

Inverno no Paraná



Inverno na cidade de Quebec



O papel da agricultura conservacionista na mitigação das emissões de N_2O e NH_3 por solos agrícolas

Philippe Rochette
Agriculture et Agroalimentaire Canada
Québec

Agricultura Conservacionista

« A concept for resource-saving agricultural crop production that strives to achieve acceptable profits together with high and sustained production levels while concurrently conserving the environment »

(F.A.O., 2000)

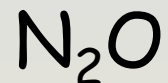
While conservation agriculture aims at conserving all environmental aspects, most practices deal with soil and water issues

tradução
pelo Prof.
Celso Aita
(UFSM)

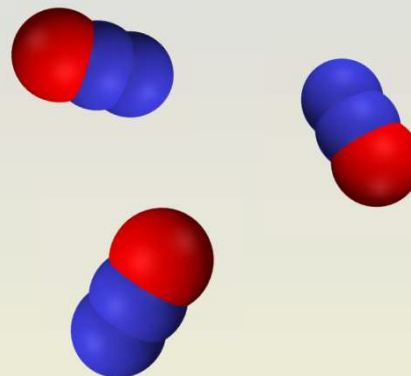
Quais são os impactos das práticas conservacionistas sobre as emissões de N_2O e NH_3 ?

Como nós podemos minimizar tais emissões?

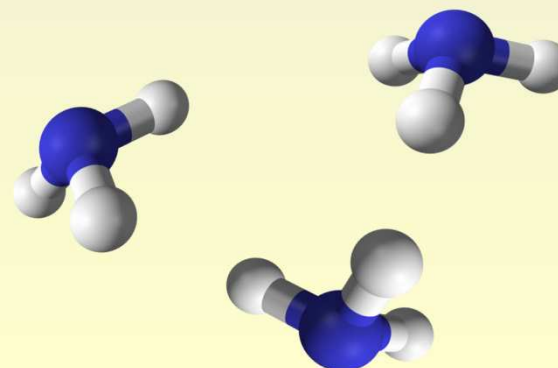
Sumário da Apresentação



- Production & Controls
- Conservation Practices:
 - No-till
 - N Fertilization
 - Legumes
 - Cover crops



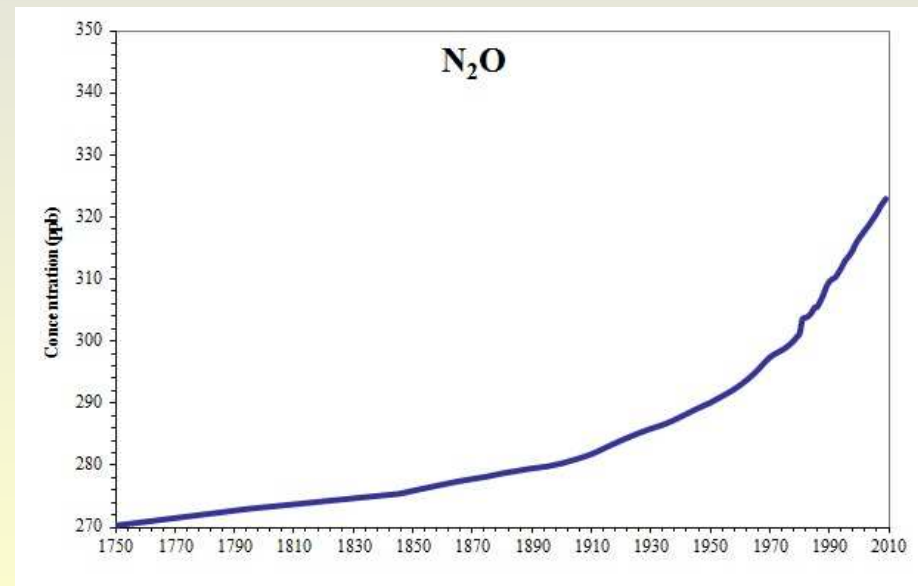
- N management in No-Till
 - Injection
 - Rain/Irrigation
 - Crop Residues
 - Urease inhibitors



Por que devemos nos preocupar com o N_2O ?

- Stratospheric ozone destruction
- Greenhouse gas
Radiative forcing 310 x CO_2
- 280 ppb in 1850
- 322 ppb in 2010

Global Atmospheric N_2O Concentration

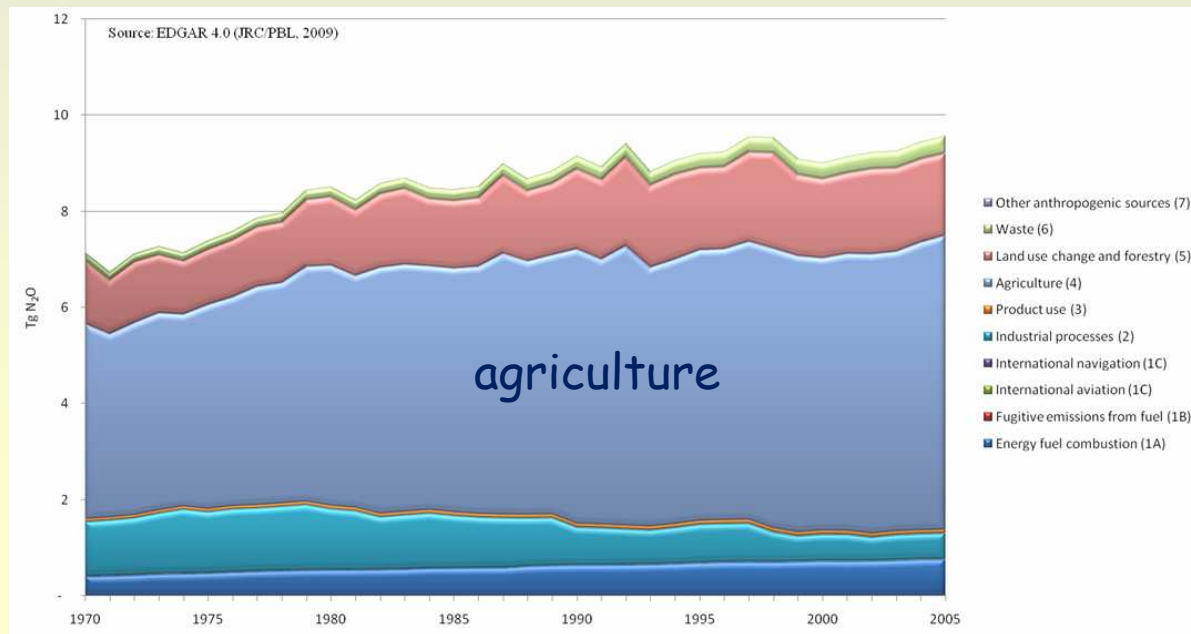


EPA (2010)

Onde o N_2O é produzido?

Agriculture accounts for 60% of global N_2O emissions

More than half of agricultural N_2O emissions are from soils

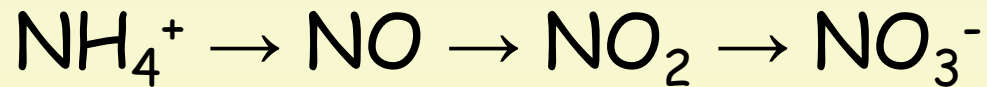


IPCC, 2005

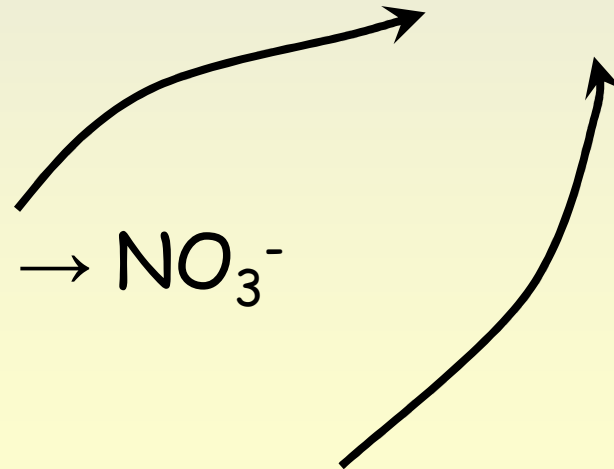
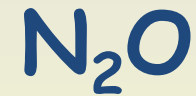
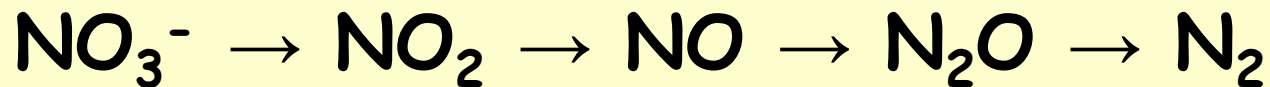
Como o N_2O é produzido no solo?

- More than 10 reactions have been identified

- Nitrification



- Denitrification



Por que os solos agrícolas são uma fonte de N_2O ?

- Práticas Agrícolas tem um papel fundamental, pois controlam os fatores de produção do N_2O
- Práticas agrícolas conservacionistas?
 - Agricultural soils are "leaky"
 - N is added to compensate exports
 - Practices for $\uparrow$ yield and $\downarrow$ costs
 - Environment is a more recent concern

Plantio direto e GEEs

« There is not a clear response for the mitigation of greenhouse gas emissions using no-tillage practices compared to conventional tillage »

(Snyder et al. 2009)

~~CH₄: Soil uptake~~

CO₂: Fuel for tillage/agronomical operations,
SOC change

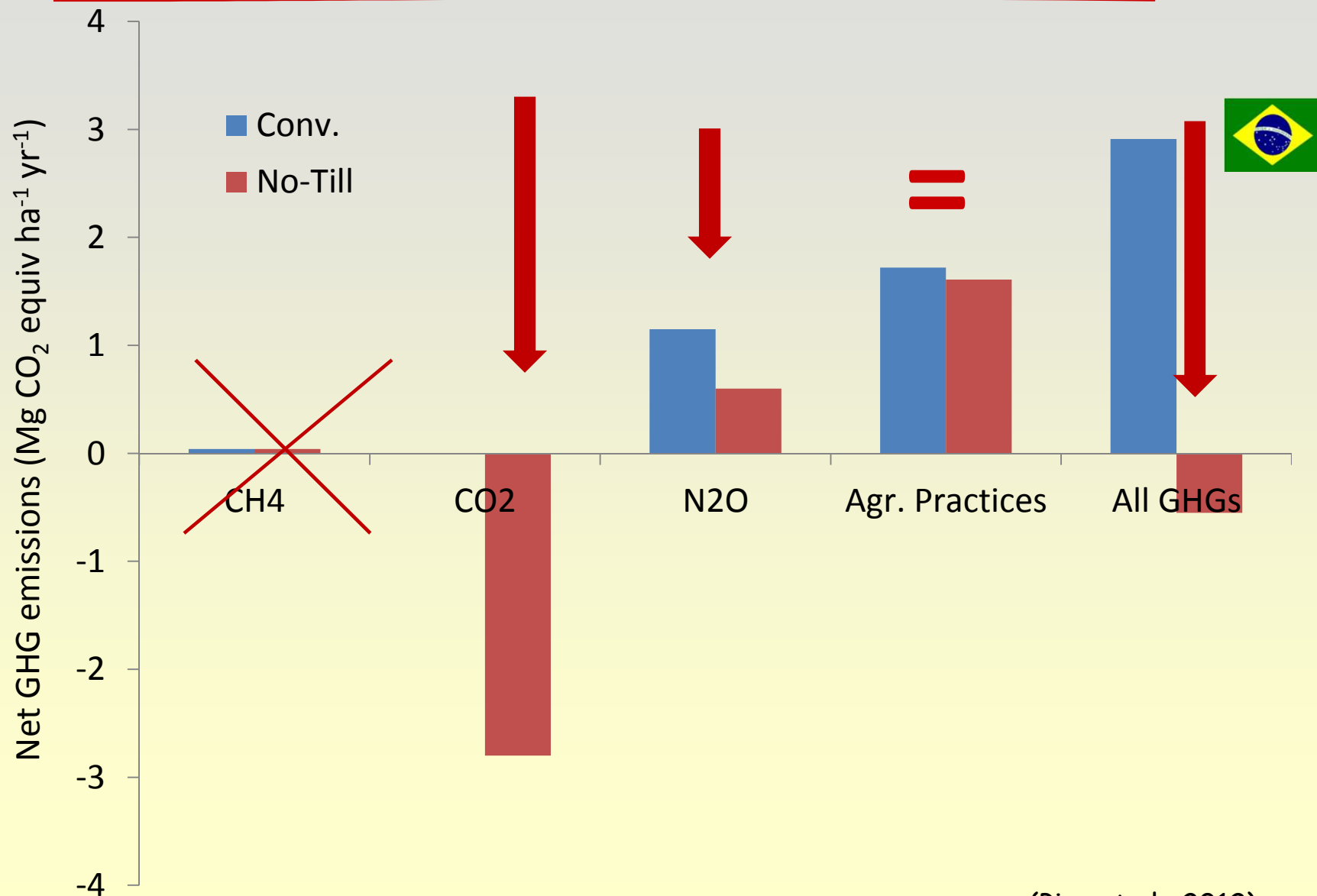
N₂O: change in soil emissions

?



