

## FERTILIZANTES NITROGENADOS ESTABILIZADOS, DE LIBERAÇÃO LENTA OU CONTROLADA

*Douglas Guelfi<sup>1</sup>*

### 1. INTRODUÇÃO

A indústria mundial de fertilizantes tem o desafio de melhorar as características químicas, físicas e físico-químicas dos produtos e a eficiência no uso dos nutrientes, particularmente do nitrogênio (N). Contudo, os avanços tecnológicos sempre devem ocorrer associados ao menor impacto ambiental e à adequada remuneração dos agricultores – os principais responsáveis pela segurança alimentar da população.

O maior avanço tecnológico no setor de fertilizantes nitrogenados, considerada como a principal invenção do século XX, foi a síntese da amônia (NH<sub>3</sub>) a partir da reação do gás dinitrogênio (N<sub>2</sub>), presente na atmosfera, com o hidrogênio (H), em condições de alta pressão e temperatura e na presença de ferro (ERISMAN et al., 2008). A patente do processo foi obtida em 13 de outubro de 1908 pelos químicos Fritz Haber e Carl Bosch, o que possibilitou a diversos países a diminuição da dependência das reservas restritas de N na forma de Guano, existente no Chile, o aumento na produtividade das culturas e a segurança alimentar e nutricional da população (ERISMAN et al., 2008). Por tal feito, Haber e Bosch foram agraciados com o prêmio Nobel em 1918 e em 1931, respectivamente.

A partir da síntese da amônia foi possível o desenvolvimento de novas rotas tecnológicas e a produção em maior escala de ureia, nitrato de amônio, nitrato de cálcio, sulfato de amônio, monoamônio fosfato (MAP) e diamônio fosfato (DAP) – principais fertilizantes nitrogenados utilizados na agricultura mundial que têm a amônia como matéria-prima básica para a sua produção.

Em 1924 ocorreram os primeiros estudos com fertilizantes nitrogenados quimicamente modificados ou de liberação lenta, como a ciclo diureia (CDU) e a ureia formaldeído (UF), que foram patentadas como fertilizantes na Europa e nos EUA em 1947 e 1955, respectivamente, e ainda despertam grande interesse da pesquisa no mundo (YAMAMOTO et al., 2016).

Na década de 1960, a ureia revestida com enxofre elementar (S<sup>0</sup>) foi patenteada pelo Tennessee Valley Authority (TVA) (BLOUIN; RINDT, 1967) que, posteriormente, abriu caminho para o aparecimento de uma série de inovações tecnológicas relacionadas à produção de fertilizantes de liberação controlada.

Na década de 1990 começaram a ser comercializados os aditivos DMPP (3,4-dimetilpirazolfosfato) e NBPT [N-(n-butil) tiofosfórico triamida], duas das principais moléculas utilizadas no mundo com a função de estabilizar o N por meio da inibição da reação de nitrificação ou da atividade da urease no solo.

Atualmente, o fertilizante nitrogenado convencional mais utilizado na agricultura mundial é a ureia. A desvantagem agrônômica da ureia é a elevada perda de N por volatilização quando aplicada na superfície do solo e em condições climáticas inadequadas.

Portanto, um dos inúmeros desafios das pesquisas relacionadas aos fertilizantes nitrogenados é o desenvolvimento de tecnologias para redução das perdas de N da ureia. Algumas tecnologias começaram a ser desenvolvidas e comercializadas ainda no século XX e continuam em constante aperfeiçoamento. Muitas delas já eram conhecidas, porém pouco utilizadas, principalmente devido à sua disponibilidade e custo restritivos.

**Abreviações:** AAPFCO = Association of American Plant Food and Control Officials; C = carbono; CAGR = taxa de crescimento anual composta; CDU = ciclo diureia; DAP = diamônio fosfato; IBDU = isobutileno diureia; INPI = Instituto Nacional de Propriedade Intelectual; DMPP = 3,4-dimetilpirazolfosfato; MAP = monoamônio fosfato; MOS = matéria orgânica do solo; N = nitrogênio; NBPT = [N-(n-butil) tiofosfórico triamida]; NH<sub>3</sub> = amônia; N<sub>2</sub> = dinitrogênio; PCF = fertilizantes recobertos por polímeros; S<sup>0</sup> = enxofre elementar; SCU = ureia revestida com enxofre; TVA = Tennessee Valley Authority; UF = ureia formaldeído; UM = ureia metileno.

<sup>1</sup> Professor Doutor, Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras (DCS/UFLA); email: [douglasguelfi@dcs.ufla.br](mailto:douglasguelfi@dcs.ufla.br)

## INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS

Publicação trimestral gratuita do International Plant Nutrition Institute (IPNI), Programa Brasil. O jornal publica artigos técnico-científicos elaborados pela comunidade científica nacional e internacional visando o manejo responsável dos nutrientes das plantas.

ISSN 2311-5904

### COMISSÃO EDITORIAL

#### Editor

Valter Casarin

#### Editores Assistentes

Luís Ignácio Prochnow, Eros Francisco, Silvia Regina Stipp

#### Gerente de Distribuição

Evandro Luis Lavorenti

### INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE (IPNI)

#### Presidente do Conselho

Norbert Steiner (K+S)

#### Vice-Presidente do Conselho

Tony Will (CF Industries Holdings, Inc.)

#### Tesoureiro

Dmitry Osipov (Uralkali)

#### Presidente

Terry L. Roberts

#### Vice-Presidente, Coordenador do Grupo da Ásia e África

Kaushik Majumdar

#### Vice-Presidente, Coordenadora do Grupo do Oeste Europeu/Ásia Central e Oriente Médio

Svetlana Ivanova

#### Vice-Presidente Senior, Diretor de Pesquisa e Coordenador do Grupo das Américas e Oceania

Paul E. Fixen

### PROGRAMA BRASIL

#### Diretor

Luís Ignácio Prochnow

#### Diretores Adjuntos

Valter Casarin, Eros Francisco

#### Publicações

Silvia Regina Stipp

#### Analista de Sistemas e Coordenador Administrativo

Evandro Luis Lavorenti

#### Assistente Administrativa

Elisângela Toledo Lavorenti

#### Secretária

Jéssica Silva Machado

### ASSINATURAS

Assinaturas gratuitas são concedidas mediante aprovação prévia da diretoria. O cadastramento pode ser realizado no site do IPNI: <http://brasil.ipni.net>

Mudanças de endereço podem ser solicitadas por email para: [jmachado@ipni.net](mailto:jmachado@ipni.net)

Nº 157 MARÇO/2017

## CONTEÚDO

### Fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada

*Douglas Guelfi* ..... 1

### Resposta da cultura da batata à adubação fosfatada no Brasil

*Rogério Peres Soratto e Adalton Mazetti Fernandes*..... 15

**Divulgando a Pesquisa** ..... 23

**IPNI em Destaque** ..... 25

**Painel Agrônomico** ..... 27

**IPNI Scholar Award**..... 28

**Cursos, Simpósios e outros Eventos** ..... 29

**Publicações Recentes** ..... 31

**Ponto de Vista**..... 32

### NOTA DOS EDITORES

Todos os artigos publicados no Informações Agronômicas estão disponíveis em formato pdf no website do IPNI Brasil: <<http://brasil.ipni.net>>

Opiniões e conclusões expressas pelos autores nos artigos não refletem necessariamente as mesmas do IPNI ou dos editores deste jornal.

## COMUNICADO

Prezados leitores,

Como medida de modernização e seguindo a tendência mundial, a direção do IPNI Brasil informa que a partir da edição de Junho de 2017 o jornal Informações Agronômicas será publicado exclusivamente na versão *on-line*. Pretende-se, com essa medida, tornar o Jornal mais interativo para os nossos leitores.

Para ser notificado via e-mail sobre as novas edições do jornal é fundamental estar cadastrado em nossa base de dados. Caso você ainda não esteja cadastrado, favor inscrever-se por meio do link: <http://brasil.ipni.net/article/BRS-3400>.

No caso de qualquer dúvida, favor entrar em contato com o IPNI Brasil pelo telefone (19) 3433-3254 ou e-mail: [jmachado@ipni.net](mailto:jmachado@ipni.net).

A necessidade de melhorias da eficiência no uso do N, a adoção das práticas de manejo 4C, o crescimento na demanda dos fertilizantes de eficiência aumentada, a implantação de novas fábricas, o desenvolvimento de novas tecnologias e a competitividade no setor são fatores que devem contribuir para maior redução nos preços dos fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta e controlada no mercado mundial de fertilizantes.

## 2. MERCADO MUNDIAL DE FERTILIZANTES NITROGENADOS ESTABILIZADOS, DE LIBERAÇÃO LENTA OU CONTROLADA

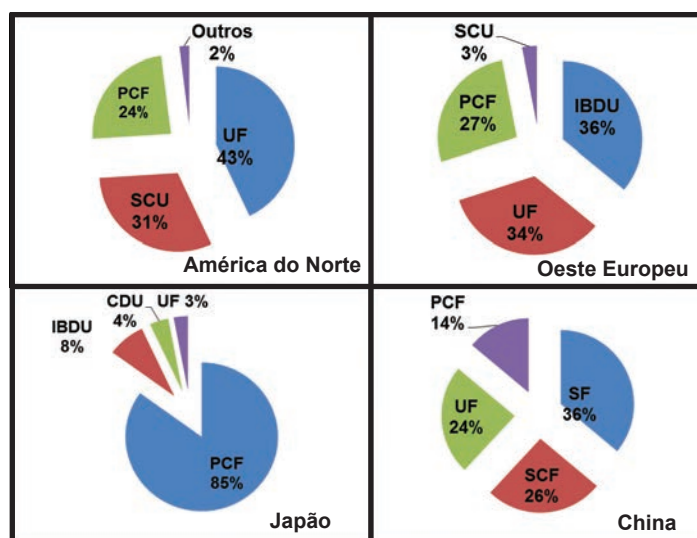
A capacidade instalada mundial para produção de fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada praticamente dobrou entre 2011 e 2014, passando de 6,5 milhões de toneladas para 11,6 milhões de toneladas. Em uma escala global de mercado, a predominância é da Ásia, que é a maior produtora e consumidora dos produtos (Tabela 1).

A China utiliza na agricultura 2,8 milhões de toneladas de fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada. A taxa de crescimento anual composta (CAGR – *Compound Annual Growth Rate*) no período de 2014-2020 desse mercado está estimada em 12% (APOSTOLOPOULOU, 2016). Do total de fertilizantes de eficiência aumentada consumidos na China, 36% são estabilizados, 26% são recobertos com enxofre elementar (S<sup>0</sup>), 24% são de ureia formaldeído e 14% são de fertilizantes revestidos com polímeros (Figura 1).

O mercado na Índia é de 6,3 milhões de toneladas e grande parte do consumo é de *coated neem urea*, um tipo de ureia tratada com óleo de nim (VIADYA et al., 2010) que tem sua aplicação incentivada pelo governo indiano (APOSTOLOPOULOU, 2016).

Na América do Norte, o consumo de fertilizantes de eficiência aumentada é de 1,2 milhões de toneladas, dos quais 90% são fertilizantes de liberação controlada. A CAGR estimada para os mercados americano e canadense está entre 2% e 3%. Na América Latina, a estimativa de consumo é de 1,0 milhão de toneladas. Desse total, 90% são de fertilizantes nitrogenados estabilizados (Tabela 1).

Os países da América Latina representam o segundo maior mercado de expansão, ficando atrás apenas da China (APOSTOLOPOULOU, 2016). Os países da América do Sul – principalmente Brasil, Argentina e Paraguai – têm grande potencial para adoção em maior escala dessas tecnologias.



**Figura 1.** Porcentagem de consumo das diferentes tecnologias para fertilizantes nitrogenados em diferentes regiões do mundo. Siglas: UF = ureia formaldeído; SCU = ureia revestida com enxofre; PCF = fertilizantes recobertos por polímeros; CDU = ciclo diureia; IBDU = isobutiraldeído diureia; SF = fertilizantes estabilizados.

Na Europa, a produção está concentrada na região Nordeste e a maior demanda na região Sudeste. O consumo de fertilizantes de liberação lenta e controlada foi de 140 mil toneladas, principalmente na forma de ureia formaldeído e isobutiraldeído diureia (Figura 1). O mercado para os fertilizantes estabilizados é 4 a 5 vezes maior que o atual. No geral, o potencial de crescimento é menor – CAGR 2014-2020 de 2%.

O mercado global de fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada, excluindo a China, é de 3,6 milhões de toneladas. O valor atual desse mercado é de US\$ 1,6 bilhão. O seu crescimento foi notável nos últimos anos, principalmente na Ásia.

As projeções indicam que o mercado global de fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta e controlada deverá crescer 7,5 milhões de toneladas.

## 3. CLASSIFICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS PARA FERTILIZANTES NITROGENADOS

Os fertilizantes que promovem melhorias na eficiência agrônômica da adubação nitrogenada, em comparação aos ferti-

**Tabela 1.** Consumo mundial de fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada em 2014.

Região	Fertilizantes de liberação lenta e controlada	Fertilizantes estabilizados	Total	Taxa de crescimento anual composta (CAGR)
	----- (1.000 toneladas) -----			(%)
Índia	6.000	300	6.300	-
China	-	-	2.800	> 12
Japão	150	20	170	1
EUA e Canadá	1.080	120	1.200	2 - 3
América Latina	< 100	> 900	1.000	4 - 7
Oeste Europeu	140	560 - 700	700 - 840	2
Europa Central	-	-	20	-
África	-	-	80	-
<b>Total</b>	<b>7.470</b>	<b>1.900</b>	<b>12.270</b>	

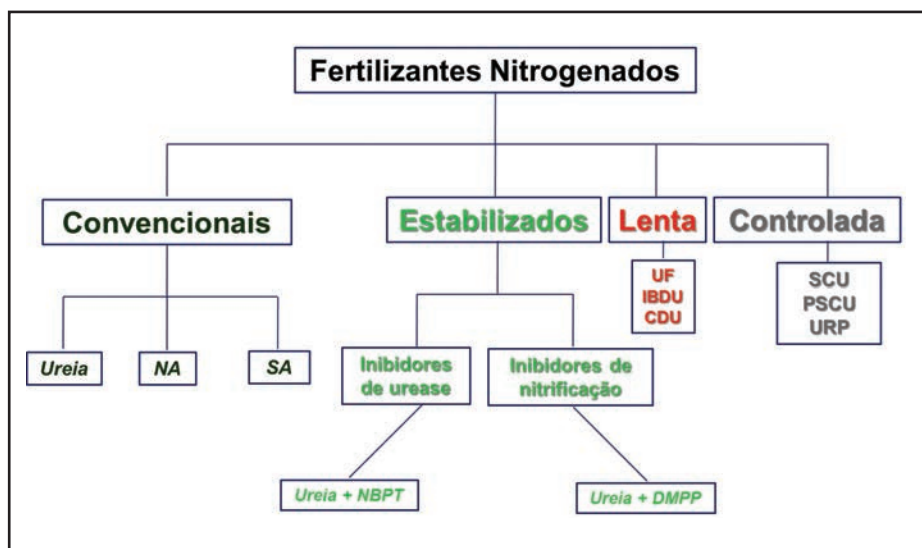
Fonte: Adaptada de Apostolopoulou (2016).

zantes convencionais, são denominados fertilizantes de eficiência aumentada (TRENKEL, 2010; TIMILSENA et al., 2014).

Por ser o fertilizante nitrogenado mais utilizado na agricultura mundial e devido à necessidade de redução de suas perdas por volatilização quando aplicada na superfície do solo, a ureia tornou-se o fertilizante convencional mais utilizado para o desenvolvimento de fertilizantes de eficiência aumentada.

Atualmente, os fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada podem ser classificados em três categorias, conforme as tecnologias utilizadas nos seus processos de produção: (i) estabilizados; (ii) de liberação lenta e (iii) de liberação controlada (Figura 2).

a) **Fertilizantes nitrogenados convencionais:** ureia, nitrato de amônio, sulfato de amônio, nitrato de cálcio, MAP e DAP, dentre outros.



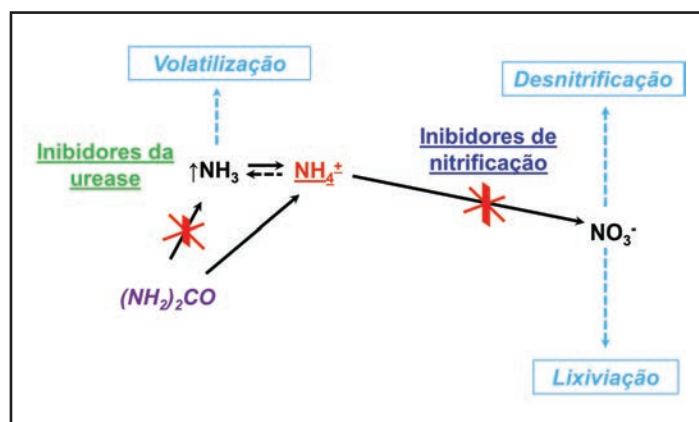
**Figura 2.** Classificação dos fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada. Siglas: NA = nitrato de amônio; SA = sulfato de amônio; UF = ureia formaldeído; IBDU = isobutiraldeído diureia; CDU = ciclo diureia; NBPT = N-(n-butil) tiofosfórico triamida; DMPP = 3,4 dimetilpirazol fosfato; SCU = ureia revestida com enxofre elementar (S<sup>0</sup>); PSCU = ureia revestida com polímeros e S<sup>0</sup>; URP = ureia revestida com polímeros.

b) **Fertilizantes nitrogenados estabilizados:** são aqueles nos quais a ureia é tratada com aditivos para estabilização do N. Esse grupo é subdividido em (i) aditivos para inibição da urease e (ii) aditivos para inibição da nitrificação (Figura 3). Os principais inibidores de urease são: NBPT, hidroquinona, cobre, boro e catecol. Entre os inibidores de nitrificação estão os compostos químicos: DMPP, DCD, tiossulfato de amônio e o nitrapyrin.

c) **Fertilizantes nitrogenados de liberação lenta ou quimicamente modificados:** são produtos de condensação da ureia com aldeídos. Dentre os mais utilizados estão: UF, ureia metileno (UM), IBDU e CDU.

d) **Fertilizantes nitrogenados de liberação controlada:** são fertilizantes nitrogenados convencionais, como a ureia, que têm alta solubilidade em água, aos quais são adicionados compostos para o recobrimento do grânulo que serve de barreira física e controla a passagem de N por difusão. Existem diversos compostos que podem ser utilizados para o recobrimento do grânulo, como enxofre elementar (S<sup>0</sup>), resinas plásticas, termoplásticos, poliuretano, polietileno, dentre outros.

Um fertilizante de liberação controlada ideal deve ser recoberto com materiais biodegradáveis que permitam adequado



**Figura 3.** Modo de ação dos inibidores da urease e da nitrificação utilizados como aditivos em fertilizantes nitrogenados.

controle da liberação de nutrientes. A curva de liberação de nutrientes geralmente é sigmoide e deve ter semelhança com a curva de absorção de N da cultura na qual o fertilizante será aplicado.

É importante enfatizar que existem diferenças conceituais entre as tecnologias quando são utilizados os termos liberação lenta e liberação controlada. A primeira delas é que os fertilizantes de liberação lenta não têm revestimento, como os fertilizantes de liberação controlada. Também ocorrem diferenças nos preços, pois geralmente os fertilizantes de liberação controlada são mais caros em função do tipo e quantidade de revestimento utilizado no processo de produção (NAZ; SULAIMAN, 2016).

Os fertilizantes de liberação controlada têm a taxa de liberação do nutriente influenciada basicamente pelo tipo e espessura de revestimento, temperatura, umidade do solo e, conseqüentemente, pela precipitação pluviométrica no local de aplicação.

No caso dos fertilizantes de liberação lenta, o comportamento da liberação é menos previsível, pois varia em função do tamanho e da proporção dos polímeros de carbono (C) e N formados no seu processo de produção. As condições edafoclimáticas da área (temperatura, umidade, pH, MOS e textura) também influenciam na atividade microbológica do solo e estão diretamente relacionadas com a degradação das cadeias de polímeros (JAHNS; EVEN; KALTWASSER, 2003; AZEEM et al., 2014; TIMILSENA et al., 2014).

De modo geral, os custos dos fertilizantes nitrogenados convencionais e de eficiência aumentada variam em função das matérias-primas, tecnologias de produção e distância do mercado consumidor. Os preços seguem a seguinte tendência crescente: convencionais < estabilizados < blends ≤ liberação lenta < liberação controlada.

### 3.1. FERTILIZANTES NITROGENADOS ESTABILIZADOS

#### 3.1.1. Inibidores de urease

A incorporação de compostos químicos, em pequenas quantidades, à ureia com o objetivo de estabilizar o N é uma das tecnologias mais eficientes para aumentar sua eficiência e tem baixo

custo (TRENKEL, 2010; AZEEM et al., 2014; TIMILSENA et al., 2014). O custo da ureia com inibidor de urease é 10 a 30% maior em comparação ao custo da ureia convencional, sem aditivos.

Diversos compostos químicos foram avaliados como inibidores de urease, e os mais testados em pesquisas foram: fosforotriamidas, hidroquinona, catecol, cobre, boro e zinco (BREMNER; DOUGLAS, 1971).

As fosforotriamidas são os compostos mais eficazes na inibição da urease e possuem grupos funcionais que contêm P=O ou P=S ligados a pelo menos uma amida (NH<sub>2</sub>) livre para reação com os sítios ativos da urease. Isso foi demonstrado por Dominguez et al. (2008), que sintetizou mais de 40 fosforotriamidas.

O inibidor de urease mais utilizado em produtos comerciais é o NBPT. Para adição à ureia, o NBPT é dissolvido em um solvente não aquoso (em geral propilenoglicol) acrescido de corantes que ajudam na observação da distribuição do aditivo no fertilizante.

O solvente utilizado para dissolução do NBPT deve ter as seguintes características: (i) aumentar a estabilidade da molécula de NBPT em condições variadas de temperatura e umidade durante o armazenamento e transporte; (ii) melhorar a solubilidade do NBPT; (iii) melhorar as características de aderência da mistura solvente + NBPT ao grânulo de ureia; (iv) ter baixa toxicidade e não ser inflamável; (v) ter um agente tamponante para manter o pH alcalino, semelhante ao das condições de hidrólise da ureia no solo, para proporcionar estabilidade ao NBPT (OMILINSKY et al., 1997).

A estabilização do N da ureia devido à adição de NBPT tem como principal benefício o atraso no pico de volatilização, que proporciona: (i) maior número de dias, após a adubação nitrogenada, para sua incorporação pelas águas das chuvas ou irrigação; (ii) redução das perdas de N por volatilização devidas à hidrólise excessiva da ureia na superfície do solo; (iii) aumento da absorção de N, da produtividade, da eficiência da adubação com N e da qualidade das culturas (WATSON et al., 2008).

Os inibidores de urease reduzem a taxa de conversão do N na forma amídica (N-NH<sub>2</sub>) para a forma amoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) devido à redução da atividade da urease no solo (TIMILSENA et al., 2014) (Figura 3).

Para que ocorra a inibição da atividade da urease é necessário que haja a conversão do NBPT em seu análogo, o NBPTO. Essa molécula tem a capacidade de reduzir a atividade da urease no solo devido à presença de oxigênio no lugar de enxofre na sua composição (WATSON et al., 2008; CHIEN et al., 2014) (Figura 4). A inibição ocorre devido à formação de ligações químicas entre os átomos do inibidor da urease (O e NH<sub>2</sub>) e o sítio ativo dessa enzima.

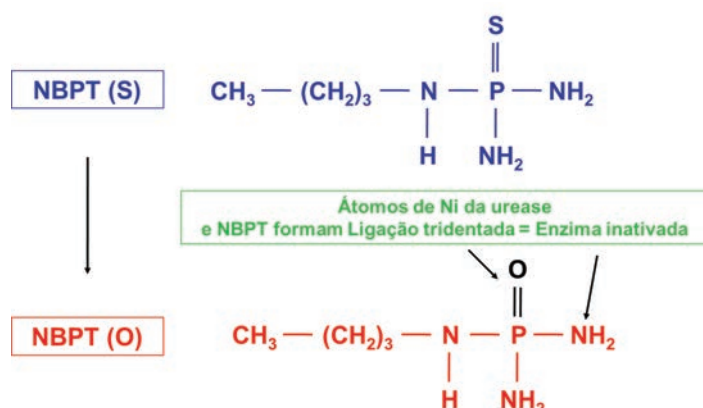


Figura 4. Modo de ação do NBPT na inativação da urease.

