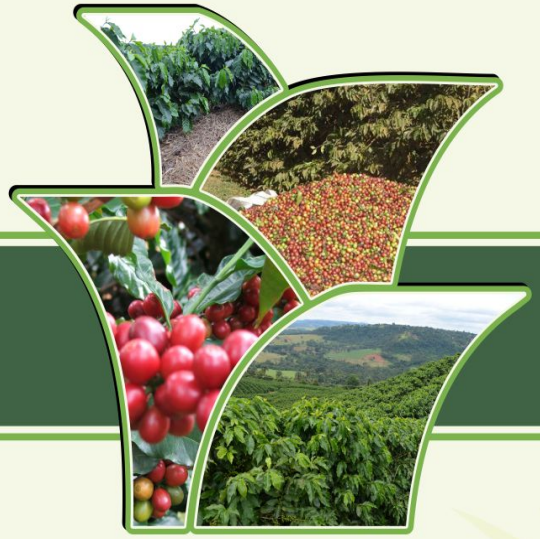


Simpósio IPNI Brasil

BOAS PRÁTICAS PARA USO EFICIENTE DE FERTILIZANTES EM CAFÉ

Poços de Caldas - MG • 27 e 28 DE SETEMBRO/2016

NOVAS FONTES DE FERTILIZANTES

Heitor Cantarella
Centro de Solos e Recursos Ambientais
Instituto Agronômico, Campinas (IAC)

Temas

- Eficiência de uso de nutrientes
  - Principais causas de perdas
- Fertilizantes de liberação lenta
- Fertilizantes de liberação controlada
- Fertilizantes contendo aditivos
- Comentários finais

Eficiência de Uso de Fertilizantes

IPNI (Cantarella2016)

Eficiência média de uso de nutrientes

- **N: 40 – 60%**
- **P: 10 – 30%**
- **K: 50 – 70%**
  - **O que significam esses números?**
  - **Qual o horizonte de tempo?**
    - **Curto prazo: $$$**
    - **Baixa eficiência em longo prazo: perda ou imobilização permanente**

IPNI (Cantarella2016)

Estimativas de consumo e exportação de nutrientes pela colheita por culturas no Brasil no período 2009-2012

Cultura	Consumo de nutrientes			Exportação pela colheita		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
	---------- Mt ----------			---------- % ----------		
Milho	3,35	2,13	2,10	79	96	65
Cana	2,88	1,00	3,13	80	70	67
Arroz	0,58	0,33	0,28	103	74	91
Laranja	0,28	0,11	0,21	51	28	67
Café	1,44	0,40	1,01	20	11	45

Fonte: Cunha et al., 2014 (IPNI)

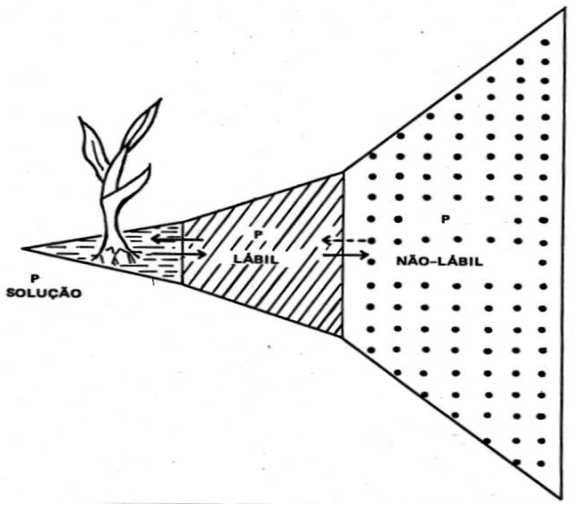
BALANÇO DE NUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA – 2009 A 2012

José Francisco da Cunha[1] Valter Casarin[1]
Eros Artur Bohac Francisco[1] Luís Ignácio Prochnow[1]

IPNI (Cantarella2016)

Eficiência de uso de fosfatos

- Depende da solubilidade (& modo de aplicação)
  - Fosfatos naturais: dependem da reação com o solo para disponibilizar o P para as plantas
  - Fosfatos solúveis:
    - Reação com o solo (fixação) é principal risco



$P_{fertiliz} \rightarrow P_{solução} \leftrightarrow P_{lábil} \rightarrow P_{não\text{-}lábil}$

Reações de P com Ca, Fe ou Al determinam, em grande parte, a biodisponibilidade de P

IPNI (Cantarella2016)

Fertilizantes potássicos

- **Principais fatores que afetam eficiência:**
  - **Efeito salino (KCl)**
  - **Lixiviação**
    - **Aplicações localizadas e com altas doses**
    - **Solos arenosos**

IPNI (Cantarella2016)

Perdas de N no solo

- **Lixiviação**
- **Desnitrificação**
- **Volatilização de amônia (NH_3)**

IPNI (Cantarella2016)

Lixiviação de nitrato

- Nitrificação é relativamente rápida (dias/semanas) em solos com umidade e pH corrigido
- Nitrato (NO_3^-) não é retido no solo (predominância de cargas negativas na superfície)
- Perda por lixiviação de nitrato pode ser importante se dose de N for alta e não houver plantas para absorvê-lo
- Nitrato é movimentado no solo com a água da chuva ou irrigação

$$NH_4^+ + 1{,}5\ O_2 \xrightarrow{\text{Nitrosomonas}} NO_2^- + H_2O + 2\ H^+$$

$$NO_2^- + 0{,}5\ O_2 \xrightarrow{\text{Nitrobacter}} NO_3^-$$

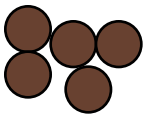
Volatilização de amônia

NH_4^+ ⇌ $NH_3 + H^+$

solo ácido — solo alcalino

Condições:

- pH alto: qualquer fertilizante com N amoniacal
- Solos brasileiros são predominantemente ácidos
- Ureia: hidrólise eleva pH ao redor dos grânulos



pH 6,5 a 9,0

IPNI (Cantarella2016)

Volatilização de amônia (ureia)

$$(NH_2)_2CO \xrightarrow[\text{urease}]{} NH_3 + CO_2 \text{ (gases)}$$

Condições:

- umidade
- presença da enzima
- independe do pH do solo
- resíduos de plantas aumentam perdas
- risco de perdas altas (até 40-60% do N aplicado

IPNI (Cantarella2016)

BPM: boas práticas de manejo de fertilizantes

Teoria do 4-C

- Fertilizante certo
- Dose certa
- Local certo
- Época certa

Debate promovido pelo IPNI

IPNI (Cantarella2016)

Fertilizantes de Eficiência Aumentada

Fertilizantes de Liberação Lenta

IPNI (Cantarella2016)

Alternativas aos Fertilizantes Convencionais

- **"Fertilizantes de Eficiência Aumentada*"**
  - **A) Fertilizantes de liberação lenta/controlada**
    - Recobertos, encapsulados, insolúveis etc.
  - **B) Fertilizantes estabilizados**
    - Contêm aditivos ou inibidores

***Enhanced efficiency fertilizers (EEF)**

IPNI (Cantarella2016)

Fertilizantes de eficiência aumentada*

- **Fornecer nutrientes acompanhando a necessidade da planta**
- **Reduzir necessidade de parcelamento**
- **Diminuir perdas**
  - **Produtos de baixa solubilidade**
  - **Liberação lenta**
  - **Inibidores**

IPNI (Cantarella2016)*Enhanced-Efficiency Fertilizers

Fertilizantes nitrogenados de liberação lenta

- **Ureaformaldeído (UF): 38%N**
- **Isobutilidene diureia (IBDU) 31%N**
- **Crotonilidene diureia (CDU): 32%N**
  - **Entre outros**

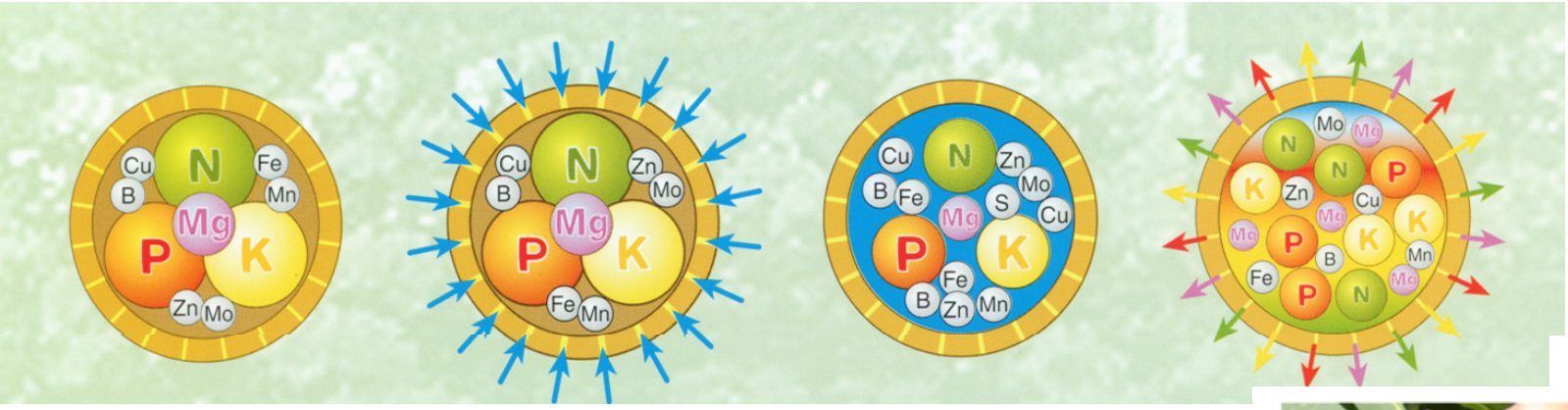
- ***Não são novos: conhecidos há muito tempo***
- ***Participação decrescente no mercado de FEA***
- ***Café: Versões de ureaform no mercado, especialmente para café em formação***

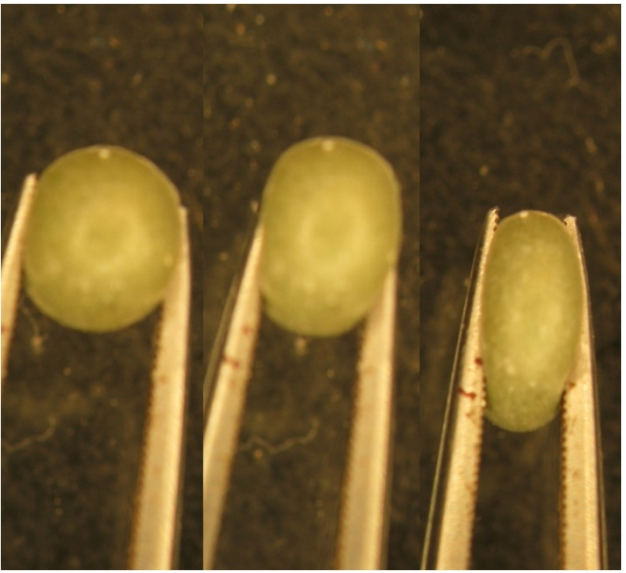
IPNI (Cantarella2016)

Fertilizantes de Liberação Controlada

IPNI (Cantarella2016)