Plantio direto vs Plantio convencional

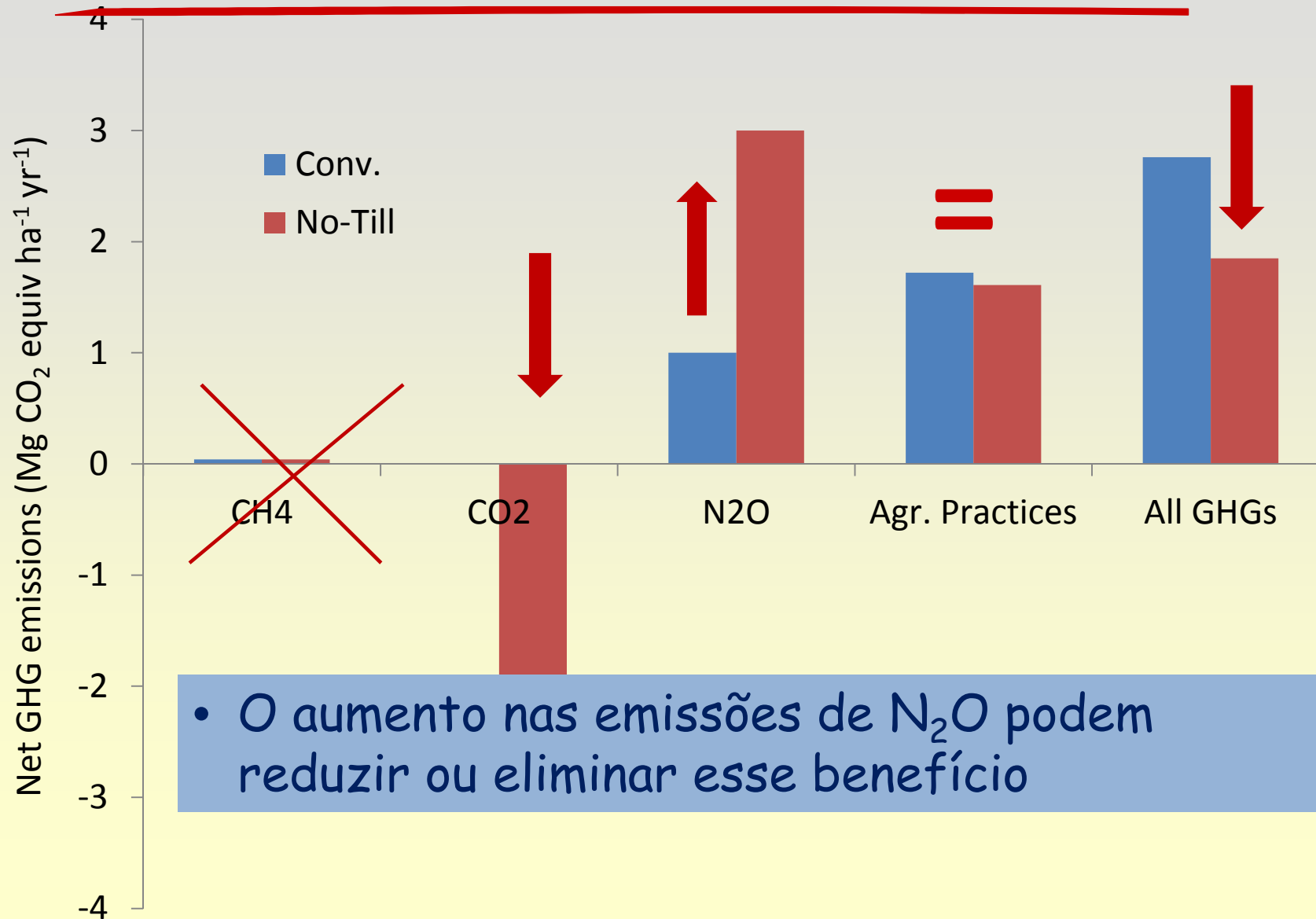
Emissões líquidas de Gases de Efeito Estufa



(Piva et al., 2012)

Plantio direto vs Plantio convencional

Emissões líquidas de Gases de Efeito Estufa

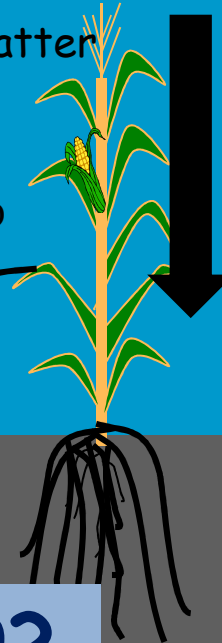


Plantio convencional



Plantio direto

- Ties up N in soil organic matter
- Decreases C availability
- Lowers temperature
- Keeps substrates closer to surface



Efeito líquido sobre o N_2O ?

- Concentrates substrates
- Increases soil water content
- Increases bulk density



Plantio direto vs Plantio Convencional e as emissões de N_2O no Brasil

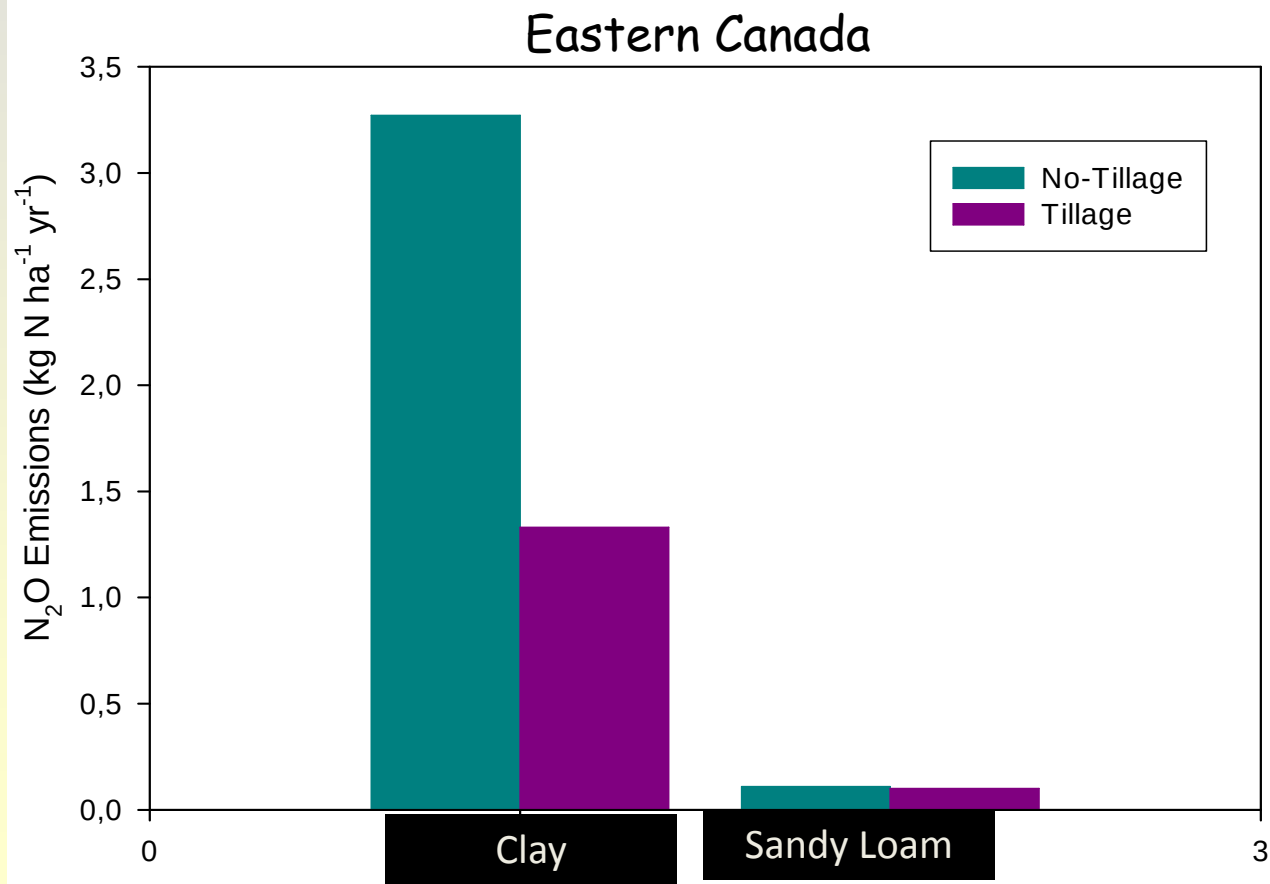
	Pl. Convencional	Pl. Direto	
Passianoto et al., 2003	2,23	1,62	
Jantalia et al., 2008	0,87	0,70	
Pillar et al., 2012	0,40	-0,15	
Pillar et al., 2012	0,45	0,85	
Piva et al., 2012	2,42	1,26	
Morais et al., 2013	1,67	0,32	
Média	1,34	0,77 (43 %)	



- Dados do Brasil sugerem redução nas emissões em PD

Efeito do sistema de preparo do solo nas emissões de N_2O

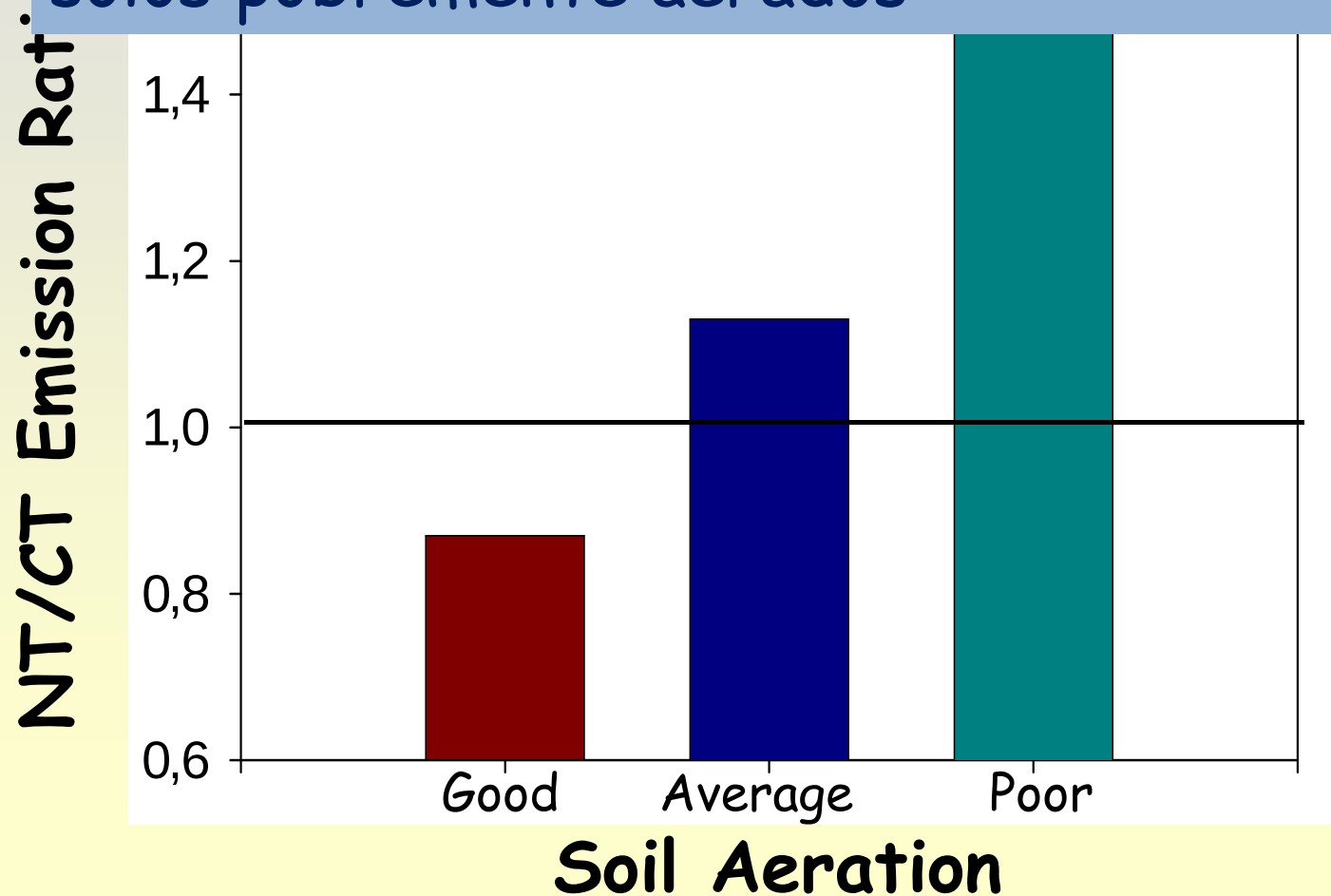
- O plantio direto pode também aumentar N_2O
- Interação com o tipo de solo



(Rochette et al., 2008)