A capacidade de inibição da atividade da urease é influenciada por diversos fatores relacionados ao processo de produção, formulação e armazenamento da ureia tratada com NBPT.

O tipo de solvente, seu tamponamento, a concentração de NBPT e a forma de sua aplicação à ureia, bem como as condições climáticas no local de armazenamento estão diretamente relacionados à qualidade do produto. Por exemplo, quando a ureia é tratada com NBPT + solvente propilenoglicol após o seu processo de granulação ocorre 81% de degradação do NBPT após 9 meses e em temperatura de armazenamento de 25 °C (Tabela 2). Quando o NBPT é adicionado antes do acabamento do grânulo de ureia (new melt) a sua degradação diminui para 25%. À temperatura de 25 °C o tempo de meia vida do NBPT é de 74 dias (WATSON et al., 2008).

Tabela 2. Recuperação do NBPT após 9 meses (21 de março a 19 de dezembro de 2005) em diferentes processos de produção de ureia e temperaturas de armazenamento.

Temperatura de armazenamento (°C)	Recuperação do NBPT (%)		
	New melt <sup>1</sup>	Old melt <sup>2</sup>	Coated (%) <sup>3</sup>
4	98,3	89,5	66,3
15	88,0	55,5	42,0
25	75,0	14,3	19,0

<sup>1</sup> Aplicação da solução de propilenoglicol + NBPT na ureia antes da granulação em planta semi-industrial.

<sup>2</sup> Aplicação da solução de propilenoglicol + NBPT na ureia antes da granulação por processo realizado em laboratório.

<sup>3</sup> Recobrimento dos grânulos de ureia (após a granulação).

Fonte: Watson et al. (2008).

A Figura 5 mostra a porcentagem de recuperação de 500 mg kg<sup>-1</sup> de NBPT em quatro formulações armazenadas à temperatura de 11,9 °C (representativa do Norte da Irlanda) durante 9 meses (21/03/2005 a 19/12/2005).

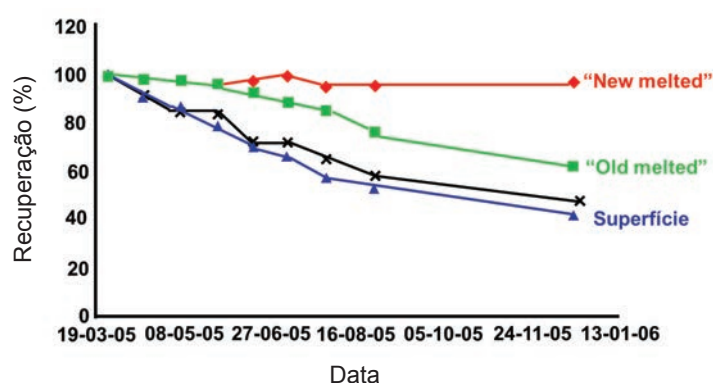


Figura 5. Porcentagem de recuperação de 500 mg kg<sup>-1</sup> de NBPT em diferentes produtos armazenados no período de aproximadamente nove meses (21 de março a 19 de dezembro de 2005).

Mais detalhes sobre a influência das condições de armazenamento nas formulações de NBPT podem ser encontrados no relatório publicado pela pesquisadora Caroline Watson (DEFRA, 2006).

Os fatores edafoclimáticos na área de cultivo (pH, textura e matéria orgânica do solo, evapotranspiração, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento) também influenciam na eficiência da ureia tratada com NBPT (CANCELLIER et al., 2016; SILVA et al., 2017).

A quantidade de chuvas no período posterior à adubação, a temperatura e a acidez do solo são fatores determinantes para a eficiência do NBPT na redução da atividade da urease. Precipitações pluviométricas em um intervalo de 3 a 7 dias após a adubação com ureia + NBPT ajudam a reduzir as perdas por volatilização de  $\text{NH}_3$ . Já quando sua aplicação é realizada em solos ácidos e com temperatura elevada ocorre aumento na degradabilidade do NBPT (ENGEL; JONES; WALLANDER, 2011).

Resultados de pesquisa em área de cultivo de milho mostram que a perda de N por volatilização da ureia + NBPT foi de 8% do N aplicado. Portanto, dos 150 kg  $\text{ha}^{-1}$  de N aplicados em cobertura, 12 kg  $\text{ha}^{-1}$  foram perdidos por volatilização. A ureia tratada com NBPT promoveu 79% de redução nas perdas por volatilização em comparação à ureia convencional (Tabela 3). Também promoveu redução e atraso nas perdas de N por volatilização, que começaram a aumentar no 5º dia após a adubação nitrogenada de cobertura, com valor máximo igual a 2,5% do N aplicado, 10 dias após a sua aplicação na superfície do solo (SOUZA, 2015).

**Tabela 3.** Perda acumulada de nitrogênio por volatilização de amônia ( $\text{N-NH}_3$ ) 55 dias após a aplicação, em cobertura, de fertilizantes nitrogenados convencionais, estabilizados e de liberação controlada na cultura do milho.

Tipos de ureia	Perda acumulada de $\text{N-NH}_3$ (% do total de N aplicado)	Redução da volatilização em comparação à ureia (%)
Ureia granulada	39 a	-
Ureia perolada	38 a	3
Ureia + 16% $\text{S}^0$	32 b	18
Blend de ureia + 7,9% $\text{S}^0$ + polímeros e ureia convencional	32 b	19
Ureia perolada incorporada (2 cm)	24 c	39
Hidrolisado de couro	9 d	77
Ureia + 530 mg $\text{kg}^{-1}$ de NBPT	8 d	79
Ureia + resina termoplástica	3 e	92
Sulfato de amônio	1 e	97
Nitrato de amônio	0,7 e	98

Fonte: Souza (2015).

No cultivo de milho realizado em solo de fertilidade construída, o NBPT, o cobre e o boro promoveram redução de 18% nas perdas de N por volatilização, em comparação à ureia convencional (Tabela 4), porém sem aumento na produtividade de grãos (CANCELLIER et al., 2016).

Existem diversos estudos anteriores relacionados à adição de zinco, cobre e boro no revestimento da ureia e sua atuação como inibidores de urease (SOR; LINDEN, 1968; GEISSLER; SOR; ROSENBLATT, 1970; BREMNER; DOUGLAS, 1971; TUCKER; BLANTON, 1976; Van der PUY et al., 1984; WHITEHURST; WHITEHURST, 2004).

Uma patente americana da década de 1970, descrita por Hendries (1976), citado por HERINGER (2008), apresenta a fundamentação teórica referente à adição de Cu e B à ureia com a finalidade de reduzir a atividade da urease no solo e, consequentemente, as perdas de  $\text{N-NH}_3$ .

De acordo com a patente brasileira (HERINGER, 2008) depositada no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) relacionada a um processo de produção da ureia recoberta com Cu

**Tabela 4.** Perdas acumuladas de nitrogênio por volatilização de amônia ( $\text{N-NH}_3$ ) 23 dias após a aplicação em cobertura de ureia estabilizada e de liberação controlada na cultura do milho.

Tipos de ureia	Perda acumulada de $\text{N-NH}_3$ (% do N aplicado)	Redução da volatilização em comparação à ureia (%)
Ureia perolada	31 a	-
Ureia + 0,15% Cu + 0,4% B	26 b	18
Ureia + 530 mg $\text{kg}^{-1}$ de NBPT	26 b	18
Ureia + 7,9% $\text{S}^0$ + polímeros	20 c	37

Fonte: Cancellier et al. (2016).

e B, o ácido bórico e o sulfato de cobre devem ser adicionados à ureia na proporção de 1,5% a 2,4% e 0,6% a 1,5%, respectivamente. Esses compostos podem ser incorporados de duas maneiras: por meio de dissolução na ureia fundida antes da granulação/perolação ou depois desses processos por meio de sua mistura na forma de pó ( $\leq 0,015$  mm) com a ureia sólida (recobrimento do grânulo).

O princípio da redução da atividade da urease é explicado pelo efeito da inibição não competitiva e competitiva do B e do Cu, respectivamente.

Por fundamentação realizada por meio de cálculos estequiométricos, pode-se dizer que para cada 61 partes de ácido bórico na ureia ocorre a captura de cerca de 42 partes de N [ $\text{H}_3\text{BO}_3 + 3\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow (\text{NH}_4)_3\text{BO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ ], o que não seria capaz de explicar a redução de volatilização devido ao efeito da adição de 24 g  $\text{kg}^{-1}$  de ácido bórico à ureia. Ocorreria a captura de apenas 3,4 kg de  $\text{N-NH}_3$  por 100 kg de ureia [ $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ] (HERINGER, 2008). Além disso, o ácido bórico é fraco, possui pKa de 9,2 (SOARES; ALLEONI; CASAGRANDE, 2005), e quando adicionado em pequenas concentrações aos fertilizantes, promove tamponamento na concentração de  $\text{H}^+$  em torno do grânulo menor que o necessário para a neutralização do  $\text{NH}_3$  produzido no solo. Dessa forma, a hipótese de redução de perdas por volatilização de fertilizantes com ácido bórico devido à redução do pH em torno dos grânulos de ureia não justifica a diminuição das perdas de  $\text{N-NH}_3$ .

A inibição da atividade da urease pelo  $\text{Cu}^{2+}$  pode ser explicada pela reação deste íon com um grupo sulfidril da urease, bloqueando o sítio ativo da enzima (CANCELLIER et al., 2016).

A adição de micronutrientes como cobre, boro, molibdênio e zinco juntamente com polímeros aniônicos para retenção do amônio oriundo da hidrólise da ureia não promoveu redução nas perdas de nitrogênio por volatilização, em comparação à ureia convencional (SILVA, 2016) (Tabela 5).

### 3.1.2. Inibidores da nitrificação

Os inibidores da nitrificação são compostos químicos que são adicionadas aos fertilizantes nitrogenados durante seu processo de produção. Esses aditivos (Tabela 6) promovem atraso na oxidação biológica do amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) no solo devido à diminuição da atividade das bactérias *Nitrosomonas*, responsáveis pela conversão do amônio a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), primeira etapa da reação de nitrificação (ABALOS et al., 2014) (Figura 3).

Por outro lado, a manutenção do N por mais tempo na forma amoniacal, devido à adição de inibidores de nitrificação à ureia, pode ocasionar perdas de N por volatilização de amônia maiores do que as da ureia convencional (PRAKASA RAO; PUTTANNA, 1987; TRENKEL, 2010). Esse é um fato ainda mais preocupante quando

**Tabela 5.** Perdas acumuladas de nitrogênio por volatilização de amônia (N-NH<sub>3</sub>) 23 dias após a aplicação em cobertura de ureia estabilizada e de liberação controlada na cultura do milho.

Tipos de ureia	Perda acumulada de N-NH <sub>3</sub> (% do N aplicado)
Ureia + DMPP	52,2 a
Ureia + polímeros aniônicos	46,5 b
Ureia + polímeros aniônicos + 3% Zn	44,5 b
Ureia + polímeros aniônicos + 1,5% Cu	44,3 b
Ureia + 0,1% Cu + 0,3% B + 0,05% Mo	42,7 b
Ureia + polímeros aniônicos + 3% Cu	41,0 c
Ureia perolada	39,4 c
Ureia + polímeros aniônicos + 1,5% Zn	37,7 c
Ureia + 0,15% Cu + 0,4% B	37,6 c
Ureia + polímeros aniônicos + 0,25% Cu + 0,68% B	36,2 c
Ureia + polímeros aniônicos + 0,34% Cu + 0,94% B	36,1 c

Fonte: Silva (2016).

**Tabela 6.** Inibidores de nitrificação mais utilizados em fertilizantes nitrogenados estabilizados.

Tipo de inibidores de nitrificação	Inibição da nitrificação após 14 dias (%)
Nitrapyrin (2-cloro-6-triclorometil piridina)	82
ATC (4-amino-1,2,4- triazol HCl)	78
(2,4-diamino-6-triclorometil triazina)	65
DCD/DDA (Dicianamida)	53
DMPP (3,4-dimetilpirazol fosfato)	51
Tioureia	41
AM (2-amino-4-cloro-6-metilpirimidina)	31

a aplicação da ureia com inibidores de nitrificação é realizada em condições favoráveis à ocorrência de volatilização de amônia.

Em cultivo de milho adubado com ureia tratada com inibidor de nitrificação (DMPP), a perda de N por volatilização foi de 78 kg ha<sup>-1</sup> de N (52,2% do N aplicado), maior do que a da ureia convencional, de 59 kg ha<sup>-1</sup> de N (39,4% do N aplicado) (SILVA, 2016) (Tabela 5).

Os inibidores da nitrificação são particularmente úteis em condições favoráveis à ocorrência de lixiviação de nitrato e desnitrificação. Essas perdas de N podem causar contaminação da água e contribuir para as emissões de óxido nitroso – um dos gases causadores das mudanças climáticas (RUSER; SCHULZ, 2015).

Os efeitos dos inibidores de nitrificação na população geral de microrganismos-não alvo são contraditórios e não estão claros. Em alguns estudos foram reportadas redução na população de bactérias-não alvo, enquanto em outros não houve nenhum efeito dos inibidores de nitrificação na biomassa microbiana (RUSER; SCHULZ, 2015).

Os inibidores de nitrificação tem potencial de uso restrito no Brasil. Sua aplicação é limitada a áreas de cultivo onde existe excesso de nitrato no solo suscetível a perdas por lixiviação. Essa não é uma situação comum na maior parte das áreas de cultivo do país (CANTARELLA, 2007). Algumas situações específicas para sua aplicação seriam em áreas irrigadas, em solos arenosos localizados em regiões com maior intensidade de chuvas e com elevadas doses de N aplicadas anualmente.

Outra aplicação dos inibidores de nitrificação e de urease é como aditivos para redução de perdas de N dos esterco em sistemas de criação de animais (HAGENKAMP-KORTH et al., 2015; RICHES et al., 2016).

Os inibidores de nitrificação são eficientes na diminuição das emissões de óxido nitroso quando adicionados aos fertilizantes nitrogenados (RUSER; SCHULZ, 2015). Foram relatadas reduções nas emissões de óxido nitroso entre 33% e 96% com a utilização de inibidores de nitrificação como Nitrapyrin, DCD, carbeto de cálcio em diferentes fertilizantes nitrogenados (SNYDER, 2007).

As perdas de N na forma de óxido nitroso representam 1% ou menos do N total aplicado na forma de ureia (IPCC, 2006). No que se refere à eficiência agrônômica, a diminuição das perdas de N na forma de óxido nitroso não são muito significativas, mas do ponto de vista ambiental são extremamente relevantes.

### 3.2. FERTILIZANTES NITROGENADOS DE LIBERAÇÃO LENTA OU QUIMICAMENTE MODIFICADOS

A ureia formaldeído começou a ser desenvolvida em 1924 e foi o primeiro fertilizante do grupo de liberação lenta a ser comercializado. Atualmente, existem formulações líquidas e sólidas (TRENKEL, 2010; AZEEM et al., 2014; YAMANOTO et al., 2016).

Os fertilizantes de liberação lenta ou quimicamente modificados, sem revestimento, como a ureia formaldeído, têm como princípio a redução da solubilidade das frações N presentes na sua composição (NEYMAN; DERR, 2002).

Para sua produção dentro de um reator e em condições controladas de pH, temperatura, proporção molar e tempo de reação, são formadas cadeias poliméricas entre o carbono do crotonaldeído, acetaldeído, isobutiraldeído ou formaldeído e a ureia. O produto final é uma mistura de ureia metileno com polímeros com diferentes pesos moleculares, grau de polimerização e solubilidade do N (JAHNS; EVEN; KALTWASSER, 2003; YAMAMOTO et al., 2016) (Figura 6).

A disponibilidade de N dos fertilizantes de liberação lenta depende da decomposição das cadeias dos polímeros em CO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub> pela atividade microbiológica. Por isso, as propriedades do solo e os fatores ambientais, como teor de argila, pH, umidade e temperatura, afetam a decomposição e a liberação de N dessa categoria de fertilizantes nitrogenados (JAHNS; EVEN; KALTWASSER, 2003; TIMILSENA et al., 2014).

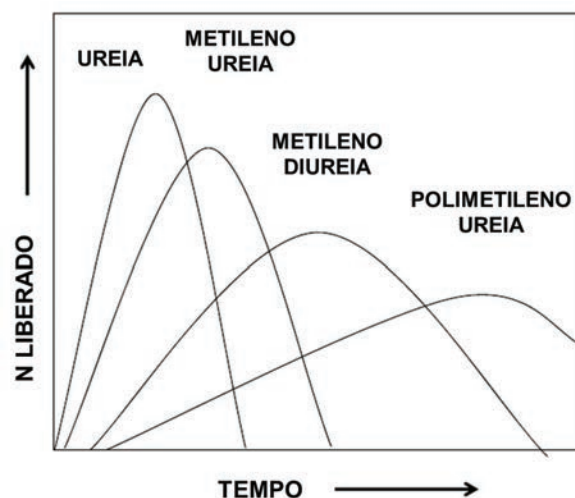
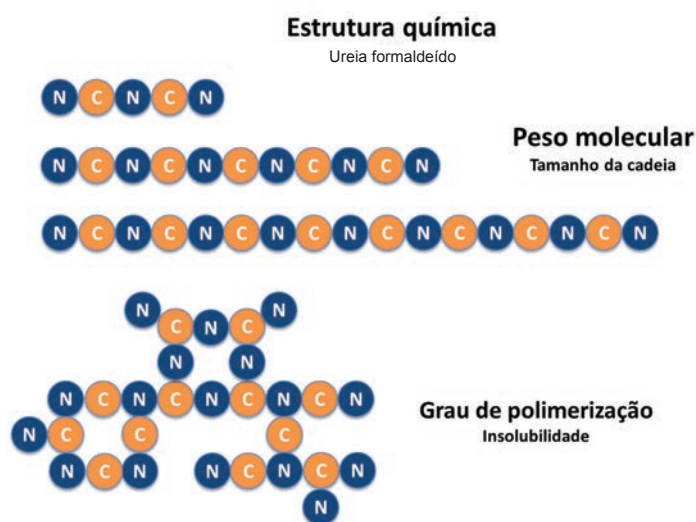


Figura 6. Diferentes polímeros com nitrogênio presentes na ureia formaldeído que liberam nitrogênio em função do peso molecular e grau de polimerização.

O principal desafio na produção dos fertilizantes de liberação lenta é a formação de polímeros com N e C que tenham a proporção desejada de ureia metileno, com tamanho de cadeia e grau de polimerização que proporcione a liberação em sincronia com a curva de absorção das mais variadas culturas e condições climáticas.

Para a avaliação do tempo de liberação do N dos diferentes polímeros presentes nos fertilizantes de liberação lenta foi proposto o emprego do índice de atividade (IA) (Tabela 7 e Figura 7).

Tabela 7. Índice de atividade para avaliação da solubilidade do nitrogênio presente na ureia formaldeído.

N solúvel em água a 25°C (I)	N insolúvel em água a 25°C	
	N solúvel em água a 100°C (II)	N insolúvel em água a 100°C (III)
Índice de atividade (IA):		
$[(N \text{ insolúvel a } 25^\circ\text{C} + N \text{ insolúvel a } 100^\circ\text{C}) / (N \text{ insolúvel a } 25^\circ\text{C})] \times 100$		
Exemplo: IA = $[(71 - 22) / 71] \times 100$		
IA = 69%		
<p><b>Fração I:</b> N solúvel em água a 25°C que contém ureia residual, metileno diureia, metileno triureia e outras frações de N mais solúveis.</p> <p><b>Fração II:</b> N solúvel em água quente (100°C) que contém ureia metileno de tamanho de cadeia intermediário, com liberação mais lenta que a fração I (3 a 4 meses).</p> <p><b>Fração III:</b> N insolúvel em água quente (100°C) que contém ureia metileno de tamanho de cadeia grande, com liberação mais lenta que a fração I e II. A liberação é extremamente lenta e pode conter N insolúvel.</p>		

Fonte: Trenkel (2010).

O tempo de liberação do N da ureia formaldeído aumenta da fração I para a fração III. As formulações mais antigas de ureia formaldeído tinham IA entre 40% e 50%. Atualmente, as formulações existentes no mercado possuem valores de IA entre 55% e 65%.

A Association of American Plant Food and Control Officials (AAPFCO) recomenda que os fertilizantes de liberação lenta tenham um IA mínimo de 40% com pelo menos 60% do N insolúvel em água a 25°C e N total no fertilizante igual a 35% (TRENKEL, 2010).

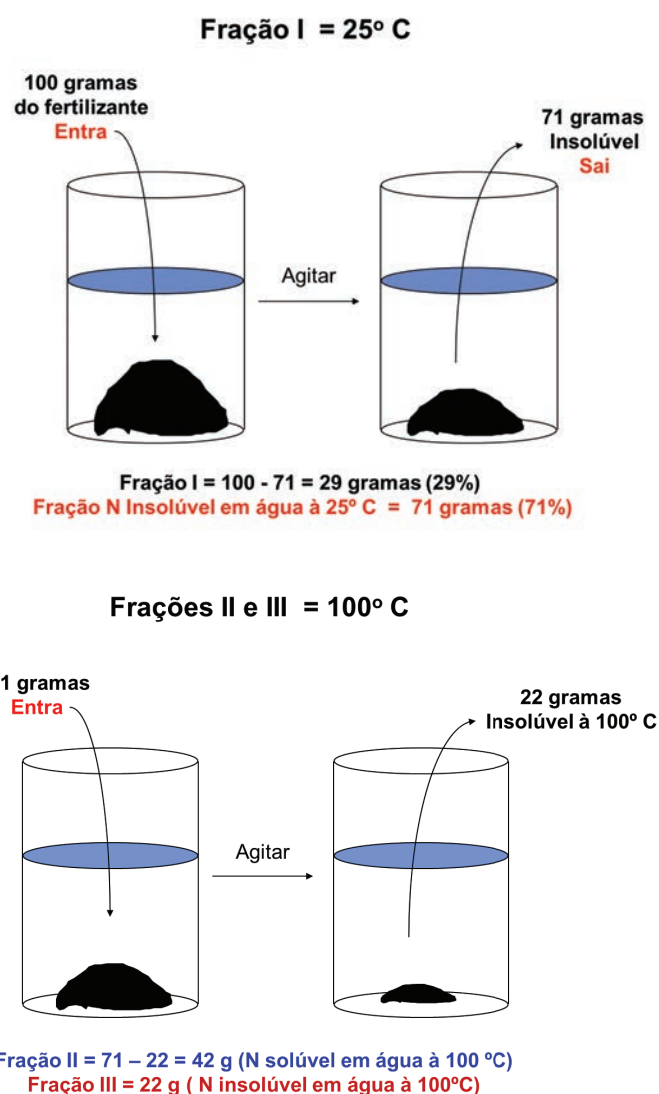


Figura 7. Análise das frações de N em fertilizantes de liberação lenta.

Fonte: Trenkel (2010).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) exige que pelo menos 60% do nitrogênio total da ureia formaldeído seja insolúvel em água (Anexo I da Instrução Normativa 46 de 22/11/2016).



No Brasil, a ureia formaldeído tem sido comercializada para aplicação via solo na cultura do café. Resultados obtidos em duas safras, totalizando seis adubações nitrogenadas aplicadas em lavoura em produção, mostram redução de 98% nas perdas de N por volatilização da ureia formaldeído em comparação à ureia convencional (Tabela 8).

Os fertilizantes convencionais, como sulfato e nitrato de amônio, promovem redução nas perdas por volatilização em comparação à ureia e outras tecnologias existentes no mercado, independentemente das condições climáticas da adubação. Entretanto, não apresentam o efeito de liberação lenta ou controlada do N para as culturas (DOMINGHETTI, 2016).

É importante elucidar que o conceito teórico de liberação de nutrientes em sincronia com a absorção pelas plantas, na prática, nem sempre influencia a nutrição e a produtividade das culturas. Por exemplo, em solos com disponibilidade adequada de N a sua absorção pelas plantas não estará sujeita somente às variações da sua taxa de liberação do fertilizante, mas também à concentração de N na solução do solo próximo às raízes (disponibilidade), que é influenciada pelas diferentes formas de N relacionadas ao seu ciclo na agricultura e a outras condições edafoclimáticas e de manejo.