Fertilizantes encapsulados ou recobertos *(polímeros ou resinas)*



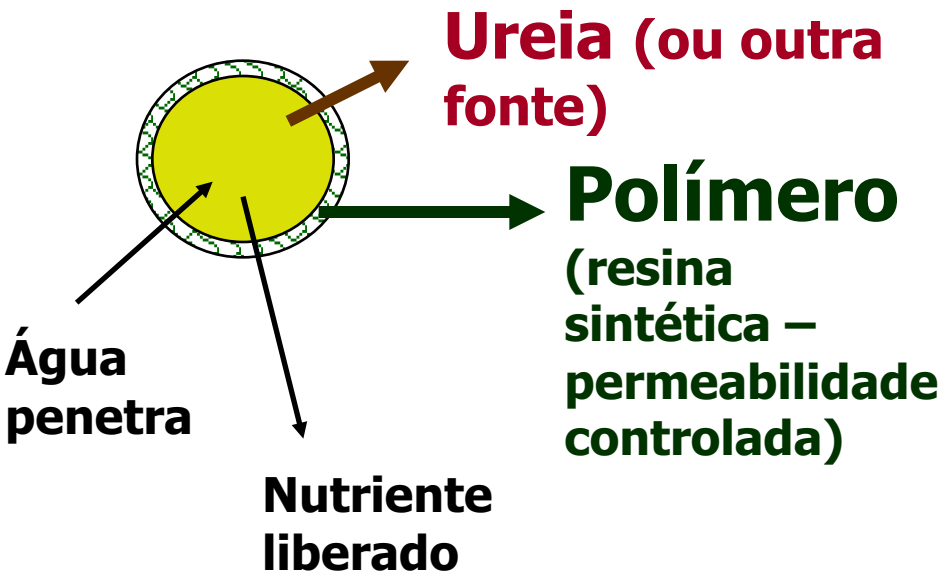


Mecanismo de funcionamento

1. Água penetra no grânulo pelos poros do polímero
2. Dissolve nutrientes = aumenta pressão osmótica
3. Solução sai por difusão

IPNI (Cantarella2016)

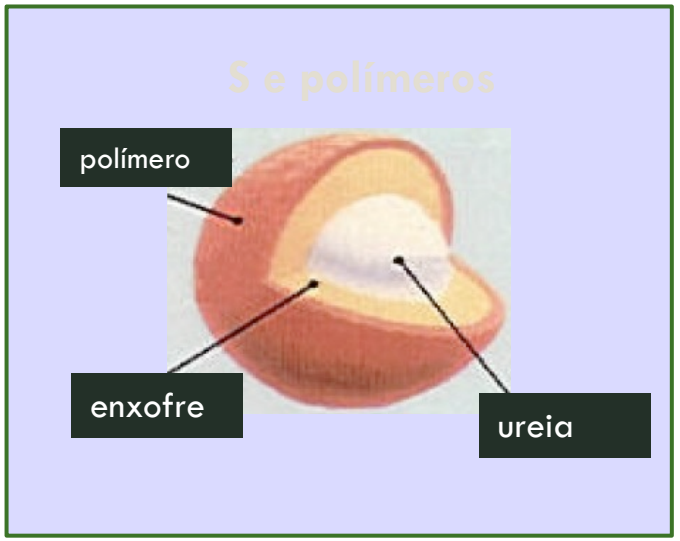
Fertilizantes nitrogenados de liberação controlada – Coberturas com polímeros



Vários produtos, com diferentes tecnologias de produção da cobertura

Osmocote; Meister
Nutricote; Poly-S

Liberação é controlada pela composição ou espessura do recobrimento:
Ex. 80% liberado em 30 dias, 90 dias etc



IPNI (Cantarella2016)

Liberação controlada de nutrientes em fertilizantes recobertos com polímeros

Temperatura média do solo	3 M	6 M	9 M	12 M
	Tempo médio para liberação (meses)			
15 °C	4 a 5	6 a 7	9 a 10	13 a 14
21 °C	3 a 4	5 a 6	8 a 9	11 a 12
27 °C	2 a 3	4 a 5	7 a 8	10 a 11

Prazo para liberação dos nutrientes controlado pelas características do material de cobertura e pela temperatura do solo

IPNI (Cantarella2016)

