a periodização da indústria de fertilizantes tem marcos bastante próximos ao próprio processo de industrialização brasileira. Cabe apenas enfatizar que a instalação de novas plantas normalmente observa uma defasagem significativa em relação à decisão de investir. A partir disso, pode-se dividir a expansão do setor de fertilizantes nos seguintes sub-períodos:

a) até 1955: primórdios da indústria, substituição de importações de alguns bens finais;

b) de 1955 até 1965: implantação da indústria produtora;

c) de 1967 até 1974: consolidação da indústria produtora e expansão do mercado consumidor;

d) de 1974 até 1986: internalização da produção de insumos" (...).

#### **"a) Primórdios da indústria**

A produção nacional de fertilizantes inorgânicos inicia-se na década de 40 com a exploração do carbonatito apatítico e com a produção de sulfato de amônio, subproduto da produção siderúrgica da Cia. Siderúrgica Nacional.

O pequeno mas constante crescimento da demanda por fertilizantes químicos levou ao nascimento de algumas pequenas empresas nacionais misturadoras tais como o Manah, a Copas e a Solorrico. Além destas, há inúmeras outras ligadas a grupos internacionais, tais como a Quimbrasil, Fosfanil, Ultrafértil e CRA, cujas instalações datam também desta época.

Nesse período, apenas alguns produtos intermediários começam a ser produzidos internamente, sendo que a maioria continuava a ser importada.

### **b) Implantação da indústria de fertilizantes**

A implantação da indústria de fertilizantes deu-se em grande medida ao longo e após o Plano de Metas. Tal plano deve ser entendido como um esforço concentrado de modernização do Brasil, no qual houve em diferentes setores uma grande expansão da indústria. Nesse período, a industrialização fez-se em grande medida com a participação de empresas transnacionais. Entre 1955 e 1965, 15 novas plantas no setor de fertilizantes foram instaladas, entre elas inúmeras de capital internacional.

A indústria de fertilizantes tinha, no Plano, a meta de produzir internamente 120 mil t de nutrientes, atingida em meados dos anos 60.

Cabe ressaltar dois movimentos importantes neste período: i) uma grande expansão das empresas transnacionais no contexto do conjunto da economia mundial; ii) a complexificação das fórmulas de produção. Os dois movimentos são interdependentes na medida em que as empresas transnacionais passam a se expandir dentro de um contexto mais geral, aliando-se ao desenvolvimento de tecnologias

mais modernas. Portanto, o grande salto da indústria de fertilizantes em termos de produtos finais se dá, no Brasil e em grande medida em termos mundiais, no final da década de 50, início de 60, com base nas empresas transnacionais e todo seu desenvolvimento tecnológico acumulado. Neste período, há três plantas da CRA, uma grande planta da Ultrafértil, duas plantas da Quimbrasil, apenas para citar alguns exemplos de transnacionais se instalando no País. Merece destaque o fato de serem plantas produtoras de matérias-primas, de produtos intermediários e de fertilizantes simples.

Apesar do desenvolvimento da tecnologia de produção de granulados complexos a nível internacional ter-se dado nesse período, já se observa a instalação de diversas plantas no Brasil. O que mostra, de alguma forma, a grande integração internacional do setor, visto que os granulados complexos representavam a inovação técnica mais importante no setor.

### **c) Consolidação da indústria de fertilizantes: expansão do mercado consumidor**

O período de 1967 a 1973, para a indústria de fertilizantes, caracteriza-se por dois movimentos simultâneos: i) grande expansão do consumo aparente; ii) ampliação da capacidade produtiva através do setor privado.

A alavanca básica da expansão do consumo aparente e da consolidação da indústria, neste período, foi a disponibilidade dos fortes recursos do crédito rural subsidiado. Cabe frisar que esta política persistiu enquanto fomentadora da ampliação do mercado consumidor de fertilizantes até pelo menos 1980. A ampliação da capacidade produtiva se dá tanto com a participação de capitais transnacionais, na forma de novas firmas e ampliação de outras pré-existente, quanto pela ampliação de firmas nacionais.

Apesar de neste período ter ocorrido uma ampliação da produção de matérias-primas e produtos intermediários, prevaleceu a instalação de plantas de bens finais. Mas não se pode deixar de mencionar que, apesar da ampliação da capacidade produtiva (ver tabela 3), durante este período houve um significativo crescimento das importações; principalmente de produtos intermediários e matérias-primas.

Além disso, deve-se levar em conta que a nível das transnacionais, até início dos anos 70, persistia a dinâmica básica de expansão a nível internacional característica do pós-guerra. A partir do início dos anos 70 esta estratégia se modifica, havendo uma tendência de saída das transnacionais da produção de insumos e fertilizantes e uma especialização no desenvolvimento de processos industriais.

TABELA 3  
NÚMERO DE ESTABELECIMENTOS PRODUTORES DE FERTILIZANTES, PRODUTORES INTERMEDIÁRIOS E  
MATÉRIAS-PRIMAS INSTALADOS NO BRASIL - 1954/83

| Produção                        | 1944/54 | 1955/66 | 1967/73 | 1974/E |
|---------------------------------|---------|---------|---------|--------|
| Mistura                         | 7       | 5       | -       | -      |
| Fertilizante fluido             | -       | -       | -       | 1      |
| Granulado complexo              | -       | 5       | 4       | 16     |
| GSP                             | 4       | 6       | 2       | 13     |
| TSP                             | -       | -       | 3       | 9      |
| Termofosfato                    | -       | 1       | 1       | 1      |
| NAP                             | -       | -       | -       | 5      |
| DAP                             | -       | -       | 1       | -      |
| Concentrado fosfático           | 2       | -       | 1       | 5      |
| Fosfato natural parc. acidulado | -       | -       | -       | 3      |
| Sulfato de amônio               | -       | -       | -       | 1      |
| Nitrato de amônio               | -       | -       | 1       | -      |
| Nitrocálcio                     | -       | 1       | -       | -      |
| Uréia                           | -       | -       | 1       | 3      |
| Ácido nítrico                   | -       | -       | 1       | 1      |
| Ácido fosfórico                 | -       | -       | 1       | 2      |
| Ácido sulfúrico                 | 2       | 5       | 2       | 5      |
| Amônia                          | -       | 2       | 2       | 3      |
| Total                           | 15      | 20      | 20      | 68     |

FONTE: BRUND (1985).

Além disso, deve-se levar em conta que a nível das transnacionais, até início dos anos 70, persistia a dinâmica básica de expansão a nível internacional característica do pós-guerra. A partir do início dos anos 70 esta estratégia se modifica, havendo uma tendência de saída das transnacionais da produção de insumos e fertilizantes e uma especialização no desenvolvimento de processos industriais.

Esta mudança na estratégia das transnacionais do setor de fertilizantes está vinculada à crise internacional

do capitalismo e uma de suas manifestações concretas: a súbita elevação dos preços do petróleo em 1973.

A mudança na estratégia das transnacionais e os problemas a nível do balanço comercial brasileiro decorrente da crise do petróleo, fizeram com que se estabelecesse em 1974, o II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), que influenciaria profundamente o setor.

#### **d) Internalização da produção de insumos**

O II PND caracterizou-se por uma particular articulação do Estado, capital internacional e capital nacional para garantir a ampliação da oferta de insumos básicos no sentido de viabilizar a auto suficiência nacional para o fim do decênio. Este plano, como observa Lessa (1978: 96), "colocava no centro do palco da industrialização brasileira, a grande empresa estatal". Cabe frisar que esta grande "empresa estatal" passa a funcionar de forma semelhante às grandes empresas privadas, ou seja, tendo como objetivos a máxima eficiência, elevados lucros, etc.

É neste contexto que se observa a articulação anteriormente apontada entre a mudança da estratégia das empresas transnacionais e a expansão do Estado. As indicações são de que as empresas transnacionais passaram a atuar mais a nível de produção e exportação de tecnologia e

junto à viabilização financeira da implantação das "indústrias nacionais".

Em termos de financiamento, o II PND foi viabilizado pela existência de expressivos volumes de recursos captados no Sistema Financeiro Internacional e canalizados - a juros extremamente baixos - para o Brasil, passando a compor e a ampliar a dívida externa brasileira ao longo do final da década de 70.

Para cobrir especificamente o setor de fertilizantes, estabeleceu-se em 1974, o Plano Nacional de Fertilizantes e Calcário Agrícola (PNFCA) que tinha como meta a triplicação da capacidade de produção nacional. Porém, a meta principal a ser atingida por tal Plano era a substituição das importações de insumos para o setor. Além disso, por razões específicas do setor, o Plano acabava por viabilizar também uma desconcentração regional com a instalação de importantes indústrias junto às minas em Minas Gerais, Sergipe e Paraná.

No que tange aos insumos para fertilizantes nitrogenados, o desenrolar do Plano acabou por conceder à Petrobrás o desenvolvimento dos projetos de Araucária (PR), Laranjeiras (SE) e a ampliação da planta de Camçari (BA). Ao longo do período, inúmeras outras plantas de nitrogenados foram instaladas.

Para os fosfatados, houve grande apoio por parte do Estado no sentido de ampliar a capacidade produtiva das empresas privadas, além de ampliar sua própria produção via subsidiárias da Petrobrás. Porém, o mais importante consistiu na mobilização da produção de fosfatos em Patos de Minas e Araxá (MG), Catalão e Ouvidor (GO), a partir da extração de minas.

Apesar da existência da mina de Cosmópolis (SE), com capacidade de produção de um milhão de t/ano de  $K_2O$ , descoberta em 1974, obteve-se apenas uma produção nacional de 2.016 t de potássicos durante o ano de 1985 em Taquari-Vassouras (SE).

O grande dinamismo do setor é atestado pela instalação de 68 novas plantas no período 74/83. Cabe frisar que apesar da grande participação do Estado algumas empresas que se instalam são privadas" (5).

No Brasil, segundo ANDA 1987, as empresas que atuam no setor de fertilizantes podem ser divididas em quatro grupos que representam o nível de verticalização. Assim temos:

**Nível 1:** empresas que dispõem de integração total, produzindo e comercializando matérias-primas, fertilizantes simples e fertilizantes compostos (N-P-K);

**Nível 2:** empresas que produzem e comercializam matérias-primas e fertilizantes simples;

**Nível 3:** empresas produtoras e revendedoras de fertilizantes simples e ou misturas N-P-K, que adquirem as matérias-primas de terceiros;

**Nível 4:** empresas que atuam apenas na comercialização de fertilizantes simples ou também na produção e comercialização de misturas N-P-K, adquirindo fertilizantes simples de outras empresas.