Outra estratégia interessante para aumentar a eficiência da ureia convencional na cultura do cafeeiro é sua dissolução em água (50 g L<sup>-1</sup>) para aplicação via *drench* (na forma de esguicho). As perdas de N por volatilização diminuíram 85% em comparação à ureia aplicada na superfície do solo (Tabela 8). Nessa solução ainda poderiam ser adicionados micronutrientes, para aumentar a uniformidade de distribuição, e também inibidores de urease e de nitrificação.

Além da ureia formaldeído, existem no mercado mundial outros fertilizantes de liberação lenta, como a IBDU e a CDU. O IBDU é formado pela reação do isobutiraldeído com a ureia e, diferentemente da ureia formaldeído, não forma polímeros com diferentes tamanhos de cadeia e grau de polimerização, ou seja, tem sua composição química definida. A liberação de N ocorre em função do tamanho das partículas (partículas menores = mais rápida liberação do N), umidade, temperatura e pH do solo. O tempo de liberação do N fica entre 1,5 e 3 anos (NEYMAN; DERR, 2002).

A CDU, patenteada em 1959, é obtida pela reação entre o acetaldeído, ou crotonaldeído, e a ureia. A sua decomposição é mais lenta que a do IBDU, principalmente em solos ácidos. Da mesma maneira que o IBDU, a sua taxa de liberação do N varia em função do tamanho de suas partículas, atividade microbiológica e condições de umidade, temperatura e pH do solo (JAHNS; EVEN; KALTWASSER, 2003).

### 3.3. Fertilizantes nitrogenados de liberação controlada

São fertilizantes convencionais, como a ureia, que, após a granulação ou perolamento, têm os grânulos recobertos para controlar a penetração de água, a taxa de dissolução do fertilizante e a duração do tempo de liberação dos nutrientes. Dependendo do material utilizado no revestimento, também ocorrem melhorias nas suas características físicas e físico-químicas, em comparação aos fertilizantes convencionais, como: redução de empedramento, formação de pó, higroscopicidade, adequação do ângulo de repouso e fluidez, aumento na dureza e maior uniformidade dos grânulos.

Seu preço pode ser 1,5 a 10 vezes maior que o da ureia convencional. Além do N, os grânulos revestidos podem conter outros nutrientes na sua composição, principalmente fósforo e potássio.

Em função do protocolo analítico oficial para quantificação da curva de liberação do N (TRENKEL, 2010), os fertilizantes devem ser classificados como de liberação controlada quando atendem os seguintes critérios: (i) liberar menos do que 15% do N total do fertilizante no período de 24 h; (ii) liberar menos do que 75% do total de N do fertilizante em 28 dias; (iii) O tempo em dias necessário para liberar 75% do N total do fertilizante deve ser utilizado para especificações e garantias dos fabricantes (NAZ; SULAIMAN, 2016).

Em alguns países como Japão, China, EUA e na União Europeia existe uma normatização específica para esse tipo de tecnologia de fertilizantes (Trenkel, 2010). No Brasil, de forma genérica, são considerados como aditivos para fertilizantes.

Essa classe de fertilizantes pode ser dividida em três categorias: (i) fertilizantes revestidos com enxofre elementar (S<sup>0</sup>), (ii) fertilizantes revestidos com enxofre elementar e polímeros e (iii) fertilizantes revestidos somente com polímeros.

**Tabela 8.** Valores médios de volatilização (% do N aplicado em 6 adubações) de fertilizantes nitrogenados aplicados no cafeeiro.

Fertilizante	1º ano (2014/2015)			2º ano (2015/2016)			Média	Redução
	Adubação <sup>1</sup>			Adubação <sup>1</sup>				
	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª		
	----- (%) -----							
Ureia	28,6 a	22,2 b	43,2 a	31,8 b	55,3 a	22,1 b	33,9 a	-
Ureia + polímeros aniônicos	32,6 a	30,2 a	44,7 a	38,1 a	43,0 b	27,6 a	36,0 a	+ 6
Blend de PSCU e ureia convencional	29,6 a	23,5 b	39,8 a	26,5 c	38,0 b	16,8 c	29,0 b	- 15
Ureia + Cu + B	25,4 a	17,1 c	34,3 b	15,5 d	27,0 c	7,7 d	21,2 c	- 38
Ureia dissolvida em água (50 g L <sup>-1</sup> )	8,8 b	2,3 d	2,5 e	4,6 e	9,3 d	2,2 e	5,0 f	- 85
Ureia + NBPT	3,3 c	2,9 d	29,5 c	22,6 c	38,2 b	9,8 d	17,7 d	- 48
Ureia formaldeído	2,1 c	0,6 e	0,6 e	0,7 e	0,6 e	0,1 e	0,8 g	- 98
Sulfato de amônio	1,5 c	0,5 e	0,7 e	0,5 e	1,2 e	0,1 e	0,8 g	- 98
Ureia + resina termoplástica	1,4 c	3,7 d	20,5 d	5,7 e	14,7 d	23,6 b	11,6 e	- 66
Nitrato de amônio	0,7 c	0,1 e	0,1 e	0,3 e	0,2 e	0,03 e	0,2 g	- 99

<sup>1</sup> Dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicados em cada uma das 6 adubações nitrogenadas, totalizando 900 kg ha<sup>-1</sup> de N nas duas safras.

Fonte: Dominghetti (2016).

### 3.3.1. Fertilizantes revestidos com enxofre elementar (S<sup>0</sup>)

O enxofre elementar (S<sup>0</sup>) é uma das substâncias mais baratas para o revestimento da ureia. Trabalhos iniciais com um bom nível de detalhamento do processo de produção da ureia + S<sup>0</sup> foram publicados em duas patentes por pesquisadores do Tennessee Valley Authority (TVA), nos EUA (BLOUIN; RINDT, 1967; SHIRLEY JR; MELINE, 1975).

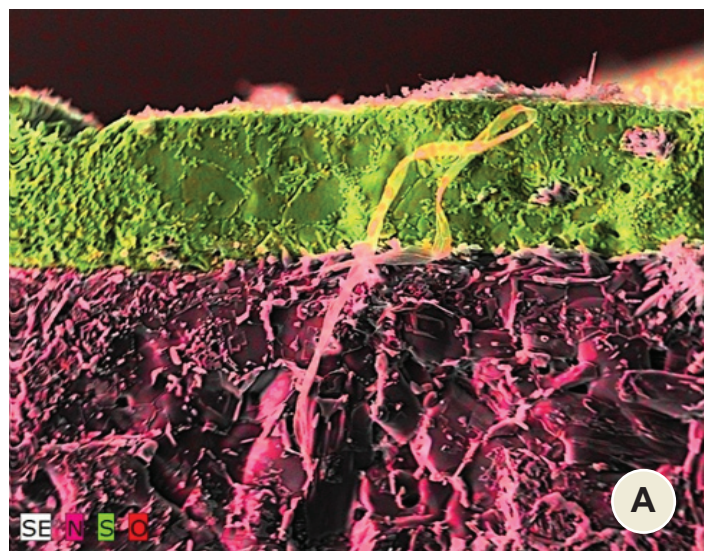
O revestimento da ureia com S<sup>0</sup> foi uma das primeiras tecnologias de produção desenvolvidas para diminuir a taxa de hidrólise da ureia no solo e as perdas de N por volatilização (Tabela 5). Outra função do revestimento com S<sup>0</sup> é reduzir a higroscopicidade da ureia. Além disso, a adição de S<sup>0</sup> faz com que a ureia leve ao solo enxofre na forma elementar. Acreditava-se que esse S<sup>0</sup> poderia gerar acidez para diminuir o pH na região de hidrólise da ureia. Entretanto, a taxa de hidrólise da ureia é mais rápida do que a de oxidação do S<sup>0</sup> do revestimento.

Para a produção da ureia revestida com S<sup>0</sup> inicialmente os seus grânulos devem ser revestidos com subprodutos de petróleo (petrolatum, óleo de motor, ceras, etc.) para atuarem como selantes. Posteriormente, a ureia deve ser pré-aquecida (71 a 82°C) para deixar a superfície dos grânulos mais propícia para receber o S fundido (159 °C). Os selantes e o S<sup>0</sup> (na cor amarela) não devem penetrar no grânulo de ureia (na cor vermelha) após o recobrimento, conforme mostram as imagens da Figura 8.

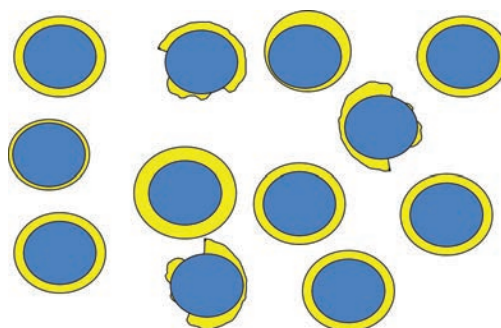
Alguns plastificantes também podem ser adicionados ao S<sup>0</sup> fundido para melhorar sua aderência e distribuição nos grânulos de ureia (LIU et al., 2008). Ceras, como parafinas e agente condicionantes, devem ser adicionadas para selar as fissuras, aumentar a dureza, diminuir a tendência à formação de pó da camada de S<sup>0</sup> e aumentar a fluidez dos grânulos.

A taxa de liberação do N da ureia + S<sup>0</sup> depende da espessura e qualidade do revestimento, da atividade dos microrganismos responsáveis pela oxidação do S<sup>0</sup>, pH, temperatura e umidade do solo. Por isso, alguns pesquisadores consideram a ureia revestida com S<sup>0</sup> como fertilizante de liberação lenta (SHIRLEY JR; MELINE, 1975; TRENKEL, 2010; AZEEM et al., 2014).

O revestimento da ureia com S<sup>0</sup> tem algumas desvantagens. Entre elas, a ocorrência de fissuras que permitem a entrada de água e a dissolução do grânulo de ureia, deixando somente o revestimento intacto no solo.



Após o processo de produção da ureia + S<sup>0</sup> são identificados três tipos de grânulos: grânulos recobertos e perfeitos, grânulos recobertos com fissuras seladas por ceras e grânulos danificados (Figura 9).



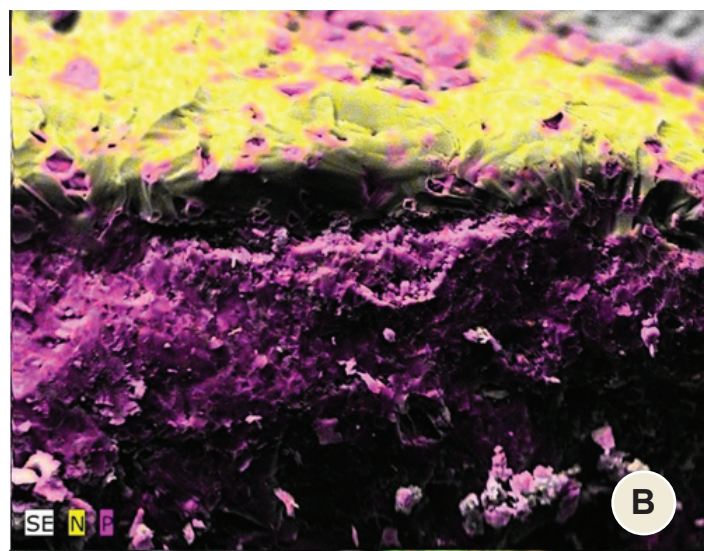
**Figura 9.** Tipos de grânulos da ureia revestida em função da desuniformidade de aplicação de enxofre elementar no processo de recobrimento.

Portanto, em uma tonelada de ureia revestida com S<sup>0</sup> pelo menos 1/3 dos grânulos são danificados e outros 1/3 ou mais ficam perfeitos. Dessa forma, os grânulos danificados e com revestimento desuniforme liberam o N imediatamente após o contato com a água (efeito *burst*) e os grânulos perfeitos liberam o N muito lentamente (efeito *lock-off*) (GOERTZ, 1995).

Esse tipo de problema originado no processo de produção da ureia revestida com S<sup>0</sup> permitiu o desenvolvimento de outras tecnologias que diminuem o problema da desuniformidade do revestimento, como a modificação, por meio da adição de aditivos, das características químicas e físicas do S<sup>0</sup>, a adição de camada adicional de polímeros ou pela retirada desse material do revestimento do fertilizante.

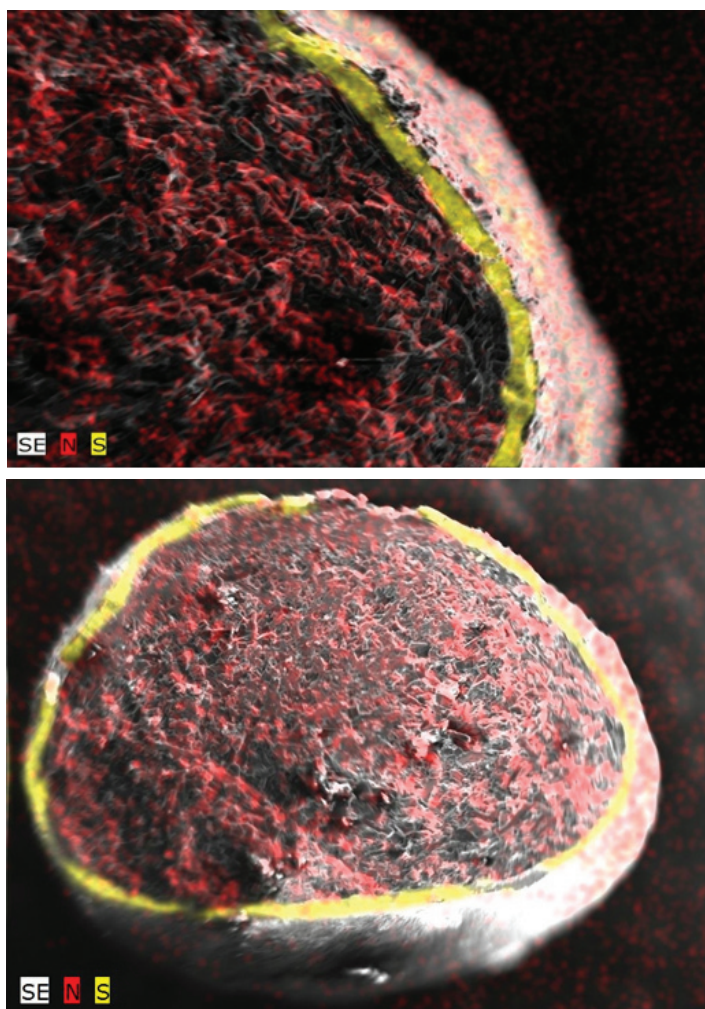
### 3.3.2. Fertilizantes revestidos com enxofre elementar e polímeros

A irregularidade no revestimento de S<sup>0</sup> adicionado à ureia promove liberação desigual do N. Para melhorar o controle da liberação de nutrientes foi proposta a adição de mais uma camada de polímeros à ureia revestida com S<sup>0</sup>, o que originou a ureia



**Figura 8.** Eletromicrografia por microscopia eletrônica de varredura (MEV) de grânulos de ureia (A) e de MAP (B) revestidos com 16% de enxofre elementar.

revestida com S<sup>0</sup> e polímeros, denominada também de fertilizante híbrido (DETRICK, 1997). De maneira geral, o produto final contém 37% a 42% de N, 8% a 15% de S<sup>0</sup> e 2% de um polímero selante (Figura 10).



**Figura 10.** Eletromicrografia por microscopia eletrônica de varredura (MEV) do grânulo de ureia revestido somente com enxofre elementar e polímeros.

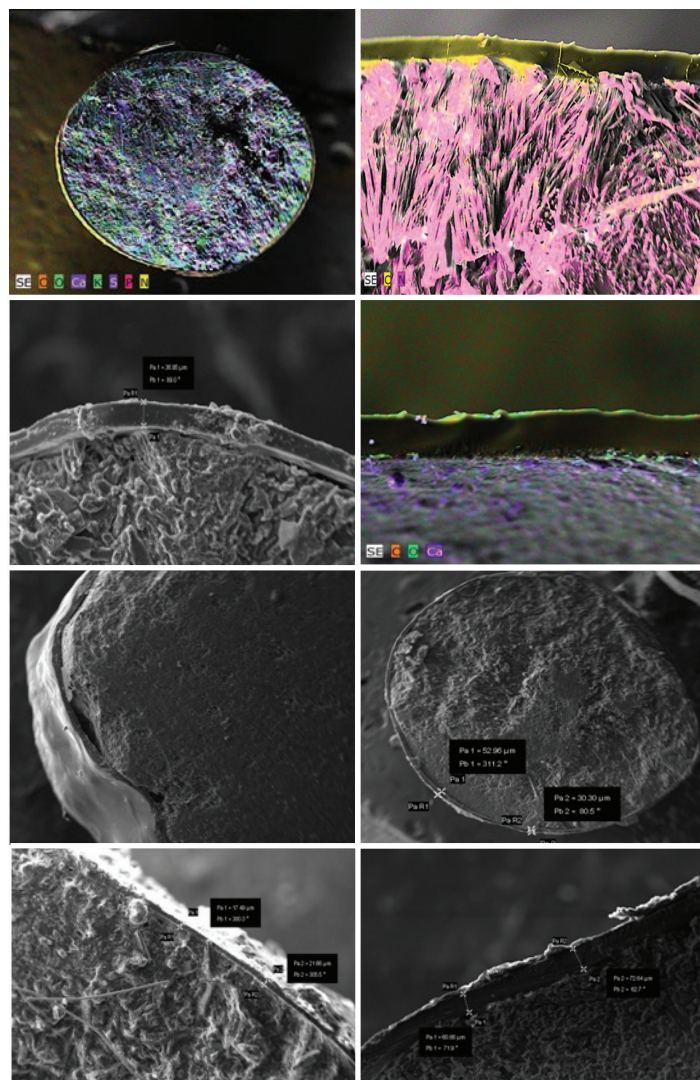
Fonte: Cancellier et al. (2016).

Devido à fragilidade inerente da camada de S<sup>0</sup> e à desuniformidade do revestimento, é necessária a adição de mais outra camada ao revestimento com polímeros nos grânulos de ureia. Os selantes mais utilizados são hidrocarbonetos, ceras, polietileno e polímeros vegetais. Essa camada também tem a função de aumentar a resistência à abrasão e ao impacto, pois durante o manuseio, transporte e mistura com outros fertilizantes pode ocorrer deterioração dos grânulos (DETRICK, 1997; LIU et al., 2008).

Os fertilizantes com revestimento híbrido representam uma evolução, em comparação à ureia revestida somente com S<sup>0</sup>. Entretanto, continuam apresentando algum efeito *burst* ou *lock-off* (GOERTZ, 1995; TRENKEL, 2010).

### 3.3.3. Fertilizantes revestidos com polímeros

Os fertilizantes revestidos somente com polímeros são a tecnologia mais avançada dentre os fertilizantes de eficiência aumentada (TRENKEL, 2010; TIMILSENA et al., 2014; NAUZ; SULAIMAN, 2016). Os fertilizantes podem ser revestidos com uma ou mais camadas de polímeros (Figura 11).



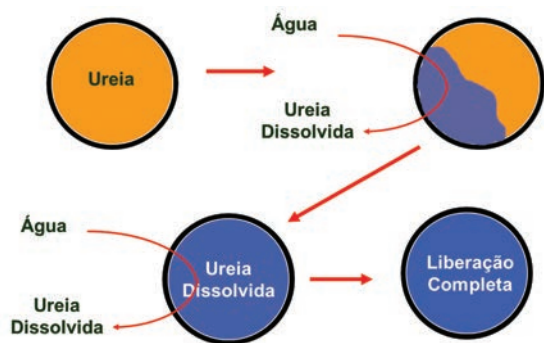
**Figura 11.** Eletromicrografia por microscopia eletrônica de varredura (MEV) de grânulos de ureia com diferentes revestimentos com polímeros.

Diversos compostos naturais ou sintéticos têm sido avaliados como revestimento em fertilizantes: polímeros naturais de amido, alginas, glúten de trigo, borracha e látex, em suas formas naturais ou modificadas. Vários compostos sintéticos também foram preparados para revestimento de fertilizantes, como poliolefinas, poliuretano, poliacrílico, poliacrilamida, polisulfonato, policloreto de vinila, poliestireno, poliacetato e polidopamina.

Embora esses polímeros sintéticos apresentem maior resistência e controle da liberação dos nutrientes, seu acúmulo no solo pode levar a uma nova forma de poluição. Assim, devem ser utilizados materiais com baixa toxicidade e adequada degradabilidade no solo (TIMILSENA et al., 2014; NAUZ; SULAIMAN, 2016).

O processo de produção dos fertilizantes recobertos com polímeros depende da natureza do seu recobrimento e das características desejáveis do produto final. O processo mais simples consiste na dissolução dos polímeros em um solvente orgânico (tolueno e xileno, por exemplo) para aplicação nos grânulos em um tambor rotativo ou *spray drier* (AZEEM et al., 2014; NAUZ; SULAIMAN, 2016).

A liberação dos nutrientes ocorre por difusão através do revestimento do grânulo. A água, principalmente na forma de vapor, entra no grânulo através do revestimento (Figura 12). O vapor é condensado dentro do grânulo e dissolve parte do mesmo, promo-



**Figura 12.** Diagrama esquemático da liberação da ureia revestida por polímeros.

Fonte: Adaptada de Timilsena et al. (2014).

vendo aumento na pressão dentro do revestimento. Nesse estágio, dois processos são possíveis: (i) se a pressão interna é maior do que a resistência do revestimento, o revestimento se rompe e libera o nutriente imediatamente para a solução do solo; (ii) se a membrana resistir à pressão interna, o nutriente é liberado por difusão em função do gradiente de concentração, temperatura e umidade. Portanto, o coeficiente de permeabilidade à vapor d'água dos compostos utilizados no revestimento é um parâmetro importante para escolha do tipo de revestimento a ser utilizado no processo de produção (NAUZ; SULAIMAN, 2016).

Conceitualmente, a curva de liberação do N do fertilizante deve ser a mais parecida possível com a curva de absorção de N da cultura a ser adubada.

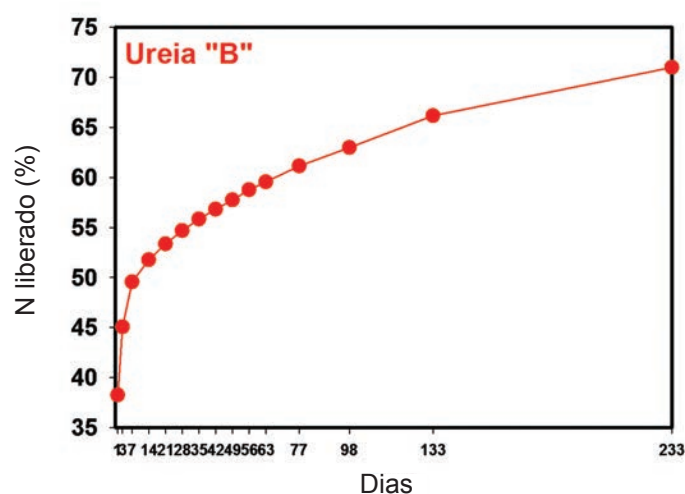
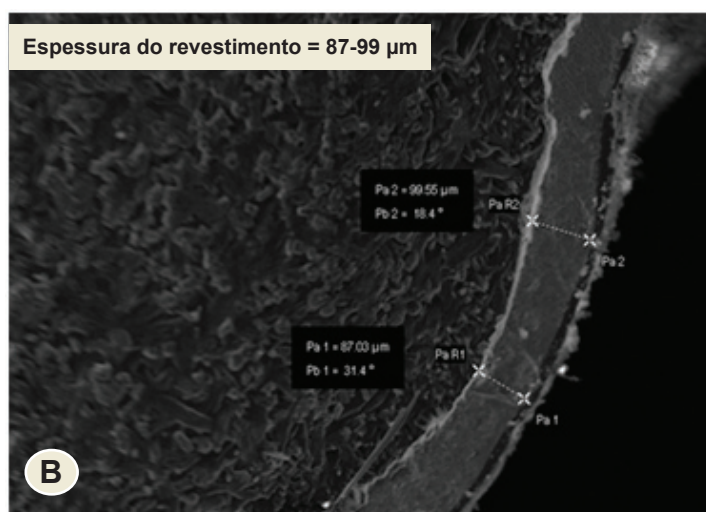
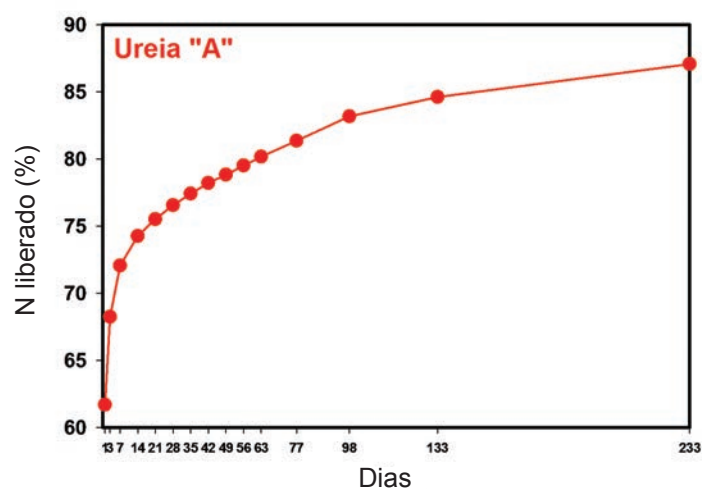
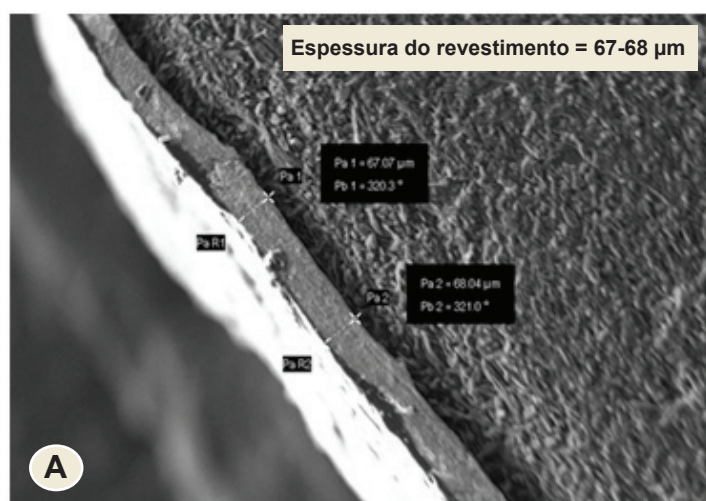
A determinação da curva de liberação dos nutrientes dos fertilizantes revestidos com polímeros é muito importante, pois ocorre variação na taxa de liberação do N em função da composição e espessura do revestimento e da temperatura, umidade do solo e da quantidade de chuvas após a aplicação ao solo (Figura 13).