Compo, 2010

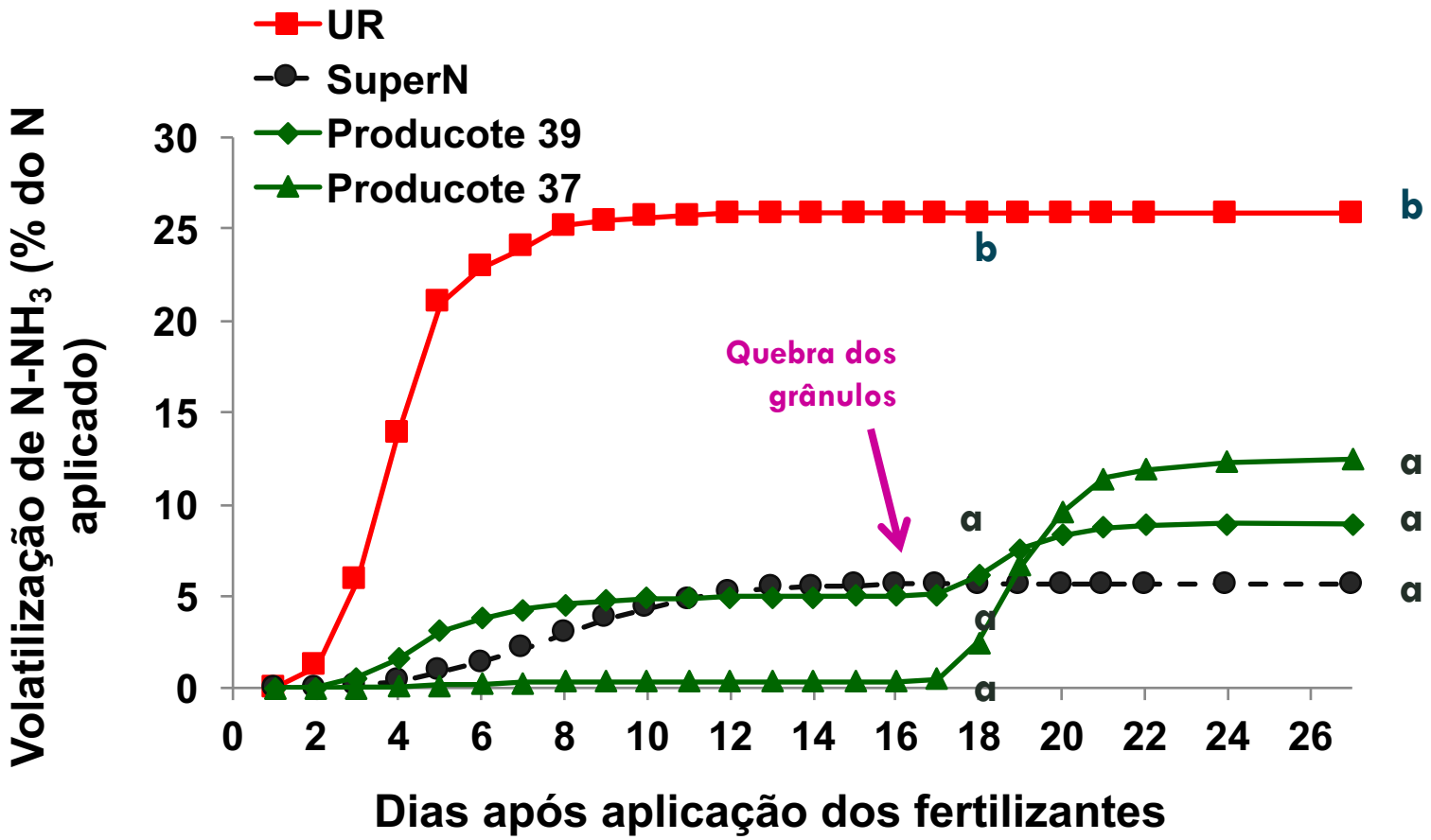
ALGUNS RESULTADOS COM FEA

IPNI (Cantarella2016)

Câmaras de volatilização

IPNI (Cantarella2016)

Perdas cumulativas de NH_3



Tukey, P≤ 5%

IPNI (Cantarella2016)

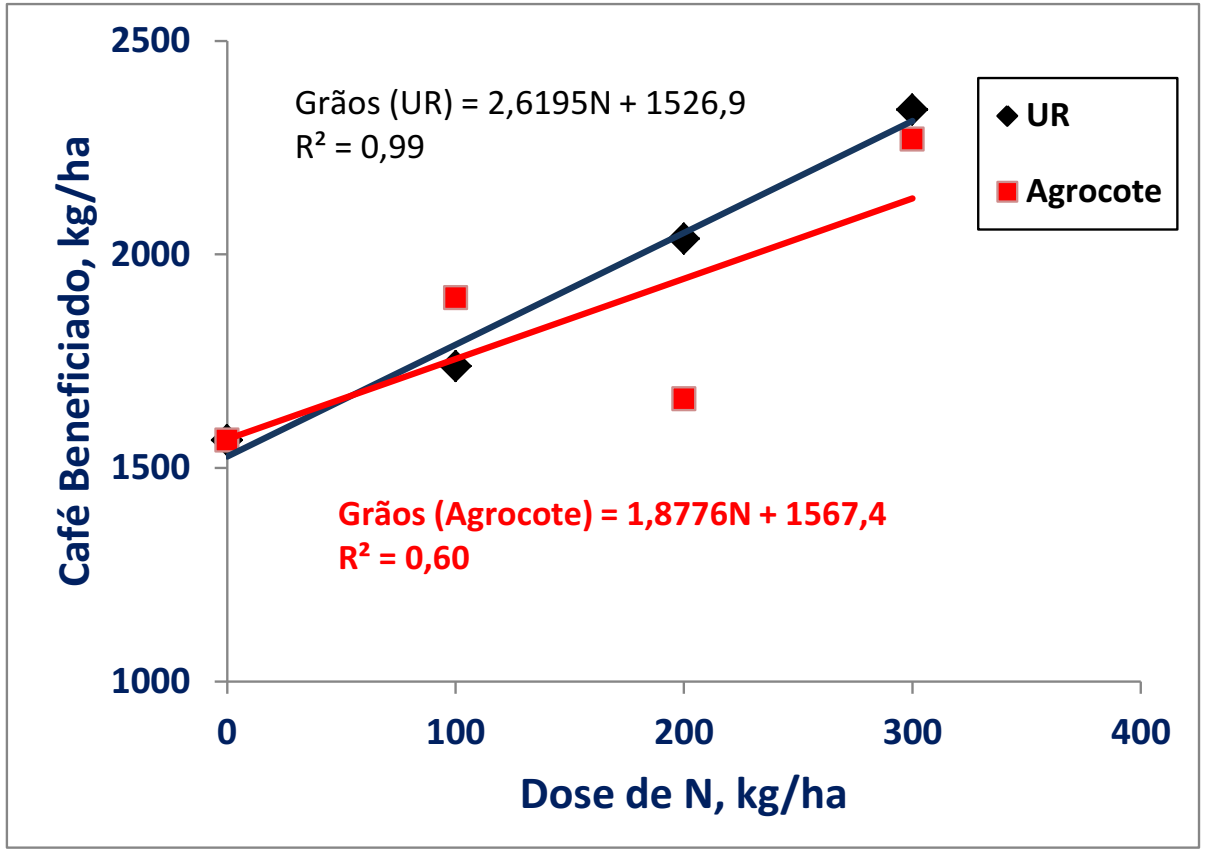
Volatilização acumulada

Fertilizante	Volatilização de NH_3	
	Até 16 dias (antes da quebra dos fertilizantes)	Total
	------ % do N aplicado ----	
UR	26 b	26 b
SuperN (NBPT)	6 a	6 a
Producote 39	5 a	9 a
Producote 37	0,4 a	12 a
CV(%)	28	28