"A implantação desse segmento industrial no Brasil acabou por reproduzir de certo modo o perfil tecnológico desenvolvido nos Estados Unidos e Europa. Esse fato, em conjunção com outros, possibilitou a criação de um parque industrial em curto espaço de tempo, mas criou também alguns problemas. O primeiro refere-se à eficiência dos fertilizantes, pois nem todos atuam em regiões de clima tropical, com solos predominantemente ácidos, com a mesma eficácia que nas regiões temperadas, onde foram originalmente desenvolvidos e utilizados. Em segundo lugar, uma vez adotada a política de reduzir a dependência externa de matérias-primas, surgiu o grande desafio de fazer com que os processos de produção existentes operassem em níveis compatíveis de eficiência, usando exclusivamente as matérias-primas disponíveis em nosso país" (6).

"Embora muito já se tenha caminhado na adaptação e desenvolvimento de tecnologia para as condições brasileiras, a resposta aos desafios presentes constitui uma tarefa difícil, exigindo pesquisas que abrangem a tecnologia de produção e a tecnologia de uso pela agricultura, em escala de laboratório e em escala semi-comercial. T tamanha tarefa, que envolve aspectos geológicos, ambientais, industriais e agrônômicos, entre outros, só será exequível se enfrentadas por grupos interdisciplinares, reunindo as equipes das empresas, dos centros de pesquisa e das universidades, cada uma trabalhando de acordo com as suas próprias capacitações mas coordenadas em torno de um objetivo único: utilizar adequadamente os recursos naturais, para suprimento de nutrientes à agricultura e sem prejuízos ambientais" (7).

## **5. Os Fertilizantes Nitrogenados**

Neste trabalho faremos um esboço apenas da estrutura do setor produtor de fertilizantes nitrogenados para, posteriormente, verificarmos os possíveis impactos da fixação biológica do nitrogênio na indústria deste fertilizante.

"No Brasil, atualmente, seis fábricas produzem amônia para fins fertilizantes, utilizando como matérias-primas, gás natural, gás de refinaria e resíduo asfáltico. A

tendência internacional, baseada na utilização do gás natural, mais barato, com maior eficiência energética e vantagens ambientais, deverá ser acompanhada no país, embora o alto investimento necessário à construção de unidades de amônia possa limitar a expansão da produção" (8).

Além da uréia que é atualmente o principal fertilizante nitrogenado consumido no Brasil, temos também o nitrato de amônio, o nitrocálcio e o sulfato de amônio que é o único nitrogenado cuja produção é realizada por empresas privadas. Devido ao grande volume de capital necessário, ao longo período de maturação dos investimentos, à crise do petróleo e ao modelo de crescimento econômico implantado no país, o qual estimulava com maior intensidade o desenvolvimento do setor de bens de consumo duráveis, o Estado viu-se obrigado a implantar no país a indústria de fertilizantes nitrogenados. Hoje, dentro dos nitrogenados, a Petrobrás é monopolista na produção de uréia, nitrato de amônio e nitrocálcio sendo apenas o sulfato de amônio produzido por empresas privadas.

Observando a tabela 4, nota-se que a FBN deve causar um impacto maior na indústria de fertilizantes nitrogenados nacional e um impacto bem menor na balança comercial via importação de sulfato de amônio. Como este trabalho pretende estudar os impactos na indústria de

fertilizantes nitrogenados, é na produção dos mesmos que nos apoiaremos para realizar esta empreita.

TABELA 4  
FERTILIZANTES NITROGENADOS - PRODUÇÃO, IMPORTAÇÃO, EXPORTAÇÃO E CONSUMO NO BRASIL, 1989

| Produto                 | Produção<br>(em t) | Importação           |                         | Exportação           |                         | Parcela de<br>Produção<br>destinado ao<br>Consumo Na-<br>cional |                         | Destino do Consumo Nacional |                         |                      |                         |
|-------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
|                         |                    | Rela-<br>tiva<br>(2) | Abso-<br>luta<br>(em t) | Rela-<br>tiva<br>(2) | Abso-<br>luta<br>(em t) | Rela-<br>tiva<br>(2)                                            | Abso-<br>luta<br>(em t) | Fertilizantes               |                         | Outros               |                         |
|                         |                    |                      |                         |                      |                         |                                                                 |                         | Rela-<br>tiva<br>(3)        | Abso-<br>luta<br>(em t) | Rela-<br>tiva<br>(3) | Abso-<br>luta<br>(em t) |
| Uréia                   | 1.145.076          | 2,15%                | 24.616                  | 12,02%               | 137.530                 | 84,92%                                                          | 972.399                 | 90,22%                      | 877.298                 | 9,78%                | 95.101                  |
| Nitrato<br>de<br>amônio | 245.670            | 0                    | 0                       | 0,2%                 | 434                     | 97,02%                                                          | 238.349                 | 100%                        | 238.349                 | 0                    | 0                       |
| nitro-<br>cálcio        | 167.637            | 0                    | 0                       | 0                    | 0                       | 99,16%                                                          | 166.229                 | 100%                        | 166.229                 | 0                    | 0                       |
| sulfato<br>de<br>amônio | 192.126            | 354,00%              | 681.662                 | 0,8%                 | 1.698                   | 97,51%                                                          | 187.342                 | 91,86%                      | 172.092                 | 8,14%                | 15.250                  |

(1) Fonte: ABIQUIM - anuário, 1989.

(2) Referente a Produção

(3) Referente ao Consumo Nacional.

A tabela 5 nos informa que a uréia, o nitrato de amônio, o nitrocálcio e o sulfato de amônio são produzidos, basicamente, para atender a demanda por fertilizantes. Assim, qualquer alteração nesta demanda, refletir-se-á imediatamente na indústria destes produtos, pois não existe, pelo menos atualmente, mercados que possam absorver a produção no caso de uma redução forte na demanda de

fertilizantes nitrogenados. Dado o controle estatal quase que absoluto neste setor produtivo, o Estado encontra-se numa situação mais cômoda no que diz respeito à política para o setor de fertilizantes nitrogenados adotada, pois as conseqüências desta política recaem sobre o próprio Estado.

**TABELA 5**  
**PARTICIPAÇÃO RELATIVA DOS FERTILIZANTES NITROGENADOS NO TOTAL.**  
**PARTICIPAÇÃO RELATIVA DE CADA NITROGENADO NO TOTAL UTILIZADO COMO FERTILIZANTES NITROGENADOS**

| Produto           | Produção<br>(em t) | Utilizado como Fertilizante |                 | Participação Relativa |
|-------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------|
|                   |                    | Relativo à Produção         | Absoluto (em t) |                       |
| Uréia             | 1.145.076          | 76,61%                      | 877.298         | 60,34%                |
| Nitrato de amônio | 245.676            | 97,02%                      | 238.349         | 16,39%                |
| Nitrocálcio       | 167.637            | 99,16%                      | 166.227         | 11,43%                |
| Sulfato de amônio | 192.126            | 89,57%                      | 172.092         | 11,84%                |
| Total             | 1.750.509          | -----                       | 1.453.968       | 100,00%               |

Em 1987 foi lançado o "Programa Nacional de Fertilizantes 1987/1995" como resultado de estudos que concluíram por recomendar a expansão da produção de fertilizantes. Para os nitrogenados, foi proposto o seguinte:

"a) implantação da unidade de amônia e uréia, no Estado do Rio de Janeiro, a partir do gás natural, com capacidade de produção da ordem de 1000 t/dia e 1100 t/dia,

respectivamente, com investimento estimado em US\$ 250 milhões, até 1991;

b) implantação de unidade de amônia e uréia, em localidade a ser definida, a partir do gás natural, com capacidade de produção da ordem de 1.000 t/dia, respectivamente, com investimento estimado em US\$ 250 milhões, até 1995;

c) ampliação da unidade de amônia e uréia, localizada em Laranjeiras-SE, em 183 t/dia e 183/dia respectivamente, com investimento estimado em US\$ 14 milhões;

d) ampliação da unidade de amônia, localizada em Camaçari-BA em 150 t/dia, com investimento estimado em US\$ 9 milhões"(9).

Assim, em 1987 o setor de fertilizantes nitrogenados estava operando a plena capacidade, o que exigia novos investimentos no valor total de US\$ 523 milhões. Cabe frisar o elevado custo para a implantação de uma unidade produtora (cerca de US\$ 250 milhões) e a sua grande escala de produção (1000 t/dia de amônia e 1100 t/dia de uréia) que constituem elevadas barreiras de entrada de novas firmas produtoras neste mercado.

TABELA 6  
ESTIMATIVA DO VALOR DO CONSUMO DE FERTILIZANTES SIMPLES NITROGENADOS EM CRUZEIROS E EM DÓLAR

| Produto              | Quantidade Utilizada<br>como Fertilizante<br>(em t) | Preço Médio(*)<br>(Cr\$/t) | Valor<br>(Cr\$) | Preço Médio(**)<br>(US\$/t) | Valor<br>(US\$) |
|----------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|
| Uréia                | 277.298                                             | 584,62                     | 512.885.000     | 206,58                      | 181.232.000     |
| Nitrato de<br>amônio | 238.349                                             | 408,40                     | 97.341.732      | 144,31                      | 34.396.144      |
| Nitrocálcio          | 166.229                                             | 246,65                     | 41.000.383      | 87,16                       | 14.488.520      |
| Sulfato de<br>amônio | 172.092                                             | 250,29                     | 43.072.987      | 88,44                       | 15.219.816      |

(\*) FONTE: ABIQUIM - Anuário, 1989.

(\*\*) Para se encontrar este valor, foi utilizado a taxa média do cruzado em relação ao dólar norte-americano para venda, do período de janeiro a dezembro de 1989 (US\$ 1 = Cr\$ 2,83). Dados fornecidos pelo boletim do Banco Central de dezembro de 1989.

## NOTAS

- (1) CALMANOVICI, Carlos Eduardo et alii. Fertilizantes: indústria para nutrição das plantas. Ciência Hoje. Vol. 10: 30-31, setembro, 1989.
- (2) Idem. Ibidem. p. 29.
- (3) REYDON, Bastiaan Philip. A indústria de fertilizantes no Brasil: aspectos de sua dinâmica. Campinas, 1987, p. 7-10, mimeo.
- (4) DOCUMENTO no. 9: síntese do estudo do setor fertilizantes (nitrogenados e fosfatados) (PATI-IP1). Campinas, março, 1990, p. 7-8, mimeo.
- (5) REYDON, B.P. op. cit., p. 11-16.
- (6) CALMANOVICI. op. cit., p. 31.
- (7) Idem. Ibidem.
- (8) Idem. Ibidem.
- (9) CDI. 1987.