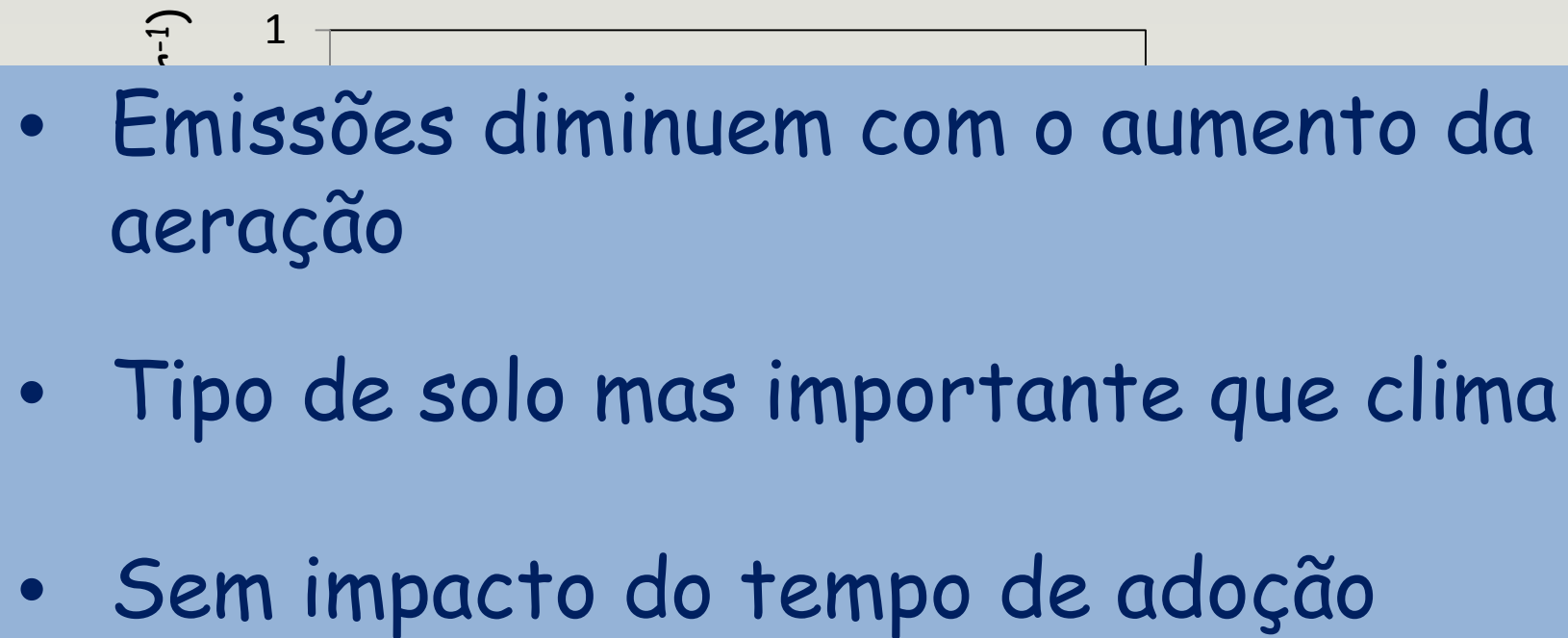
Mudança nas emissões de N_2O após a conversão de plantio convencional para plantio direto (meta-análise)

O aumento nas emissões está associado a solos pobremente aerados



(Rochette, 2008)

Mudança nas emissões de N_2O após a conversão de plantio convencional para plantio direto (meta-análise)

- 
- Emissões diminuem com o aumento da aeração
 - Tipo de solo mas importante que clima
 - Sem impacto do tempo de adoção

(Swan, 2012)

Mudança nas emissões de N_2O após a conversão de plantio convencional para plantio direto (meta-análise)

- PD reduziu as emissões após 10 anos de adoção especialmente em climas secos
- Localizando o fertilizantes a profundidades >5 cm reduziu as emissões em climas úmidos

(Van Kessel et al., 2013)

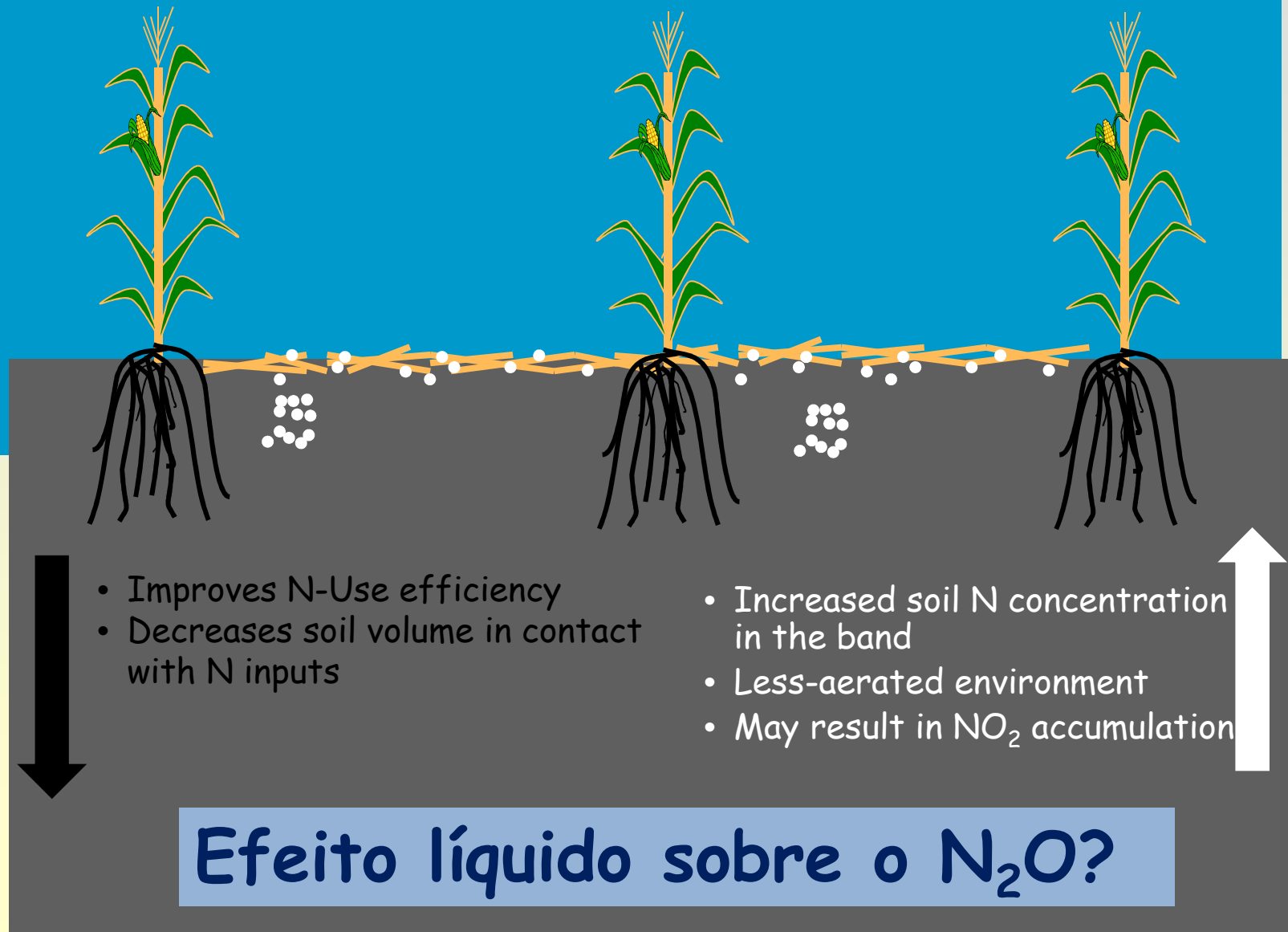
- Todos as meta-análises apontam para a interação entre métodos de cultivo e aeração do solo (clima, textura, etc.)
- Todos as meta-análises sugerem uma redução em condições de boa aeração

Fertilização Nitrogenada

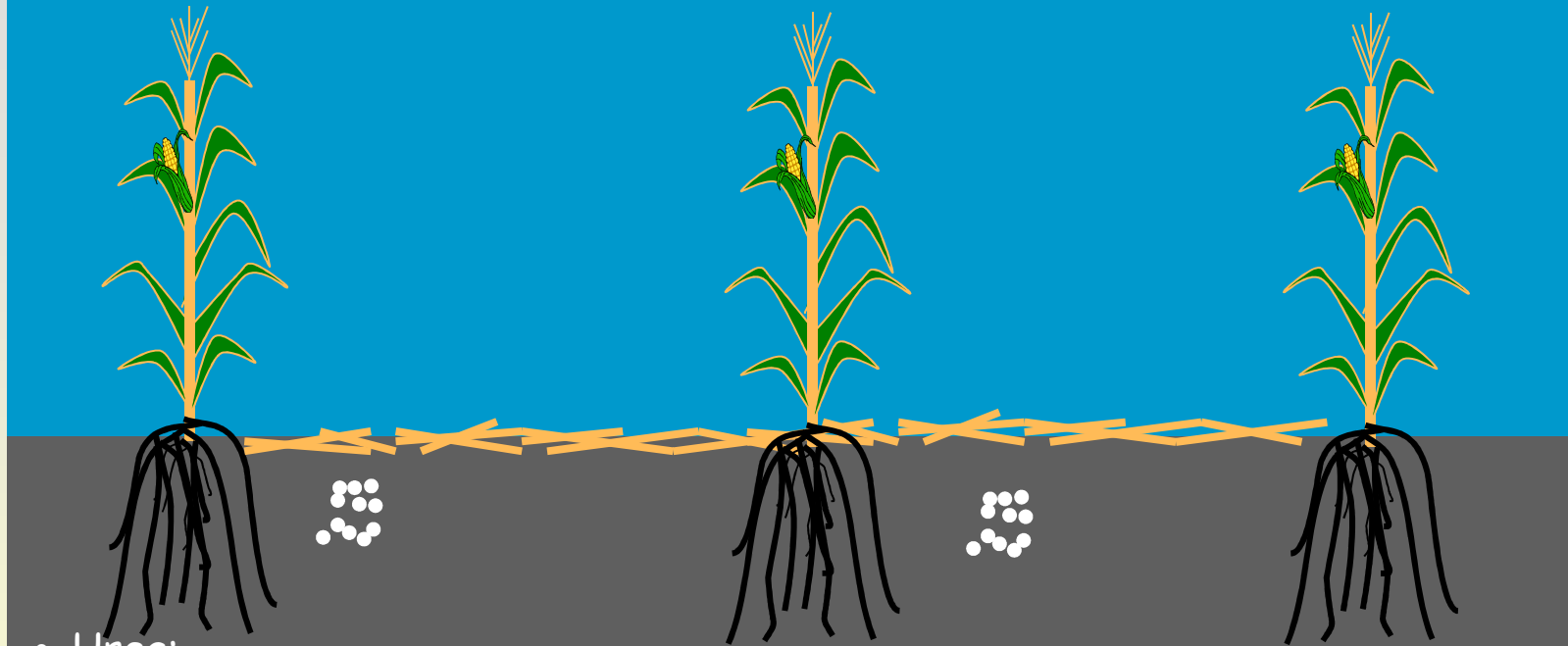
- Localização
- Tipo / Forma



Aplicação subsuperficial do N em faixas no plantio direto



Aplicação subsuperficial do N em faixas no plantio direto

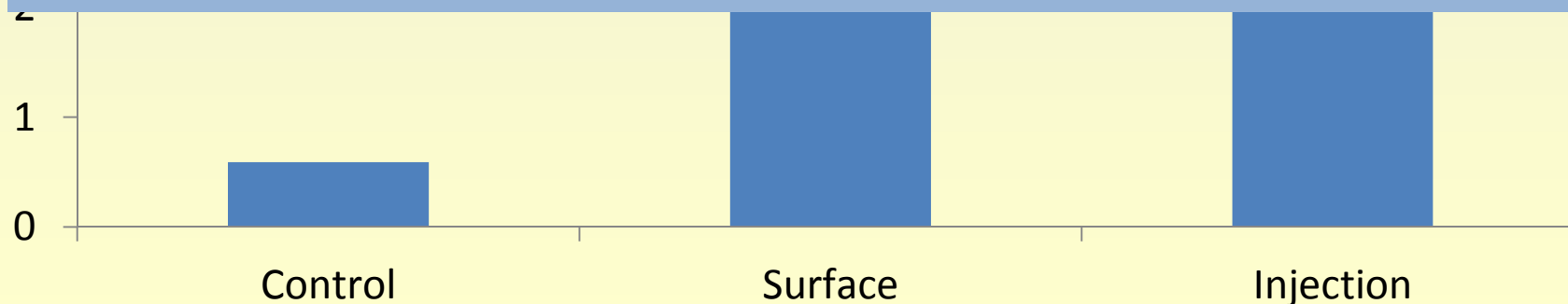


- Urea:
 - Banding → 50% > broadcast (Halvorson and del Grosso, 2013)
 - Banding → 100% > broadcast (Engel et al., 2010)
 - High NH_3 that can lead to high NO_2 and N_2O emissions.
- Emissions may decrease (Liu et al., 2006) or increase (Drury et al., 2006) with placement depth
- Decreased indirect N_2O emissions (NH_3 volatilization)
- Improves N-use efficiency (decreased N fertilizer rates)

Aplicação subsuperficial do N em faixas no plantio direto

Dispersão

- Aplicação subsuperficial em faixas frequentemente aumenta as emissões *in situ* de N_2O
- É preciso incluir as emissões indiretas



(Aita et al., 2013)

Uso Eficiente do N dos dejetos de animais

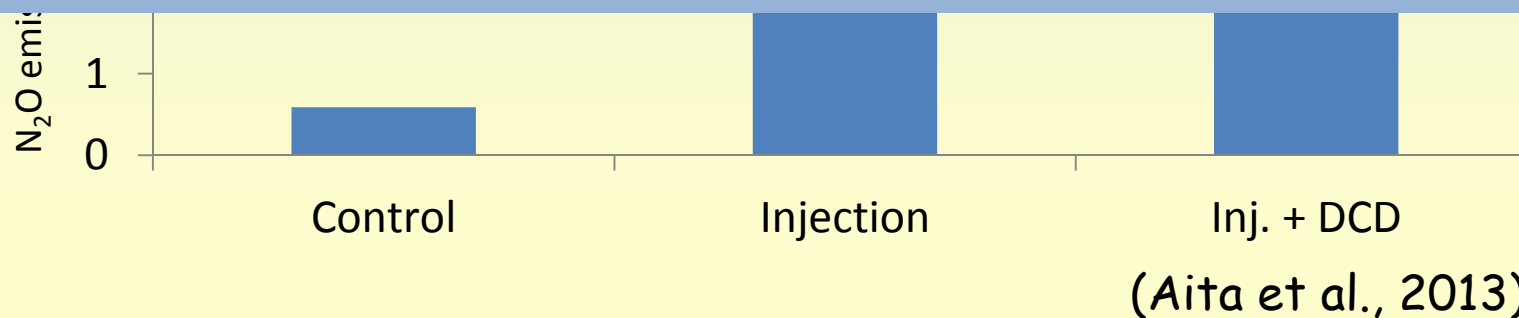
- Emissions from manures are higher than from mineral fertilizers when applied on soils with low organic matter but not on soils with higher organic matter content (Rochette et al., 2000; Velthof et al., 2003; Chantigny et al., 2009)
 - Metanalysis of literature data = slightly lower emissions from manure (Charles, 2013)
 - Need to also consider the CO_2 cost of N fertilizer production
 - Anoxic hotspots
- 

Fertilização nitrogenada - Inibidores de nitrificação

In theory, nearly totally avoid N_2O production by blocking both nitrification and denitrification.