Tukey, P≤ 5%

IPNI (Cantarella2016)

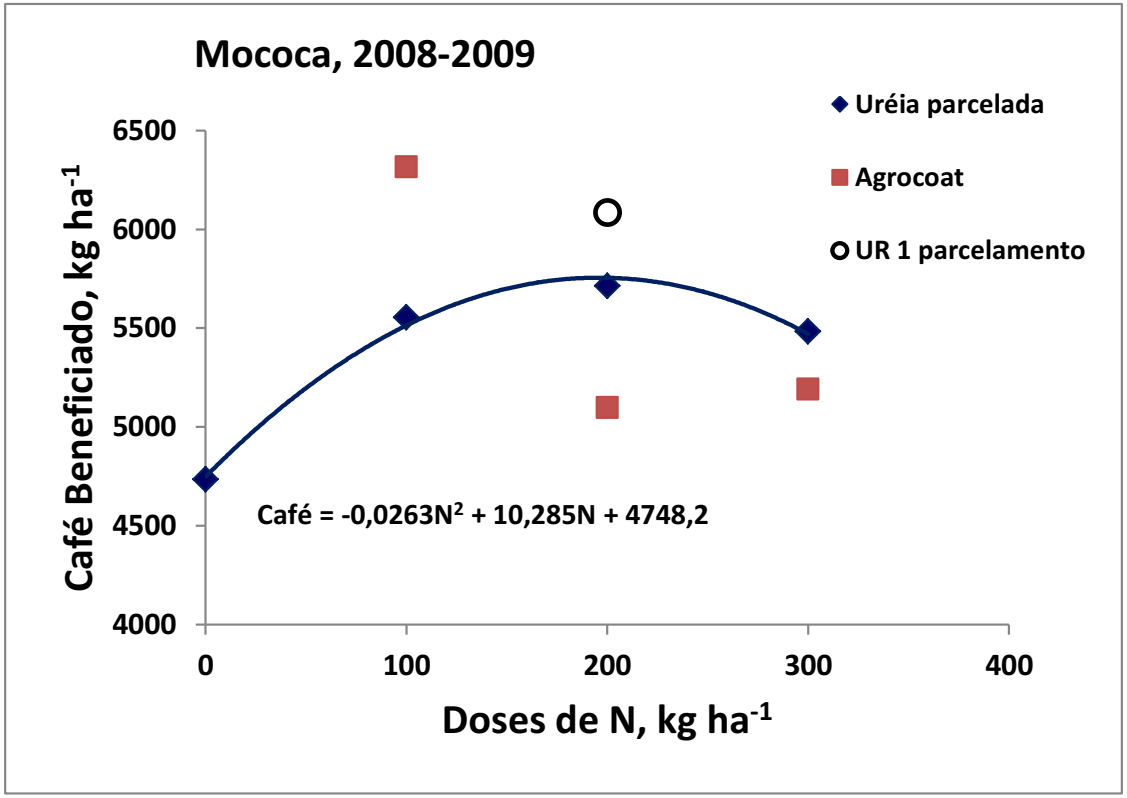
Ureia x ureia liberação controlada em café: 2008



Sem diferença entre ureia liberação controlada e ureia parcelada em 3 vezes

Fonte: Cantarella & Gallo (2010)

Ureia x ureia liberação controlada em café: 2009



Sem diferença entre ureia liberação controlada e ureia parcelada em 3 vezes

Efeito residual; alta produtividade e variabilidade

Fonte: Cantarella & Gallo (2010)

Café irrigado do cerrado: Liberação lenta (x1) vs solúveis (4 parcel).

Tratamentos	Produção de café beneficiado nos anos				
	2010	2011	2012	2013	Soma
	---------- kg/ha ----------				
Testemunha	1554 a	684 b	636 b	420 c	3294 b
Solúvel(1), parcel (4)	1674 a	1098 b	3240 ab	1740 ab	7752 ab
LL(2) 100	1920 a	1554 ab	3846 a	1782 ab	9102 a
LL (-20%)	1428 a	3258 a	3888 a	1812 ab	10386 a
LL (-40%)	1506 a	2112 ab	4380 a	2076 a	10074 a
LL (-60%)	1704 a	690 b	2778 ab	1380 b	6552 ab
CV	33	26	33	19	33
Dose de N e K_2O(3)	*393, 270*	*501, 396*	*501, 396*	*501, 396*	*501, 396*

LL: Agrocote F31-00-00+13S e F00-00-51+14S) aplicados em outubro; Solúveis: ureia, SA, KCl, aplicados de outubro a março.