## CAPÍTULO 2

### A FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO (FBN)

#### 1. O Que é a FBN

Como foi mostrado no capítulo anterior, todas as plantas necessitam de nitrogênio, entre outros elementos, para poderem se desenvolver. Uma vez rompido o ciclo natural com a substituição da vegetação nativa pela agricultura, torna-se necessário fornecer os nutrientes básicos das plantas (N-P-K). Ainda no capítulo 1, vimos que este fornecimento pode ser realizado com o uso de fertilizantes químicos.

Porém, no caso do nitrogênio, este fornecimento pode se dar de outra maneira. Algumas espécies vegetais podem estabelecer relações simbióticas com algumas espécies de microorganismos que possuem a capacidade de absorver o nitrogênio ( $N_2$ ) existente no ar e transformá-lo em um composto químico nitrogenado apropriado para a absorção pela planta que, por sua vez, dele extrai o nitrogênio necessário do seu bom desenvolvimento. Como contrapartida destas relações, a planta forma alimento para estes microorganismos. Também algumas bactérias de vida livre são capazes de captar o nitrogênio do ar e torná-lo disponível para as plantas. Este processo é denominado fixação

biológica de nitrogênio. Como exemplos temos as gramíneas com o *AZOSPIRILLUM*, a cana-de-açúcar com *ACETOBACTER DIAZOTROPHICUS* e as leguminosas com *RHIZOBIUM*.

O *AZOSPIRILLUM* é uma bactéria de vida livre e que parece ser capaz de retirar o nitrogênio do ar e de fornecê-lo às gramíneas. Porém, o estágio atual da pesquisa não permite a obtenção de resultados conclusivos que recomendem a produção industrial e a adoção massiva pelos agricultores desse tipo de inoculante. No segundo exemplo, os microorganismos *ACETOBACTER DIAZOTROPHICUS* se concentram nos colmos da cana-de-açúcar, raramente sendo encontrados no solo e cuja propagação se dá via plantio de toletes dispensando assim, o uso de inoculantes. No terceiro exemplo, os microorganismos *RHIZOBIUM* que habitam os solos se concentram nas raízes das leguminosas formando nódulos.

Atualmente, do ponto de vista econômico, é a simbiose entre o *RHIZOBIUM* e as leguminosas o caso mais importante de FBN. Segundo Dobereiner, no Brasil, praticamente toda a expansão da soja se deu com a utilização deste microorganismo como fornecedor de nitrogênio à planta em substituição do fertilizante nitrogenado. Por isto, este trabalho se limitará a estudar os possíveis impactos da FBN entre o *RHIZOBIUM* e as leguminosas sobre a indústria de fertilizantes nitrogenados.

As primeiras referências sobre a FBN datam de 1898. Em 1908, foram publicadas as primeiras informações sobre as avaliações das quantidades de nitrogênio fixado por algumas leguminosas em condições de campo. Em 1934 foram relatados os primeiros resultados de experimentos referentes à inoculação de sementes. Em 1949 foi iniciado a produção de inoculantes pela Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, utilizando-se do método de cultura do RHIZOBIUM em ágar. Em 1951 foi estabelecida a primeira fábrica de inoculantes para leguminosas pelo Instituto Biológico do Estado de São Paulo. Em 1953 o inoculante passou a ser elaborado em veículo turfoso. A partir de 1960 a prática da inoculação passou a ser utilizada em larga escala no Estado do Rio Grande do Sul.

## **2. O Melhoramento das Estirpes de RHIZOBIUM**

Por RHIZOBIUM temos um vasto conjunto de microorganismos que habitam, praticamente, todos os solos do planeta. Este vasto conjunto se divide em numerosos subconjuntos que são "estirpes de RHIZOBIUM" que se diferenciam uns dos outros por uma série de fatores, tais como: eficiência em fixar o nitrogênio do ar nas plantas, capacidade competitiva por sítio de infecção nodular, capacidade de competir com microorganismos do solo, sobrevivência em condições adversas do solo, crescer em meio líquido e veículo orgânico, sobrevivência na semente,

tolerância a PH baixo do solo e a pesticidas e capacidade de fixar e nodular em presença de nitrogênio mineral. Assim, uma determinada estirpe de RHIZOBIUM pode ser altamente competitiva em relação a outros microorganismos do solo mas apresentar uma reduzida eficiência na fixação do nitrogênio.

Para se maximizar as vantagens oferecidas pela FBN a pesquisa atua, basicamente, em duas linhas: seleção e desenvolvimento de estirpes de RHIZOBIUM que melhor atendam aos fatores acima mencionados, e seleção e desenvolvimento de cultivares de leguminosas que apresentam uma maior capacidade de resposta à inoculação.

No Brasil, é o IPAGRO (Porto Alegre) o órgão responsável pela produção e fornecimento de estirpes às fábricas de inoculantes. O IPAGRO mantém um grande acervo de espécies de RHIZOBIUM com o intuito de, através do cruzamento de espécies já conhecidas, obter outras espécies mais adequadas às condições brasileiras.

O IPAGRO está ligado a uma rede internacional de institutos e centros de pesquisa denominada MIRCEN (Microbiological Resources Centers) cujo objetivo é promover a aplicação da microbiologia e biotecnologia, com ênfase particular no progresso das economias rurais dos países em desenvolvimento. Ligado à ONU, o MIRCEN promove o

aperfeiçoamento e divulgação dos seus estudos e pesquisas como forma de alcançar o seu objetivo.

O MIRCEN possui representantes emo Kenya (Department of Soil Sciences Botany, University of Nairobi especializado em RHIZOBIUM), no Brasil (IFADRO, especializado em RHIZOBIUM), na Tailândia (Thailand Institute of Scientific and Technological Research, especializado em fermentação, comida e desperdício), no Egito (Ain - Shams University, Faculty of Agriculture, especializado em biotecnologia), na Guatemala (Applied Research Division, Central American Research Institute of Industry (ICAITI) especializado em biotecnologia), nos Estados Unidos (NIFTAL Project, College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii, especializado em RHIZOBIUM; Nitrogen - Fixation and Soybean Genetics Laboratory, Maryland, especializado em RHIZOBIUM; Department of Microbiology, University of Maryland, especializado em biotecnologia marinha), Suécia (Department of Bacteriology, Karolinska Institute, especializado em biotecnologia), Austrália (Department of Microbiology, University of Queensland, centro mundial de dados), Senegal (Centre National de Recherches Agronomiques, d'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, especializado em RHIZOBIUM), Argentina (Planta Piloto de Procesos Industriales Microbiologicos (PRIMI)), Japão (ICME, University of Osaka, especializado em tecnologia de

fermentação), Reino Unido (Commonwealth Mycological Institute, especializado em biotecnologia) e Canadá (University of Ontário e University of Guelph, especializados em biotecnologia e agricultura). Estes centros tem como objetivos:

a) proporcionar infra-estrutura e estabelecer relações de cooperação com os laboratórios locais visando a administração, distribuição e utilização do acervo microbiológico;

b) reforço do esforço relativo à conservação de microorganismos com ênfase no acervo de RHIZOBIUM nos países em desenvolvimento e de base agrária;

c) fomentar o desenvolvimento de novas técnicas locais e de baixo custo;

d) promover a aplicação da microbiologia para fortalecer as economias rurais;

e) servir como centro de treinamento de mão-de-obra e de difusão do conhecimento microbiológico.

### 3. A Produção Industrial de Inoculantes

Quanto à tecnologia de produção de inoculantes, várias pesquisas estão sendo realizadas no sentido de identificar fontes adequadas de substratos para maximizar o crescimento de RHIZOBIUM em meio de cultura líquido, otimizar o crescimento do RHIZOBIUM selecionado em cultura líquida através do controle de PH, temperatura e aeração, e desenvolver uma tecnologia de produção de inoculantes adequado para a linhagem de RHIZOBIUM escolhida.

A produção de RHIZOBIUM para uso na agricultura obedece um processo relativamente simples (ver figura 2.1) e os equipamentos exigidos não são complexos (ver tabela 7). As instalações prediais podem resumir-se a um barracão. No Brasil, a produção de RHIZOBIUM se dá a partir de material genético (inóculo) coletado anualmente pelas empresas produtoras junto ao IPAGRO (Instituto de Pesquisas Agronômicas) do Estado do Rio Grande do Sul. Em linhas gerais podemos descrever o processo produtivo da seguinte forma:

Figura 2.1 - Fluxograma do Processo

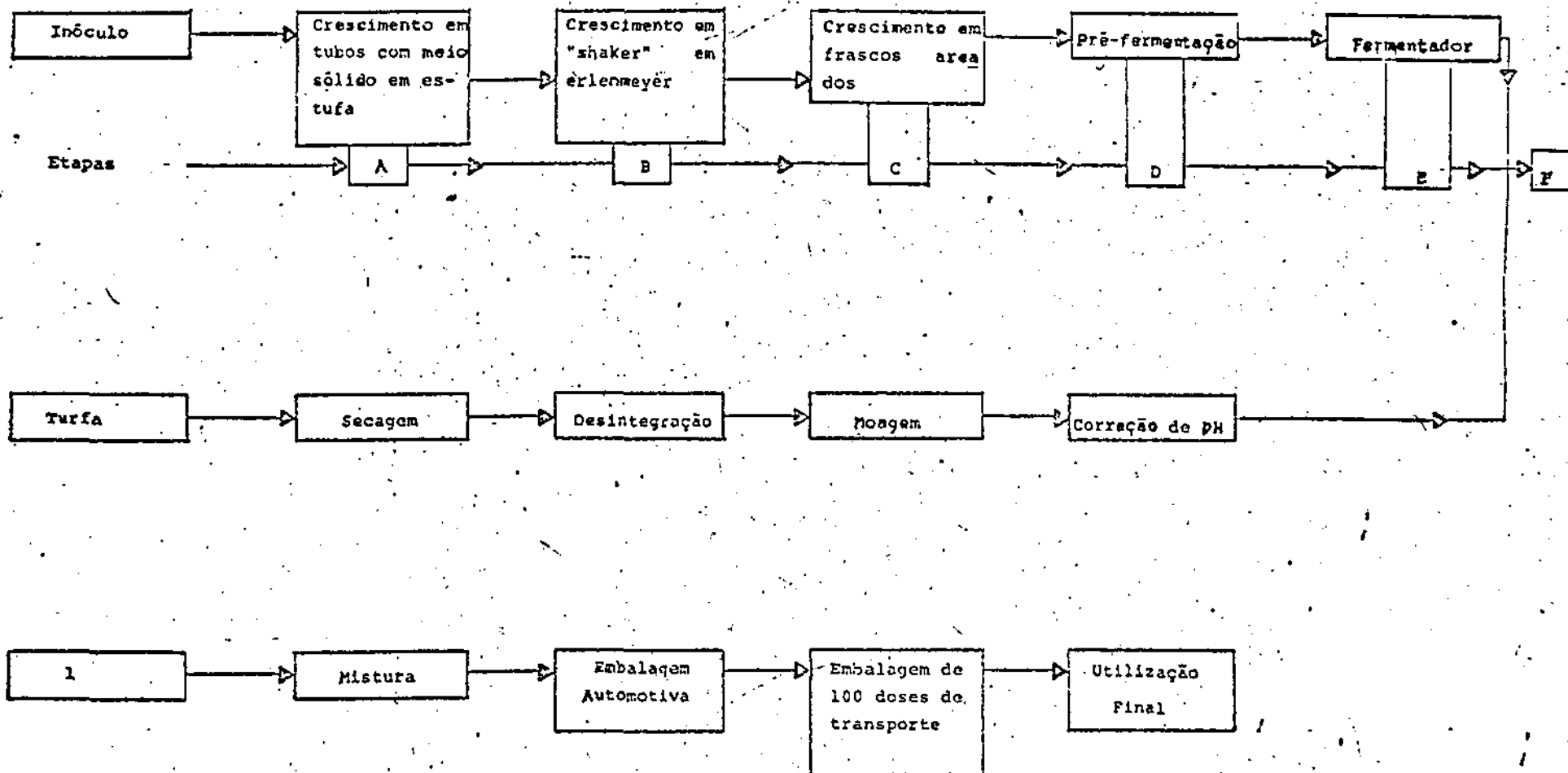


TABELA 7  
LISTA DE EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS AO PROCESSO DE REPRODUÇÃO DO INÓCULO - ETAPAS A ATÉ E

| Quantidade     | Equipamento            | Capacidade                                            | Observação                             |
|----------------|------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>Etapa A</b> |                        |                                                       |                                        |
| 1              | Geladeira              | 240 litros                                            |                                        |
| 1              | Autoclave              | 40 litros                                             | FANEM                                  |
| 1              | Microscópio            | x 1,000                                               | Bauch Lomb                             |
| 1              | Câmara fluxo-laminar   |                                                       | Veco Mod. HCFS 084                     |
| 1              | Espectro fotômetro     |                                                       | Pelkin-Eimer/Coleman Jr.               |
| 1              | Centrífuga             |                                                       | Diamon/TEL B-20 A                      |
| 1              | PH Metter              |                                                       |                                        |
|                | (estufa bacteriológica | 50 x 50 x 60                                          | Mod. 002 - K FANEM                     |
|                | balanças)              | semi-molítica                                         | Mehler PC 4400                         |
|                |                        | analítica (HMa=160)                                   |                                        |
|                |                        | d=0,1 mg)                                             | Mehler H-35 AR                         |
| <b>Etapa B</b> |                        |                                                       |                                        |
| 3              | Agitador               | "vai-ven" - 20<br>frascos                             | Etica                                  |
| <b>Etapa C</b> |                        |                                                       |                                        |
| 5              | Frascos                | 30 litros                                             |                                        |
| 1              | Compressor             | 10 m <sup>3</sup> /min.                               | (Shultz) P = 60 P sig                  |
| 1              | Filtro de ar Absoluto  | 10 m <sup>3</sup> /min.                               | Milipore                               |
|                | Câmara climatizada     |                                                       | Pivar                                  |
| <b>Etapa D</b> |                        |                                                       |                                        |
| 3              | Pré-fermentador        | 300 litros                                            | aço-inox                               |
| 1              | Caldeira (HSI)         | 700 kg/h                                              |                                        |
| 6              | Bombas                 | 10-20 l/min.<br>(CHEK-TECH) Eloxal-<br>Mickey/Brasil) | p/vapor = 30 p/seg.<br>Mod. 545 ou 546 |
| <b>Etapa E</b> |                        |                                                       |                                        |
| 3              | Fermentadores          | 3000 litros                                           | aço inox                               |
| 6              | Bombas                 | 100-200 l/min.                                        | inox                                   |

FONTE:

## **"A) Inoculante Comum**

### **a) Estirpes de RHIZOBIUM**

Até 1975, não havia regulamentação sobre inoculantes no Brasil e cada fábrica poderia usar as estirpes a seu critério. Entretanto, a partir daquele ano, o Ministério da Agricultura passou a exigir o uso de estirpes selecionadas e recomendadas pelos organismos de pesquisa. Atualmente, são recomendadas as seguintes estirpes de RHIZOBIUM JAPONICUM: 527, 532-C e 546, todas do IPAGRO, da Secretaria de Agricultura do Rio Grande do Sul. Em virtude da especificidade hospedeira existente na soja, o inoculante deve conter, no mínimo, duas estirpes.

### **b) Meio de Cultura**

Até 1976, era empregado o meio clássico 70 de Fred & Warsman, substituindo-se o monitol por sacarose. Atualmente (1981), o meio empregado, se não em todas, em pelo menos quase todas as fábricas, é o de Lopreto, Mazza e Balatti, que utiliza o glicerol como fonte de carbono, o extrato de levedura como fonte de aminoácidos e vitaminas e os seguintes sais minerais: fosfatos bibásicos de potássio, nitrato de potássio, fosfato bibásico de amônio, sulfato de magnésio, cloreto de sódio, cloreto férrico e

sulfato de manganês. Para o cultivo aerado e com agitação, utiliza-se um antiespumante à base de silicone.

### **e) Fermentadores**

Inicialmente, o RHIZOBIUM é desenvolvido em tubo de ensaio. após 5 a 7 dias de cultivo, é feita lâmina para observação microscópica de pureza. Uma vez comprovado que se trata de uma cultura pura de RHIZOBIUM, transfere-se o conteúdo do tubo, assepticamente, para fermentadores pequenos, com capacidade para 5 a 20 litros de meio. Estes recipientes servirão de "starter" para fermentadores maiores ou, se a produção for pequena, servirão para produzir o próprio líquido da mistura.

Após o desenvolvimento do RHIZOBIUM nestes frascos e uma vez comprovada a pureza da cultura, o conteúdo é transferido para fermentadores maiores, com capacidade variável de 200 a 4.000 litros, conforme a indústria.

Os fermentadores de grande capacidade são construídos de aço inoxidável, auto esterelizáveis ou levados à autoclave; possuem vedação hermética e a admissão de ar deve ser feita através de filtro bacteriológico.

#### **d) Cultivo**

O cultivo de RHIZOBIUM processa-se à temperatura de 28° a 30° C. A aeração e agitação do meio de cultura são fundamentais para o desenvolvimento da bactéria. O ar a ser injetado deve ser previamente seco e esterilizado por filtração. Os filtros são, geralmente, constituídos de camadas compactadas de algodão e/ou lã de vidro.

O tempo de desenvolvimento do RHIZOBIUM JAPONIBUM é de 4 a 5 dias.

#### **e) Controle de Qualidade do Caldo**

Antes de ser misturado, o caldo de cultivo deve passar pelos seguintes controles:

##### **PUREZA**

A pureza da cultura é verificada através de exame microscópico, com coloração de Gram ou, simplesmente com fucsina.

Como existem muitas bactérias morfológicamente semelhantes ao RHIZOBIUM, pode, ocasionalmente, surgir dúvida se uma determinada cultura é ou não de RHIZOBIUM. Nestes casos, utiliza-se a sorologia para dirimir a dúvida.

## CONCENTRAÇÃO

A concentração de células no caldo pode ser medida por turbidimetria (escala de McFarland) ou por contagem em câmara de Petroff-Hauser, este último método é de precisão bem maior que o anterior, embora exija grande prática do observador.

Para ser misturado e resultar em um inoculante de boa qualidade, o caldo deve estar absolutamente puro e conter, no mínimo 800 milhões de células de RHIZOBIUM por milímetro.

### f) Prepare da Turfa

A turfa para inoculante deve possuir alto teor de matéria-orgânica (acima de 55%) e baixos teores de cloretos e areia.

Extraída, a turfa é posta a secar ao sol ou, então, seca em fornos à temperatura de 80° a 100° C. A seguir, é moída em moinhos próprios, de martelos ou esferas. A literatura recomenda que 100% da turfa passem em malhas 200 "mesh", mas esta recomendação não é seguida no Brasil, pois a turfa muito fina dificulta os processos de moagem e mistura, normalmente é empregada a turfa com 100% passando em malha 100 "mesh" e 50% em 200 "mesh".

Como o PH da turfa é muito baixo, ele deve ser corrigido com calcário dolomítico, que é acrescentado na proporção de 8% do peso da turfa.

### **g) Mistura Caldo e Turfa**

A mistura do caldo de cultivo com a turfa é feita em misturadores abertos, sendo geralmente utilizadas betoneiras para este fim. Mistura-se uma parte do caldo para duas de turfa, devendo o inoculante resultar com uma umidade de 36-40%.

### **h) Embalagem**

Todo o inoculante produzido no Brasil é embalado em pacotes de polietileno de 200 g cada um. Estes pacotes são acondicionados em caixas de papelão ou em sacos plásticos.

### **i) Armazenamento**

O inoculante é geralmente armazenado à temperatura ambiente, embora o ideal seja o armazenamento em câmaras frias a 5° C. Entretanto, os grandes volumes produzidos tornariam o resfriamento dos depósitos extremamente oneroso.

## j) Prazo de Validade

Os inoculantes comuns produzidos no Brasil possuem um prazo de validade de 6 meses após a fabricação. Ultrapassado este prazo, as fábricas já não assumem responsabilidade sobre a eficácia do produto, pois a concentração poderá estar abaixo do mínimo exigido para uma boa modulação, que é de 10 milhões de células/grama.

## k) Controle de Qualidade do Inoculante

Após a embalagem, o inoculante deve passar por alguns testes, a fim de ter sua qualidade avaliada. Embora partindo de cultivos com uma mesma concentração e turfa de uma mesma origem, os produtos finais poderão apresentar diferenças devido a pequenas variações no preparo.

Os controles efetuados no produto acabado são: umidade, que para uma boa sobrevivência o RHIZOBIUM deve situar-se entre 36-40%; concentração de células viáveis, que pode ser medida por plaqueamento ou "plant dilution". No primeiro método que apresenta resultados mais rápidos, o inoculante é sucessivamente diluído de  $10^{-2}$  a  $10^{-6}$ . Uma alíquota das diluições  $10^{-4}$  e  $10^{-5}$  é semeada em placas contendo o meio próprio para a bactéria. Pelo número de colônias desenvolvidas em cada diluição, calcula-se a concentração de RHIZOBIUM por grama.