- Very efficient with urea:
 - 38% reduction (Akiyama et al., 2010)
 - 50 to 90% reduction (Meyer et al., 2000)

- Muito eficientes mas
- ... será uma opção econômica? (Harris et al., 2013)



Fertilização nitrogenada - Liberação lenta

In theory, decreases N_2O production by decreasing soil mineral N concentration

- Reduced emissions by 10% in upland arable soils (Akiyama et al., 2010)
- Polymer-coated forms reduced emissions by 30 to 60% (Zanatta et al., 2010;  Halvorson and del Grosso, 2012; 2013)
- Reports of increased N_2O due to delayed release at a time of low plant uptake (Wagner-Riddle, 1998; Hu et al., 2013)

- Parece adequada a situações envolvendo plantio direto

Fixação Biológica de N



Inclusão de espécies leguminosas na rotação

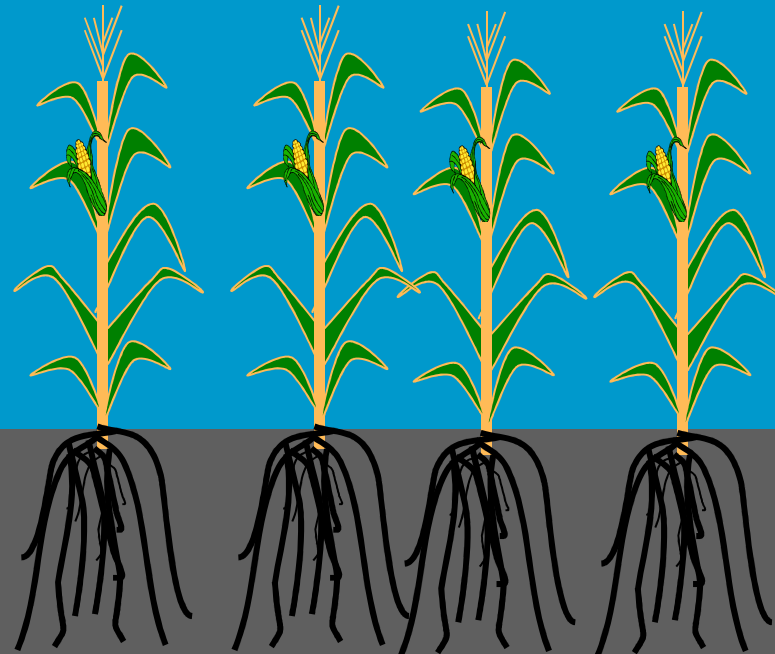
- Soja
- Ervilha
- Alfafa
- Ervilhaca

Leguminosas

Legumes



Non-Legumes



N_2O

No synthetic N inputs

N-rich crop residues

- Mature alfalfa hay = C:N 25
 - Corn = C:N 50-75
 - Cereals C:N >50
- Root nodules

N₂O produzido pela fixação de N

- Emissions are similar to non-fertilized non-fixing crops
- Symbiotic N fixation is not a measureable source of N₂O (Rochette and Janzen, 2005)
- In 2006, IPCC removed this source for national emission inventories
- Increased emissions from residue incorporation don't offset savings during the growing season

Redução líquida nas emissões de N₂O quando leguminosas substituem culturas não fixadoras na rotação

Plantas de cobertura

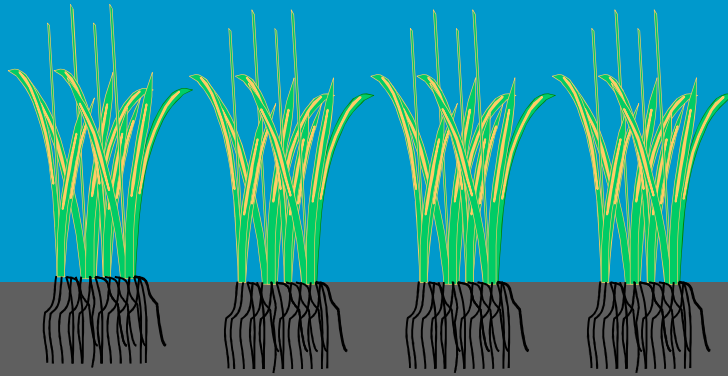


Maintaining of vegetation cover is one of the key principles of Conservation Agriculture

- Cereals
- Grasses
- Clover
- Peas
- Vetch

Plantas de cobertura

Active Growth



- Pump up nitrates
- Decrease soil water content
- Lower soil temperature
- Lower NO_3 leaching and indirect N_2O emissions



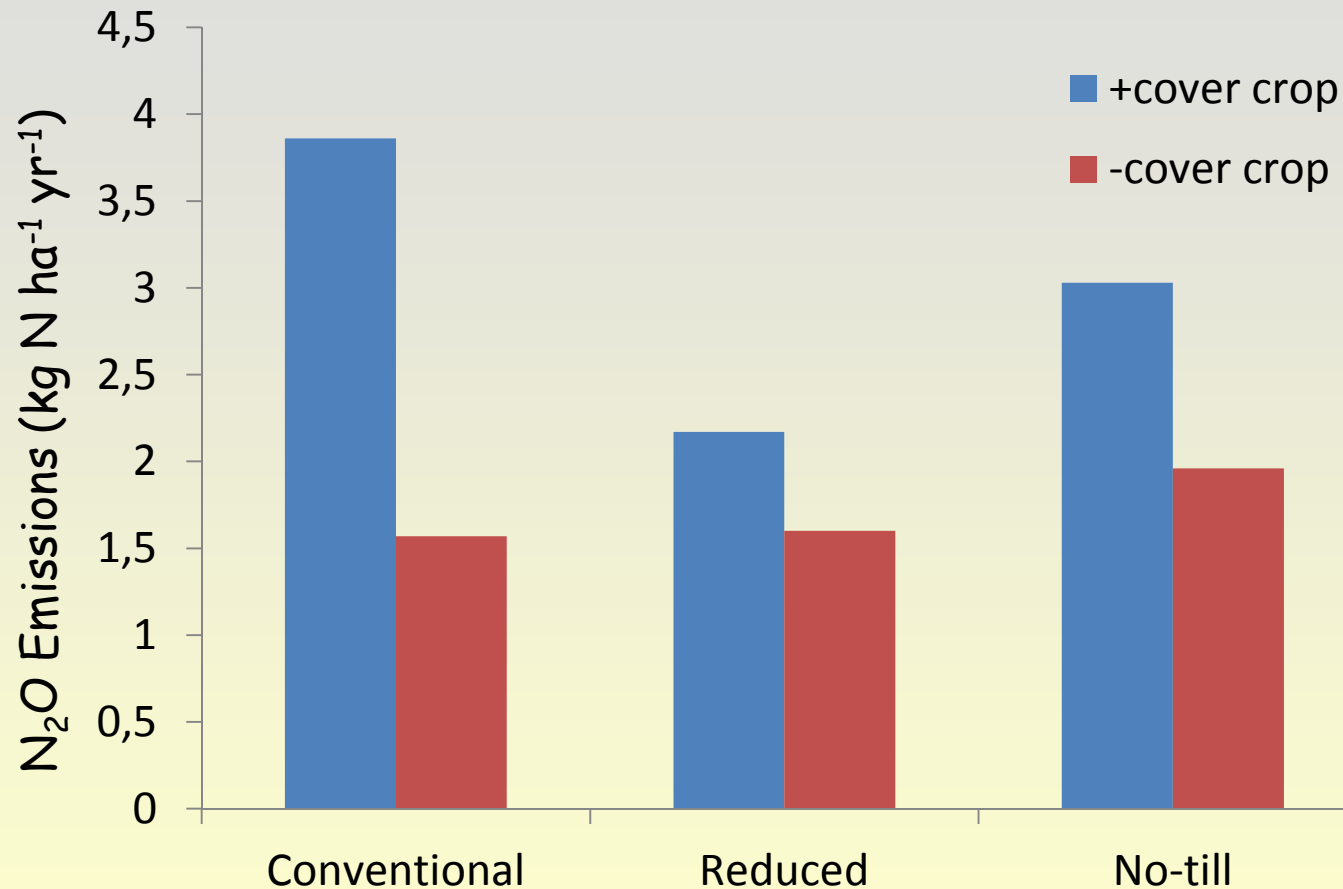
After Kill



- Flush of available C and mineral N
- Lower redox potential



Plantas de cobertura



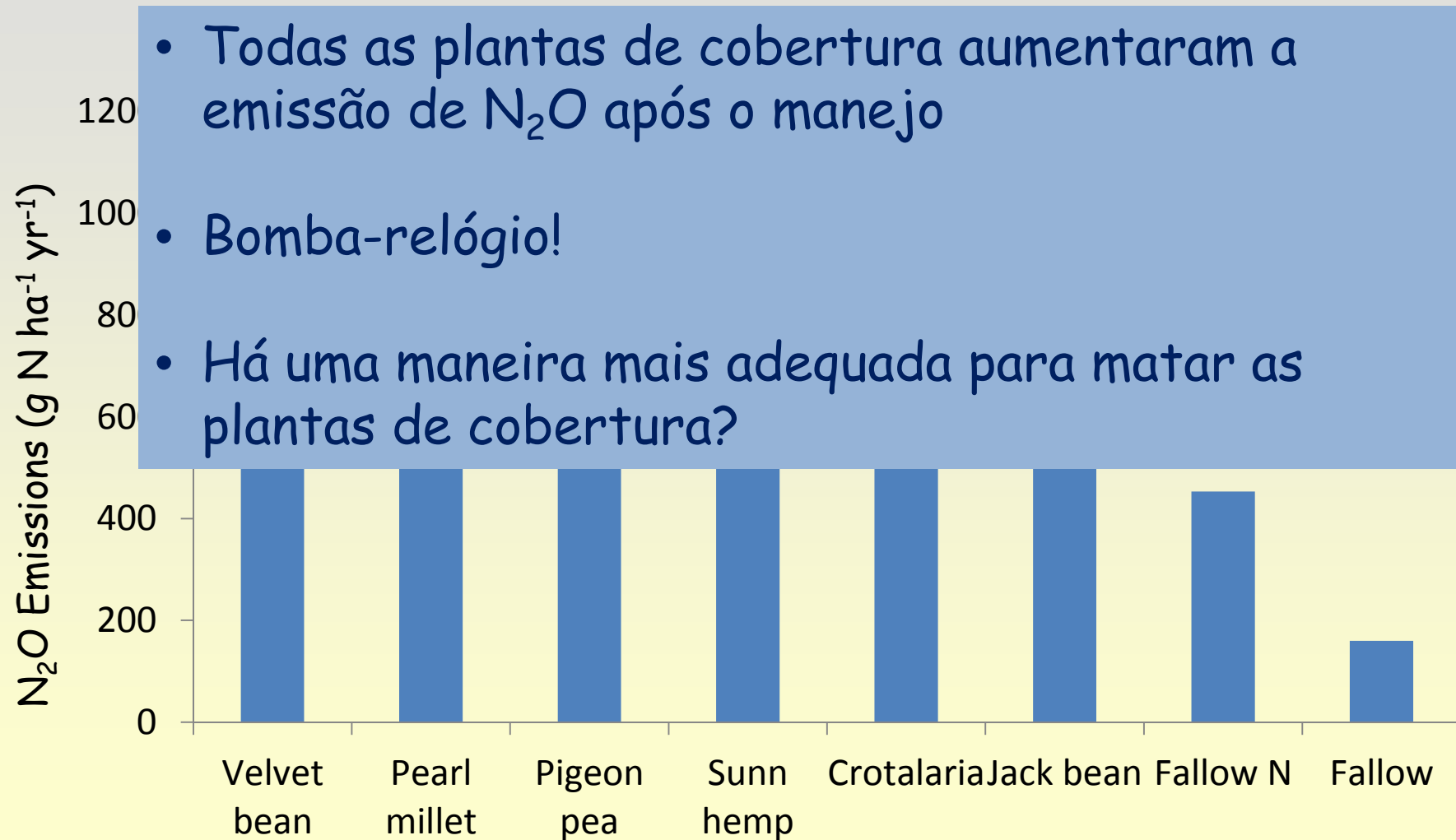
(Petersen et al., 2011)

- Most of the difference occurred after the cover crop kill



- Proportional to « N content » and to « 1/lignin:N » ratio (Gomes et al., 2009)

Plantas de cobertura

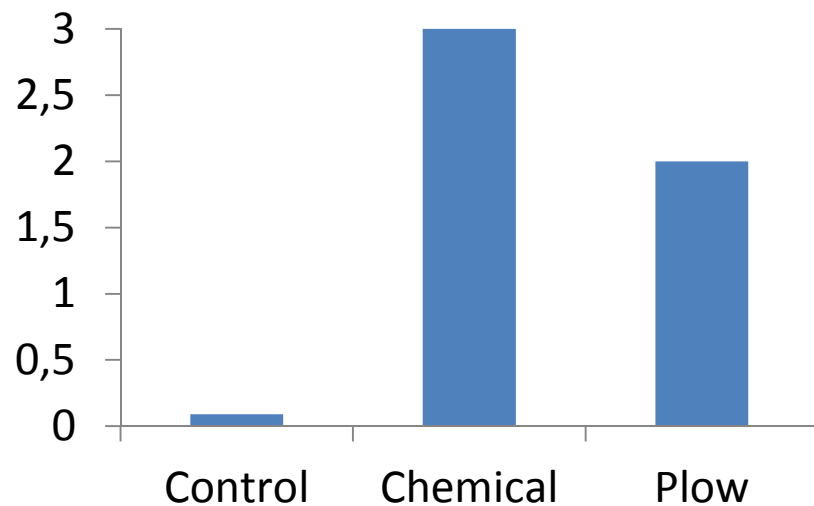


(Giacomini et al., 2012)

Herbicidas ou lavração?