A ureia "A", com espessura de revestimento com S<sup>0</sup> + polímeros entre 67 e 68 µm, liberou 80% do N após 63 dias, em temperatura de 40 °C. Já a ureia "B", com revestimento mais espesso, entre 87 a 99 µm, liberou 60% do N após 63 dias a 40 °C. Após 233 dias do teste de liberação de N, a ureia "A" liberou 87% do N e a ureia "B" 71%, o que mostra a influência do tipo e da espessura do revestimento na liberação do N dos fertilizantes revestidos.

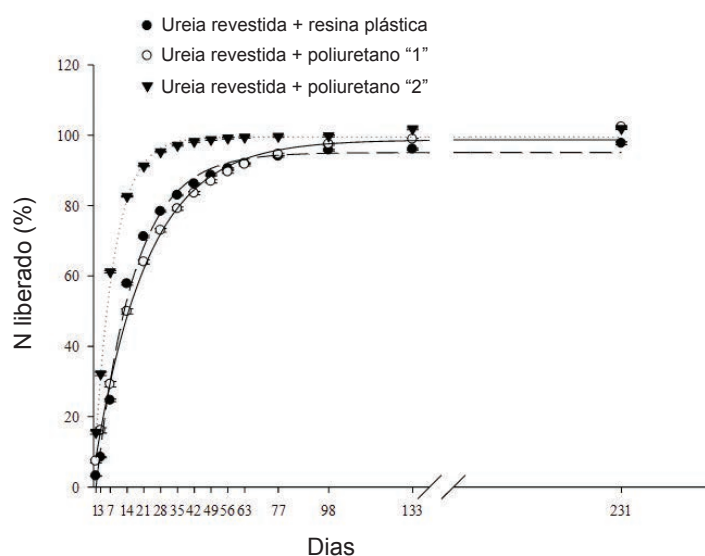
Fatores como pH e força iônica da solução do solo não interferem no tempo de liberação dos nutrientes. Entretanto, o tipo de revestimento utilizado, resina plástica ou poliuretano, mudaram o comportamento da curva de liberação de N (ANDRADE, 2016) (Figura 14).

### 3.3.4. Mistura física das diferentes tecnologias para fertilizantes nitrogenados "blends"

Uma alternativa para redução de custos dos fertilizantes de eficiência aumentada e ajuste da curva de liberação de N para cada



**Figura 13.** Eletromicrografia por microscopia eletrônica de varredura (MEV) de grânulos de ureia "A" com espessura de revestimento entre 67 e 68 µm (A) e ureia "B" com espessura entre 97 e 99 µm (B) e suas respectivas curvas de liberação de nitrogênio.



**Figura 14.** Curva de liberação de nitrogênio de dois tipos de ureia revestida, com resina plástica e com poliuretano.  
**Fonte:** Andrade (2016).

tipo de cultivo é a utilização das tecnologias de forma integrada na forma de *blends*. Por exemplo, a mistura física de grânulos de ureia tratada com NBPT e de ureia revestida com  $S^0$  + polímeros é um tipo de *blend*. A fração de ureia tratada com NBPT é solúvel, menos suscetível às perdas e atende à demanda imediata de N pela cultura. A outra fração, de ureia +  $S^0$  + polímeros, libera o N gradualmente em médio e longo prazo.

Formulações de *blends* de ureia + NBPT e de ureia +  $S^0$  + polímeros reduziram as perdas de N por volatilização em compa-

ração à ureia convencional após a aplicação em lavoura cafeeira (Tabela 9). Dos 900 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicados na forma de ureia convencional, em dois anos agrícolas, 166 kg ha<sup>-1</sup> foram perdidos por volatilização. O nitrato de amônio promoveu as menores perdas de N em todas as adubações nitrogenadas, independentemente das condições climáticas (CHAGAS et al., 2016).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada são uma realidade no mundo. Existem diferentes tipos de tecnologias de produção que influenciam no seu custo. Em função da tecnologia de produção, os preços dos fertilizantes aumentam na seguinte ordem: convencionais < estabilizados < *blends* ≤ liberação lenta < liberação controlada.

Mais de 60 fatores determinam a produtividade das culturas. As tecnologias dos fertilizantes, as condições climáticas e de solo, a aplicação do fertilizante, o manejo da correção do solo e da adubação, o sistema de cultivo, a rotação de culturas e as exigências das culturas são alguns dos principais fatores que devem ser levados em consideração na escolha da dose de N adequada.

Os fertilizantes nitrogenados estabilizados, de liberação lenta ou controlada estão dentro do escopo das práticas de manejo 4C para uso adequado de nutrientes (fonte certa, dose certa, época certa e local certo). As tecnologias para fertilizantes podem reduzir as perdas de N em sistemas agrícolas e levar a melhorias na produtividade e qualidade das colheitas. Esse aumento na eficiência da adubação deve sempre estar atrelado a maior rentabilidade econômica e menor impacto ambiental.

**Tabela 9.** Perdas de nitrogênio por volatilização de *blends* de fertilizantes nitrogenados aplicados no cafeeiro nas safras 2014/2015 e 2015/2016.

Tratamentos <sup>1</sup>	Perdas de N por volatilização 2014/2015			
	Parcelamento da adubação			Perda acumulada
	1 <sup>o</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	
----- (kg ha <sup>-1</sup> ) -----				
Ureia (3 parcelamentos)	23,2 b	32,8 a	27,4 a	83,4 a
Nitrato de amônio (3 parcelamentos)	0,9 c	0,6 e	0,7 b	2,2 f
<i>Blend</i> "a" - 100% (2 parcelamentos)	38,8 a	21,4 b	-	60,2 b
<i>Blend</i> "a" - 70% (2 parcelamentos)	23,1 b	11,6 c	-	34,7 d
<i>Blend</i> "b" - 100% (1 parcelamento)	41,9 a	5,5 d	-	47,4 c
<i>Blend</i> "b" - 70% (1 parcelamento)	20,0 b	4,3 d	-	24,3 e

Tratamentos	Perdas de N por volatilização 2015/2016				
	Parcelamento da adubação			Perda acumulada	Total <sup>2</sup>
	1 <sup>o</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>		
----- (kg ha <sup>-1</sup> de N) -----					
Ureia (3 parcelamentos)	41,2 a	22,0 a	19,5 a	82,1 a	166
Nitrato de amônio (3 parcelamentos)	1,2 e	0,2 d	0,3 b	1,8 e	4
<i>Blend</i> "a" - 100% (2 parcelamentos)	42,8 a	11,4 b	-	53,7 b	114
<i>Blend</i> "a" - 70% (2 parcelamentos)	22,7 c	5,6 c	-	28,4 c	63
<i>Blend</i> "b" - 100% (1 parcelamento)	26,5 b	5,4 c	-	31,8 c	79
<i>Blend</i> "b" - 70% (1 parcelamento)	16,5 d	2,9 d	-	19,3 d	44

<sup>1</sup> 100% da dose = 450 kg ha<sup>-1</sup> de N por ano; 70% da dose = 315 kg ha<sup>-1</sup> de N por ano.

<sup>2</sup> Somatório das perdas por volatilização dos dois anos agrícolas (2014/2015 e 2015/2016).

**Fonte:** Chagas et al. (2016).

## REFERÊNCIAS

- ABALOS, D.; JEFFERY, S.; SANZ-COBENA, A.; GUARDIA, G.; VALLEJO, A. Meta-analysis of the effect of urease and nitrification on crop productivity and nitrogen use efficiency. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, n. 189, p. 136-144, 2014.
- ANDRADE, A. B. **Release characteristics of blends from slow, controlled and conventional nitrogen fertilizers and uptake by corn**. 2016. 91 f. Tese (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.
- APOSTOLOPOULOU, E. **The global market for slow-release, controlled-release and stabilized fertilizers**. Beijing: International Fertilizer Association – IFA, 2016. 19 p.
- AZEEM, B.; KUSHAARI, K.; MAN, Z. B.; BASIT, A.; THANH, T. H. Review on materials and methods to produce controlled release coated urea fertilizer. *Journal of Controlled Release*, v. 181, p. 11-21, 2014.
- BLOUIN, M. G.; RINDT, W. D. **Method of making sulfur-coated fertilizer pellet having a controlled dissolution rate**. United States Patent Office, 1967. (US Patent n° 3295950).
- BREMNER, J. M.; DOUGLAS, L. A. Inhibition of urease activity in soils. *Soil Biology Biochemistry*, v. 3, p. 297-307, 1971.
- CANCELLIER, E. L.; SILVA, D. R. G.; FAQUIN, V.; ALMEIDA, B. A.; CANCELLIER, L. L.; SPEHAR, C. R. Ammonia volatilization from enhanced-efficiency urea on no-till corn in Brazilian cerrado with improved soil fertility. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 40, p. 15-23, 2016.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.
- CHAGAS, W. F. T.; GUELF, D. R.; CAPUTO, A. L. C.; SOUZA, T. L.; ANDRADE, A. B.; FAQUIN, V. Ammonia volatilization from blends with stabilized and controlled-released urea in the coffee system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 40, n. 5, p. 497-509, 2016.
- CHIEN, S. H.; EDMAN, D.; McBRIDE, R.; SAHRAWAT, K. L. Review of maleic-itaconic copolymer purported as urease inhibitor and phosphorus enhancer in soils. *Agronomy Journal*, v. 106, n. 2, p. 423-430, 2014.
- DEFRA. Department for Environment Food and Rural Affairs. 2006. Component reports of Defra project NT2605 (CSA 6579). Work package 1a Crop responses to different N fertiliser materials (2006); Work package 1b Ammonia emissions and crop N use efficiency (2005); Work package 3 Optimum use of nBTPT (Agrotain) urease inhibitor (2005). Disponível em: <<http://randd.defra.gov.uk>>. Acesso em 22 maio 2008.
- DETRICK, J. H. **Process for producing improved sulfur-coated urea slow release fertilizers**. United States Patent Office, 1997. (US Patent n° 5599374).
- DOMINGHETTI, A. W. **Fertilizantes nitrogenados de eficiência aumentada e convencionais na cultura do café**. 2016. 144 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.
- DOMINGUEZ, M. J.; SANMARTIN, C.; FONT, M.; PALOP, J.; SAN FRANCISCO, S.; URRUTIA, O.; HOUDUSSE, F.; GARCÍA-MINA, J. M. Design, synthesis and biological evaluation of phosphoramidate derivatives as urease inhibitors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, n. 56, p. 3721-3731, 2008.
- ENGEL, R.; JONES, C.; WALLANDER, R. Ammonia volatilization from urea and mitigation by NBPT following surface application to cold soils. *Nutrient Management and Soil and Plant Analysis*, v. 75, p. 2348-2357, 2011.
- ERISMAN, J. W.; SUTTON, M. A.; GALLOWAY, J.; KLIMONT, Z.; WINIWARTER, W. How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nature Geoscience*, n. 1, p. 636-639, 2008.
- GEISSLER, P. R.; SOR, K.; ROSENBLATT, T. **Urease inhibitors**. United States Patent Office, 1970. (US patent n° 3523018).
- HAGENKAMP-KORTH, F.; HAUESSERMANN, A.; HARTUNG, E.; REINHARDT, A. Reduction of ammonia emissions from dairy manure using novel urease inhibitor formulations under laboratory conditions. *Biosystems Engineering*, n. 130, p. 43-51, 2015.
- HERINGER, D. D. **Produto fertilizante a base de ureia e processo para fabricação do produto**. PI 0700921-6 A. 2008. 10 p.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **N<sub>2</sub>O emissions from managed soils, and CO<sub>2</sub> emissions from lime and urea application**. In: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IGES: Japan, v. 4, cap. 11, 2006.
- JAHS, T.; EVEN, H.; KALTWASSER, H. Biodegradability of urea-aldehyde condensation products. *Journal of Polymers and the Environment*, v. 11, n. 4, p. 155-159, 2003.
- LIU, Y. H.; WANG, T. J.; QIN, L.; JIN, Y. Urea particle coating for controlled release by using DCPD modified sulfur. *Powder Technology*, n. 183, p. 88-93, 2008.
- NAZ, M. Y.; SULAIMAN, S. A. Slow release coating remedy for nitrogen loss from conventional urea: a review. *Journal of Controlled Release*, n. 225, p. 109-120, 2016.
- NEYMAN, G. B.; DERR, E. A. **Homogeneous granules of slow-release fertilizer and method of making the same**. United States Patent Office, 2002. (US Patent n° 6464746).
- OMILINSKY, B. A.; LINDSAY, A. D.; SUTTON, A. R.; THORNSBERRY, W. L. **Formulation for fertilizer additive concentrate**. United States Patent Office, 1997. (US patent n° 5698003).
- PRAKASA RAO, E. V. S.; PUTTANNA, K. Nitrification and ammonia volatilisation losses from urea and dicyandiamide-treated urea in a sandy loam soil. *Plant Soil*, v. 97, p. 201-206, 1987.
- RICHS, D. A.; MATTNER, S. W.; DAVIES, R.; PORTE, I. J. Mitigation of nitrous oxide emissions with nitrification inhibitors in temperate vegetable cropping in southern Australia. *Soil Research*, n. 54, p. 533-543, 2016.
- RUSER, R.; SCHULZ, R. The effect of nitrification inhibitors on the nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) release from agricultural soils - a review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v. 178, p. 171-188, 2015.
- SHAVIV, A. Advances in controlled release of fertilizers. *Advances in Agronomy*, v. 71, p. 1-49, 2000.
- SHIRLEY Jr, A. R.; MELINE, R. S. **Production of slow release nitrogen fertilizers by improved method of coating urea with sulfur**. United States Patent Office, 1975. (US Patent n° 3903333).
- SILVA, A. L. **Eficiência agrônoma da ureia estabilizada com inibidores de urease e nitrificação na cultura do milho**. 2016. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.
- SILVA, A. G. B.; SEQUEIRA, C. H.; SERMARINI, R. A.; OTTO, R. Urease inhibitor NBPT on ammonia volatilization and crop productivity: A meta-analysis. *Agronomy Journal*, n. 109, p. 1-13, 2017.
- SNYDER, C. S.; BRUULSEMA, T. W.; JENSEN, T. L. **Greenhouse gas emissions from cropping systems and the influence of fertilizer management**: A literature review. Norcross, GA: International Plant Nutrition Institute, 2007.
- SOARES, M. R.; ALLEONI, L. R. F.; CASAGRANDE, J. C. Parâmetros termodinâmicos da reação de adsorção de boro em solos tropicais altamente intemperizados. *Química Nova*, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 1014-1022, 2005.
- SOR, K.; LINDEN, N. J. **Fertilizer composition consisting of urea, a urease inhibitor, and a hydrocarbon binder**. United States Patent Office, 1968. (US Patent n° 3388989).
- SOUZA, T. L. **Eficiência agrônoma de fertilizantes nitrogenados, emissão de CO<sub>2</sub> e volatilização de NH<sub>3</sub> na cultura do milho**. 2015. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- TIMILSENA, Y. P.; ADHIKARI, R.; CASEY, P.; MUSTER, T.; GILL, H.; ADHIKARI, B. Enhanced efficiency fertilizers: a review of formulation and nutrient release patterns. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 95, p. 1131-1142, 2014.
- TRENKEL, M. E. **Slow and controlled-release and stabilized fertilizers**: An option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2010. 167 p.
- TUCKER, G. L.; BLANTON E. L. **Zinc oxide coated urea**. United States Patent Office, 1976. (US Patent n° 3941578).
- VAN DER PUY, M.; GATRONE, R. C.; ROBINSON, M. A.; HENDRICKSON, L. L. **Urease inhibited urea based fertilizer compositions containing organo boron acid compounds**. 1984. US Patent n° 4462819. Disponível em: <<http://www.freepatentsonline.com/4462819.pdf>>. Acesso em 15 jan. 2017.
- VIADYA, C. K.; VYAS, B. A. S.; IYER, R.; MISTRY, K. B.; GODREJ, N. B. **Neem based composition for coating nitrogenous fertilizer**. United States Patent Office, 2010. (US patent n° 7772695).
- WATSON, C. J.; AKHONZADA, N. A.; HAMILTON, J. T. G.; MATTHEWS, D. I. Rate and mode of application of the urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphoric triamide on ammonia volatilization from surface-applied urea. *Soil Use and Management*, v. 24, p. 246-253, 2008.
- WHITEHURST, G. B.; WHITEHURST, B. M. **Volatility-inhibited urea fertilizers**. United States Patent Office, 2004. (US Patent n° 6830803).
- YAMAMOTO, C. F.; PEREIRA, E. I.; MATTOSO, L. H. C.; MATSUNAKA, T.; RIBEIRO, C. Slow release fertilizer based on urea/urea-formaldehyde polymer nanocomposites. *Chemical Engineering Journal*, v. 287, p. 390-397, 2016.

# RESPOSTA DA CULTURA DA BATATA À ADUBAÇÃO FOSFATADA NO BRASIL

Rogério Peres Soratto<sup>1</sup>

Adalton Mazetti Fernandes<sup>2</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma das principais fontes de alimento no mundo, ocupando atualmente o terceiro lugar entre os alimentos mais consumidos, atrás somente dos cereais arroz e trigo. A eficiência produtiva da cultura da batata assegura elevado aproveitamento de áreas destinadas à produção de alimentos, o que tem aumentado expressivamente o seu cultivo, particularmente em regiões tropicais e em países em desenvolvimento e muito populosos, a exemplo da China, Índia e Bangladesh (FAOSTAT, 2016). No Brasil, a área cultivada com batata é de aproximadamente 130.000 ha e nas últimas décadas a produtividade média aumentou consideravelmente, entre outros fatores, graças ao uso de cultivares altamente produtivas. Contudo, a adubação dessa cultura no Brasil evoluiu pouco nos últimos anos.

A cultura da batata apresenta alta taxa de crescimento, elevada produção por unidade de área e ciclo relativamente curto, características que fazem com que ela seja exigente quanto à presença de nutrientes na forma prontamente disponível na solução do solo. Além disso, devido ao sistema radicular relativamente delicado e superficial e às elevadas produtividades obtidas num curto período de tempo, a cultura da batata pode ser altamente responsiva à adição de nutrientes no solo. Dentre os cultivos comerciais extensivos no Brasil, a cultura da batata é a que apresenta o maior consumo relativo de fertilizantes (quantidade aplicada por hectare).

Pelo fato de uma grande proporção do fósforo (P) estar ligada aos constituintes do solo, formando complexos com biodisponibilidade limitada, a deficiência de P é uma das restrições nutricionais mais difundidas e que mais limitam a produtividade das culturas nos trópicos (SÁNCHEZ; SALINAS, 1981; VALLADARES; PEREIRA; ANJOS, 2003). O P não é o nutriente mais absorvido pela cultura da batata, mas é ele que tem proporcionado os maiores incrementos na produtividade de tubérculos, especialmente naqueles solos cuja disponibilidade de P é baixa. Pelo fato da planta de batata apresentar relativamente baixa capacidade de aquisição de P, elevado custo de produção e alto valor agregado, normalmente altas doses de fertilizante fosfatado são aplicadas no momento do plantio, visando aumentar a disponibilidade de P no solo e, conseqüentemente, melhorar os níveis de produtividade.

Muitos bataticultores têm utilizado fórmulas N-P-K em doses que fornecem quantidades até superiores a 600 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, mesmo em solos com elevada disponibilidade de P (SANGOI; KRUSE, 1994; FERNANDES; SORATTO, 2016b). Essas quantidades são muito superiores às recomendadas para a cultura (LORENZI et al., 1997; RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999) e àquelas utilizadas em culturas como soja, milho e feijão, por exemplo, as quais normalmente são cultivadas em rotação com a batata.

No entanto, pelo fato do P se tratar de um recurso finito e de alto custo, torna-se de fundamental importância melhorar a eficiência de uso do P aplicado e utilizar doses adequadas de fertilizante fosfatado para sustentar os sistemas de produção de batata. Com isso, será possível aumentar a produtividade e a qualidade dos tubérculos produzidos, além de reduzir os custos de produção da cultura e a contaminação ambiental.

## 2. IMPORTÂNCIA DO FÓSFORO PARA A BATATEIRA

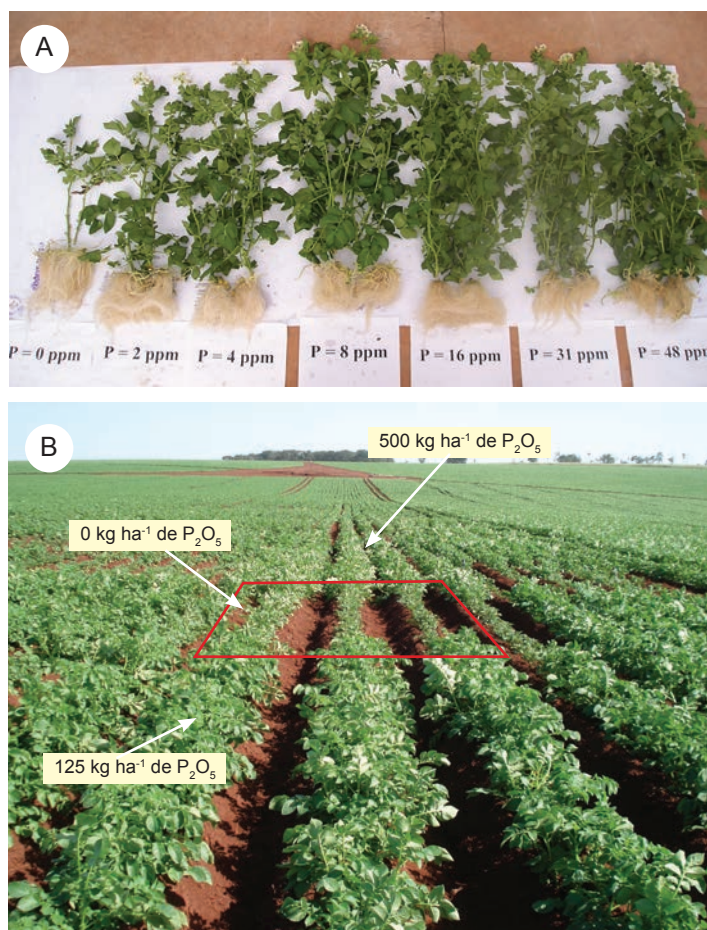
O P é um nutriente essencial para a cultura da batata, pois participa de diversos processos metabólicos na planta: tem papel na transferência de energia celular, respiração e fotossíntese, e atua também como componente estrutural de fosfolípidios, ácidos nucleicos, coenzimas e fosfoproteínas (ROSEN et al., 2014).