No método de "plant-dilution", o inoculate é diluído, mas em lugar de placas, é semeado em vasos contendo plantas de soja desenvolvidas sobre um substrato inerte (areia ou vermiculite), alimentadas com solução nutritiva isenta de nitrogênio. De acordo com a diluição que provocar nódulo calcula-se o número mais provável (NMP) mediante tabelas estatísticas apropriadas.

O inoculante deve ser comercializado somente após este controle final, mas isto nem sempre é possível, devido o atraso com que muitos compradores fazem seus pedidos, já na época de plantio da soja.

## **B) Inoculante Com Turfa Irradiada**

A técnica de produção de inoculante com turfa esterilizada por radiação gama foi introduzida no Brasil neste ano (1981) sendo utilizado até o momento, apenas por uma fábrica, que denominou o produto de inoculante especial.

Trabalhos desenvolvidos na Austrália demonstraram de forma incontestável a superioridade da turfa irradiada sobre a turfa esterilizada em autoclave e sobre a não-esterilizada (...)

O cultivo do RHIZOBIUM para a produção deste tipo de inoculante segue a mesma metodologia do inoculante comum,

o mesmo acontecendo com o preparo da turfa. Nos itens seguintes é que os processos se diferenciam.

#### **a) Esterilização da turfa**

A turfa é misturada com calcário e embalada seca em saquinhos plásticos, que são soldados proporcionando um fechamento hermético. A seguir os pacotes são levados a bomba de colbato, recebendo uma irradiação de 2,25 mega rad com o que são destruídos todos os microorganismos ali existentes. A turfa esterilizada, uma vez mantido o fechamento hermético do saquinhos, pode ser conservada por tempo indeterminado.

#### **b) Injeção e Mistura do Caldo**

O caldo de cultivo, que deve ser uma cultura rigorosamente pura, é injetado assepticamente nos pacotinhos, através de seringas providas de agulhas, vedando-se a seguir o orifício provocado pela agulha. A mistura é feita manualmente no próprio pacote.

#### **c) Prazo de Validade**

Pelo fato de o RHIZOBIUM se desenvolver livre da competição de outros microorganismos, as concentrações obtidas são maiores e, conseqüentemente, o prazo de validade

pode ser aumentado. Atualmente (1981), a fábrica que produz esse inoculante está dando um prazo de validade de 8 meses, mas que poderá ser aumentado, dependendo de estudos que estão sendo realizados" (1).

Atualmente, houve algumas modificações. A concentração mínima de RHIZOBIUM deve ser de 6 bilhões por ml para se obter um inoculante de boa qualidade. A esterilização também pode ser feita pelo método da autoclave. Este método é muito crítico quando for utilizado para larga produção pois se a temperatura for insuficiente, a esterilização não será correta e se for um pouco mais alta, que a recomendada, haverá degradação das propriedades da turfa (SOLON, 1988). Também há um novo veículo do inoculante que é um óleo mineral puro, denominado nujol. Esta é uma nova tecnologia na fabricação de inoculantes que apresenta as células liofilizadas (dessecadas a baixa temperatura e alto vácuo) e embaladas a vácuo, para serem misturadas ao óleo no momento do uso. Porém, esta nova tecnologia ainda não se difundiu, sendo o inoculante em veículo turfoso o mais utilizado.

## NOTAS

- (1) ARAÚJO, Solon Cordeiro. Produção e uso de inoculantes no Brasil. In MIYASAKA, Shiro & MEDINA, Júlio César (org.). A soja no Brasil. Campinas, ITAL, 1981, p. 448-449.

## CAPÍTULO 3

# O MERCADO DA FBN E OS SEUS IMPACTOS NA INDÚSTRIA DE FERTILIZANTES NITROGENADOS

## 1. O Mercado da FBN

Atualmente, existem sete empresas atuando no ramo de produção de inoculantes que são: Nitral, Turfal, Leivas Leite, Bio-Soja, Geratec, Nitroar e Agplanalto sendo que, segundo Solon C. Araújo, diretor presidente da Nitral, cada uma destas empresas teria a seguinte fatia do mercado de inoculantes: Nitral, 32%; Turfal, 28%; Leivas-Leite, Bio-Soja e Geratec, 10% cada uma; Nitroar e Agplanalto, 5% cada uma. Esta distribuição nos mostra uma concentração do mercado em torno de 60% nas mãos das duas maiores empresas.

Destas empresas muitas se preocupam em desenvolver novas tecnologias em inoculantes e reduzir o seu custo de operação via aumento da produtividade e da qualidade de seus produtos. Estas empresas possuem grandes e modernos fermentadores com capacidade de 1.000 a 1.500 litros, que garantem uma larga produção de RHIZOBIUM com alto grau de pureza.

Porém o nível qualitativo dos equipamentos empregados nas diferentes empresas é bastante heterogêneo: enquanto as empresas maiores se utilizam dos equipamentos

acima citados, existem pequenas empresas que utilizam um equipamento extremamente rudimentar, como tambores de 20 litros usados como fermentadores.

Essa não obrigatoriedade do uso de equipamentos sofisticados e a simplicidade do método de produção, além do fácil acesso às matérias-primas e aos consumidores, fazem com que as barreiras à entrada de novas firmas neste ramo de atividade sejam bastante reduzidas. A teoria microeconômica nos ensina que mercados com estas características, tendem a ter um "mark-up" bastante baixo.

Segundo Carlos Mantovani, gerente da Bio-Soja, a falta de um acordo em torno de um determinado preço e a não observância de tal acordo quando ele é alcançado se dá em função, muitas vezes, de erros nos cálculos da quantidade a ser comercializado por alguma empresa. Então, se uma empresa superestimou a venda do seu inoculante em uma determinada região, há uma tendência desta empresa em abaixar os seus preços como forma de reduzir os seus estoques. Ao fazer isto, as demais firmas também reduzem os seus preços de forma a restaurar a paridade dos preços. A título de ilustração, citemos o fato de que em julho de 1991, o preço de uma dose de inoculante foi estabelecido em Cr\$ 418,00 e em setembro de 1991, esta mesma dose estava sendo cotada a Cr\$ 300,00. Ainda, segundo Mantovani, há uma tendência do preço do inoculante sofrer uma queda ao longo do segundo

semestre de cada no (época do plantio da soja), para, no início do próximo período de comercialização (junho/julho), sofrer uma nova recomposição do preço.

Segundo Solon C. Araújo, o preço médio da dose de inoculante em dólar, sofreu um aumento no período 84/89: em 1984 era de US\$ 0,25, passando para US\$ 0,50 em 1988 e finalmente, US\$ 0,70 em 1989. Assim, para a produção da Nitral em 1989, que foi de 4,2 milhões de doses, obteve um faturamento bruto de US\$ 2.940.000. Como afirmou ter custos da ordem de 15% com o fisco e 35% com custos industriais, sobram 50% que são distribuídos entre vendas, distribuição, pesquisas e lucro. Apesar de ser considerada como pequena empresa, o seu faturamento é bastante elevado.

A partir destes dados fornecidos por solon C. Araújo, é possível estimar que o mercado nacional de inoculantes em 1989 girava em torno de 13 milhões de doses com um valor de 9,1 milhões de dólares.

## **2. Os Gargalos do Setor de Inoculantes**

Atualmente, o uso de inoculantes está muito mais difundido entre os produtores de soja do que entre produtores de outras leguminosas.

Por este motivo, praticamente toda produção de inoculantes no Brasil está voltada para a cultura da soja. Isto faz com que a dinâmica da indústria de inoculantes seja condicionada pela dinâmica da cultura da soja. Como a área desta cultura está estagnada (mercado internacional estagnado e redução do crédito agrícola), o mercado de inoculantes está estacionário também.

Este condicionante aliado ao reduzido prazo de validade do inoculante traz um outro problema: a descontinuidade do processo produtivo do inoculante. Como no Brasil, o plantio de soja concentra-se no segundo semestre do ano, a demanda por inoculantes concentra-se neste período. Por ter um prazo de validade reduzido, o inoculante não pode ser estocado por longos períodos e assim, a produção de inoculantes para soja concentra-se no segundo semestre do ano. Isto traz dificuldades para as empresas do setor que incorrem em altos custos para o financiamento do capital fixo, dado que durante o primeiro semestre a empresa permanece praticamente parada. As características e especificidades do equipamento destas empresas, impedem que os mesmos sejam utilizados para outros fins que não a cultura de bactérias.

TABELA 8  
ÁREA DE SOJA COLHIDA NO BRASIL NA DÉCADA DE 80

| Ano  | Área Colhida (ha) |
|------|-------------------|
| 1980 | 8.774.023         |
| 1981 | 8.501.169         |
| 1982 | 8.203.277         |
| 1983 | 8.137.112         |
| 1984 | 9.421.202         |
| 1985 | 10.153.405        |
| 1986 | 9.181.587         |
| 1987 | 9.134.291         |
| 1988 | 10.519.972        |
| 1989 | 12.206.225        |

FONTE: Anuário Estatístico do Brasil - 1990 - IBGE.

Hoje em dia, já existem inoculantes para outras leguminosas como feijão, ervilha, etc. Porém, devido a uma série de fatores entre os quais podemos destacar o pouco tempo decorrido desde a obtenção destes inoculantes, o mercado deles é bastante restrito quando comparado ao da soja. Para se ter uma idéia disto, segundo Carlos A. Mantovani, a Bio-Soja tem um mercado de inoculantes para soja que gira em torno de 2 milhões de doses/ano, enquanto que o mercado de inoculantes para feijão está em torno de 40 mil doses/ano e o de ervilha em 25 mil doses/ano. Assim, uma difusão maior do uso de inoculantes em culturas que não a soja, poderia, se não resolver mas, pelo menos, minimizar os custos que representam a inatividade das empresas do setor durante o primeiro semestre.

O lançamento do inoculante oleoso também pode resolver o problema da descontinuidade do processos produtivo pois, por ter um prazo de validade maior, ele pode ser estocado por um período de tempo maior. Isto possibilita a produção do inoculante no primeiro semestre para ser utilizado no segundo semestre do ano (época do plantio). Segundo o seu produtor (Nitral), haveriam outras vantagens como: resistência a temperaturas mais elevadas, redução dos custos de produção via eliminação das caixas de isopor (este insumo tem um grande peso no custo de produção; segundo Carlos A. Mantovani, o isopor representa 15% dos custos da Bio-Soja), elimina a necessidade de adicionar água à semente, reduz o desgaste da plantadeira pela eliminação da turfa e uma maior aderência do inoculante à semente.