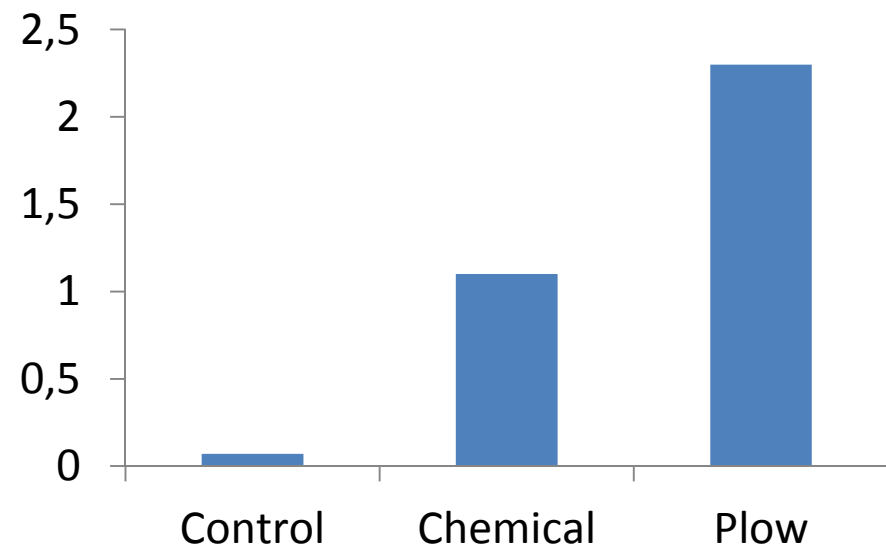
- Interação com a drenagem do solo
- Herbicidas mais adequados para solos bem drenados

Poorly drained soil



(MacDonald et al., 2010)

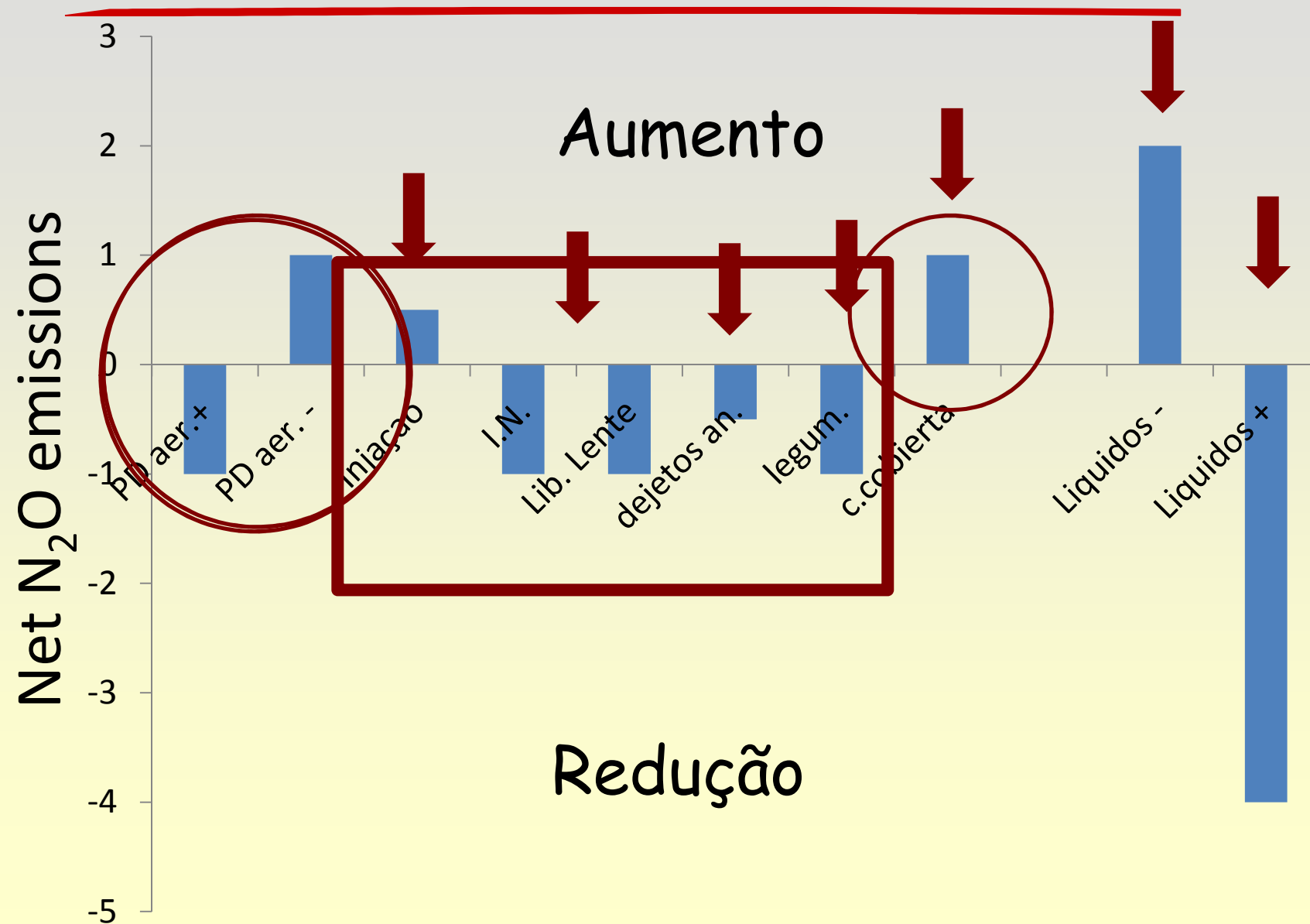
Well-drained soil



(Do Carmo et al., 2002)

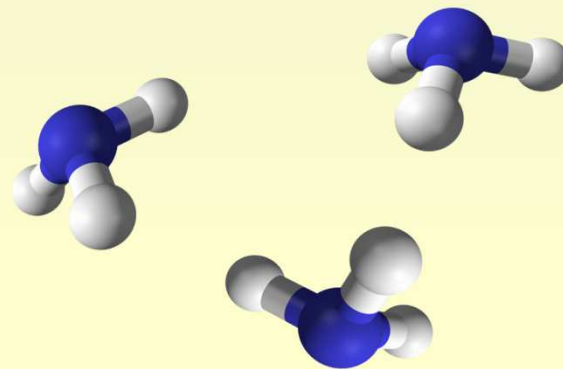


Impactos das práticas conservacionistas sobre as emissões N_2O



Sumário da Apresentação

- N_2O
 - Production & Controls
 - Conservation Practices:
 - No-till
 - N Fertilization
 - Legumes
 - Cover crops
- NH_3
 - N gestão em Plantio direto
 - Injeção
 - Chuva/Irrigação
 - Resíduos culturais
 - Inibidores de urease



Volatilização de Amônia, Mega Números!



In Brazil, 3 Mt of urea are consumed annually

Assuming a 10% loss as NH_3 and a price of 900 R\$ t⁻¹

270.000.000 R\$



Por que nos preocuparmos com NH_3 ?

- ✓ Crop Yields
- ✓ \$\$\$
- ✓ Environment
- ✓ Human Health (respiratory diseases)

Poluição Urbana

Paris



Los Angeles



Toronto



Beijing



Duas condições para ocorrer volatilização de NH_3

- Solubilization of NH_4
- Hydrolysis of urea

Henry's law

1- Presence of NH_3 ($[\text{NH}_4]$, water, pH, temperature)

- Slurries
- Urea

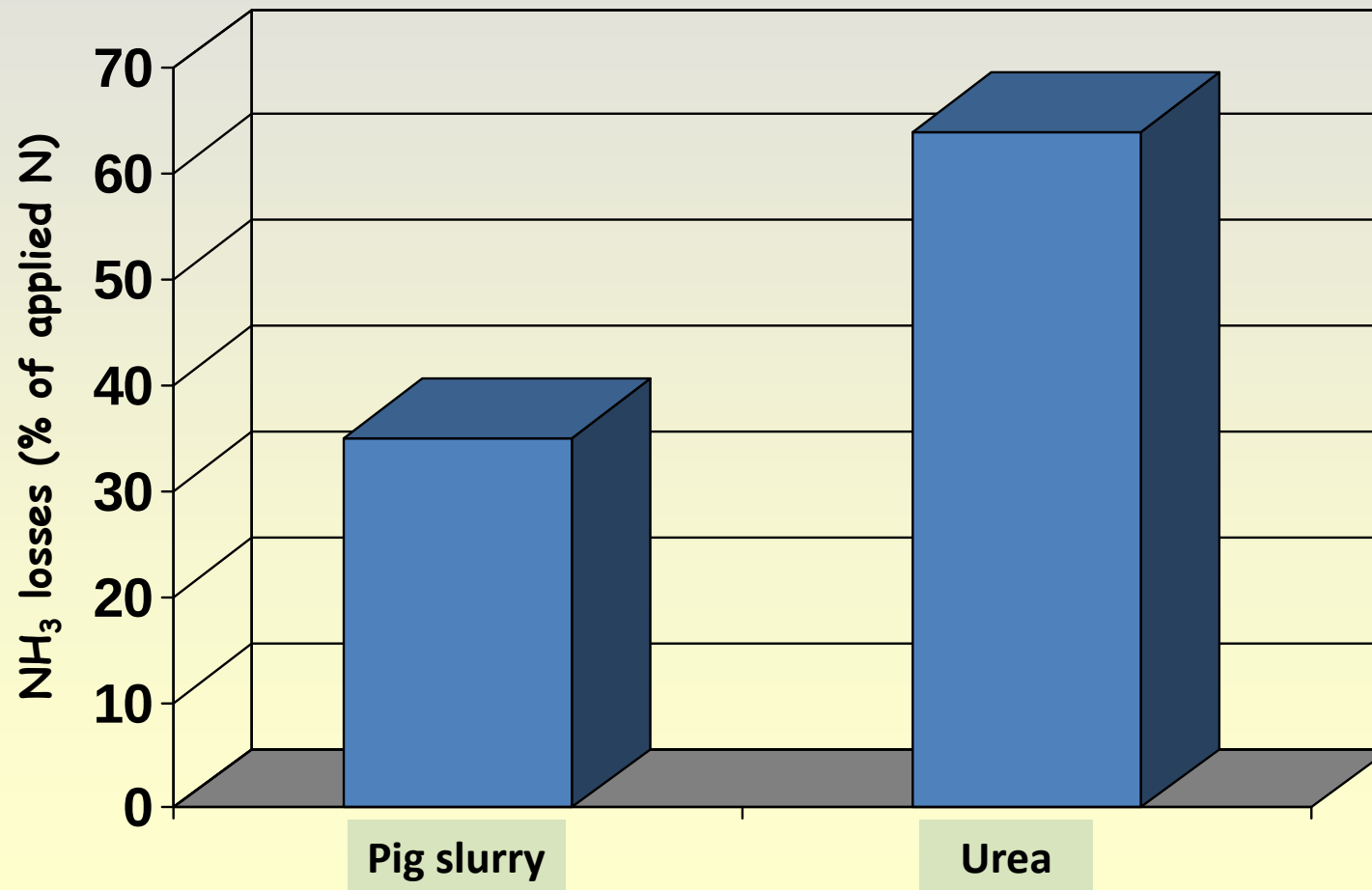
> 7



2- Exposure to the atmosphere (Physical barrier)



Aplicação de materiais ricos em NH_4^+ na superfície do solo pode resultar em grandes perdas de NH_3



(Rochette et al., 2008)

Nem todos os fertilizantes possuem o mesmo potencial para emitir NH_3

- Organic

- Slurries
- solids
- composts



- Mineral

- Urea
- Anhydrous ammonia
- N solutions
- Ammonium salts
- Nitrate salts (zero)



Plantio direto vs NH_3

Rapid incorporation of NH_4 -rich amendment is the best way to avoid large NH_3 losses

Conventional incorporation
is incompatible with
no-till practices

↑ ammonia

Crop residues on the
soil surface slows down
infiltration and
increases urease
activity