Sem diferença entre fontes na maioria dos casos

IPNI (Cantarella2016)

Santinato et al., 2013

Fertilizantes de Eficiência Aumentada - Conclusão

- É possível aumentar a eficiência de uso
  - Especialmente quando há redução de perdas
- FLL ou FLC permitem redução de parcelamentos

IPNI (Cantarella2016)

Fertilizantes de liberação lenta ou controlada:

- **Muitos resultados positivos na literatura**
  - **Aumento da EUN**
  - **Dispensa parcelamentos**
- **Às vezes a liberação do nutriente não é a pretendida: resultados desfavoráveis ou iguais às fontes solúveis**
  - **Falhas no recobrimento**
  - **Condições solo/clima não favorecem liberação/dissolução: liberação do N antes ou depois do pretendido**

IPNI (Cantarella2016)

Relação de preços de fertilizantes LL/C pode ser limitante

SCU – PCSCU	2:1
UF	3 a 5:1
Polímeros	4 a 8:1

Custo do polímero: 10 a 30 vezes o custo do fertilizante

Indústrias no Japão, Israel e EUA trabalham para reduzir custo de fertilizantes LL/C

Mercado pequeno mas em grande crescimento

IPNI (Cantarella2016)

Fertilizantes Contendo Aditivos

IPNI (Cantarella2016)

Fertilizantes Estabilizados

Fertilizantes convencionais contendo aditivos para reduzir perdas

- **Inibidores de nitrificação**
- **Inibidores de urease**

- **Há também aditivos com o propósito de reduzir fixação de P**
  - **Eficiência precisa ser testada**

IPNI (Cantarella2016)

Inibidores de Nitrificação: *reduzir perdas por lixiviação de nitrato*

$NH_4^+ + 1{,}5\ O_2 \xrightarrow{X} NO_2^- + H_2O + 2H^+$

$NO_2^- + 0{,}5\ O_2 \longrightarrow NO_3^-$

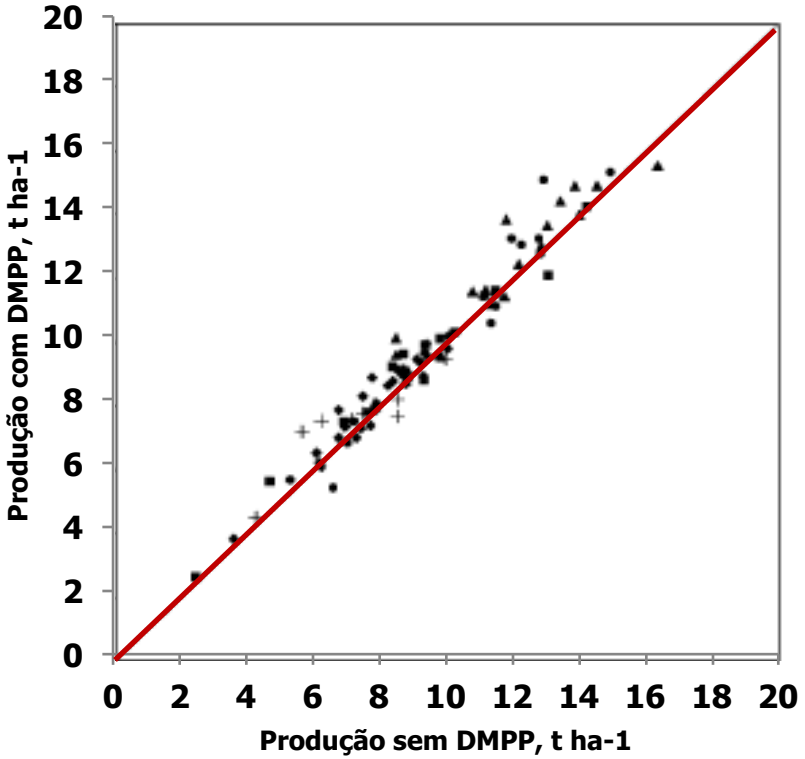
Muitos compostos testados

- Nitrapirina (2-cloro-6-(triclorometil) piridina)
  - Para fluidos
  - Relativo sucesso no mercado americano
- Dicianodiamida (DCD)
  - Bom efeito mas doses são relativamente altas
  - É também fertilizante de liberação lenta (65% N)
- DMPP (fosfato de 3,4-dimetil pirazole)
  - Mistura com fertilizantes sólidos
  - Bom potencial.

IPNI (Cantarella2016)

Inibidor de nitrificação (DMPP): 86 experimentos

Trigo inverno: 28 Milho: 14
Batata: 21 Beterraba: 15
Arroz inundado: 8



Na maioria dos ensaios a produção com o inibidor foi mais elevada:

Ganhos (t ha^{-1}):

Trigo: + 0,25

Milho: + 0,24

Batata: + 1,6

Beterraba: + 0,24

Arroz: +0,29

IPNI (Cantarella2016)

Pasda et al., 2001

Inibidores de nitrificação: resumo

- Efeitos positivos em apenas parte dos experimentos
- Potencial em solos leves e com riscos de lixiviação
- Nem sempre são substitutos para bom manejo mas, oferecem flexibilidade para alternativas de manejo (antecipação de aplicação, redução de parcelamentos)
- Em café?????