Outro gargalo do setor é a turfa. Ela deve conter um teor de matéria orgânica acima de 55%, alta capacidade de reter água e possuir baixos teores de cloretos e de areia. Acontece que, muitas vezes, as jazidas de turfa com estas características situam-se distantes das fábricas de inoculantes, encarecendo esta matéria-prima. Outro fator que causa um aumento ainda maior no custo que a turfa representa na fabricação do inoculante é a irradiação da mesma com raios gama. Esta irradiação é recomendada em virtude da existência na turfa, de uma série de microorganismos que podem concorrer com o RHIZOBIUM, podendo reduzir o número destes no inoculante e assim, inutilizar o produto. Selon C.

Araújo afirmou a Nitral utiliza turfa irradiada em Cotia (único local que presta este tipo de serviço) com 3 mega rad. Carlos Mantovani afirmou que Bio-Soja deixou de utilizar turfa irradiada sob a alegação de que para se ter garantia da esterilização da turfa, a mesma deve ser irradiada com 7 mega rad. Uma irradiação a este nível tornaria os custos elevados o suficiente para inviabilizar a venda do inoculante pelos preços historicamente praticados no Brasil. Uma irradiação abaixo deste nível poderia permitir a sobrevivência de algumas bactérias concorrentes do RHIZOBIUM e assim, invalidar a irradiação feita.

### **3. O Nível de Utilização de Inoculantes**

A adoção da técnica de inoculação é um assunto bastante controverso. Segundo Johanna Doberner e outros pesquisadores, o nível de adoção da inoculação por parte dos agricultores de soja no Brasil é de praticamente 100%. Porém, uma pesquisa feita por Derli Dossa no Paraná e em Goiás discorda disto. Segundo esta pesquisa, apenas 37% dos agricultores de soja do Paraná e 67% dos agricultores de soja de Goiás utilizam inoculantes, sendo que no Paraná, 17,03% dos agricultores inoculam anualmente, 9,73% inoculam de dois em dois anos e 10% inoculam com uma frequência igual ou maior que três anos. Esta pesquisa constatou que 60% dos produtores de soja utilizam nitrogênio na fórmula. Isto pode ser explicado pelo fato de que muitos fornecedores procuram

colocar no mercado uma certa quantidade de produtos "standarts", que possuem uma percentagem de nitrogênio na fórmula (isso é consequência de motivos comerciais, de manter um estoque mínimo de produto). Foi constatado também que os produtores que não inoculam as sementes se justificaram com o trabalho extra que a inoculação requer e que é mais fácil aplicar o nitrogênio no solo. Dossa explica que o período de plantio é curto e este enfoque de redução de trabalho está relacionado com a redução do tempo de uso das plantadeiras.

"A utilização do produto (inoculante) é bastante fácil, mas necessita alguns cuidados. É necessário sempre ter em vista que o inoculante é um produto vivo, que teme o calor excessivo e a exposição ao sol. Para o manuseio correto do produto, é indispensável que se proceda a uma mistura cuidadosa com as sementes, verificando que todas fiquem cobertas com o produto. No caso do inoculante em turfa, é necessário um umedecimento das sementes, usando no máximo 250 ml de água por saca de sementes. No inoculante em óleo, não se deve utilizar água, pois o óleo, por si só já propicia uma boa aderência. Esta mistura pode ser feita espalhando-se as sementes em piso impermeável, procedendo-se aí a mistura, em tambor com eixo excêntrico, em betoneira ou mesmo na caixa da semeadeira, procedendo-se, neste caso, à mistura manual do inoculante com as sementes. Em todos os

casos é fundamental uma mistura muito bem feita, para evitar falhas na inoculação" (1).

Solon C. Araújo acredita que apenas de 60 a 65% das sementes plantadas são inoculadas. Carlos Mantovani afirmou que em 1985, o mercado potencial de inoculantes no Brasil foi de 30 milhões de doses sendo que apenas 10 milhões foram efetivamente comercializadas.

#### **4. Estimativa do Custo do Inoculante x Custo do Fertilizante Nitrogenado**

Agora faremos uma estimativa do custo para se inocular uma determinada área de cultura de soja e compará-la com a estimativa do custo de se utilizar fertilizantes nitrogenados na soja.

Em 1989, a área de soja colhida no Brasil foi de 12.206.225 ha (Anuário Estatístico do Brasil - 1990, IBGE). Vamos supor que, em média, no Brasil, utiliza-se 2 doses por ha por ano (a quantidade de doses por ha varia conforme a quantidade de inoculantes que já foram aplicados em um campo; assim, um campo que já recebeu a cultura da soja nos últimos 5 anos, por exemplo, e onde todos os plantios de soja foram inoculados, recomenda-se o uso de 1 dose por ha, pois a terra já possui uma certa concentração de RHIZOBIUM; em um campo que nunca recebeu o inoculante a quantidade de

doses sobe para 3 a 5 doses por ha). Assim, se em 1989 toda a cultura da soja se desse com o uso de inoculantes, seriam utilizadas 24.412.450 doses. Como em 1989 cada dose de inoculante estava cotada a US\$ 0,70 (Solon C. Araújo), o custo total do uso de inoculantes para a cultura da soja em 1989 seria US\$ 17.088.715.

Vejamos agora o custo para se fertilizar a soja através do emprego do fertilizante nitrogenado para o mesmo ano. O primeiro problema aqui encontrado é o de se estimar qual é a quantidade média para o Brasil de nitrogênio que deveria ser aplicado à cultura da soja, caso não se utilizasse dos inoculantes. Segundo trabalho de Célia Regina R.P. Tavares Ferreira et alii feito para a agricultura paulista, constatamos que a média de nitrogênio utilizado por aqueles agricultores que se utilizaram de fertilizantes nitrogenados foi de 9,34 kg de N/ha. Este valor é muito próximo ao recomendado por Muzilli et alii (1978) que é de 10 kg de N/ha. Sendo assim, adotaremos este valor, como a média nacional do uso de fertilizantes nitrogenados na cultura da soja. Portanto, se em toda a cultura da soja no Brasil, em 1989, fossem utilizados fertilizantes nitrogenados, seriam necessárias 122.062 t de nitrogênio.

TABELA 9  
ESTIMATIVA DA QUANTIDADE DE FERTILIZANTES FORMULADOS E ÁREA ADUBADA NA CULTURA DA SOJA, NOS IMÓVEIS  
RURAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1987/88

| Fórmula |    |    | Número Imóveis | Produto | Quantidade (t) |        |        |        | Área Adubada (ha) | Quantidade Média (kg produto /ha) |
|---------|----|----|----------------|---------|----------------|--------|--------|--------|-------------------|-----------------------------------|
|         |    |    |                |         | Nutriente      |        |        |        |                   |                                   |
|         |    |    |                |         | N              | P      | K      | NPK    |                   |                                   |
| 04      | 30 | 16 | 734            | 37.935  | 1.517          | 11.380 | 6.070  | 18.967 | 93.159            | 407                               |
| 04      | 14 | 08 | 1.874          | 13.811  | 552            | 1.933  | 1.105  | 3.590  | 56.570            | 244                               |
| 02      | 30 | 10 | 1.203          | 11.371  | 227            | 3.411  | 1.137  | 4.755  | 54.720            | 208                               |
| 02      | 20 | 10 | 1.238          | 10.270  | 205            | 2.054  | 1.027  | 3.286  | 40.408            | 254                               |
| 00      | 20 | 15 | 59             | 8.900   | ---            | 1.780  | 1.335  | 3.115  | 38.607            | 231                               |
| 04      | 30 | 10 | 1.269          | 8.748   | 350            | 2.624  | 875    | 3.849  | 47.954            | 182                               |
| 00      | 20 | 20 | 764            | 7.053   | ---            | 1.411  | 1.411  | 2.822  | 34.911            | 202                               |
| 04      | 20 | 20 | 893            | 6.722   | 269            | 1.344  | 1.344  | 2.957  | 34.189            | 197                               |
| 00      | 18 | 06 | 218            | 3.975   | ---            | 715    | 238    | 953    | 21.012            | 189                               |
| 02      | 20 | 20 | 394            | 2.851   | 57             | 570    | 570    | 1.197  | 15.362            | 186                               |
| 00      | 20 | 10 | 133            | 2.842   | ---            | 568    | 284    | 852    | 8.364             | 340                               |
| 00      | 25 | 15 | 56             | 2.087   | ---            | 522    | 313    | 835    | 5.051             | 413                               |
| 03      | 30 | 10 | 24             | 1.924   | 58             | 577    | 192    | 827    | 7.760             | 248                               |
| 02      | 15 | 08 | 90             | 1.306   | 26             | 196    | 105    | 327    | 3.974             | 329                               |
| 00      | 15 | 10 | 211            | 1.212   | ---            | 182    | 121    | 303    | 3.667             | 331                               |
| 20      | 20 | 20 | 13             | 1.156   | 231            | 231    | 231    | 693    | 5.597             | 207                               |
| 00      | 19 | 06 | 9              | 1.123   | ---            | 213    | 67     | 280    | 3.249             | 346                               |
| 03      | 15 | 15 | 60             | 1.045   | 31             | 157    | 157    | 345    | 3.976             | 263                               |
| 02      | 19 | 06 | 105            | 991     | 20             | 188    | 59     | 267    | 6.149             | 161                               |
| 00      | 15 | 08 | 9              | 975     | ---            | 146    | 78     | 224    | 2.751             | 354                               |
| 04      | 24 | 12 | 32             | 952     | 38             | 228    | 114    | 380    | 5.078             | 187                               |
| 00      | 15 | 30 | 83             | 833     | ---            | 125    | 250    | 375    | 4.030             | 207                               |
| 00      | 30 | 10 | 33             | 720     | ---            | 216    | 72     | 288    | 1.965             | 366                               |
| 00      | 28 | 20 | 32             | 682     | ---            | 191    | 136    | 327    | 2.750             | 248                               |
| 02      | 30 | 15 | 6              | 530     | 11             | 159    | 79     | 249    | 1.710             | 310                               |
| 02      | 15 | 10 | 27             | 486     | 10             | 73     | 49     | 132    | 1.502             | 323                               |
| 10      | 15 | 15 | 21             | 468     | 47             | 70     | 70     | 187    | 1.415             | 331                               |
| 00      | 33 | 12 | 11             | 433     | ---            | 143    | 52     | 195    | 1.675             | 258                               |
| 04      | 20 | 16 | 27             | 340     | 14             | 68     | 54     | 136    | 2.742             | 124                               |
| Outras  |    |    | 476            | 2.258   | 28             | 409    | 147    | 584    | 12.871            | 175                               |
| Total   |    |    | 10.104         | 133.999 | 3.691          | 31.884 | 17.742 | 53.317 | 523.168           | 256                               |

FONTE: Elaborado a partir de dados básicos do Instituto de Economia Agrícola (IEA) e Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI).