↑ ammonia

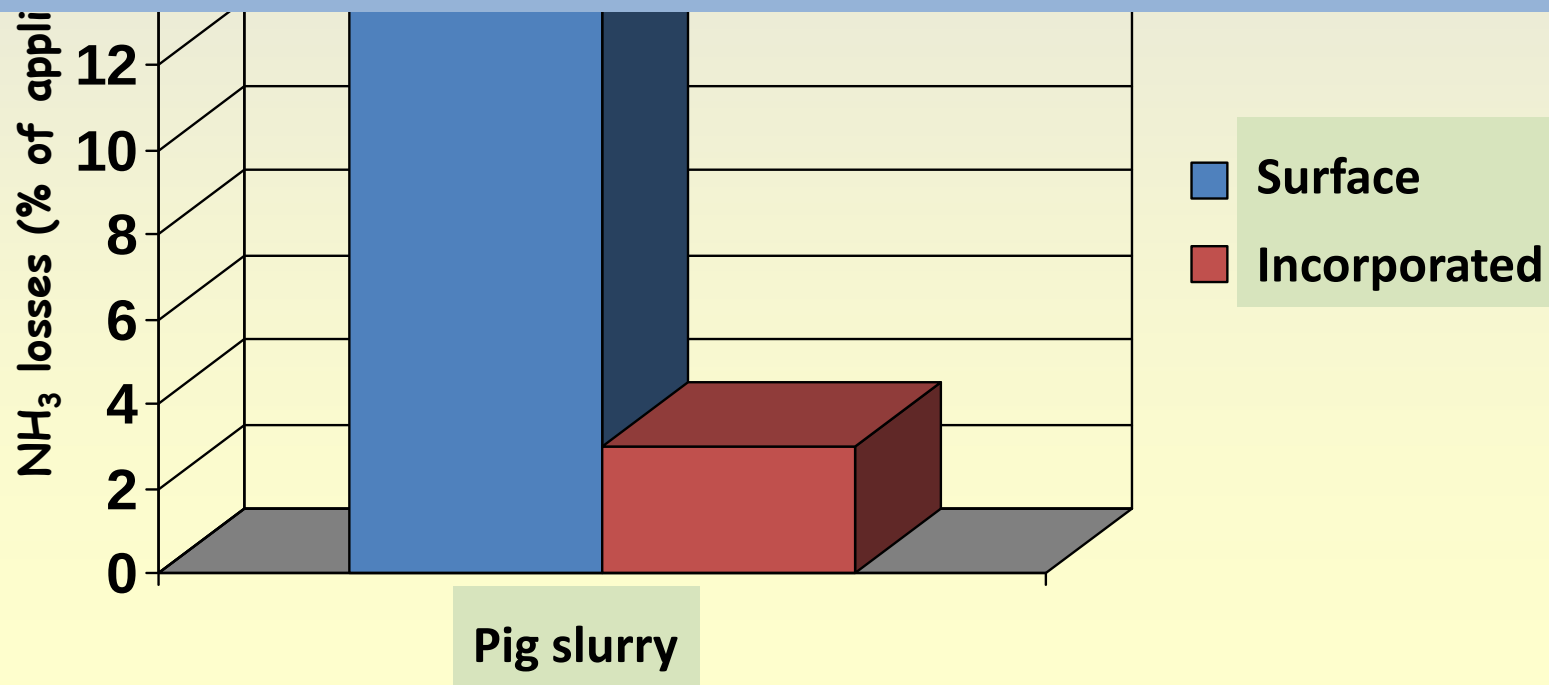


Opções para reduzir a volatilização de NH_3 em solos sob Plantio Direto

- Injeção
- Resíduos culturais: Amigos o Inimigos?
- Chuva/Irrigação
- Inibidores de Urease

A incorporação no solo é uma maneira eficiente para reduzir as emissões de NH_3

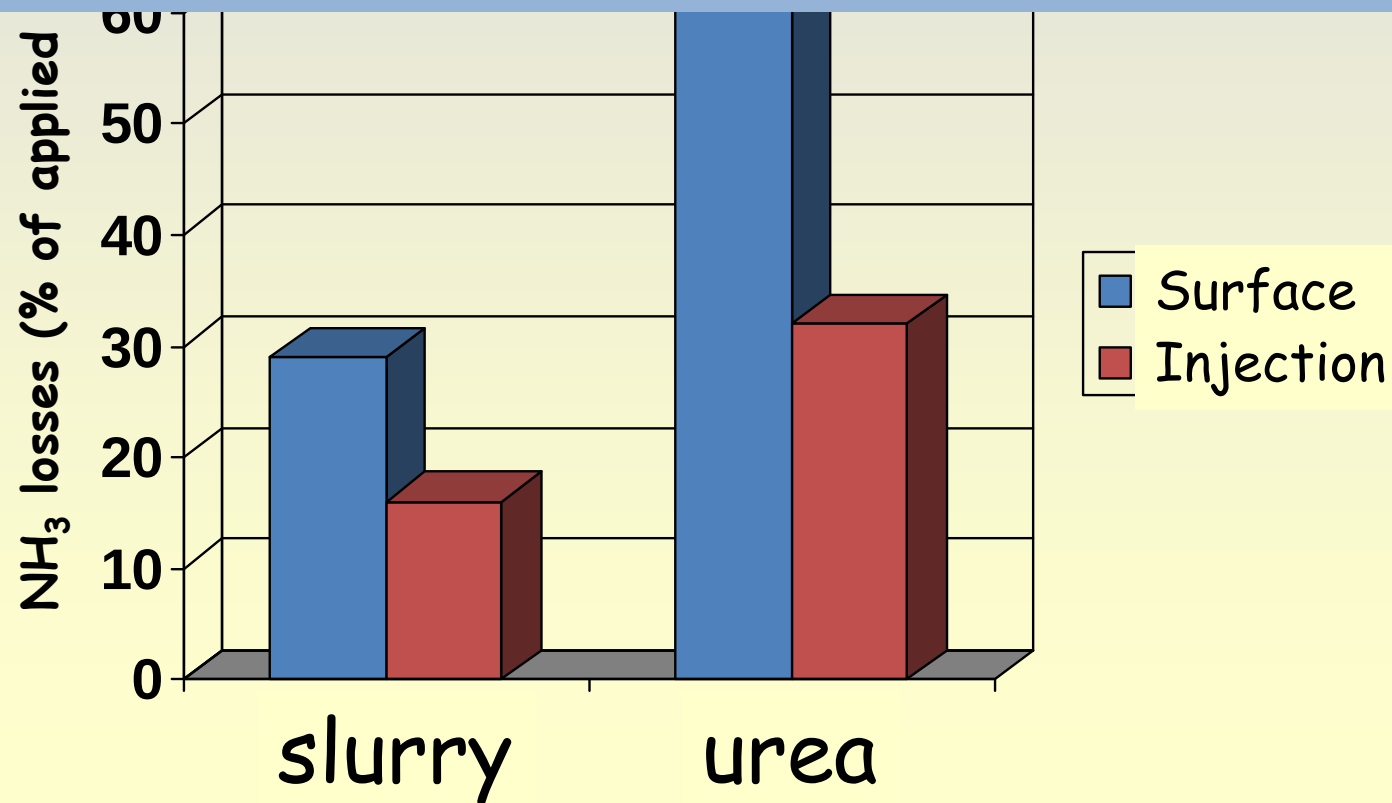
... Mas a incorporação convencional é incompatível com a agricultura conservacionista



(Rochette et al., 2001)

A injeção no solo reduz as emissões ...

Injeção → 50% reduções
... mas elas ainda podem ser significativas



(Rochette et al., 2008)

Por que emissões de NH_3 mesmo após a injeção?

Slurry

Incomplete incorporation

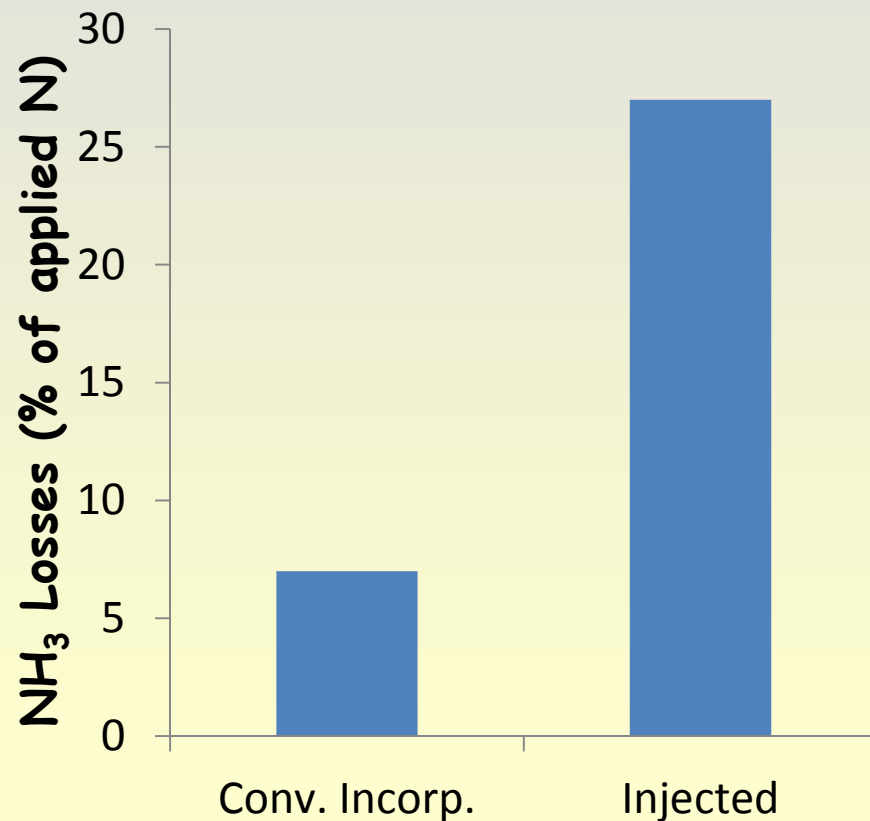


Urea

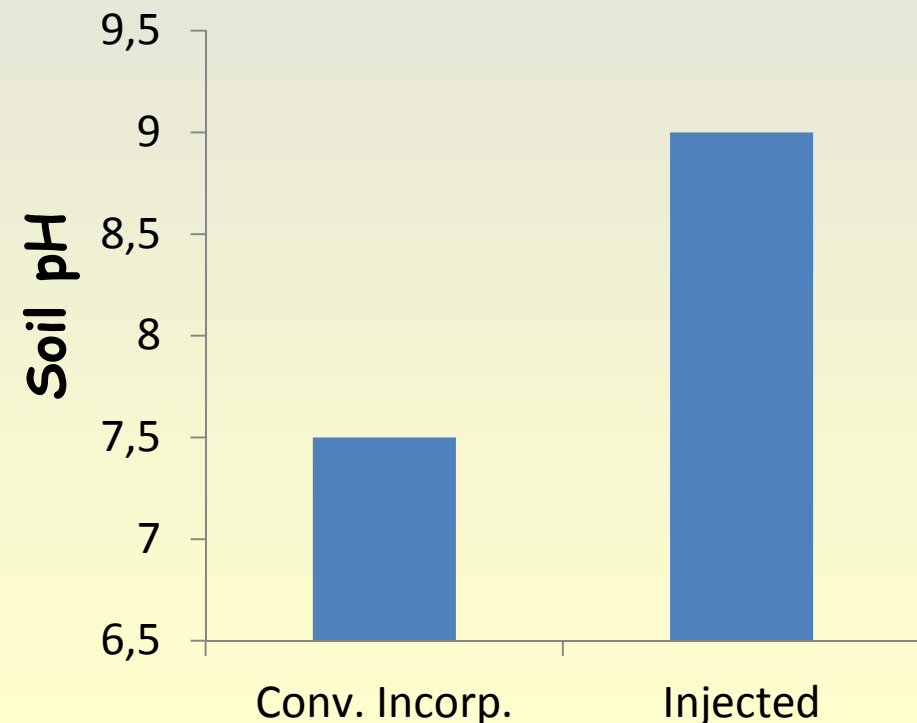


A injeção da uréia é menos eficiente do que a incorporação convencional

Why?