Um dos benefícios do fornecimento adequado de P é o rápido crescimento da parte aérea e fechamento do dossel da lavoura de batata, devido ao maior desenvolvimento dos caules e folhas (Figura 1). Por ser um nutriente importante para a divisão celular, o P também tem efeito no crescimento e desenvolvimento radicular dessa espécie tuberosa (MESQUITA et al., 2011; FERNANDES; SORATTO, 2012a), o que explica porque plantas de batata deficientes em P apresentam reduzido crescimento radicular (FERNANDES; SORATTO, 2012b; FERNANDES; SORATTO; CONSALES, 2014). Dessa forma, quando cultivadas em condição de baixa disponibilidade de P, as plantas de batata apresentam crescimento limitado desde os estádios iniciais, havendo menor desenvolvimento das raízes e estolões, menor crescimento da parte aérea e expansão da área foliar, menor número e tamanho dos tubérculos e, conseqüentemente, reduzida produtividade (Figura 1 e Figura 2). Os folíolos das plantas de batata deficientes em P não se expandem, enrugam-se, ficam verde-escuros, sem brilho e curvam-se para cima;

**Abreviações:** Ca = cálcio; DAP = dias após o plantio; K = potássio; N = nitrogênio; P = fósforo; Zn = zinco.

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Adjunto da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA)/Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu, Botucatu, SP. Bolsista do CNPq; e-mail: [soratto@fca.unesp.br](mailto:soratto@fca.unesp.br)

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador Científico do Centro de Raízes e Amidos Tropicais (CERAT)/UNESP, Campus de Botucatu, Botucatu, SP; e-mail: [adalton@cerat.unesp.br](mailto:adalton@cerat.unesp.br)



**Figura 1.** Crescimento de plantas de batata sob diferentes doses de fósforo em solução nutritiva em casa de vegetação (A) e em condição de solo com baixo teor de fósforo disponível ( $P_{resina} = 14 \text{ mg dm}^{-3}$ ) (B).

**Crédito das fotos:** Adalton M. Fernandes e Rogério P. Soratto.

as folhas inferiores podem apresentar cor púrpura na parte abaxial e as raízes e os estolões tornam-se reduzidos em número e em comprimento (MESQUITA et al., 2011; FERNANDES; SORATTO, 2012a). Além disso, como o P é importante para os processos de divisão celular, metabolismo de carboidratos e síntese e alocação do amido para os tubérculos (HOUGHLAND, 1960), sob sua deficiência a produção de tubérculos é muito reduzida (SORATTO et al., 2015; FERNANDES; SORATTO, 2016a, 2016b), e os tubérculos podem ter lesões internas. Em solos com baixa disponibilidade de P, a adubação fosfatada aumenta o número de tubérculos por planta e a massa média de tubérculos produzidos (Figura 3). Vale destacar que dificilmente se constata sintomas de excesso de P em plantas de batata, mesmo com doses elevadas do nutriente no sulco de plantio.

Diante de todos esses efeitos negativos que a deficiência de P causa às plantas de batata, fica claro que para se atingir elevadas produtividades e obter boa qualidade dos tubérculos produzidos é fundamental que o P esteja disponível no solo em quantidades adequadas durante todo o ciclo da cultura.

### 3. ABSORÇÃO E EXPORTAÇÃO DE FÓSFORO PELA CULTURA DA BATATA

A absorção de P do solo pelas plantas depende das interações entre as características morfológicas e fisiológicas das raízes, a rizosfera ao redor do sistema radicular e as características do solo que determinam o movimento do P para a interface solo-raiz (GERLOFF; GABELMAN, 1983; FERNANDES; SORATTO; GONSALES, 2014). No solo, o P se movimenta por difusão, e quando



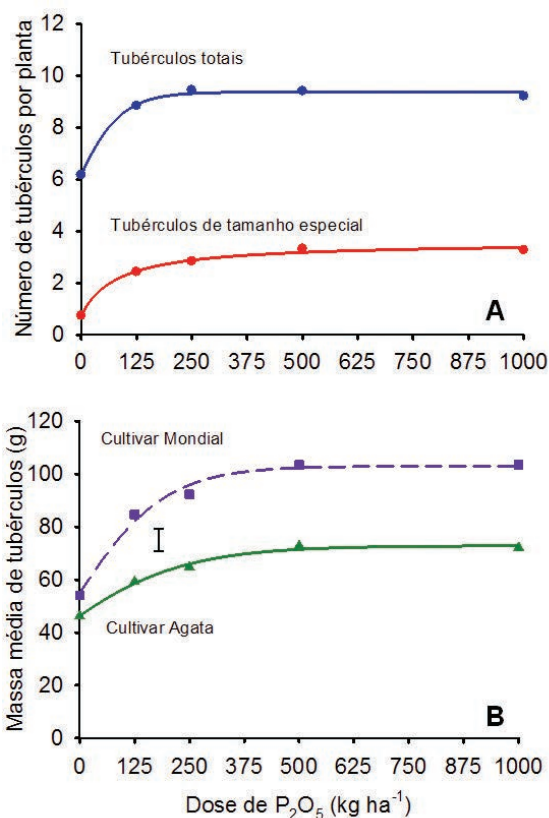
**Figura 2.** Número, tamanho e classificação dos tubérculos de batata da cultivar Agata sem adubação com fósforo (A) e com a aplicação de  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  (B) no sulco de plantio, em solo com baixo teor de P disponível ( $P_{resina} = 14 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e da cultivar Mondial sem adubação com fósforo (C) e com a aplicação de  $500 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$  (D) no sulco de plantio, em solo com alto teor de P disponível ( $P_{resina} = 70 \text{ mg dm}^{-3}$ ).

**Crédito das fotos:** Adalton M. Fernandes e Rogério P. Soratto.

a concentração de P é baixa na solução do solo e a difusão é lenta, cria-se uma pequena zona de esgotamento de P em volta das raízes (HINSINGER et al., 2011; WHITE et al., 2013), o que dificulta a absorção de P pelas plantas. Assim, tem-se observado que plantas com sistema radicular mais desenvolvido, ou seja, com raízes mais finas e compridas, normalmente são mais eficientes na absorção de P, porque conseguem explorar um volume maior de solo.

A batateira tem sido considerada como uma planta pouco eficiente na absorção de P, especialmente em solos com baixos teores de P disponível (DECHASSA et al., 2003), em parte devido ao seu





**Figura 3.** Número total de tubérculos e número de tubérculos da classe especial (> 45 mm de diâmetro) por planta (A) e massa média de tubérculos de cultivares de batata (B) afetadas por doses de P no sulco de plantio. Círculo = média de dois anos e duas cultivares. Triângulo = cultivar Agata e quadrado = cultivar Mondial, média de dois anos. Barra vertical indica a diferença mínima significativa pelo teste t ( $P \leq 0,05$ ).

Fonte: Adaptada de Fernandes e Soratto (2016a).

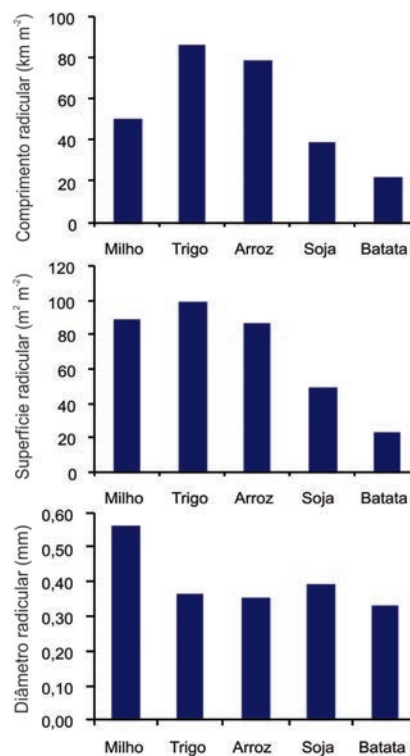
sistema radicular delicado e superficial (Figura 4). O sistema radicular da batata fica bastante concentrado, principalmente na região das linhas de plantio, expandindo-se muito pouco lateralmente – cerca de 83 a 85% da densidade total de raízes da batateira estão localizados na camada de 0-30 cm do solo (OPENA; PORTER, 1999). Se comparada a outras culturas, a batateira apresenta distribuição do sistema radicular mais rasa e menos densa (Figura 5). Na cultura da batata, o comprimento total de raízes por metro quadrado de área de solo é aproximadamente 1/2 da apresentada pelo milho e pela soja e 1/4 da apresentada pelo arroz e trigo. Esse sistema radicular menos desenvolvido faz com que ela seja uma planta menos eficiente na aquisição de P do solo. Esse fato contribui para que grandes quantidades de P solúvel sejam aplicadas na cultura, a fim de garantir altas concentrações de fosfato na solução do solo.

Apesar de serem aplicadas altas doses de P no cultivo da batateira, as quantidades de P absorvidas pela cultura ao longo de um ciclo de 90 a 110 dias não são tão elevadas e, em geral, são menores do que as dos nutrientes potássio (K), nitrogênio (N) e cálcio (Ca) (FERNANDES; SORATTO, SILVA, 2011; SORATTO e FERNANDES, 2016). Estudo recente com as principais cultivares de batata plantadas no Brasil demonstrou que elas diferem em relação às quantidades de P absorvidas da área de cultivo (FERNANDES; SORATTO, SILVA, 2011). Em média, cultivares como Agata, Atlantic e Markies absorvem cerca de 14 kg ha<sup>-1</sup> de P (32 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) durante o ciclo de desenvolvimento, enquanto cultivares como Asterix e Mondial apresentam absorção aproximadamente 29% maior, ou seja, cerca de 18 kg ha<sup>-1</sup> de P (41 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) (Figura 6).



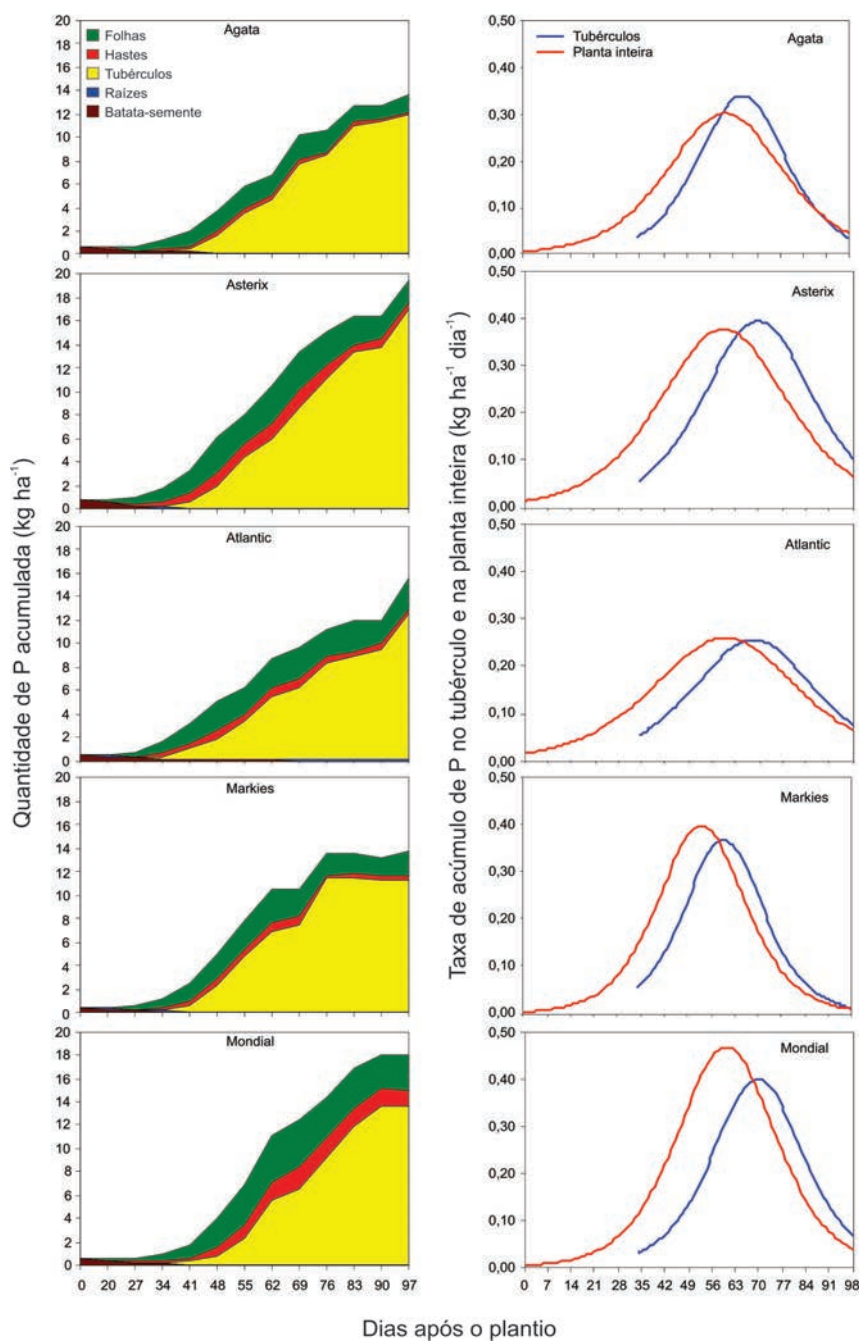
**Figura 4.** Detalhe do sistema radicular da cultura da batata desenvolvido em solução nutritiva (A) e concentrado nas camadas superficiais do solo e próximo à fileira de plantas, em condição de campo (B).

Crédito das fotos: Adalton M. Fernandes e Rogério P. Soratto.



**Figura 5.** Comparação das características morfológicas do sistema radicular da batata com outras quatro culturas na fase de máximo crescimento da parte aérea das plantas.

Fonte: Adaptada de Yamaguchi e Tanaka (1990).



**Figura 6.** Marcha de absorção e distribuição do fósforo absorvido entre os órgãos da planta de batata e taxas de acúmulo de fósforo nos tubérculos e nas plantas das cultivares Agata, Asterix, Atlantic, Markies e Mondial, cultivadas na safra de inverno, em solo com alta disponibilidade de fósforo e com elevada dose de adubação fosfatada.

Fonte: Adaptada de Fernandes, Soratto e Silva (2011).

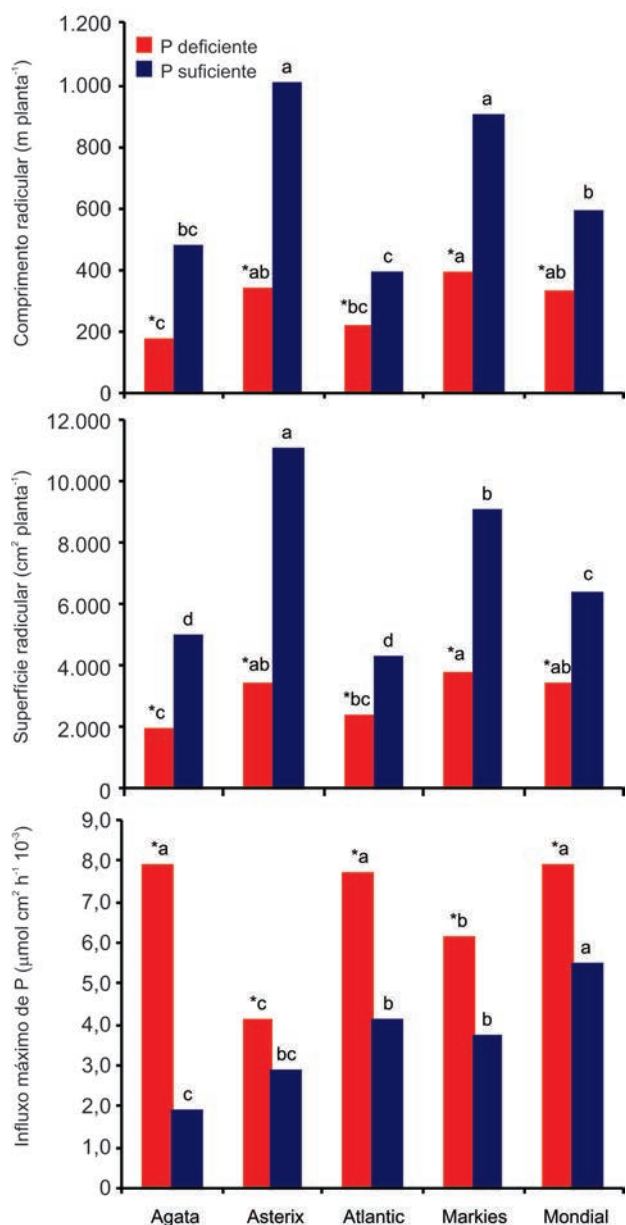
A absorção de P pelas cultivares de batata não ocorre de forma contínua ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura (Figura 6). Nas três primeiras semanas após a emergência as plantas absorvem quantidades relativamente pequenas de P, cerca de 13 a 23% do total absorvido durante todo o ciclo (FERNANDES; SORATTO, SILVA, 2011). Porém, a partir do início da formação de tubérculos, aos 41 dias após o plantio (DAP), as quantidades de P absorvidas pelas plantas de batata aumentam de forma acentuada. No período que vai dos 47 aos 67 DAP ocorre a maior demanda das plantas por P, período esse em que as taxas de absorção de P atingem de 0,26 a 0,46 kg ha<sup>-1</sup> por dia, dependendo da cultivar (Figura 6). Depois dos 67-70 DAP as plantas continuam absorvendo P em menores taxas até o final do ciclo, mas nesta fase tem-se elevada translocação de P para os tubérculos.

As cultivares de batata mostram diferentes estratégias para lidar com a deficiência de P no solo, ou seja, apresentam diferenças na morfologia e fisiologia dos seus sistemas radiculares que resultam em capacidades diferenciadas de absorção de P, mesmo em condição de fornecimento adequado do nutriente (FERNANDES; SORATTO; GONSALES, 2014). Cultivares como Agata e Atlantic, quando cultivadas em condição de deficiência de P, tentam compensar seus sistemas radiculares menos desenvolvidos (menor comprimento e superfície radicular) aumentando a taxa máxima de absorção de P, ou seja, o influxo máximo de P ( $I_{max}$ ) (Figura 7). Já a cultivar Asterix apresenta sistema radicular mais desenvolvido, o que pode não proporcionar maior absorção de P em condição de solução nutritiva (FERNANDES; SORATTO; GONSALES, 2014), mas em condição de solo essa cultivar pode ser eficiente na absorção de P por apresentar raízes mais longas e capazes de explorar maior volume de solo. As cultivares Markies e Mondial apresentam um balanço entre as características morfológicas (comprimento e superfície médios) e fisiológicas (altos valores de  $I_{max}$ ) do sistema radicular que são favoráveis à absorção de P, o que indica maior capacidade de absorção do elemento (Figura 7). No entanto, em condições de campo, tem-se observado que a cultivar Mondial absorve quantidades maiores de P e apresenta produtividades de tubérculos mais elevadas, quando comparada às outras cultivares, independentemente da disponibilidade de P no solo e da dose de fertilizante fosfatado aplicada (SORATTO; FERNANDES, 2016; FERNANDES; SORATTO, 2016b). Além disso, apesar do sistema radicular da cultivar Mondial apresentar um equilíbrio entre as características morfológicas e fisiológicas que favorecem a absorção de P em condições de campo, essa cultivar tem respondido às mesmas doses de P que as outras cultivares, como Agata, Asterix, Atlantic e Markies (FERNANDES; SORATTO, 2016a; 2016b).

Por fazer parte da composição do amido, estando ligado à amilopectina, e também por participar de várias enzimas que regulam a síntese de amido nos tubérculos, o P é um nutriente que sofre elevada translocação para os tubérculos. No final do ciclo, aproximadamente 83% de todo P absorvido pelas plantas estão presentes nos tubérculos (Figura 6). Cultivares atuais como Agata, Asterix, Atlantic, Markies e Mondial exportam 10 a 15 kg ha<sup>-1</sup> de P (23-34 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) (FERNANDES; SORATTO, SILVA, 2011; FERNANDES; SORATTO, 2012a). Apesar dessas cultivares apresentarem diferenças na produtividade de tubérculos, nem sempre aquelas mais produtivas são as que exportam mais P da área de cultivo (FERNANDES; SORATTO, SILVA, 2011). Isso porque as quantidades de P exportadas são dependentes da produção de matéria seca de tubérculos e da concentração de P na matéria seca dos tubérculos produzidos.

#### 4. RESPOSTA DA BATATEIRA À ADUBAÇÃO FOSFATADA: EFEITO NA PRODUTIVIDADE

Embora o P seja absorvido pela batateira em quantidades menores que as de K, N e Ca (FERNANDES; SORATTO, SILVA, 2011), ele tem sido o nutriente que proporciona as maiores respostas



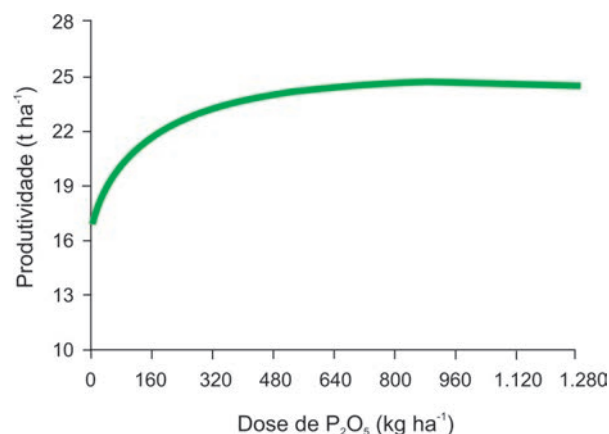
**Figura 7.** Comprimento radicular, superfície radicular e influxo máximo de P ( $I_{max}$ ) de cinco cultivares de batata cultivadas por 30 dias em solução nutritiva deficiente e suficiente em fósforo. \* indica diferença significativa entre as disponibilidades de fósforo no solo na mesma cultivar, enquanto letras diferentes indicam diferença significativa entre cultivares na mesma disponibilidade de P, de acordo com o teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Fonte: Adaptada de Fernandes, Soratto e Gonsales (2014).

de produtividade da cultura nos solos brasileiros e que tem sido aplicado em maiores doses. No entanto, as respostas da batata à adubação fosfatada são mais marcantes em solos nunca antes adubados (áreas de pastagem) ou com baixa disponibilidade de P. Nessas condições, a cultura da batata apresenta respostas econômicas à aplicação do fertilizante, obtendo-se acréscimos na produtividade de tubérculos com doses de P relativamente elevadas e superiores àquelas empregadas nas culturas de cereais/graníferas (SORATTO; FERNANDES; JOB, 2015).

Contudo, na cultura da batata é comum os agricultores realizarem adubações fosfatadas “pesadas”, com aplicação de 3,3 a 4,1 t ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK 04-14-08, o que representa entre 462 e 574 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ou doses até mais elevadas e com outras fórmulas (SORATTO; FERNANDES; JOB, 2015). Muitas vezes,

essas adubações em doses elevadas são baseadas na ideia de se aplicar fertilizante “com sobras”, para garantir elevadas produtividades, sem levar em consideração as recomendações técnicas da análise de solo e adubação, ou mesmo na interpretação inapropriada dos resultados de trabalhos científicos. Nesse sentido, Fontes, Rocha e Martinez (1997), em solo com teor de P (Mehlich 1) de 2,87 mg dm<sup>-3</sup>, obtiveram a máxima produtividade de tubérculos comercializáveis com a dose de 991 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 8), porém, com a máxima eficiência econômica associada a doses entre 435 e 691 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dependendo do preço pago pela batata, e incrementos de produtividade pouco expressivos a partir da dose de 320 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Assim, deve-se avaliar até que ponto os incrementos de produtividade alcançados com o aumento das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> são economicamente viáveis para o produtor.