Agora, vamos transformar este nitrogênio em fertilizante nitrogenado. Para isto, assumiremos a hipótese de que o consumo de fertilizantes nitrogenados na soja tenha o mesmo perfil que o consumo deste insumo na agricultura nacional.

**TABELA 10**  
**O PESO RELATIVO DE N E A PARTICIPAÇÃO RELATIVA DE CADA FERTILIZANTE NITROGENADO**

| Produto           | Peso Relativo do N em Cada Fertilizante Nitrogenado | Participação Relativa de Cada Fertilizante Nitrogenado |
|-------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Uréia             | 45%                                                 | 60,34%                                                 |
| Nitrato de Amônio | 34%                                                 | 16,39%                                                 |
| Nitrocálcio       | 27%                                                 | 11,43%                                                 |
| Sulfato de Amônio | 20%                                                 | 11,84%                                                 |

### Memória de Cálculo

|                   |                                       |                      |   |             |
|-------------------|---------------------------------------|----------------------|---|-------------|
| Uréia             | $\times 0,45 = 122.062 \times 0,6034$ | => Uréia             | = | 163.672 t   |
| Nitrato de Amônio | $\times 0,34 = 122.062 \times 0,1639$ | => Nitrato de Amônio | = | 58.841 t    |
| Nitrocálcio       | $\times 0,27 = 122.062 \times 0,1143$ | => Nitrocálcio       | = | 51.673 t    |
| Sulfato de Amônio | $\times 0,2 = 122.062 \times 0,1184$  | => Sulfato de Amônio | = | 72.261 t    |
| Total             |                                       |                      |   | = 346.447 t |

Com base na tabela 6, vamos estabelecer o valor desta produção em dólar:

$$VP = 163.672 \times 206,58 + 58.841 \times 144,31 + 51.673 \times 87,16 + 72.261 \times 88,44$$

$$VP = \text{US\$ } 53.197.288$$

Assim, se toda a área de soja colhida em 1989 se utilizasse de fertilizantes nitrogenados, estimamos que seriam gastos cerca de 346.447 t do insumo, que transformado em valores monetários seria US\$ 53.197.288.

## **5. Os Impactos da FBN na Indústria de Fertilizantes Nitrogenados**

Pelo que foi exposto até aqui, bastante significativos são os fatores que favorecem a FBN. Em primeiro lugar, podemos colocar a economia que a FBN pode proporcionar na cultura da soja, economia esta que gira em torno de 36 milhões de dólares por ano (tomando como base o ano de 1989).

A indústria de inoculantes é muito mais barata do que a indústria de fertilizantes nitrogenados. Enquanto uma unidade produtora de amônia e uréia estava avaliada em 250 milhões de dólares (CDI, 1987), a nova unidade produtora da Nitral foi estimada em 150 mil dólares mais os custos da construção civil em 1986 (Solon C. Araújo). Este alto volume investimentos, o longo período de maturação destes investimentos e a baixa rentabilidade do setor, produtor de fertilizantes químicos, dificultam a entrada de novos investimentos. Assim, uma maior utilização de inoculantes tem o efeito saudável de liberar uma parte da produção de fertilizantes nitrogenados, destinados à cultura da soja e

outras leguminosas e tornar-se disponível para o uso em outras culturas que ainda não se beneficiam da FBN.

Junto a isto temos que as empresas fabricantes de inoculantes possuem uma capacidade ociosa, (segundo Carlos Mantovani, a Bio-Soja tem uma capacidade ociosa de 35%) podendo aumentar o nível de produção sem incorrer, necessariamente, em novos investimentos. O contrário se dá na indústria de fertilizantes nitrogenados que está operando com, praticamente, 100% da capacidade instalada.

Além disto, o inoculante é um produto natural (biotecnologia) e a sua produção e utilização não causam nenhum dano à natureza ou ao homem, ao contrário do que ocorre com os fertilizantes que consomem grandes quantidades de gás natural (recurso não renovável) para serem produzidos e o seu uso contamina os lençóis subterrâneos com nitratos.

**NOTAS**

- (1) ARAÚJO, Solon Cordeiro. A inoculação de leguminosas.  
Anuário ABRASEM - 1991. Brasília, p. 22 e 24, janeiro,  
1991.

## CAPÍTULO 4

### PERSPECTIVAS DA FBN

As pesquisas, em geral, exigem um longo período de amadurecimento e sem haver a garantia de se chegar os resultados úteis de aplicação prática. O setor privado, dentro de uma lógica capitalista, tende a se interessar apenas por aquelas pesquisas que, potencialmente, serão utilizadas no curto prazo. Sendo assim, restam às pesquisas em geral, apenas o apoio do setor público.

O caso da FBN não foge a estas tendências, apesar do incentivo à pesquisa dado por grandes empresas transnacionais, mas nos países em desenvolvimento, é o setor público quem arca praticamente sozinho com o custo destas pesquisas. Feitas estas considerações, e acrescentando a elas o fato de que grande parte das populações destes países sofrem de carências alimentares, pode surgir a questão se não será melhor construir mais fábricas de adubos sintéticos que investigar a FBN, dada a escassez de recursos que estes países enfrentam.

Se considerarmos os benefícios de longo prazo que a FBN traz, a resposta é clara. A FBN melhora a qualidade dos solos e aumenta a sua fertilidade enquanto que os adubos derivados do petróleo produzem degradação do solos e aumento

da concentração de substâncias nitrogenadas em águas subterrâneas.

Atualmente, as perspectivas quanto à FBN são bastante promissoras. No Brasil, além da soja que pode ter as suas necessidades de nitrogênio totalmente satisfeitas pela FBN, a pesquisa aponta outras relações entre microorganismos e vegetais capazes de fixar o nitrogênio do ar.

Em Pernambuco, a Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária do Governo do Estado, desenvolveu um inoculante para o feijão. Segundo matéria publicada na revista "Dirigente Rural" de julho de 1989, a inoculação das sementes de feijão poderia elevar a produtividade média desta cultura de 350 kg/ha para 1000 kg/ha praticamente sem custo adicional. Assim, dentro em breve, a indústria de inoculantes para FBN terá o seu mercado potencial ampliado tão logo os resultados da FBN para o feijão sejam comprovados.

Em 1983, pesquisadores brasileiros comprovaram por técnicas laboratoriais que algumas gramíneas podem obter contribuições significativas de nitrogênio por meio da atividade de microorganismos fixadores. Em 1988 foi descoberta uma bactéria, identificada como ACETOBACTER DIAZOTROPHICUS, que raramente habita os solos ou as raízes,

concentrando-se no interior do colmo da cana-de-açúcar e que possibilita a fixação de nitrogênio do ar. Esta bactéria propaga-se de um canaviai para outro através dos toletes plantados no solo, o que representa um impedimento para a indústria de inoculantes já que tal produto é dispensável. Porém, a pesquisa para o selecionamento de estirpes de ACETOBACTER DIAZOTROPHICUS e de cultivares de cana-de-açúcar mais eficientes em termos de FBN devem continuar propiciando uma sensível queda no uso de fertilizantes nitrogenados nesta cultura que é uma das que mais consomem fertilizantes (a soja e a cana são responsáveis por cerca de 40% dos fertilizantes consumidos no Brasil).

Entretanto, pesquisas levadas a cabo pela Copersucar indicam que, no atual estágio de conhecimento, é impróprio falar de FBN para a cana-de-açúcar. Segundo o pesquisador Dr. Caio Nogueira Cardoso da Copersucar, o fato é que, a cana-planta (período do ciclo vital que vai do plantio até o primeiro corte) não responde à adubação nitrogenada e portanto, parece que ocorre FBN neste período. Depois do primeiro corte (a chamada cana-soca), o canaviai passa a responder à adubação nitrogenada. Portanto, se houver FBN na cana-de-açúcar, esta só ocorre no período que vai do plantio até o primeiro corte.

Outras associações em estudos são: AZOTOBACTER BRASILIENSIS com gramíneas; AZOSPIRILLUM LIPOFERN com milho,

sorgo, Panicum, capim-colonião, Brachiaria e várias outras forrageiras e o AZOSPIRILLUM BRASILIENSIS com o arroz, trigo, centeio, aveia e cevada.

"A nível internacional, sabe-se que várias empresas de grande porte, principalmente ligadas ao setor químico, vêm investindo em pesquisas para fixação biológica do nitrogênio. Apenas como exemplificação mencionam-se a Allied Corporation, Du Pont de Nemours, W.R. Grace & Co., Monsanto, Rohm & Haas e Advanced Genetic Sciences Inc., todas dos EUA.

Essas empresas, com orçamentos de Pesquisa e Desenvolvimento bastante altos, vem tentando principalmente obter mutuações de RHIZOBIUM e outras bactérias, com o objetivo de conseguir a fixação biológica de nitrogênio em outras espécies que não as leguminosas. A Advanced Genetic Sciences vem pesquisando a fixação de nitrogênio, via rhizobactérias em batata inglesa, beterraba açucareira, soja, milho, tomate, algodão e hortigranjeiros, por exemplo.

Embora esses orçamentos não se referiam especificamente a pesquisas com fixação de nitrogênio, pode-se ter uma idéia do potencial que apresentam pesquisas realizadas por esses conglomerados.

Para aproximar mais, mencionaremos o fato de que a Allied Corporation gasta, aproximadamente, 80 milhões de dólares por ano apenas em pesquisa agrícola. Outro exemplo esclarecedor é o da Rohm & Haas que, através de contrato com a Advanced Genetics Science, está investindo 5 milhões de dólares apenas em pesquisas para fixação biológica de nitrogênio.

Frisa-se que todas estas empresas vem trabalhando com técnicas de cultura de tecidos e engenharia genética, visando não apenas obter novas e melhores estirpes de bactérias, mas também e talvez principalmente, a transferência dos genes *nif* (responsáveis pela fixação do nitrogênio) diretamente às plantas, o que eliminaria a necessidade de inoculação mas, principalmente, garantiria um mercado de mudas e sementes, incapazes de reproduzir as bactérias no solo, como ocorre atualmente, e que é uma das causas da limitação do mercado de inoculantes. Outra alternativa que vem sendo pesquisada é a introdução de um plasmídeo suicida na bactérias fixadora de nitrogênio, o que ocasionaria a sua morte após a inoculação, de forma que se tornaria impossível a não inoculação anual e assim o mercado não entraria em declínio via reprodução natural dos microorganismos" (1).