Large increase in soil pH

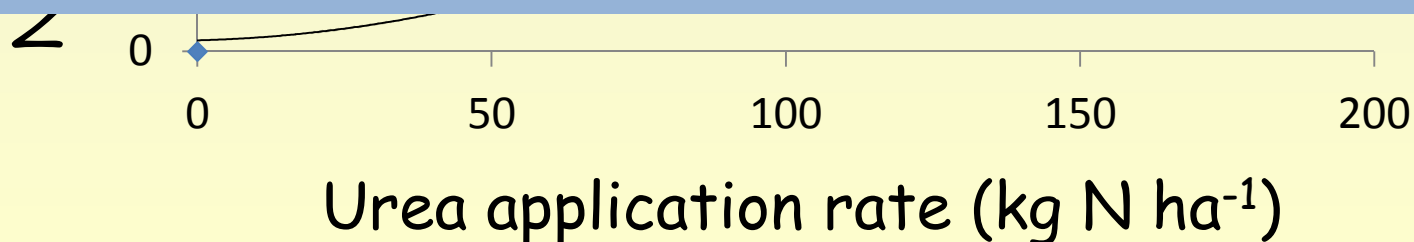


(Rochette et al., 2009)

Injeção da Uréia- Impacto da Taxa de Aplicação

NH_3 aumenta com o aumento da dose de uréia:

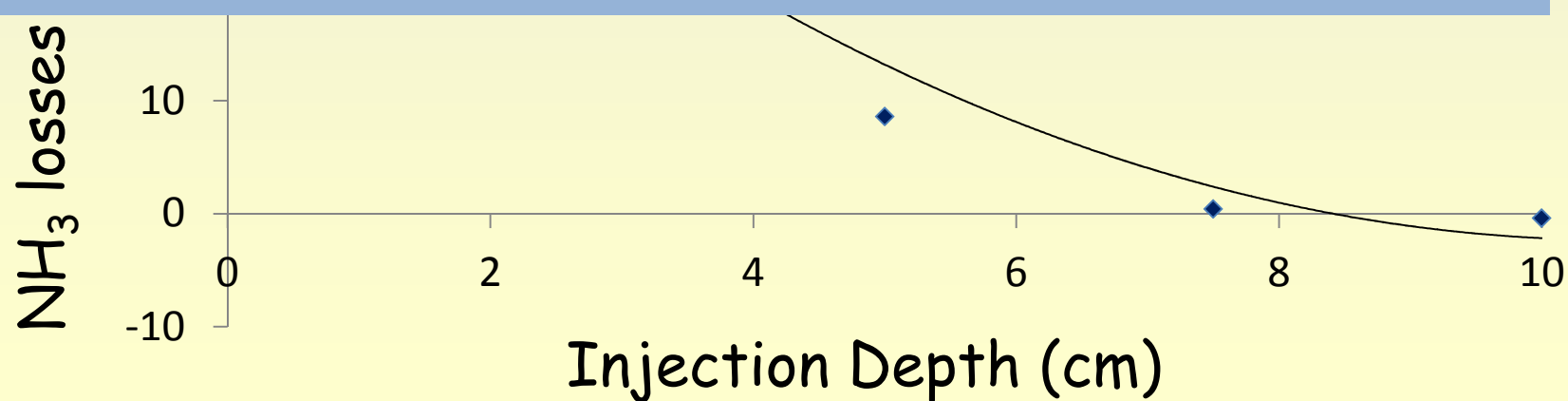
- Não linear em solos ácidos
- Linear em solos alcalinos



(Rochette et al., 2013)

Profundidade de injeção *vs* Volatilização de NH_3 Nossas pesquisas

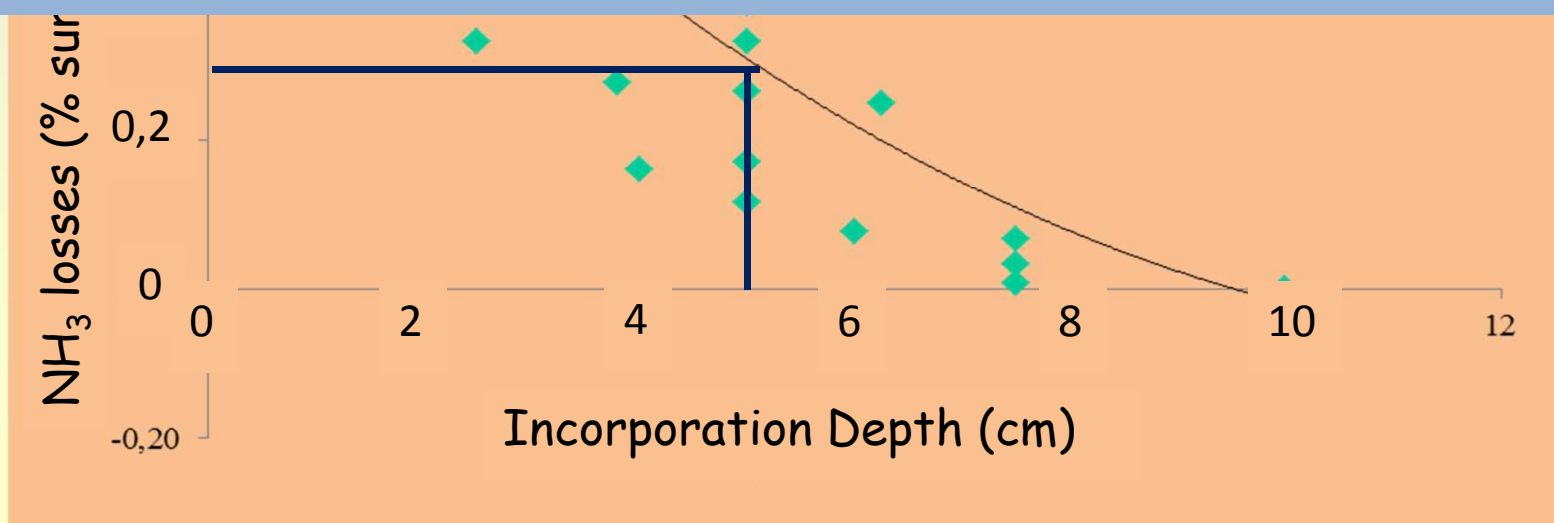
- Perdas elevadas se a uréia for aplicada em faixas na superfície do solo
- É preciso aplicá-la a uma profundidade de no mínimo 5 cm



(Rochette et al., 2013a)

Profundidade de injeção de uréia **vs** Volatilização de NH_3 Meta-análise

- Sem efeito claro do método de incorporação
- A 5 cm, as perdas por volatilização diminuem em 70%
- Nos 8 cm superficiais a taxa é linear, de 12%/cm

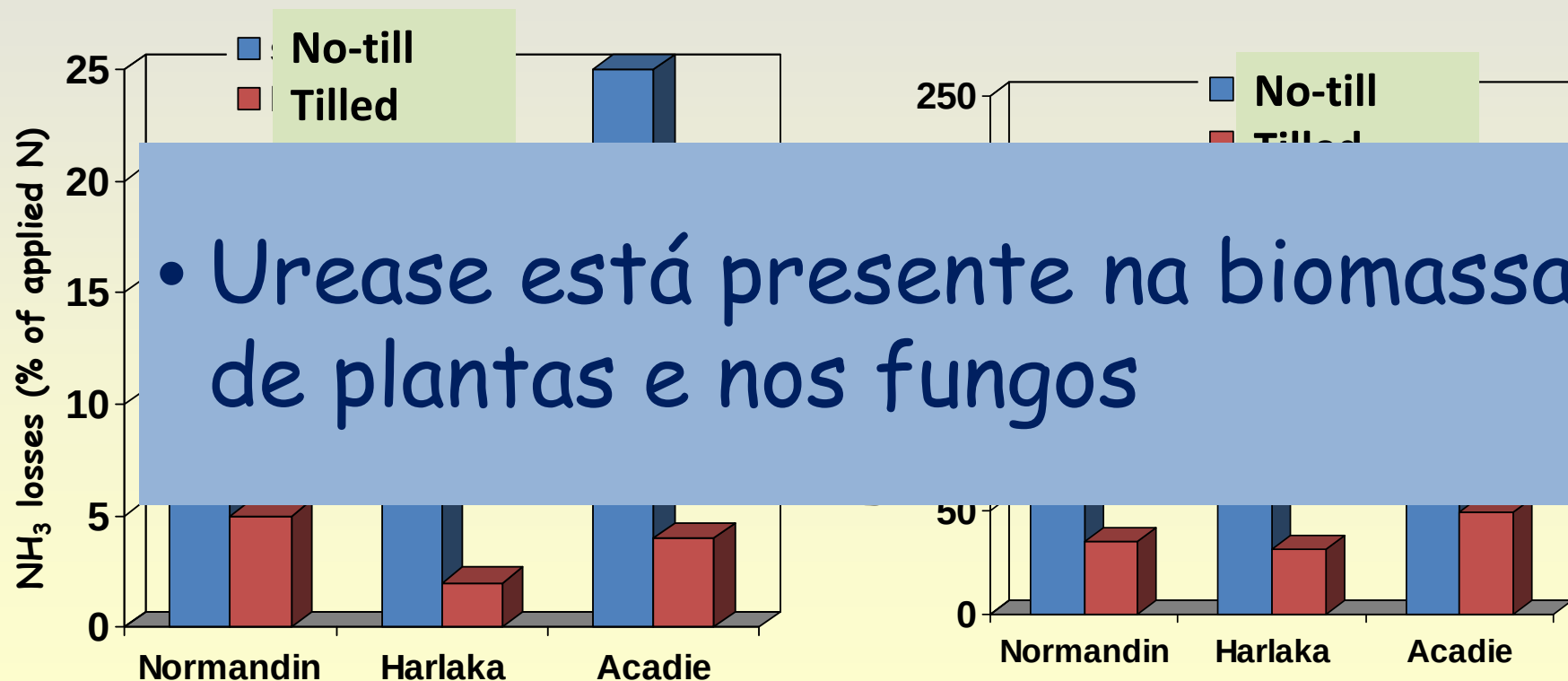


(Rochette et al., 2013a)

Resíduos culturais **vs** Volatilização de NH_3

Why?

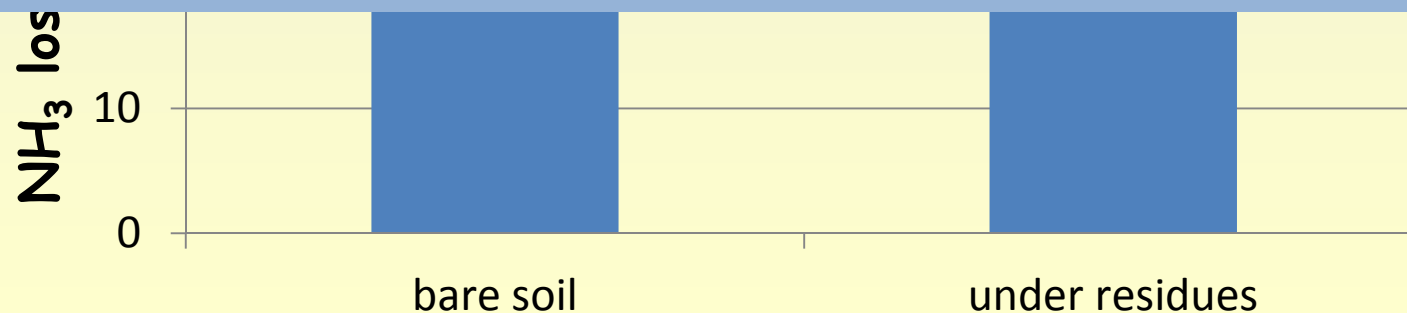
Greater activity of urease



Localização sob os resíduos vs Volatilização de NH_3 após aplicação superficial de uréia

- Aplicando a uréia sob os resíduos culturais ocorre redução de 50% nas perdas, comparado ao solo sem resíduos

- Os resíduos culturais em plantio direto podem ser amigos



(Rochette et al., unpubl.)

Chuva/Irrigação **vs** Volatilização de NH_3 após aplicação superficial de uréia

- Rochette et al. (2009)
 - Irrigação reduziu as perdas em 75%
 - 12 mm foram suficientes
- Sanz-Cobena et al. (2011) (surface urea):
 - 3 mm increased emissions by 8%
 - 7 mm decreased emissions by 77%
 - 14 mm decreased emissions by 89%

Chuva/Irrigação **vs** Volatilização de NH_3 após aplicação superficial de uréia

- Holcomb et al., (2011) (irrigation 2 to 8 days after urea

Chuva/Irrigação com ureia:

- <5 mm reumedece a superfície do solo e aumenta as perdas de NH_3
- >7 mm facilita a infiltração da uréia no solo reduzindo as perdas de NH_3

A irrigação deve ser feita antes que ocorra a hidrólise da uréia (<3 dias)

Inibidores de urease

Resumo de 13 estudos no campo

Estudo	Tipo	ureia	% redução	
Analos (2012)	campo	superfície	58	
Sanz-Cobena (2011)	campo	superfície	83	
Zerpa (2011)	campo	superfície	53	
Scivittaro (2010)	campo	superfície	85	
Norman (2009)	campo	superfície	70	
Rochette (2009)	campo	superfície	40	
Menendez (2009)	campo	superfície	40	
Sanz-Cobena (2008)	campo	superfície	40	
Cantarella (2008)	campo	superfície	47	
Zaman (2008)	campo	superfície	47	
Grant (2001)	campo	superfície	58	
Grant (1996)	campo	superfície	90	
Fontoura (2010)	campo	superfície	47	