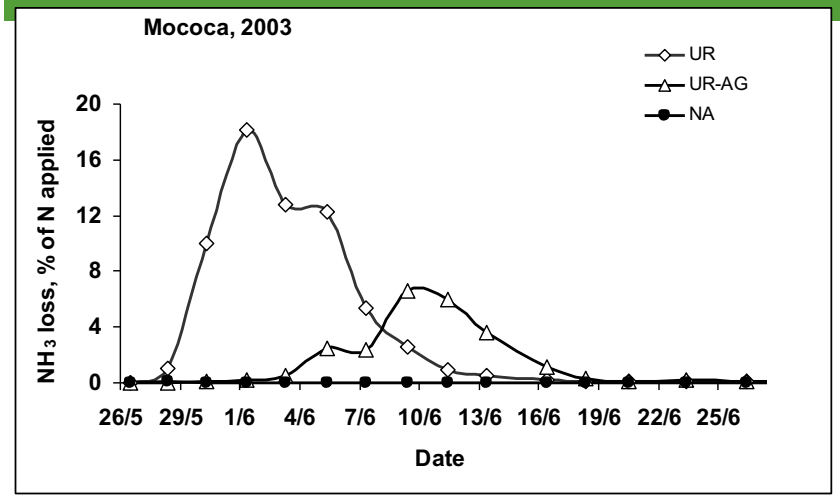
IPNI (Cantarella2016)

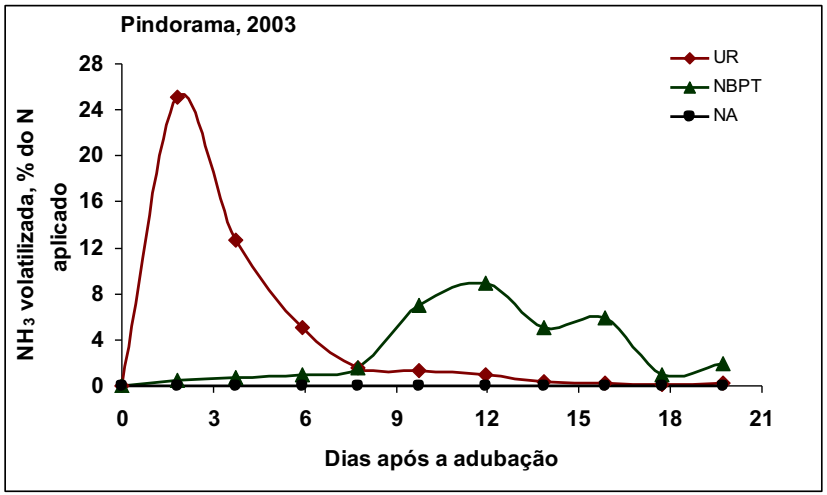
Inibidores de urease

- **Finalidade: reduzir perdas de N por volatilização de NH_3 com o uso de ureia**
- **Literatura: > 14.000 compostos ou misturas testadas como inibidor de urease de solos (Kiss & Simihaian, 2002)**
- **Produtos comerciais à base de NBPT**
  - **Outras formulações devem entrar no mercado em breve**

IPNI (Cantarella2016)

Fundamento para ação dos inibidores de urease



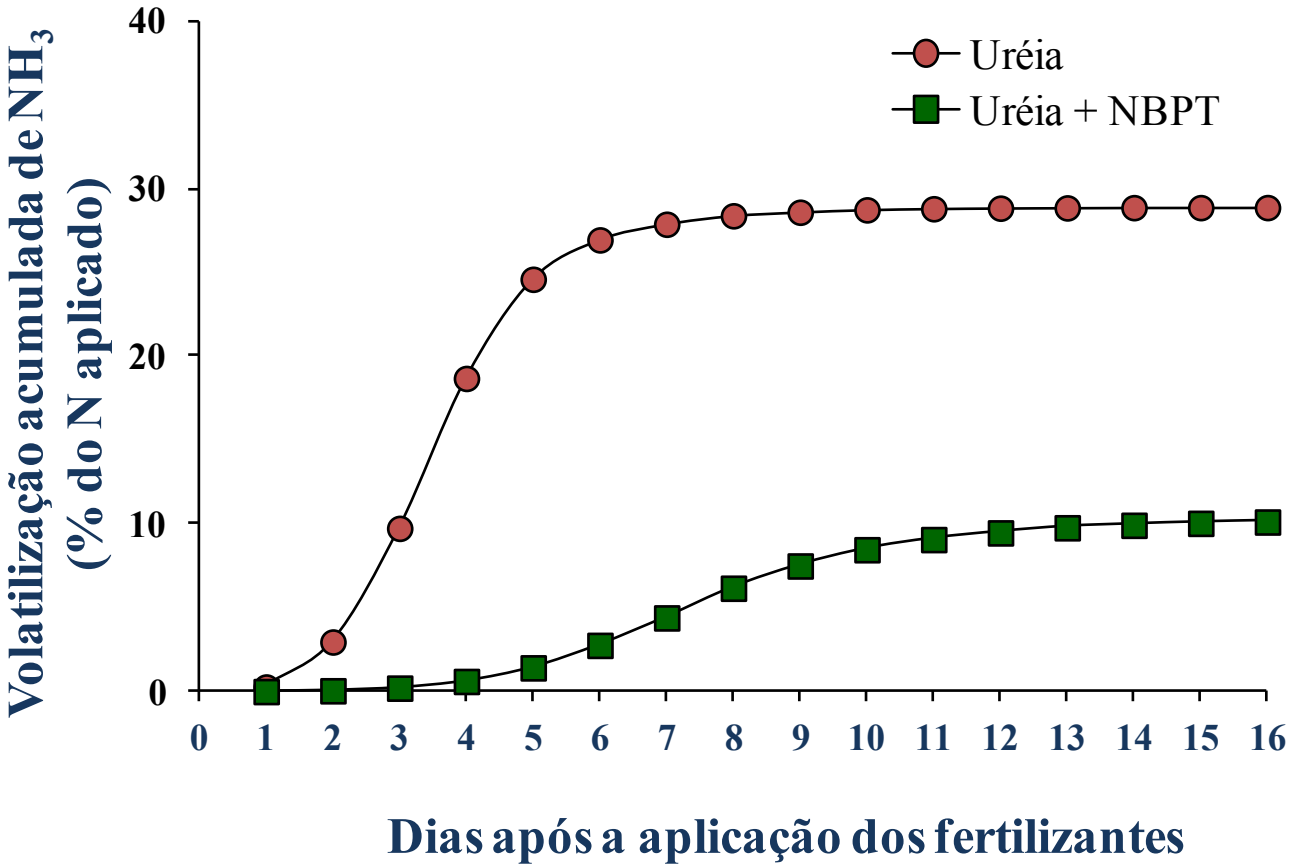


- **Retardar hidrólise de ureia e reduzir perdas de NH_3**
- **Estabilidade: 3 a 15 dias (T, umidade):**
  - **Brasil: 3 a 7 dias**
- **NBPT reduz e atrasa o pico de hidrólise em relação ao da ureia sem inibidor.**
- **Em temperaturas mais baixas o efeito do NBPT é mais duradouro.**