No Reino Unido, o Rothamsted Experimental Station em Harpenden, Hertfordshire, estava fazendo experiências com

RHIZOBIUM para testar quais genes podem ser transferidos entre diferentes espécies de RHIZOBIUM. A espécie utilizada por Rothamsted contém um inofensivo gene marcador, o qual terá a sua transferência para as espécies naturais do solo monitorada. Este experimento foi financiado pela CEE.

Na URSS, bactérias fertilizadoras estão sendo desenvolvidas por pesquisadores do Instituto de Bioquímica e Fisiologia Vegetal. A bactéria se aloja nas raízes do trigo formando, aparentemente, uma relação simbiótica e estimulando o crescimento da planta. O processamento de sementes com semelhante bactéria poderia melhorar a performance de outras culturas sem apelar para fertilizantes químicos. A bactéria fixadora de nitrogênio também pode ser produzida em larga escala e misturada com um veículo semelhante à turfa.

Bioquímicos tiveram sucesso em inserirem genes estranhos em milho e mostraram que este gene está ativo. Esta é a primeira vez que bioquímicos fizeram um cereal que expressa um gene estranho. Isto poderia capacitar os bioquímicos para fazerem espécies de milho e outros cereais como trigo e arroz que seriam mais resistentes a certas pestes, herbicidas e doenças. Tal fato foi realizado por Carol Rhodes e outros pesquisadores da Sandoz Crop Protection Corporation de Palo Alto, Enichem de New Jersey e Biogrowth da California. Esta equipe conseguiu esta

realização baseada na experiência realizada por Michael Fromm e outros pesquisadores de Stanford University. Fromm conseguiu introduzir os genes estranhos no protoplasma mas não conseguiu fazer com que o protoplasma se desenvolvesse até planta adulta o que foi feito por Rhodes e sua equipe. Na Inglaterra, na Universidade de Nottingham experiências semelhante à de Fromm foram realizadas com o arroz porém sem conseguir com que o protoplasma se desenvolvesse.

A divisão agrícola da Du Pont e a empresa norte-americana de sementes Northrup King Co. anunciaram em 1987 que havia sido realizados testes de campo com tabaco geneticamente manipulado para ser mais resistente à herbicidas. Os testes demonstraram que duas variedades de tabaco são resistentes ao herbicida sulfonilurea. Naquele ano, foi anunciado que dentro de 12 a 24 meses seriam publicados avanços na introdução de genes úteis em importantes culturas comerciais. Muitas firmas anunciavam um relativo sucesso na inserção de genes no milho. Além disso, pesquisavam-se plantas que pudessem fixar o seu próprio nitrogênio, tornando assim a sua cultura mais barata.

Todas estas pesquisas já nos delineiam a importância com a qual vem sendo tratada a biotecnologia, e dentro desta a FBN. Em 1988, eram apontados quatro caminhos a serem seguidos pelas pesquisa com FBN. O primeiro apontava para a utilização dos conhecimentos da estrutura da

nitrogenase para criar processos de produção de fertilizantes químicos mais eficientes em termos energéticos e menos caros. Isto reduziria os custos de fabricação mas manteria os custos ambientais e de distribuição. O segundo seria a utilização dos conhecimentos da nitrogenase para incrementar a eficiência da FBN. O terceiro seria a utilização dos conhecimentos sobre associação e competição entre bactérias para aumentar o conhecimento das várias cadeias de organismos que fixam nitrogênio. O quarto seria a criação de plantas através da engenharia genética, que fossem capazes de fixar o seu próprio nitrogênio. Segundo Paul Ludden da University Of Madison é preciso, ainda, muita pesquisa básica para se alcançar este resultado. Ludden e Leonard L. Saari da Du Pont de Nemours acreditam que a transferência dos genes responsáveis pela fixação de nitrogênio para as plantas demorará de 20 a 30 anos. Porém, não há uma concordância neste prazo. Ralph Hardy, ex-presidente da Bio-Technica e atual presidente do Boyce Thompson Institute (1988) em Ithaca, New York, espera ver em breve (nos próximos 10 anos), plantas fixando nitrogênio em laboratório.

"Sendo assim, embora o mercado de inoculantes no Brasil não tenha sido ocupado por empresas internacionais de grande porte, o que de certa forma garante a sobrevivência das pequenas empresas nacionais, deve-se ter em conta, que altos investimentos são feitos, visando estabelecer

conquistas técnicas que viabilizem a sua entrada e controle desse mercado" (2).

## NOTAS

- (1) SILVEIRA, José Maria F.J. da & DAMAKONSKY, Luiz A. A produção de inoculantes agrícolas: panorama atual. Campinas, Instituto de Economia - UNICAMP, 1986, p. 17-19, mimeo.
- (2) ~~Idem.~~ Ibidem, p. 19.

## CONCLUSÕES

Depois de todos estes estudos, algumas conclusões podem ser feitas. O baixo nível de investimentos exigidos para a instalação de uma unidade produtora de inoculantes, o uso de mão-de-obra pouco qualificada, a simplicidade do método de produção e dos equipamentos necessários contrastam com a indústria de fertilizantes nitrogenados que é, em todos estes itens, o oposto. Assim, as barreiras para a entrada de novos investimentos no setor produtor de inoculantes agrícolas, são muito mais reduzidas do que as barreiras da indústria de fertilizantes nitrogenados.

Porém, a contribuição mais relevante deste trabalho está na estimativa quantitativa do impacto da FBN na indústria de fertilizantes nitrogenados. A economia de 36 milhões de dólares que o uso generalizado de inoculantes agrícolas na cultura da soja em 1989 nos proporcionaria, pode não corresponder à realidade, porém, dada uma falta de dados e de uma literatura especializada que abordasse a FBN sob este aspecto, fomos obrigados a assumir algumas hipóteses que poderão não corresponder à realidade mas, que estão dentro de certos parâmetros considerados realistas.

Esta economia que a FBN pode nos proporcionar, o baixo nível de investimento exigido para instalação de uma unidade produtora de inoculantes agrícolas vis-a-vis uma

unidade produtora de fertilizantes nitrogenados, a possibilidade do uso mais racional de um recurso não renovável como o gás natural, a possibilidade de se manter as propriedades físicas e químicas do solo e a possibilidade de se evitar a poluição das águas subterrâneas são alguns dos fatores que nos levam a defender uma expansão do uso e das pesquisas com FBN.

Outra contribuição importante é o painel das pesquisas realizadas a nível internacional. Estas pesquisas empregam uma avançada tecnologia em engenharia genética e exigem o comprometimento de vultosas somas de recursos o que limita estas pesquisas somente a nível estatal ou das grandes empresas transnacionais, que dispõem de recursos para isto. Assim, no Brasil, tal pesquisas só tem condições de serem realizadas através da iniciativa estatal, dada o pequeno porte das empresas nacionais para realizarem este tipo de investimento. Estas pesquisas estão abrindo a possibilidade de se criar através da manipulação genética, plantas com uma série de características desejáveis entre as quais, a capacidade de fixar o nitrogênio do ar; ou criar RHIZORIUM com uma altíssima eficiência em todos os aspectos (fixar nitrogênio, sobrevivência com outras bactérias, resistência ao "stress", etc) mas que contenha um gene suicida que obrigaria o agricultor à inoculação anual e impediria a reprodução do mesmo por outras empresas. A partir do momento em que estas empresas transnacionais

obterem um produto com estas características, muito provavelmente elas dominarão os mercados em que atuam e eliminarão aquelas empresas que não acompanharem o seu desenvolvimento tecnológico.

**BIBLIOGRAFIA**

ABIQUIM. Anuário, 1989.

ARAÚJO, Solon Cordeiro. Produção e uso de inoculantes no Brasil. In MIYASAKA, Shiro & MEDINA, Júlio César (org.). A soja no Brasil. Campinas, ITAL, 1981.

ARAÚJO, Solon Cordeiro. A inoculação de leguminosas. Anuário ABBASEM - 1991. Brasília, janeiro, 1991.

BIOTECHNOLOGY and Development Monitor, no. 6, março de 1991.

CALMANOVICI, Carlos Eduardo et alii. Fertilizantes: indústria para nutrição das plantas. Ciência Hoje, vol. 10, setembro, 1989.

CDI, 1987.

COUTO, Lutero. Diretrizes para o desenvolvimento da biotecnologia em agropecuária. Ministério da Agricultura, 1987.

Dirigente Rural. Vol. 28, no. 7, julho de 1989.

DOBEREINER, Johanna. Avancos recentes na pesquisa em fixação biológica de nitrogênio no Brasil. São Paulo, novembro, 1989, mimeo.

Documento no. 9: síntese do estudo do setor fertilizantes (nitrogenados e fosfatados) (PAII-IEI). Março, 1990, mimeo.

DOSSA, Derli. Adoção de novas técnicas e desenvolvimento econômico: o caso da cultura da soja no Brasil.

Ensaio agrônomicos de inoculantes. IPT, dezembro, 1984.

Estudo econômico do uso de processos biotecnológicos na agroindústria. Inoculantes Agrícolas. IPT, vol. II, outubro de 1985.

Evolução do uso de fertilizantes nas culturas do cafeeiro, cana-de-açúcar e soja. Fundação Cargill.

FUTINO, Ana Maria. Impactos da biotecnologia na produção de insumos na agricultura e produtos relacionados à medicina veterinária. Botucatu, 1984, mimeo.

Programa de Atualização Tecnológica Industrial (PAII). São Paulo, IPT, 1988.

MALAVOLTA, E. ABC da adubação. ed. Agronômica Ceres, LTDA, São Paulo, 1979.

MCCORMICK, Douglas. How biotech is dealing with its nitrogen fixation. Bio/Technology. Vol. 6, abril, 1988.

REYDON, Bastiaan Philip. A indústria de fertilizantes no Brasil: aspectos de sua dinâmica. Campinas, 1987, mimeo.

SILVEIRA, José Maria F.J. da & SALLES FILHO, Sérgio L.M. Desenvolvimento da biotecnologia no Brasil. Revista de economia e sociologia rural. Brasília, 1988.

SILVEIRA, José Maria F.J. da & DAMAKONSKY, Luiz A. A produção de inoculantes agrícolas: panorama atual. Instituto de Economia-UNICAMP. Campinas, 1986, mimeo.

TAVARES FERREIRA, Célia Regina R.P. et alii. Utilização de fertilizantes formulados nas culturas anuais do estado de São Paulo. In Agricultura em São Paulo. São Paulo, 1991.

ZYLBERSZTAJN, Décio et alii. Estudo econômico do uso de processos biotecnológicos na agricultura. In VIÉGAS, J.A. & BARROS, P. M. (org.). Biotecnologia e desenvolvimento nacional. São Paulo, Governo do Estado de São Paulo, 1985.