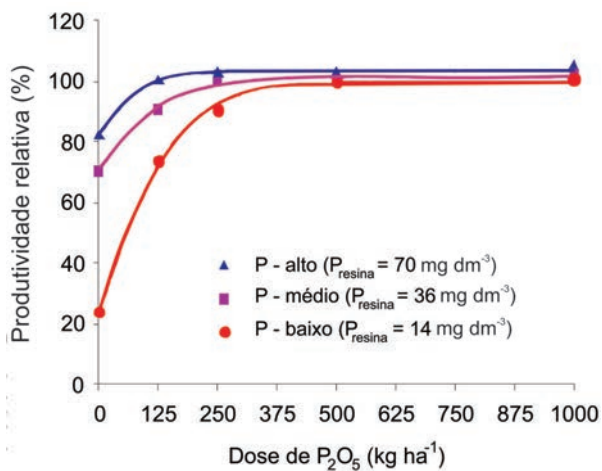


**Figura 8.** Produção comercial de tubérculos de batata, cultivar Baraka, em função de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas em solo argiloso.

Fonte: Adaptada de Fontes, Rocha e Martinez (1997).

É preciso considerar também que o sistema de cultivo da batata tem mudado bastante nos últimos anos, tornando-se cada vez mais comum cultivar essa tuberosa em rotação com outras culturas e em solos de maior fertilidade, os quais apresentam teores de P médios ou altos (SORATTO; FERNANDES; JOB, 2016). Assim, para que o agricultor não utilize adubação fosfatada em doses excessivas, o ideal é avaliar corretamente a disponibilidade de P no solo por meio da análise de solo, levando-se em consideração as reservas do nutriente que vão se acumulando ao longo dos cultivos sucessivos. Uma informação importante a ser observada no momento da interpretação dos resultados da análise de solo é que, no Brasil, há basicamente dois métodos de determinação de P no solo. No Estado de São Paulo tem-se adotado o método da resina trocadora de íons, enquanto nos outros estados da federação o método mais utilizado é o Mehlich. Dessa forma, a recomendação de adubação fosfatada deve levar em conta o método de análise de P do solo e a tabela de recomendação elaborada para aquele mesmo método de análise. Essa avaliação e a interpretação correta da disponibilidade de P no solo são de extrema importância para a obtenção de elevadas produtividades de tubérculos, com menor custo e maior qualidade, pois em solos bem supridos com P, a sua adição pouco interfere na produtividade ou na qualidade dos tubérculos produzidos (FERNANDES et al., 2015, 2016; FERNANDES; SORATTO; EVANGELISTA, 2015; FERNANDES; SORATTO, 2016b).

Estudo realizado em solos com diferentes disponibilidades iniciais de P demonstrou que, em solo com baixa disponibilidade de P ( $P_{resina} = 14 \text{ mg dm}^{-3}$ ), a produtividade relativa de tubérculos com a utilização de dose aproximada de 500 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foi cerca de 76% maior que no tratamento sem aplicação de P (Figura 9), sendo



**Figura 9.** Produtividade relativa de tubérculos de batata em resposta a doses de P, em solos com diferentes disponibilidades do nutriente. Dados médios das cultivares Agata, Asterix, Atlantic, Markies e Mondial.

Fonte: Adaptada de Fernandes e Soratto (2016b).

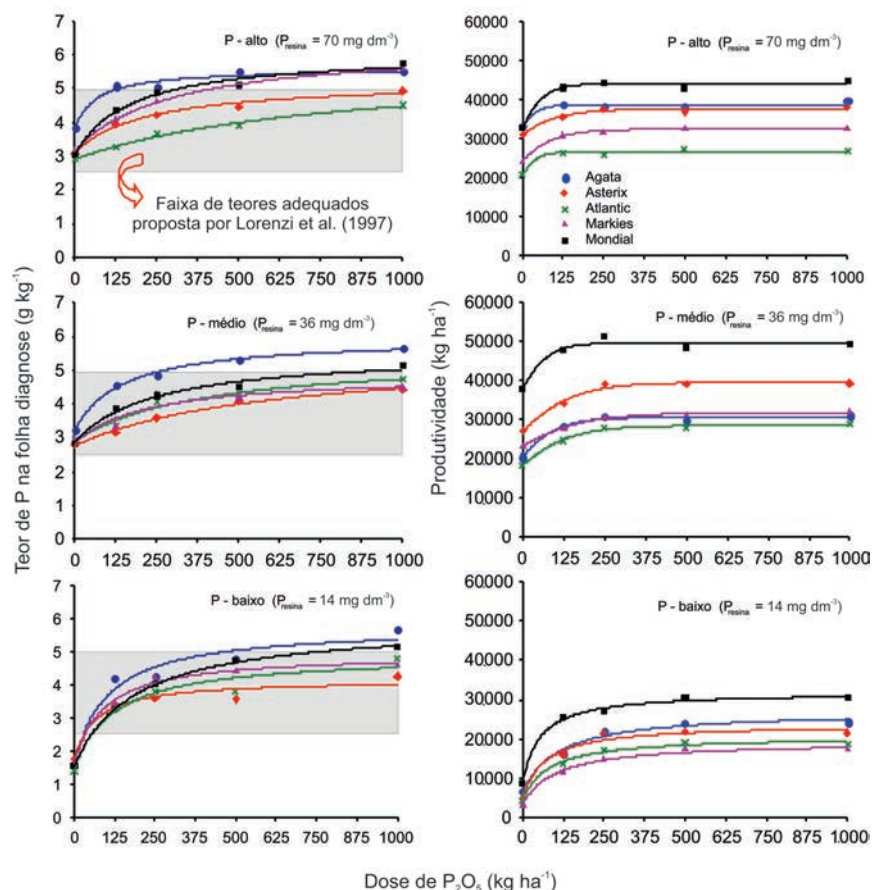
importante destacar que, nessa condição, houve aumento de produtividade até a dose de  $P_2O_5$  superior à recomendada por Lorenzi et al. (1997). Contudo, nos solos com média ( $P_{resina} = 36 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e alta ( $P_{resina} = 70 \text{ mg dm}^{-3}$ ) disponibilidades de P, as produtividades de tubérculos com adubação fosfatada foram 30% e 18% maiores que na testemunha, respectivamente, porém aumentaram apenas até as doses de 250 e 125  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ . Esses resultados demonstram que em solos com maior disponibilidade de P a resposta da cultura da batata à adubação fosfatada é pequena e de menor magnitude, porque está diretamente relacionada à disponibilidade inicial de P no solo. Assim, essas pesquisas têm indicado que, especialmente em solos férteis em P, é possível reduzir as doses de P aplicadas na cultura da batata. Contudo, mesmo nesses solos, é necessária a aplicação de alguma quantidade de fertilizante fosfatado no sulco de plantio para potencializar a produtividade de tubérculos (Figura 9).

Estudos como este também demonstram a importância de se realizar a análise de solo com antecedência ao plantio da batata. Além da adequada amostragem e análise do solo, é fundamental interpretar os resultados da análise de solo de forma coerente, pois, muitas vezes, doses elevadas de P podem estar sendo aplicadas desnecessariamente em solos já com alta disponibilidade de P, o que, além de não incrementar a produtividade de tubérculos, aumenta desnecessariamente o custo de produção. Além disso, em condições de maior disponibilidade de P no solo, o uso de doses elevadas de P pode proporcionar desequilíbrio nutricional na cultura, especialmente deficiência induzida de zinco (Zn). Há indícios de que sintomas de deficiência induzida de Zn não são observados com grande frequência nas áreas de cultivo de batata devido às várias pulverizações da cultura com fungicidas que contém Zn na sua constituição (MOREIRA et al., 2000).

Uma das formas de melhorar o aproveitamento do P aplicado na cultura da batata é por meio da utilização de cultivares mais eficientes na absorção e/ou utilização de P. Cultivares de batata como Asterix e Mondial, por serem mais produtivas

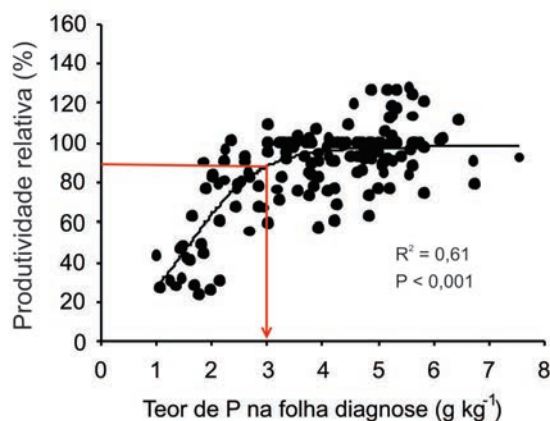
e acumularem mais matéria seca, acabam absorvendo cerca de 29% a mais de P do que cultivares como Agata, Atlantic e Markies (Figura 6). Isso é um indicativo de que o fornecimento de P teria que ser ajustado de acordo com as demandas nutricionais de P de cada cultivar. No entanto, pesquisas recentes revelaram que, mesmo com as diferentes quantidades absorvidas de P, não há necessidade de avaliar o estado nutricional de P e fazer recomendações de adubação fosfatada de forma particularizada para cada cultivar, porque as cultivares respondem praticamente às mesmas doses de P em solos com baixa, média e alta disponibilidade do nutriente, como observado na Figura 10.

Contudo, uma questão importante que essas pesquisas demonstraram é que a avaliação do estado nutricional de P para a cultura da batata precisa ser reavaliada (FERNANDES; SORATTO, 2016a; 2016b). Foi verificado que o limite crítico inferior da faixa de teores foliares de P considerados como adequados por Lorenzi et al. (1997), que é de 2,5 a 5,0  $\text{g kg}^{-1}$ , pode não ser adequado para todas as situações, tendo em vista que na maior parte dos experimentos ocorreu aumento na produtividade da batata em resposta à aplicação de P mesmo quando os teores foliares de P já estavam dentro da faixa considerada como adequada (Figura 10). Especialmente nos solos deficientes em P houve aumento significativo na produtividade de tubérculos nas doses de P acima daquela que proporcionou teores foliares de P considerados como adequados por Lorenzi et al. (1997). Diante dessas observações, sugere-se que o limite inferior da faixa de teores considerados adequados seja aumentado de 2,5 para 3,0  $\text{g kg}^{-1}$ , valor similar aos adotados por Jones Junior, Wolf e Mill (1991) e Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999), pois foi com esse teor foliar de P que a cultura da batata atingiu 90% da produtividade relativa de tubérculos (Figura 11).



**Figura 10.** Teores de fósforo na folha diagnose e produtividade total de tubérculos de cultivares de batata em resposta a doses de P, em solos com diferentes disponibilidades do nutriente.

Fonte: Adaptada de Fernandes (2013).



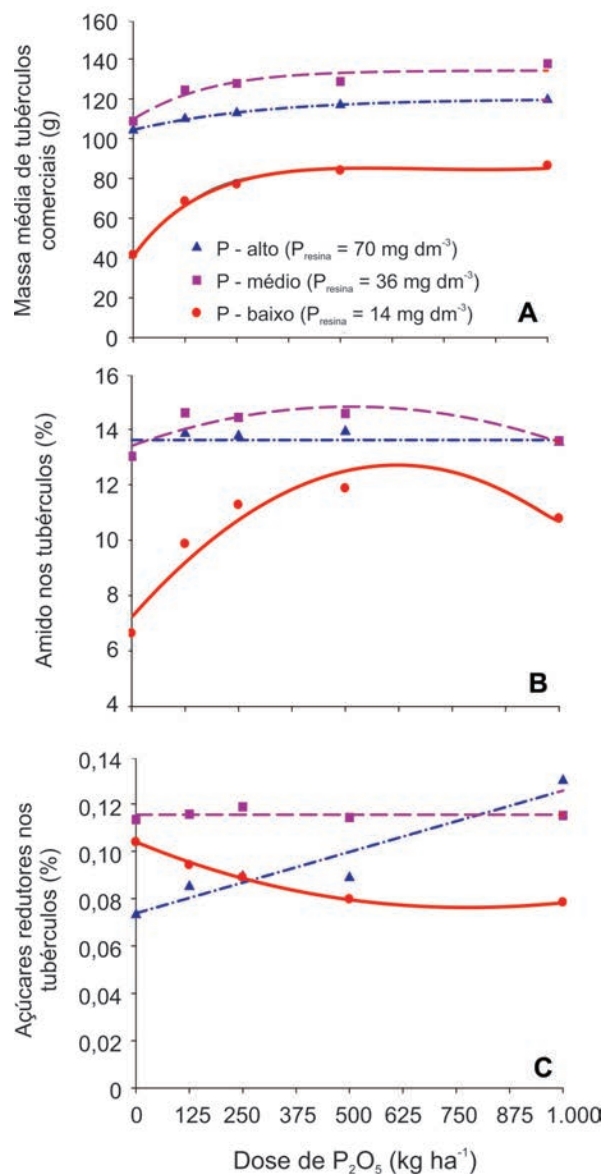
**Figura 11.** Relação da produtividade relativa de tubérculos com o teor de P na folha diagnose da batateira. Símbolos representam os valores obtidos para as cultivares Agata e Mondial submetidas a cinco doses de fósforo em solos com diferentes disponibilidades de P, com quatro repetições.

Fonte: Adaptada de Fernandes e Soratto (2016a; 2016b).

## 5. RESPOSTA DA BATATEIRA À ADUBAÇÃO FOSFATADA: EFEITO NA QUALIDADE DOS TUBÉRCULOS

O P desempenha diversos efeitos na qualidade dos tubérculos da batateira, pois ele atua na divisão celular, na síntese de amido e no seu armazenamento nos tubérculos (HOUGHLAND, 1960). Dessa forma, o P pode aumentar o tamanho e a percentagem de matéria seca (indicada pelo peso específico) dos tubérculos (FREEMAN; FRANZ; JONG, 1998; ROSEN et al., 2014). Contudo, quando a disponibilidade de P no solo é alta, seu fornecimento pode diminuir a produção de tubérculos maiores sem alterar o seu peso específico (ROSEN; BIERMAN, 2008). Em alguns casos, nos quais a adubação fosfatada proporcionou grande incremento no tamanho e produtividade de tubérculos, também foi observada redução do peso específico em função das doses de P aplicadas (FREEMAN; FRANZ; JONG, 1998).

Além do P aplicado ao solo, aquele P que já está disponível em solos constantemente manejados com adubação fosfatada também interfere na qualidade dos tubérculos de batata. Estudo recente realizado com a cultura da batata em solos com diferentes teores iniciais de P indicou que os principais parâmetros de qualidade dos tubérculos que foram aumentados pela adubação fosfatada são o tamanho (indicado pela massa média) e os teores de amido (Figuras 12A e 12B), os quais se refletem em melhorias significativas na produtividade comercial dos tubérculos, seja de cultivares destinadas à comercialização *in natura* ou daquelas utilizadas na indústria de processamento (FERNANDES et al., 2015, 2016; FERNANDES; SORATTO; EVANGELISTA, 2015). No entanto, foi verificado que os efeitos positivos do P sobre essas características de qualidade dos tubérculos foram maiores e ocorreram até doses mais elevadas de P somente nos solos com baixa e média disponibilidade de P, ou seja, altas doses do nutriente aplicadas em solo fértil em P não melhoram a qualidade dos tubérculos formados. Nesses estudos, observou-se que somente nos solos com menor disponibilidade inicial de P o tamanho dos tubérculos apresentou influência marcante sobre a produtividade comercial de tubérculos (FERNANDES; SORATTO; EVANGELISTA, 2015), e que a adubação fosfatada teve pouca influência sobre a composição nutricional dos tubérculos e as características de qualidade dos tubérculos que podem influenciar a qualidade da batata frita (FERNANDES et al., 2015; FERNANDES; SORATTO; EVANGELISTA, 2015). No entanto,



**Figura 12.** Massa média de tubérculos comerciais (A), teor de amido (B) e teor de açúcares redutores (C) nos tubérculos de batata em resposta a doses de P, em solos com diferentes disponibilidades do nutriente. Dados médios das cultivares Agata, Asterix, Atlantic, Markies e Mondial.

Fonte: Adaptada de Fernandes et al. (2015; 2016) e Fernandes, Soratto e Evangelista (2015).

vale destacar que o fornecimento de P em solo já fértil no nutriente, além de não proporcionar melhoria na qualidade da batata, também pode ser prejudicial, porque aumenta significativamente os teores de açúcares redutores dos tubérculos (Figura 12C), o que não é interessante para o processamento industrial da batata, porque a presença de elevados teores de açúcares redutores pode desenvolver coloração escura no produto final (FERNANDES et al., 2016).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando-se os resultados das pesquisas realizadas atualmente, pode-se concluir que a resposta da batateira à adubação fosfatada em solos que já contém elevada disponibilidade de P é pequena, o que não justifica o uso de altas doses de fertilizante fosfatado nessas condições de cultivo. Mesmo em solos deficientes em P, a resposta produtiva da cultura da batata é nula quando se utilizam doses acima de 500 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Assim, para se realizar um bom manejo da adubação fosfatada na cultura da batata é primordial

realizar amostragem e análise de solo, interpretar coerentemente os resultados da disponibilidade de P e aplicar as doses de P de acordo com as recomendações dos boletins oficiais e de trabalhos científicos encontrados na literatura. Com isso, serão realizadas adubações fosfatadas mais racionais e equilibradas, que, além de aumentarem a produtividade e a qualidade dos tubérculos, principalmente em condição de solos deficientes em P, também diminuem os custos de produção da cultura no que diz respeito ao uso de fertilizantes, bem como os problemas de contaminação ambiental.

## AGRADECIMENTOS

À FAPESP, ao CNPq, à Associação Brasileira da Batata (ABBA) e ao Grupo Ioshida.

## REFERÊNCIAS

- DECHASSA, N.; SCHENK, M. K.; CLAASSEN, N.; STEINGROBE, B. Phosphorus efficiency of cabbage (*Brassica oleraceae* L. var. *capitata*), carrot (*Daucus carota* L.), and potato (*Solanum tuberosum* L.). **Plant and Soil**, v. 250, p. 215-224, 2003.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Crops - Potatoes**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 12 dez. 2016.
- FERNANDES, A. M. **Adubação fosfatada em cultivares de batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 2013. 145 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. **Nutrição mineral, calagem e adubação da batateira**. Botucatu/Itapetinga: FEPAF/ABBA, 2012a. 121 p.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Nutrition, dry matter accumulation and partitioning, and phosphorus use efficiency of potato plants grown under phosphorus rates in nutrient solution. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1528-1537, 2012b.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Phosphorus fertilizer rate for fresh market potato cultivars grown in tropical soil with low phosphorus availability. **American Journal of Potato Research**, v. 93, p. 404-414, 2016a.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P. Response of potato cultivars to phosphate fertilization in tropical soils with different phosphorus availabilities. **Potato Research**, v. 59, p. 259-278, 2016b.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; EVANGELISTA, R. M. Qualidade de tubérculos de batata da cultivar 'Atlantic' afetada pela adubação fosfatada. **Ciência Rural**, v. 45, p. 1401-1407, 2015.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; EVANGELISTA, R. M.; JOB, A. L. G. Influência do fósforo na qualidade e produtividade de tubérculos de cultivares de batata de duplo propósito. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 346-355, 2016.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; GONSALES, J. R. Root morphology and phosphorus uptake by potato cultivars grown under deficient and sufficient phosphorus supply. **Scientia Horticulturae**, v. 180, p. 190-198, 2014.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; MORENO, L. A.; EVANGELISTA, R. M. Qualidade de tubérculos frescos de cultivares de batata em função da nutrição fosfatada. **Bragantia**, v. 45, p. 1401-1407, 2015.
- FERNANDES, A. M.; SORATTO, R. P.; SILVA, B. L. Extração e exportação de nutrientes em cultivares de batata: I - Macronutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2039-2056, 2011.
- FONTES, P. C. R.; ROCHA, F. A. T.; MARTINEZ, H. E. P. Produção de máxima eficiência econômica da batata em função da adubação fosfatada. **Horticultura Brasileira**, v. 15, p. 104-107, 1997.
- FREEMAN, K. L.; FRANZ, P. R.; JONG, R. W. Effect of phosphorus on the yield, quality and petiolar phosphorus concentrations of potatoes (cv. Russet Burbank and Kennebec) grown in the krasnozem and duplex soils of Victoria. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 38, p. 83-93, 1998.
- GERLOFF, G. C.; GABELMAN, W. H. Genetic basis of inorganic plant nutrition. In: LAÜCHLI, A.; BIELESKI, R. L. (Ed.). **Inorganic plant nutrition**. New York: Springer-Verlag, 1983. p. 453-480.
- HINSINGER, P.; BRAUMAN, A.; DEVAU, N.; GÉRARD, F.; JOURDAN, C.; LACLAU, J. P.; CADRE, E. L.; JAILLARD, B.; PLASSARD, C. Acquisition of phosphorus and other poorly mobile nutrients by roots. Where do plant nutrition models fail? **Plant and Soil**, v. 348, p. 29-61, 2011.
- HOUGHLAND, G. V. C. The influence of phosphorus on the growth and physiology of the potato plant. **American Potato Journal**, v. 37, p. 127-138, 1960.
- JONES JUNIOR, J. B.; WOLF, B.; MILL, H. A. **Plant analysis handbook**. Georgia: Micro-Macro Publishing, 1991. 213 p.
- LORENZI, J. O.; MONTEIRO, P. A.; MIRANDA FILHO, H. S.; RAIJ, B. van. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p. 221-229. (Boletim Técnico, 100).
- MESQUITA, H. A.; PAULA, M. B.; VENTURIN, R. P.; PÁDUA, J. G.; YURI, J. E. Fertilização da cultura da batata. In: ZAMBOLIN, L. (Ed.). **Produção integrada de batata**. Viçosa: Departamento de Fitopatologia, 2011. p. 351-380.
- MOREIRA, M. A.; FONTES, P. C. R.; FONTES, R. L. F.; CARDOSO, A. A. Crescimento e produtividade da batateira, em função do modo de aplicação do fertilizante e dos fungicidas contendo Zn. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 72-76, 2000.
- OPENA, G. B.; PORTER, G. A. Soil management and supplemental irrigation effects on potato: II. Root growth. **Agronomy Journal**, v. 91, p. 426-431, 1999.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359 p.
- ROSEN, C. J.; BIERMAN, P. M. Potato yield and tuber set as affected by phosphorus fertilization. **American Journal of Potato Research**, v. 85, p. 110-120, 2008.
- ROSEN, C. J.; KELLING, K. A.; STARK, J. C.; PORTER, G. A. Optimizing phosphorus fertilizer management in potato production. **American Journal of Potato Research**, v. 91, p. 145-160, 2014.
- SÁNCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low-input technology for managing oxisols and ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, v. 34, p. 279-406, 1981.
- SANGOI, L.; KRUSE N. D. Doses crescentes de nitrogênio, fósforo e potássio e características agrônomicas da batata em dois níveis de pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, p. 1331-1343, 1994.
- SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M. Phosphorus effects on biomass accumulation and nutrient uptake and removal in two potato cultivars. **Agronomy Journal**, v. 108, p. 1225-1236, 2016.
- SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; JOB, A. L. G. Nutrição e adubação da cultura da batata: 2 - Fósforo. **Batata Show**, n. 42, p. 27-31, 2015.
- SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; JOB, A. L. G. Nutrição e adubação da cultura da batata. In: PRADO, R. M.; CECÍLIO FILHO, A. B. (Org.). **Nutrição e adubação de hortaliças**. 1. ed. Jaboticabal: FCAV/CAPES, 2016. p. 419-445.
- SORATTO, R. P.; PILON, C.; FERNANDES, A. M.; MORENO, L. A. Phosphorus uptake, use efficiency, and response of potato cultivars to phosphorus levels. **Potato Research**, v. 58, p. 121-134, 2015.
- VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia**, v. 62, p. 111-118, 2003.
- WHITE, P. J.; GEORGE, T. S.; DUPUY, L. X.; KARLEY, A. J.; VALENTINE, T. A.; WIESEL, L.; WISHART, J. Root traits for infertile soils. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 193, 2013.
- YAMAGUCHI, J.; TANAKA, A. Quantitative observation on the root system of various crops growing in the field. **Soil Science & Plant Nutrition**, v. 36, p. 483-493, 1990.

## ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA PARA O CULTIVO DE MILHO COM ALTO POTENCIAL PRODUTIVO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO DE LONGA DURAÇÃO

*Eduardo Fávero Caires<sup>1</sup>, Robert Milla<sup>2</sup>. Bragantia, Campinas, v. 75, n. 1, p.87-95, 2016.*

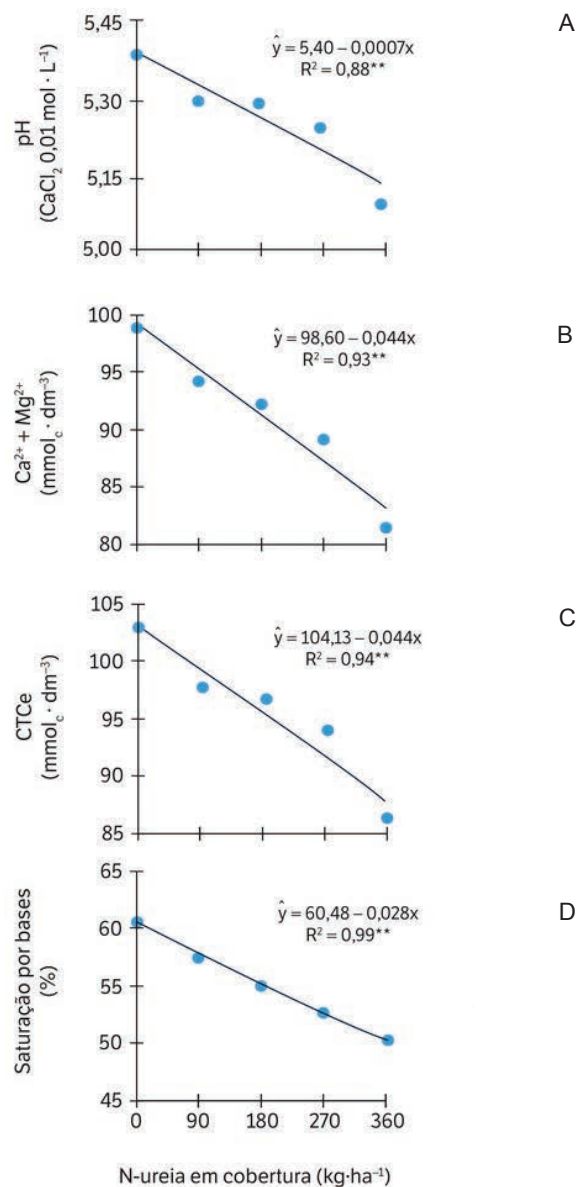
**A** intensificação da produção para elevar a produtividade de milho tem aumentado a demanda por fertilizantes nitrogenados. Considerando que pouco se conhece a respeito da necessidade de N para a obtenção de altos tetos de produtividade de milho e que a adubação nitrogenada acidifica o solo, este trabalho foi realizado com os objetivos de (i) avaliar as alterações químicas do solo relacionadas à acidez e a resposta do milho em função de doses de N em cobertura e (ii) definir as doses de máxima eficiência técnica (MET) e econômica (MEE) de N em cobertura para maximizar a produtividade de milho, cultivado após aveia-preta, em sistema plantio direto de longa duração. O experimento foi realizado no município de Candói (PR), em Latossolo Vermelho de textura argilosa sob plantio direto de longa duração (30 anos). Os tratamentos, dispostos em blocos ao acaso com quatro repetições, constaram de cinco doses de nitrogênio (N), na forma de ureia: 0, 90, 180, 270 e 360 kg ha<sup>-1</sup>, aplicadas em cobertura no estágio de desenvolvimento V4. O milho, híbrido P1630, foi cultivado após aveia-preta, em 2012, com 65 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura.

### Resultados e conclusões:

As doses de N aplicadas em cobertura na cultura do milho reduziram linearmente o pHCaCl<sub>2</sub>, os teores de Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> trocáveis, a capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva e a saturação por bases do solo (Figura 1). Os resultados mostraram que, para cada 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de ureia, aplicados em cobertura, houve redução de 0,07 unidades no pHCaCl<sub>2</sub> (Figura 1A), de 4,4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> nos teores de Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> trocáveis (Figura 1B) e na CTC efetiva (Figura 1C), e de 2,8% na saturação por bases do solo (Figura 1D), na camada de 0-20 cm. Com base nesses resultados, é possível inferir que, para cada 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de ureia, aplicados em cobertura, seriam necessários 440 kg ha<sup>-1</sup> de calcário com poder relativo de neutralização total (PRNT) de 100% para combater a acidez gerada pela adubação nitrogenada.

Os teores de N nas folhas e nos grãos (Figura 2), a altura das plantas e da inserção da espiga (Figura 3), o número de grãos por fileira, a massa de grãos por espiga, a massa de 1.000 grãos (Figura 4) e a exportação de N pelos grãos de milho (Figura 5) aumentaram linearmente com as doses de N em cobertura. O número de fileiras por espiga não foi significativamente alterado com as doses de N, tendo-se obtido, em média, 18,9 fileiras por espiga.

A produtividade de milho aumentou com as doses de N, de acordo com o modelo *Linear Response Plateau* (Figura 5). A dose de 209 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura proporciona máxima



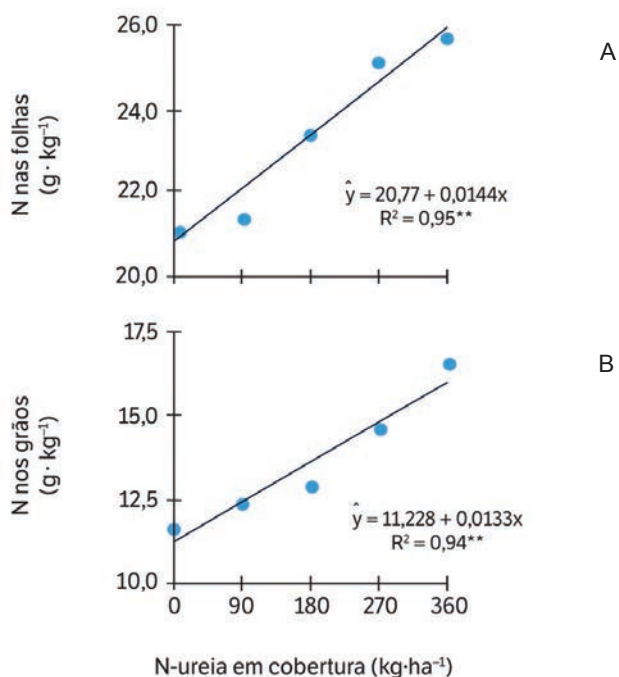
**Figura 1.** Valores de pH em CaCl<sub>2</sub> (A), Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> trocáveis (B), CTC efetiva (C) e saturação por bases (D) do solo, na camada de 0-20 cm, considerando-se as doses de N, na forma de ureia, aplicadas em cobertura no sistema plantio direto. As doses de N foram aplicadas no estágio V4 de desenvolvimento da cultura do milho, e as amostras de solo foram coletadas após a colheita. \*\*p < 0,01.

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Ponta Grossa, Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola, Ponta Grossa, PR.

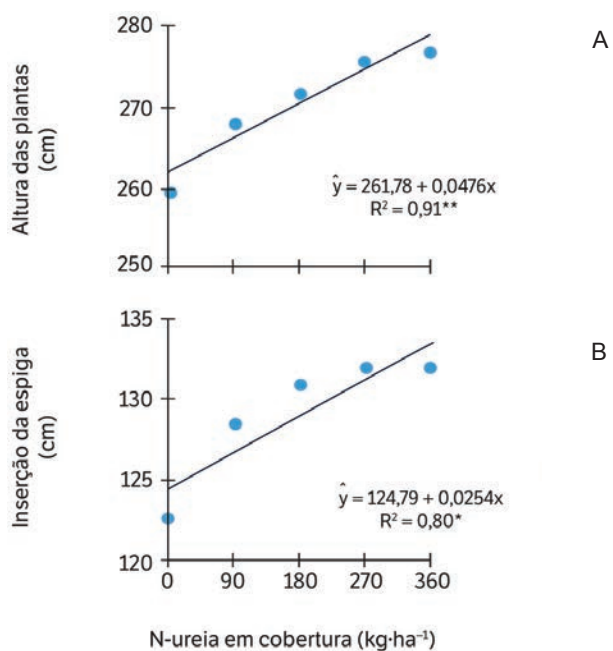
<sup>2</sup> Universidade Estadual de Ponta Grossa, Curso de Agronomia, Ponta Grossa, PR.

eficiência técnica e econômica para produtividade de 19,6 t ha<sup>-1</sup> de milho, cultivado após aveia-preta, em sistema plantio direto de longa duração.

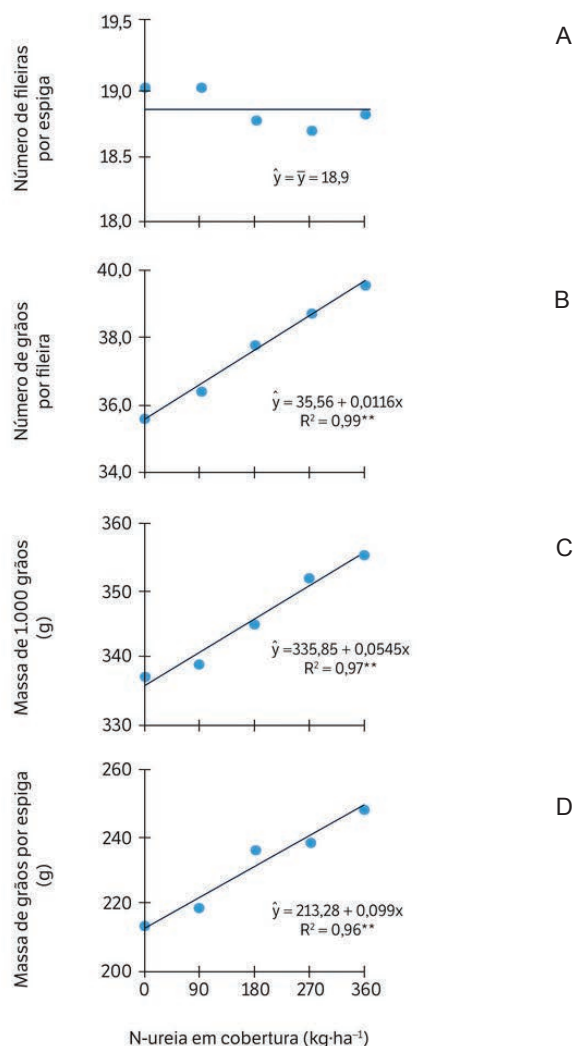
As faixas adequadas de teores de N para o híbrido P1630 são de 22,8 a 23,8 g kg<sup>-1</sup> nas folhas e de 13,1 a 14,0 g kg<sup>-1</sup> nos grãos.



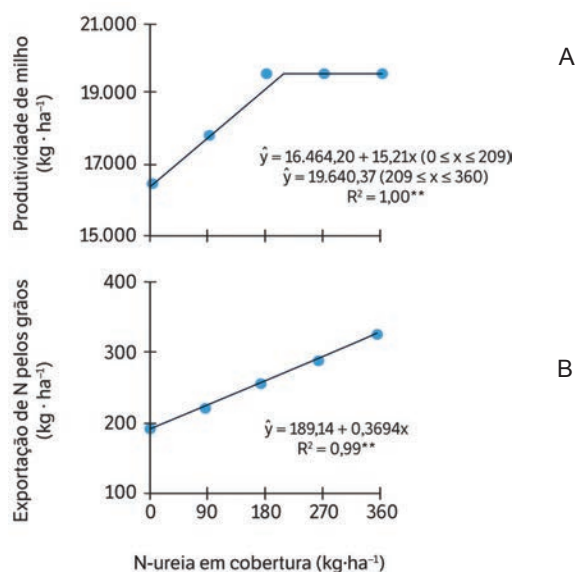
**Figura 2.** Concentrações de N nas folhas (A) e nos grãos de milho (B), considerando-se as doses de N, na forma de ureia, aplicadas em cobertura no sistema plantio direto. As doses de N foram aplicadas no estágio V4 de desenvolvimento da cultura do milho. \*\*p < 0,01.



**Figura 3.** Altura das plantas (A) e da inserção da espiga de milho (B), considerando-se as doses de N, na forma de ureia, aplicadas em cobertura no sistema plantio direto. As doses de N foram aplicadas no estágio V4 de desenvolvimento da cultura do milho. \*p < 0,05 e \*\*p < 0,01.



**Figura 4.** Número de fileiras por espiga (A), número de grãos por fileira (B), massa de 1.000 grãos (C) e massa de grãos por espiga de milho (D), considerando-se as doses de N, na forma de ureia, aplicadas em cobertura no sistema plantio direto. As doses de N foram aplicadas no estágio V4 de desenvolvimento da cultura do milho. \*\*p < 0,01.



**Figura 5.** Produtividade de grãos (A) e exportação de N pela cultura do milho (B), considerando-se as doses de N, na forma de ureia, aplicadas em cobertura no sistema plantio direto. As doses de N foram aplicadas no estágio V4 de desenvolvimento da cultura do milho. \*\*p < 0,01.



## IPNI PARTICIPA DE DIA DE CAMPO EM REGIÕES PRODUTORAS DE SOJA

Dr. Valter Casarin, Diretor-Adjunto do IPNI Brasil, visitou diversas propriedades produtoras de soja nos estados do Maranhão e do Tocantins. Dr. Casarin foi acompanhado pelos consultores Rafael Pagano de Oliveira e Geovane Barbosa, que discutiram aspectos nutricionais e formas de controlar pragas e doenças nos cultivos de soja nessas regiões. Dr. Casarin também participou de um dia de campo no Maranhão e falou sobre “Manejo de nutrientes para alta produtividade da soja”. Os produtores da região que participaram do dia de campo puderam observar o poder produtivo e o manejo de diferentes variedades de soja. “Esta viagem foi muito importante para avaliar o manejo da cultura da soja nos estados de Tocantins e Maranhão”, disse Dr. Casarin. “Alguns aspectos ainda merecem cuidado por parte dos produtores dessas regiões, como é o caso das medidas de conservação do solo e aquelas que afetam o desenvolvimento do sistema radicular”, acrescentou Dr. Casarin.



Dia de campo com grande participação de produtores em Tocantins.

## IPNI NO CANAL RURAL

Dr. Eros Francisco, Diretor-Adjunto do IPNI Brasil, participou do programa Giro do Boi, do Canal Rural. O programa realizou uma entrevista com Dr. Francisco para tratar sobre o tema *Manejo 4C de Nutrição de Plantas e Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes na adubação de pastagens*. “Recentemente, o IPNI Brasil tem se envolvido bastante com o setor de pecuária visando promover a difusão das boas práticas de uso de fertilizantes em pastagens, considerando que esta é uma cultura de elevado potencial produtivo mas de baixa adoção de tecnologia no país”, comentou Dr. Francisco. O link para a entrevista está disponível no endereço: <http://www.girodobo.com.br/destaques/pecuarista-esta-lucrando-mais-que-agricultor-afirma-especialista>.

## VÍDEO EFFICIENT USE OF FERTILIZERS É TRADUZIDO PARA O PORTUGUÊS

Em um projeto conjunto entre o IPNI Brasil e a iniciativa Nutrients for Life no Brasil, o vídeo *Efficient Use of Fertilizers* foi traduzido e adaptado para o português e está sendo promovido por diferentes veículos de mídia de ambas as instituições. “Os vídeos são uma ótima ferramenta para transmitir nossa mensagem a públicos selecionados e este deve, especialmente, ajudar a destacar a importância dos nutrientes na produção das culturas e os princípios do uso eficiente dos fertilizantes”, disse Dr. Luís Prochnow, diretor do IPNI Brasil.

## PROJETO MILHO GLOBAL: DIVULGANDO A PESQUISA

Dr. Eros Francisco, Diretor-Adjunto do IPNI Brasil, apresentou os resultados do projeto Milho Global no Brasil durante um dia de campo em Itiquira, Mato Grosso, organizado pela Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso – Fundação MT. Mais de 750 pessoas, entre produtores, agrônomos, técnicos e estudantes visitaram a estação experimental da Fundação MT, onde os pesquisadores apresentaram resultados de vários projetos de pesquisa sobre rotação de culturas, correção do perfil do solo, ferramentas de agricultura de precisão e manejo eficiente de nutrientes para as culturas da soja, milho e algodão. “A Fundação MT tem sido uma parceira importante do IPNI há muitos anos e, em conjunto, têm produzido informações relevantes sobre o manejo de nutrientes para a produção agrícola sustentável na região do Cerrado brasileiro. Frutos dessa parceria são os resultados relevantes do projeto de pesquisa com foco no milho safrinha para altas produtividades, que foram apresentados neste evento para os produtores”, disse Dr. Francisco.



Dr. Francisco durante a apresentação do projeto Milho Global.

## IPNI NA FRONTIERS OF POTASSIUM SCIENCE CONFERENCE

Dr. Luís Prochnow, diretor do IPNI Brasil, apresentou uma palestra intitulada *Rates and Residual Effect of Potassium Fertilization in a Brazilian Oxisol* na Conferência **Frontiers of Potassium Science**, ocorrida em Roma, e foi moderador de uma das sessões. "Foi uma satisfação verificar que o conhecimento sobre potássio – pesquisa e prática – está avançando", disse Dr. Prochnow. "Esperamos que esta conferência conduza a melhor utilização do K em muitas partes do mundo", disse ele.



Dr. Prochnow na Conferência Frontiers of Potassium Science.

## MANEJO DE NUTRIENTES NA AGRICULTURA DE PRECISÃO

Dr. Eros Francisco, Diretor-Adjunto do IPNI Brasil, foi convidado para participar de uma reunião com representantes da Associação Brasileira dos Prestadores de Serviços de Agricultura de Precisão, em Goiânia, para discutir as melhores práticas de manejo de nutrientes na produção de grãos no Centro-Oeste brasileiro. A associação é composta por mais de 40 empresas e tem o objetivo de promover práticas e ferramentas para a tomada de melhores decisões na agricultura de precisão por meio da interação de seus associados e prestadores de serviços, como produtores, consultores, pesquisadores, cooperativas e revendedores. "Essas empresas são administradas principalmente por engenheiros agrônomos com grande conhecimento sobre as últimas ferramentas e softwares para agricultura de precisão, fornecendo serviços em todo o país", disse Dr. Francisco. "Eles convidaram o IPNI Brasil para conhecer melhor os aspectos relacionados à dinâmica dos nutrientes do solo e ao manejo da nutrição de plantas e como eles interagem com o manejo do solo e, provavelmente, incorporar as práticas ao seu trabalho, visando serviços de melhor qualidade".

## IPNI NO SIMPÓSIO DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

O 1º Simpósio de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas (SIFERT), organizado pelo Grupo de Estudos e Pesquisa em Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas (GEFERT), ocorreu na Universidade Federal de São Carlos, Campus Araras, reunindo estudantes de agronomia, agrônomos e agricultores. Dr. Valter Casarin, Diretor-Adjunto do IPNI Brasil, apresentou a palestra "Manejo de Nutrientes 4C". O evento destacou assuntos de importância no setor de fertilizantes, como as novas tecnologias para aumento da eficiência de uso dos fertilizantes. "Minha palestra versou sobre a importância do uso eficiente de fertilizantes e os cuidados com o meio ambiente", comentou Dr. Casarin.

## WEBINAR DO IPNI ABORDA O MANEJO DE NUTRIENTES EM CAFÉ

Dr. Valter Casarin, Diretor-Adjunto do IPNI Brasil, coordenou o webinar *Atualidades sobre a nutrição com micronutrientes em café*. A palestra foi ministrada pelo Dr. Tiago Tezotto, professor da UNIFEQB, São João da Boa Vista, SP. Durante o webinar, Dr. Tezotto discutiu diversos temas que envolveram desde as funções fisiológicas dos micronutrientes nas plantas até os fatores que afetam a disponibilidade de micronutrientes nos solos tropicais e o manejo de micronutrientes na cultura do café. "Entre as principais culturas brasileiras, o café é a cultura que apresenta o menor índice de aproveitamento de fertilizantes, ou desfrute, tornando-o um tema importante nas atividades desenvolvidas pelo IPNI no Brasil. O conhecimento do manejo de nutrientes 4C é essencial para melhorar o balanço de nutrientes dessa cultura", disse Dr. Casarin.



Dr. Valter Casarin com Dr. Tiago Tezotto.

## RESUMO DE PESQUISA MAIS RECENTE DA SÉRIE PESQUISA COM IMPACTO

O IPNI está envolvido em mais de 150 projetos de pesquisa. A cada mês, um desses projetos é selecionado para demonstrar como a pesquisa do IPNI está resolvendo problemas da vida real e ajudando as pessoas a viver uma vida mais produtiva. Este mês, Dr. Eros Francisco, Diretor-Adjunto do IPNI Brasil, relata um projeto que mostra que mesmo quando os campos e as pastagens brasileiras são queimados acidental ou intencionalmente, o fertilizante fosfatado que é queimado na superfície do solo ainda representa uma fonte valiosa de nutriente para as plantas. Leia mais sobre este e outros projetos de pesquisa do IPNI em: <http://www.ipni.net/research-impact>



Dr. Francisco examina as plantas que são cultivadas com adubo fosfatado queimado.

### FILME PROTETOR CONTRA PRAGAS E DOENÇAS

Um produto eficiente e prático, de fácil aplicação, desenvolvido pela Embrapa Clima Temperado (RS), está em fase de testes e promete facilitar a vida dos agricultores na hora de proteger suas plantações contra pragas e doenças, além de reduzir o uso de agrotóxicos. Trata-se de um filme protetor à base de quitosana que é pulverizado sobre a planta. A tecnologia foi testada inicialmente em fruteiras de clima temperado como pêssego, maçã, pera, citros e também feijão. O filme é fotoprotetor, com bloqueio de raios de luz das faixas UV-B e UV-C, biodegradável e de baixo custo.

O produto tem apresentado resultados promissores na indução da resistência a doenças e pragas das plantas, com a grande vantagem de que novas moléculas podem ser adicionadas ao filme para aumentar o seu potencial de atuação. A quitosana é a estrutura molecular que forma a carapaça de crustáceos como siris e caranguejos.

A aplicação é simples e conhecida pelo agricultor. Utiliza-se um pulverizador tratorizado que aplica o produto de maneira aérea sobre a planta, atingindo as folhas, ramos ou frutos. Após secagem rápida, o filme fitoprotetor forma uma película brilhante, flexível e porosa que mantém íntegras as partes da planta e pode ser ingerida pelo consumidor, pois não é tóxica. Além disso, não há penetração do biomaterial no fruto.

Diferentemente de outras pesquisas tecnológicas com a utilização de filmes, até o momento esse é o único produto para pulverização foliar, em avaliação a campo.

Como a película não bloqueia radiação solar nas regiões do azul e do vermelho, ela não afeta os processos de fotossíntese e pode ser usada como recobrimento fotoprotetor de folhas em qualquer tipo de cultura, desde a convencional até a orgânica. A tecnologia apresenta ainda resistência à chuva e a temperaturas de até 60°C.

A expectativa é que a utilização desses filmes na agricultura possa aumentar a eficácia dos agrotóxicos, racionalizar seu uso e manter eficiência no controle de pragas. De acordo com a pesquisadora Ângela Diniz Campos, uma das responsáveis pelo desenvolvimento do filme, como a aderência à planta é bastante resistente, as chuvas não alteram o seu efeito. “Por isso, a necessidade de reaplicações é menor, pois o produto se mantém por até 30 dias aderido à planta”, diz a pesquisadora. (Embrapa Clima Temperado)



### PLANTIO DE MUDA DE CANA PRÉ-BROTADA ELEVA A PRODUTIVIDADE EM 20%

Um novo método de plantio de cana-de-açúcar desenvolvido pelo Centro de Cana do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em Ribeirão Preto, SP, promete melhorar a qualidade do produto e aumentar a produtividade nas lavouras em até 20%. Conhecido como sistema de mudas pré-brotadas, ou MPB, a técnica tem como objetivo produzir cana a partir de mudas de alta qualidade, livres de doenças e pragas, o que garante taxa de multiplicação muito maior que através do plantio tradicional.

No método tradicional, a cana-de-açúcar é cortada em pedaços de 30 a 40 centímetros e enterrada, para que então brote. Segundo o diretor do Centro de Cana do IAC, Marcos Landell, enquanto o produtor utiliza de 18 a 20 toneladas de cana por hectare no método comum, o plantio por MPB demanda dez vezes menos matéria-prima por hectare. “Com essa redução, o produtor pode utilizar a quantidade que iria para o plantio, para vender nas usinas, fazer açúcar e etanol. Isso reduz o custo do plantio, a partir do momento que ele pode vender a sobra da cana”, explica Landell, destacando no sistema MPB, as mudas são produzidas em viveiros e, por isso, também apresentam mais qualidade em termos sanitários – não carregam consigo doenças e pragas, facilmente disseminadas no plantio tradicional.