IPNI (Cantarella2016)

Dados: Cantarella et al., 2005

Inibidores de urease: resultado típico



IPNI (Cantarella2016) **Soares, 2011**

Perdas de NH_3 em campo. Brasil

Cultura/Local	Volatilização de NH_3 (Percentagem de redução comparado à uréia)	
	UR	UR-NBPT
	-------- % do N aplicado -----	
Milho Mococa	45	24 (47)
Milho Rib. Preto	37	5 (85)
Milho Mococa	64	22 (65)
Milho e Pindorama	48	34 (29)
Pastagem 1	18	6 (69)
Pastagem 2	51	22 (56)
Pastagem 3	18	3 (83)
Pastagem 4	18	2 (89)
Média	*37*	*15 (60)*

IPNI (Cantarella2016)

Cantarella, 2005

Resposta de milho a N-ureia (com ou sem NBPT). Brasil

Fonte de N	Média de 7 locais responsivos a N	
	Rendimento	Acréscimo
	------- kg/ha de grãos -----	
UR	7045	-
UR+NBPT	7405	351
NA	7526	471

Resultados são médias de 3 doses de N

Cantarella et al., 2003

NBPT é menos efetivo para controlar perdas de NH_3 em solos ácidos

Tratamentos	Perda acumulada de NH_3 em solo com pH ajustado					
	pH 4,5		pH 5,4		pH 6,1	
	% do N aplicado					
UR	26	Ab	26	Ab	32	Aa
UR + NBPT	21	Ba	18	Bb	19	Bab
Redução (%)	19		31		41	

Médias com a mesma letra maiúscula na vertical e minúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste Tukey, $p \leq 0,10$.

Soares et al., 2011

IPNI (Cantarella2016)

NBPT:

- O NBPT não elimina mas reduz as perdas de NH_3 permitindo o aumento da eficiência de uso da ureia
- Eficiência depende de condições ambientais
- Quanto maior o risco de perdas de NH_3, maior pode ser o benefício do uso do inibidor

IPNI (Cantarella2016)

Comentários

- **FEAs ganham espaço**
  - **Produtos com inibidores já tem fatia considerável de alguns mercados**
  - **Liberação lenta/controlada: aos poucos deixam de ser produtos de nicho**
    - **$$**
  - **Há produtos no mercado (recobertos com polímeros) que não realizam o que a propaganda diz.**
    - **Redução de doses para justificar produtos mais caros**
      - **Nem sempre o benefício paga o custo adicional**

IPNI (Cantarella2016)

Quando é viável reduzir doses com FEA?

- **Quando o aumento da eficiência implica em redução de perda para o ambiente**
  - **Volatilização de NH_3; lixiviação (N, K, etc)**
    - **Para alguns casos, o parcelamento é uma opção para reduzir perdas.**
- **É difícil dimensionar perdas a priori. Geralmente estão associadas a fatores climáticos**

IPNI (Cantarella2016)

Quando é arriscado reduzir doses com FEA?

- **Quando os ganhos com a redução das doses não são, pelo menos parcialmente, apropriados pelo agricultor**
  - **Redução de doses pode implicar em redução do estoque de nutriente no solo (diminuição da fertilidade a médio prazo)**
    - **As doses recomendadas em muitas situações estão próximas da exportação.**
    - **P tem longo efeito residual. O K também é retido no solo (exceto em solos muito arenosos). O N se acumula na fração orgânica e é responsável pelo suprimento das plantas em longo prazo.**

IPNI (Cantarella2016)

Como pagar pela tecnologia dos FEA?

- **Considerar o custo extra como seguro contra perdas**
  - **Preço não pode ser muito diferente de opções de manejo/outras fontes**
- **Compensar com conveniências ou reduções de outros custos**
  - **Facilidade de operação**
  - **Economia com equipamentos, mão de obra e tempo**

IPNI (Cantarella2016)

Obrigado

Heitor Cantarella

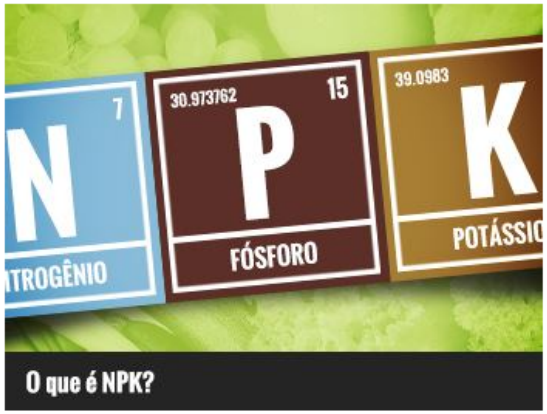
cantarella@iac.sp.gov.br

Nutrientes Para a Vida

Home | Quem Somos | Aprendendo sobre Nutrientes | Novidades | Vídeos | Perguntas Frequentes | Fale Conosco

Visite-nos em http://www.nutrientesparaavida.org.br/

Saiba mais sobre o NPK



5 Fatos sobre Fertilizantes

Vídeos