A produtividade da cana a partir das MPBs também é vista como mais vantajosa em termos de rendimento. Os pesquisadores estimam que o aumento de produtividade já na primeira colheita seja de 20%, mas pode chegar a 40%. “Enquanto a taxa de multiplicação de uma cana plantada mecanicamente é mais ou menos de um para quatro hectares, ou seja, com um hectare de muda você consegue plantar de três a quatro hectares de cana comercial, com um hectare de MPB pode chegar a 100 hectares de cana produzida”, diz Landell. (SIFAEAG)

### SUBSTÂNCIAS HÚMICAS DIMINUEM A BIENALIDADE DO CAFEIEIRO

Uma entre tantas tecnologias que ajudam a diminuir a bienalidade da produção do cafeeiro e melhoram a bebida e a peneira é o uso de substâncias húmicas (SH). As substâncias húmicas (humina, ácido flúvico e ácido húmico) são consideradas a parte final da decomposição da matéria orgânica do solo e representam cerca de 70% do carbono presente no solo.

Os benefícios da suplementação com produtos a base de substâncias húmicas, principalmente os ácidos húmicos, são inúmeros, entre eles: aumento da CTC e melhora da estrutura física do solo e, assim, da retenção de água, do enraizamento e da disponibilidade e absorção de nutrientes; melhor equilíbrio hormonal e metabolismo enzimático das plantas; ação quelatizante e habilidade em minimizar a toxicidade e salinidade dos fertilizantes nos solos.

É fácil observar no campo que, após a aplicação de substâncias húmicas, o primeiro par de folhas do cafeeiro alcança praticamente o dobro do tamanho do par de folhas anterior e o entrenó também fica maior. Isso é resultado do melhor aproveitamento dos nutrientes após as adubações. (Revista Cafeicultura)

## IPNI SCHOLAR AWARD 2017

### PRÊMIO PARA ESTUDANTES DE PÓS-GRADUAÇÃO

Prêmios individuais de US\$ 2,000 (dois mil dólares) serão concedidos pelo IPNI a estudantes de Pós-Graduação em ciências relevantes relacionadas à nutrição de plantas e ao manejo de nutrientes.

São elegíveis ao prêmio os alunos que cursam Mestrado ou Doutorado em Universidades localizadas nos países contemplados com o Programa IPNI e cujas pesquisas visam o uso eficiente de fertilizantes e a manutenção da qualidade ambiental, de modo a garantir a segurança alimentar e nutricional mundial. As áreas incluídas são: agronomia, horticultura, ecologia, fertilidade do solo, química do solo, fisiologia da produção, ciência ambiental e outras.

**Prazo para inscrição: 27 de Abril de 2017**

Os candidatos brasileiros premiados em 2016 e respectivas pesquisas foram:

- **Eduardo Lopes Cancellier**, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. Tese de Doutorado: *Development of bio-based coatings for production of controlled-release fertilizers and availability of controlled-release phosphorus.*
- **Shively Los Galetto**, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. Tese de Doutorado: *Eficiência da adubação fosfatada influenciada pela aplicação de gesso em sistema plantio direto.*
- **Lauren Maine Santos Menandro**, Instituto Agrônomo, Campinas, SP. Dissertação de Mestrado: *Caracterização e aproveitamento agrônomo e industrial de ponteiros e folhas secas da cana-de-açúcar.*
- **Saulo Augusto Quassi de Castro**, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba, SP. Dissertação de Mestrado: *Uso do nitrogênio pela cana-de-açúcar em função da rotação com crotalária, remoção de palha e doses de N.*

Mais informações sobre o prêmio encontram-se no site do IPNI: <http://www.ipni.net/scholar>



## CONCURSO FOTOGRÁFICO DO IPNI – 2017

O International Plant Nutrition Institute (IPNI) continuará, em 2017, a promover o concurso fotográfico sobre deficiências nutricionais com o objetivo de incentivar a observação de campo e aumentar a compreensão sobre as deficiências nutricionais nas plantas.

“Esperamos que esse concurso estimule aqueles que trabalham na produção agrícola e em pesquisas”, disse Dr. Terry Roberts, Presidente do IPNI. “Pesquisadores envolvidos em trabalho sob condições controladas também são convidados a enviar suas fotos. Nós encorajamos consultores, agricultores e outros interessados a fotografar e documentar as deficiências nutricionais nas culturas”.

Os vencedores serão anunciados e notificados no primeiro trimestre de 2018, e os resultados serão publicados no site do IPNI: [www.ipni.net](http://www.ipni.net).

Fotos e informações adicionais podem ser enviadas até 5 de Dezembro de 2017.

Os prêmios são os seguintes:

1° Prêmio: US\$ 250 para a melhor fotografia entre todas as categorias.

1° Prêmio: US\$ 150 e 2° Prêmio: US\$ 100 para a melhor fotografia dentro de cada uma das quatro categorias (Nitrogênio, Fósforo, Potássio e Outros Nutrientes).

Além disso, todos os premiados receberão um USB com uma cópia de nossa mais recente coleção de imagens.

Mais detalhes sobre o concurso são encontrados no endereço: <https://www.ipni.net/photocontest/learn>



Deficiência de potássio em banana. Foto classificada em segundo lugar na Categoria Potássio, em 2016. Crédito: Vinicius Benites, Rio Verde, GO.

## EVENTO DO IPNI

# SIMPÓSIO IPNI BRASIL SOBRE AGRICULTURA DE PRECISÃO COMO FERRAMENTA PARA BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES

**Local:** Anfiteatro do Sesi, Goiânia, GO

**Data:** 4 a 6 de OUTUBRO de 2017

**Inscrições:** Somente através do website do IPNI Brasil:  
<http://brasil.ipni.net>

**Informações:** International Plant Nutrition Institute - IPNI Brasil

Contato: Jéssica Silva Machado

Telefone/fax: (19) 3433-3254 ou (19) 3422-9812

Email: [jmachado@ipni.net](mailto:jmachado@ipni.net)

### PROGRAMA PRELIMINAR

#### 4/OUTUBRO/2017 – QUARTA-FEIRA

08:30-09:00 h Abertura

##### PERÍODO I – INTRODUÇÃO E CONCEITOS

**Moderador: Dr. Luís Ignácio Prochnow, IPNI Brasil**

14:00-14:30 h Abertura

14:30-15:20 h **O que a agricultura de precisão pode oferecer visando melhores campos de produção agrícola?**  
*Dr. Brian Arnall, OSU*

15:20-16:00 h **O que faz o desempenho da cultura variar espacialmente?**  
*Dr. Fabricio Povh, Fundação ABC*

16:00-16:40 h **Qual o direcionamento da agricultura de precisão como uma ferramenta para o manejo racional dos nutrientes das plantas?**  
*Dr. Steve Phillips, IPNI EUA*

16:40-17:10 h Coffee break

17:10-17:40 h **Estado da fertilidade do solo e nutrição das plantas no Brasil.**  
*Dr. Vinicius Benites, Embrapa Solos*

17:40-18:00 h **Conexão entre o conceito 4C e agricultura de precisão.**  
*Dr. Eros Francisco, IPNI Brasil*

18:00-18:45 h Discussão

#### 5/OUTUBRO/2017 – QUINTA-FEIRA

##### PERÍODO I – CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE

**Moderador: Dr. Leandro Gimenez, ESALQ/USP, Piracicaba, SP**

08:30-09:10 h **Estratégias para o manejo da variabilidade espacial dos nutrientes das plantas.**  
*Dr. Antonio Luis Santi, UFSM*

09:10-09:50 h **Estratégias de amostragem para solos e plantas.**  
*Dr. Lucas Amaral, UNICAMP*

09:50-10:30 h **Estratégias de sensores para solos e plantas.**  
*Dr. Brian Arnall, OSU*

10:30-11:00 h Coffee break

11:00-11:40 h **Uso de imagens (VANT/UAV, Satélite).**  
*Dr. Francelino Rodrigues, CYMNIT*

11:40-12:15 h Discussão

12:15-14:00 h Almoço

##### PERÍODO II – APLICAÇÃO DE CONCEITOS, SOFTWARES E FERRAMENTAS

**Moderador: em definição**

14:00-14:40 h **Transformando informações de variabilidade espacial em recomendações.**  
*Dr. Leandro Gimenez, ESALQ/USP, Piracicaba, SP*

14:40-15:20 h **População de plantas em taxa variável e uso eficiente de nutrientes.**  
*Dr. Steve Phillips, IPNI EUA*

15:20-16:10 h **Otimizando a aplicação dos corretivos e fertilizantes em taxa variável.**  
*Dr. John Fulton, Ohio State University*

16:10-16:40 h Coffee break

16:40-17:10 h **Softwares e processamento de dados para agricultura de precisão.**

17:10-18:00 h Discussão

#### 6/OUTUBRO/2017 – SEXTA-FEIRA

##### PERÍODO I – PROVEDORES DE TECNOLOGIA

**Moderador: Em definição**

08:20-08:40 h Provedores: Palestra 1 - Yara Fertilizantes

08:40-09:00 h Provedores: Palestra 2 - INFOAG

09:00-09:20 h Provedores: Palestra 3

09:20-09:40 h Provedores: Palestra 4

09:40-10:00 h Provedores: Palestra 5

10:00-10:30 h Coffee break

10:30-11:10 h Discussão

11:10-12:00 h **Palestra Motivacional: Valorização da agricultura (Palestra e Perguntas).**  
*Dr. Luis I. Prochnow, IPNI Brasil*

12:00-14:00 h Almoço

##### PERÍODO II – PANORAMA E EXEMPLOS DE APLICAÇÃO NO BRASIL

**Moderador: Dr. Rilner Alves Flores, Universidade Federal de Goiás, GO**

14:00-14:30 h **Prestação de serviço em agricultura de precisão no Brasil.**  
*Engº Agrº Pedro H. B. Magalhães, ABPSAP*

14:30-15:00 h **Situação geral do serviço de agricultura de precisão nas cooperativas e exemplo de utilização no Paraná.**

15:00-15:30 h **Resultados de longa duração do manejo da fertilidade do solo utilizando agricultura de precisão.**

15:30-16:00 h **Utilização de agricultura de precisão em grandes culturas.**

16:00-16:30 h Coffee break

16:30-17:00 h Discussão

##### PERÍODO III – Encerramento

**Moderador: Dr. Valter Casarin, IPNI Brasil**

17:00-18:00 h **Agricultura de precisão: situação atual e quais devem ser os nossos objetivos?**  
*Dr. José Molin, ESALQ/USP, Piracicaba, SP*

18:00-18:15 h Considerações finais.

## OUTROS EVENTOS

### 1. VII FÓRUM E EXPOSIÇÃO ABISOLO

**Local:** Expo Dom Pedro, Campinas, SP  
**Data:** 5 e 6/ABRIL/2017  
**Informações:** Abisolo  
Email: [estevan.nascimento@abisolo.com.br](mailto:estevan.nascimento@abisolo.com.br)  
Website: <http://www.forumabisolo.com>

### 2. AGRISHOW 2017

**Local:** Rodovia Antonio Duarte Nogueira, km 321, Ribeirão Preto, SP  
**Data:** 1 a 5/MAIO/2017  
**Informações:** Central de Atendimento  
Telefone: (11) 3598-7834  
Email: [visitante.agrishow@informa.com](mailto:visitante.agrishow@informa.com)  
Website: <http://www.agrishow.com.br>

### 3. II SIMPÓSIO DE CIÊNCIA DO SOLO: INTERFACES, DESAFIOS E INOVAÇÕES

**Local:** Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG  
**Data:** 9 a 12/MAIO/2017  
**Informações:** UFLA - Departamento de Ciência do Solo  
Fone: (35) 3829-1251  
Website: <http://www.dcs.ufla.br>

### 4. XI WORKSHOP AGROENERGIA: MATÉRIAS PRIMAS

**Local:** Centro de Convenções da Cana – IAC, Ribeirão Preto, SP  
**Data:** 27 e 28/JUNHO/2017  
**Informações:** Elaine Abramides - Infobibos  
Email: [eabramides@terra.com.br](mailto:eabramides@terra.com.br)  
Website: <http://www.infobibos.com/agroenergia>

### 5. XXXVI REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA

**Local:** Embrapa Soja, Rodovia Carlos João Strass, s/n, distrito de Warta, Londrina, PR  
**Data:** 28 e 29/JUNHO/2017  
**Informações:** Embrapa Soja  
Email: [soja.eventos@embrapa.br](mailto:soja.eventos@embrapa.br)  
Website: <http://www.rps2017.com.br>

### 6. II WORKSHOP DE MODELAGEM DE SISTEMAS AGRÍCOLAS

**Local:** Sala de Computadores do SiESALQ, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, Piracicaba, SP  
**Data:** 3 a 6/JULHO/2017  
**Informações:** Professor Fábio Marin  
Telefone: (19) 3447-8507  
Email: [fabio.marin@usp.br](mailto:fabio.marin@usp.br)

### 7. VIII SIMPÓSIO TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR

**Local:** Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, Piracicaba, SP  
**Data:** 12 a 14/JULHO/2017  
**Informações:** FEALQ  
Email: [cdt@fealq.org.br](mailto:cdt@fealq.org.br)  
Website: <http://fealq.org.br>

### 8. XLVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – CONBEA 2017

**Local:** Hotel Ritz Lagoa da Anta, Av. Brigadeiro Eduardo Gomes de Brito, 546, Lagoa da Anta, Maceió, AL  
**Data:** 30/JULHO a 3/AGOSTO/2017  
**Informações:** FCAV/UNESP - Departamento de Engenharia Rural  
Email: [sbea@sbea.org.br](mailto:sbea@sbea.org.br)  
Website: <http://www.conbea.org.br>

### 9. XXXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO (CBCS)

**Local:** Belém, PA  
**Data:** 31/JULHO a 4/AGOSTO/2017  
**Informações:** PAUTA.COM  
Email: [atendimento@pautaeventos.com.br](mailto:atendimento@pautaeventos.com.br)  
Website: <http://www.cbcs2017.com.br>

### 10. 18th INTERNATIONAL PLANT NUTRITION COLLOQUIUM (IPNC) PLANT NUTRITION FOR GLOBAL GREEN GROWTH

**Local:** Copenhagen, Denmark  
**Data:** 21 a 24/AGOSTO/2017  
**Boron Satellite Meeting (19/AGOSTO)**  
**Manganese Satellite Meeting (20/AGOSTO)**  
**Informações:** Marianne Sjødahl  
Email: [ipnc2017@discongress.com](mailto:ipnc2017@discongress.com)  
Website: <http://www.ipnc2017.org>

### 11. 11º CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO

**Local:** Centro de Convenções de Maceió, Maceió, AL  
**Data:** 28/AGOSTO a 1/SETEMBRO/2017  
**Informações:** Comunicato Eventos Inteligentes  
Email: [contato@congressodoalgodao.com.br](mailto:contato@congressodoalgodao.com.br)  
Website: <http://www.comunicatoeventos.com.br>

### 12. XIV SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA

**Local:** Cuiabá, MT  
**Data:** 21 a 23/NOVEMBRO/2017  
**Informações:** Fundação MT  
Telefone: (66) 3439-4100  
Website: <http://www.fundacaomt.com.br>

## PUBLICAÇÕES RECENTES

### 1. EROSIÃO NO ESTADO DO PARANÁ - FUNDAMENTOS, ESTUDOS EXPERIMENTAIS E DESAFIOS

**Autores:** Merten, G. H.; Araújo, A. G.; Barbosa, G. M. de C.; 2016.

**Conteúdo:** Esta obra discute os fundamentos teórico-conceituais do processo erosivo e apresenta uma compilação de estudos experimentais – das décadas de 1970, 1980 e 1990 – implementados com o objetivo de quantificar perdas de solo e água em sistemas de produção agropecuária praticados no Estado do Paraná. Faz ainda uma revisão histórica das políticas públicas relacionadas ao tema estabelecidas ao longo desses anos e uma análise crítica sobre a adoção de práticas conservacionistas na atualidade.

**Preço:** R\$ 30,00

**Número de páginas:** 115

**Editora:** IAPAR

Email: [publicacoes@iapar.br](mailto:publicacoes@iapar.br)

Website: <http://www.iapar.br>

### 2. ADUBAÇÃO DE PASTAGENS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO ANIMAL

**Autores:** Santos, M. E. R.; Fonseca, D. M. da; 2016.

**Conteúdo:** Aporte de nutrientes em pastagem tropical: uma necessidade; adubação da pastagem e seus efeitos nas etapas da produção animal; eficiência da adubação de pastagens; objetivos com a adubação de pastagens; preparação para a adubação da pastagem; recomendações de doses de adubo para pastagens; manejo da adubação em pastagens: ênfase no pastejo rotativo; desenvolvimento do pasto adubado; ajustes no manejo do pastejo em pastagens adubadas; produção animal em pastagens adubadas; uso de alimento suplementar em pastagens adubadas; adubação em pastagem diferida; adubação da pastagem em sistemas consorciados.

**Preço:** R\$ 68,00

**Número de páginas:** 311

**Editora:** Editora UFV

Telefone: (31) 3899-3551

Website: <http://www.editoraufv.com.br>

### 3. O CULTIVO DO MILHO-DOCE

**Editores:** Pereira Filho, I. A.; Teixeira, F. F.; 2016.

**Conteúdo:** Nesta publicação estão reunidas informações básicas, que visam suprir os agricultores com técnicas modernas para o cultivo do milho-doce, como: cultivares mais adaptadas às regiões de cultivo, manejo do solo, época e densidade de semeadura, profundidade de plantio, fertilidade, irrigação, manejo de pragas e doenças e de plantas daninhas, colheita e manuseio pós-colheita, colheita mecanizada, transporte e armazenamento e aspectos econômicos da cultura.

**Preço:** R\$ 16,25

**Número de páginas:** 298

**Editora:** Embrapa Milho e Sorgo

Fone: (31) 3027-1100

Website: [www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)

### 4. MANUAL DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O ESTADO DO PARANÁ

**Editora:** SBCS, Núcleo Estadual do Paraná; 2016.

**Conteúdo:** Produzido por mais de 70 pesquisadores, o manual é uma obra de cunho aplicado que traz desde informações básicas e orientações sobre a obtenção de dados e critérios para a adubação e calagem, até orientações para a definição de doses e estratégias de aplicação de corretivos de solo e nutrientes para a maioria das espécies comercialmente cultivadas no Paraná.

**Preço:** R\$

**Número de páginas:** 503

**Editora:** SBCS - NEPAR

Telefone: (43) 3376-2467

Website: <http://www.sbcns-nepar.org.br>

### 5. CITROS: DO PLANTIO À COLHEITA

**Autores:** Siqueira, D. L. de; Salomão, L. C. C.; 2017.

**Conteúdo:** Origem e dispersão dos citros; importância econômica, social e alimentar dos citros; taxonomia; morfologia; desenvolvimento da planta e do fruto; clima e solo; cultivares; porta-enxertos; propagação; melhoramento genético; formação do pomar; cultivos intercalares; práticas culturais; distúrbios fisiológicos dos frutos; técnicas para aumentar a fixação e tamanho dos frutos e reduzir a alternância de produção; poda dos citros; colheita e pós-colheita dos citros.

**Preço:** R\$ 112,00

**Número de páginas:** 278

**Editora:** Editora UFV

Telefone: (31) 3899-3551

Website: <http://www.editoraufv.com.br>

### 6. PEDOLOGIA FÁCIL: APLICAÇÕES EM SOLOS TROPICAIS - 5ª edição

**Autor:** Hélio do Prado; 2016.

**Conteúdo:** O livro permite ordenar os critérios práticos de classificação de solos do Brasil de acordo com os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de solos (SiBCS, 2013); correlacionar a classificação de solos do Brasil com a dos solos dos sistemas de classificação dos Estados Unidos e WRB/FAO; informar, na nomenclatura dos Estados Unidos, quais são os solos predominantes em todos os países tropicais; interpretar os dados químicos e granulométricos dos perfis de solos do Brasil; apresentar a régua de ambientes de produção de cana-de-açúcar no manejo básico (régua pedo climática); demonstrar os cálculos do valor da terra nua de uma propriedade rural; exemplificar a evolução das produtividades de cana-de-açúcar ao longo de décadas com base no manejo avançado; elaborar grupos de manejo.

**Preço:** R\$ 120,00

**Número de páginas:** 271

**Editora:** FUNDAG

Telefone: (19) 3739-8035

Website: <http://fundag.br>

## OLHA O AGRONEGÓCIO AÍ, GENTE!!!

**Valter Casarin**

**P**elo segundo ano consecutivo, o agronegócio brasileiro foi tema de enredo no desfile das escolas de samba do Rio de Janeiro, porém, de maneira distinta. Enquanto em 2016 a Unidos da Tijuca homenageou a cidade de Sorriso, MT, exaltando a agricultura e a ligação do homem com a terra, em 2017 a Imperatriz Leopoldinense, com o tema "Xingu, o clamor que vem da floresta", criticou o agronegócio brasileiro e a violência sofrida pelos índios.

Creio que não cabe aqui questionar o samba enredo da escola Imperatriz Leopoldinense, pois acredito que a maioria dos nossos leitores reconhece a importância do agronegócio na sustentação da economia brasileira, na geração de empregos e na produção de alimentos. Da mesma forma, não devo utilizar esse espaço para discutir o mérito da demarcação das terras indígenas no país.

Durante muito tempo, a classe agrícola brasileira tem se dedicado a esclarecer à sociedade a importância do agronegócio no cotidiano de cada cidadão. Esses esforços estão presentes em várias ações de diversas entidades. Assim fez a escola Unidos da Tijuca em seu enredo, de forma muito positiva, exaltando o homem do campo e o destacando como aquele que provê o alimento para o sustento das famílias:

*...O homem do campo ara a terra com bravia devoção.*

*Planta, cultivada, feito as flores que colorem esse chão.*

*Tudo verdinho e brotado, alimenta tua família com os frutos do meu roçado...*

O agronegócio brasileiro jamais deve ser desrespeitado, haja vista que há muito tempo é o grande esteio da nossa economia. Em 2016, mesmo em época de crise, atingiu aproximadamente 25% do total do PIB. Trata-se de um setor que gera oportunidades e desenvolvimento. Em muitos quesitos o agronegócio é notável. O setor agropecuário representa 48% das exportações totais do país. O Brasil é o maior exportador de suco de laranja, açúcar, café, carne (bovina, frango) e celulose. Além disso, é um setor que emprega 19 milhões de pessoas (20% dos empregos do país), dos quais a agricultura familiar responde por 11,5 milhões.

Da mesma forma, é necessário respeitar os produtores rurais, heróis anônimos que diante das adversidades de clima, solo, logística e política econômica conseguem transmutar as dificuldades em conquistas para o país.

Por isso, toda campanha que valoriza o setor agrícola é bem-vinda, como é o caso daquela veiculada em um canal televisivo: "Agro é Tech, Agro é Pop, Agro é tudo".

O agronegócio é o nosso melhor negócio! *Ó abre alas, que ele quer passar!!*



### INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE

Avenida Independência, nº 350, Edifício Primus Center, salas 141 e 142  
Fone/Fax: (19) 3433-3254 / 3422-9812 - CEP 13416-901 - Piracicaba (SP) - Brasil

LUÍS IGNÁCIO PROCHNOW - Diretor, Engº Agrº, Doutor em Agronomia  
E-mail: [lprochnow@ipni.net](mailto:lprochnow@ipni.net)

VALTER CASARIN - Diretor-Adjunto, Engº Agrº, Engº Florestal, Doutor em Ciência do Solo  
E-mail: [vcasarin@ipni.net](mailto:vcasarin@ipni.net)

EROS FRANCISCO - Diretor-Adjunto, Engº Agrº, Doutor em Agronomia  
E-mail: [efrancisco@ipni.net](mailto:efrancisco@ipni.net)

### MEMBROS DO IPNI

- Agrium Inc.
- Arab Potash Company
- BHP Billiton
- CF Industries Holding, Inc.
- Compass Minerals Plant Nutrition
- International Raw Materials Ltd.
- Kingenta Ecological Engineering Group Co., Ltd.
- K+S
- OCP S.A.
- PhosAgro
- PotashCorp
- Shell Sulphur Solutions
- Simplot
- Sinofert Holdings Ltd.
- The Mosaic Company
- Uralchem, JSC
- Uralkali
- Yara International ASA

### MEMBROS AFILIADOS AO IPNI

- Arab Fertilizer Association (AFA)
- Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA)
- Fertiliser Association of India (FAI)
- Fertilizer Canada
- Fertilizers Europe
- International Fertilizer Industry Association (IFA)
- International Potash Institute (IPI)
- The Fertilizer Institute (TFI)
- The Sulphur Institute (TSI)