Inibidores de urease

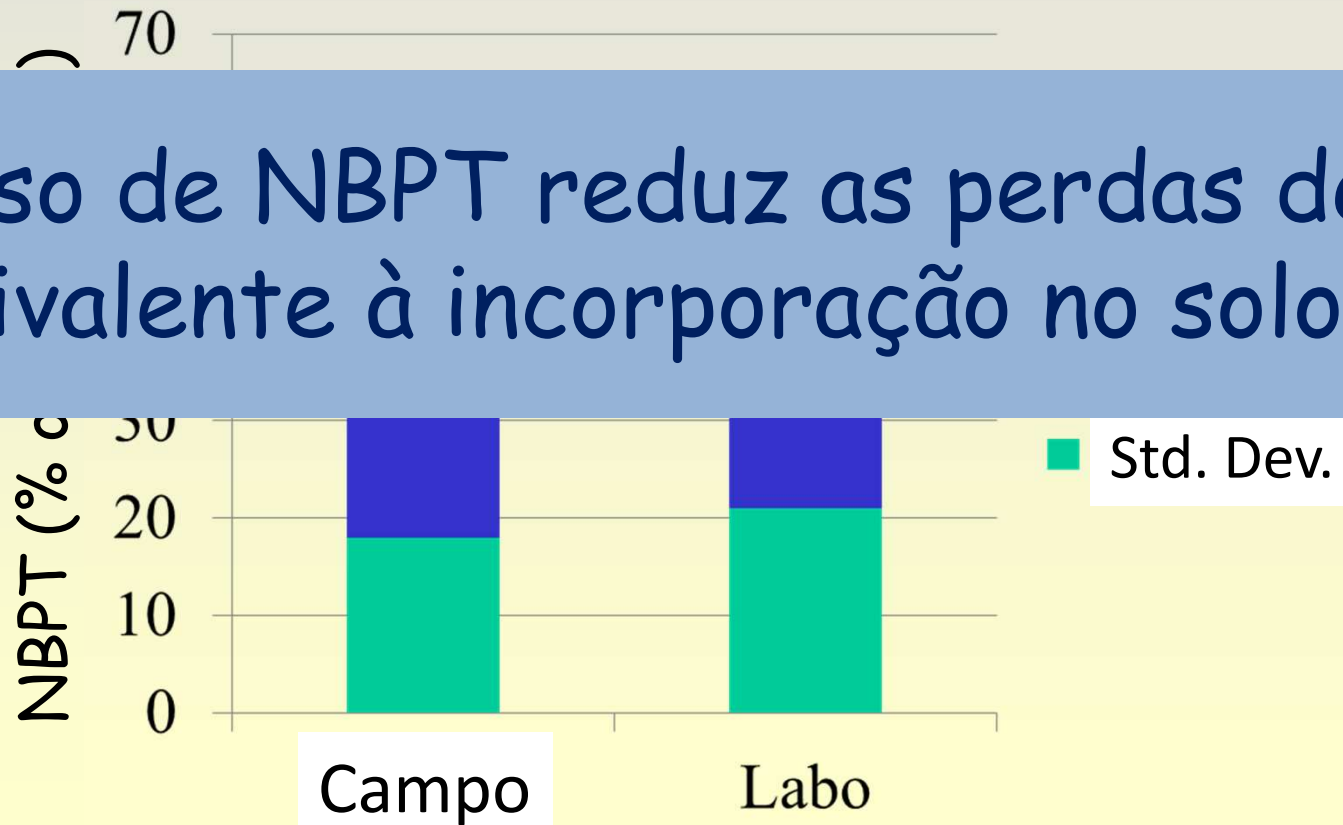
Resumo de 11 estudos no laboratório

Estudo	Tipo	ureia	% redução
Frame-Hunter (2012)	labo	superfície	35
Soares (2012)	labo	superfície	66
San Francisco (2011)	labo	superfície	55
Tasca (2011)	labo	superfície	28
Watson (2008)	labo	superfície	70
Siva (2000)	labo	superfície	37
Gill (1999)	labo	superfície	86
Watson (1994)	labo	superfície	76
Christianson (1990)	labo	superfície	73
Carmona (1990)	labo	superfície	80
Bremner (1989)	labo	superfície	90

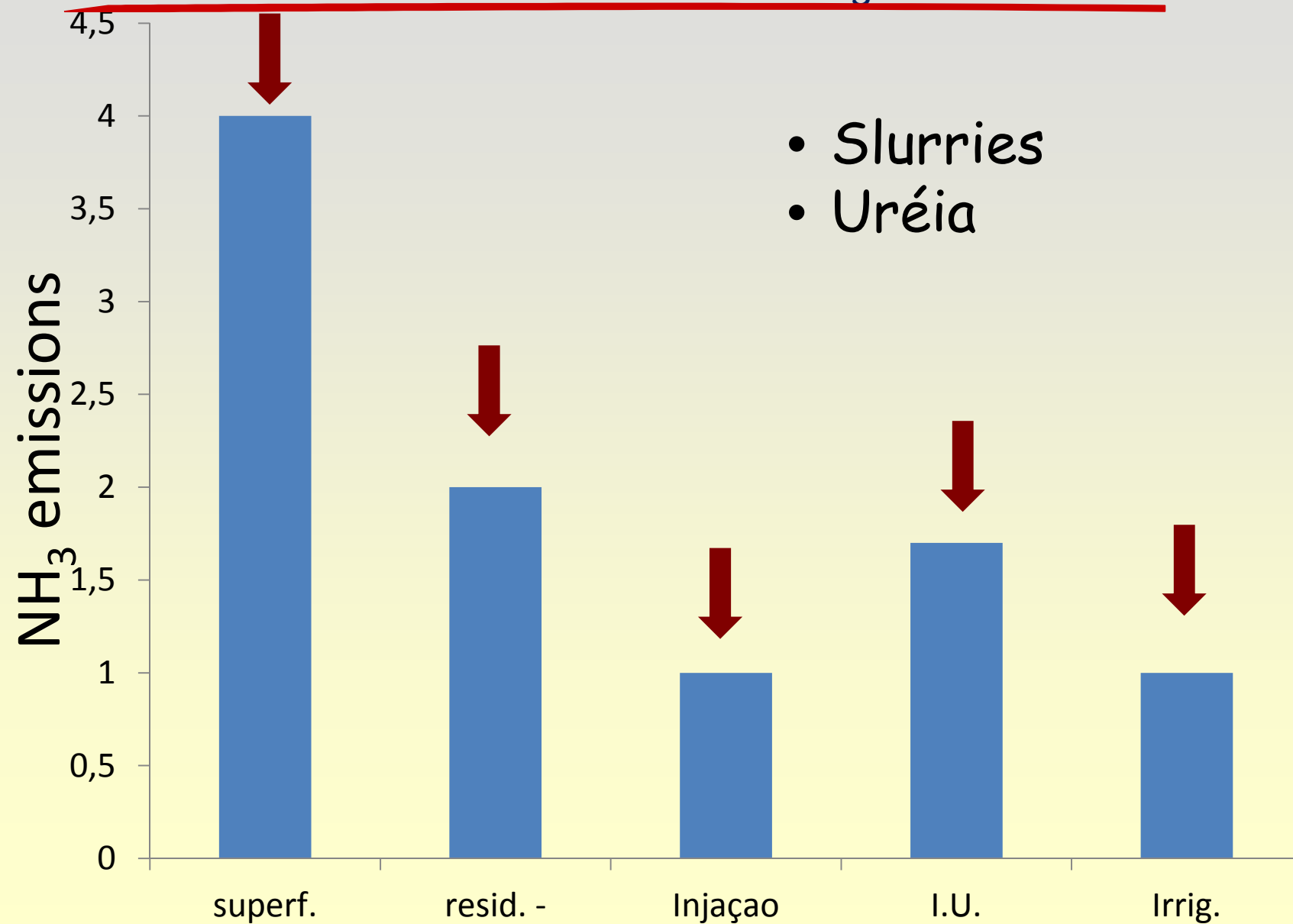
NBPT reduz a perda de NH_3 de 40 a 90% após a aplicação superficial da uréia

- Resumo de 23 estudos

O uso de NBPT reduz as perdas de NH_3 equivalente à incorporação no solo a 4 cm



Impactos das práticas conservacionistas sobre as emissões NH_3 ?



Perspectivas relativas ao N_2O

- Perfil vertical da produção de N_2O
- Interações entre fontes de N e profundidade
- Fatores que controlam a atividade da N_2O redutase ($\text{N}_2\text{O}/\text{N}_2$)
- Análises integrativas (LCAs) são necessárias

Perspectivas relativas à NH_3

Necessidade de desenvolver aplicadores comerciais de N, adaptados às inovações relativas à localização do fertilizante nitrogenado no solo

Injeção de uréia; é preciso considerar muitos fatores:

- pH inicial do solo
- Poder tampão do solo relativo ao pH
- Conteúdo de água no solo
- Porosidade do solo

Perspectives N₂O

- Vertical profile of N₂O production
- Interaction between N type and depth
- N₂O reductase activity controls (N₂O/N₂)
- Integrated analyses (LCAs) are needed

Perspectives NH_3

Need to develop commercial N applicators adapted to innovative N placement

Injeção de uréia, É preciso considerar muitos fatores:

- pH inicial do solo
- Poder tampão do solo relativo ao pH
- Conteúdo de água no solo
- Porosidade do solo

Dose de N aplicada



Dose de N Aplicada

- Quanto mais N aplicarmos, mais N_2O será emitido
- Evitar excesso
- Agricultura de precisão
- Incluir contribuição de dejetos de animais e resíduos vegetais do ano anterior
- A produção de fertilizantes requer muita energia fóssil:
 - 1 kg N = 260 a 970 kg CO_2 -eq
 - 50% do custo CO_2 devido às práticas agronômicas (Piva et al., 2012)



Application Rate(kg N ha⁻¹)

Tipo de fertilizante nitrogenado - NH_4 vs NO_3

- In theory, NH_4 has a greater potential than NO_3 because it can contribute to both nitrification and denitrification.

- $\text{NH}_4 > \text{NO}_3$ (Tenuta and Beauchamp, 2003; Velthof et al., 2003)

- $\text{NH}_4 > \text{NO}_3$ (Bouwman et al., 2002)

- Quando todos os fatores são considerados, a diferença entre fertilizantes desaparece

(Stehfest and Bouwman, 2006)

- Não há diferenças significativas entre selecionar NH_4 ou NO_3

- GHG emission for N fertilizer production differs among types (per kg N):
 - NH_3 : 2.6 kg CO_2 -eq
 - Urea: 3.2 kg CO_2 -eq
 - NH_4NO_3 : 9.7 kg CO_2 -eq

Fertilização nitrogenada- Época

- In theory:

- Improves synchrony between N application and crop N uptake

Improves N use efficiency (%)

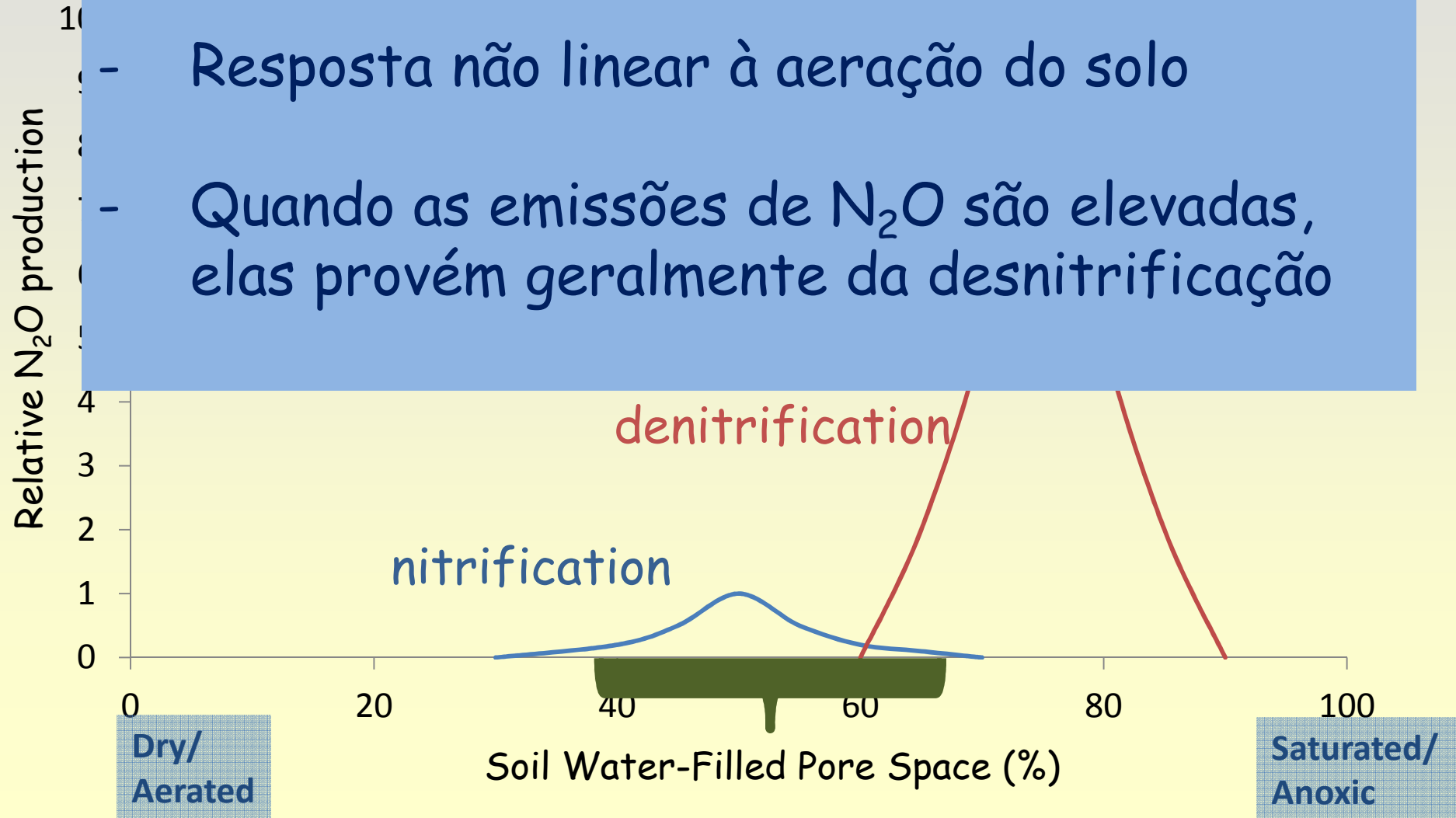
- Resultados conflitantes, provavelmente devido à interação com o clima

- Mais pesquisa é necessário

- Matson et al., 1998: Decreased emissions when split
- Drury et al., 2012: 50% decrease when split
- Zebarth et al., 2008: Increased emissions when split
- Phillips et al., 2009: No impact

Impacto da aeração do solo nas emissões de N_2O

- Resposta não linear à aeração do solo
- Quando as emissões de N_2O são elevadas, elas provêm geralmente da desnitrificação



Quais são os impactos das práticas agrícolas conservacionistas sobre as emissões de N₂O?

Plantio direto:

- Linked to soil aeration
- Decreased on well-drained soils
- Increased on poorly drained soils

Fertilization nitrogenada:

- Decrease emissions if:

Cuidado com solos mal aerados

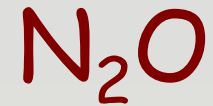
- Value animal slurry N

Plantas de cobertura:

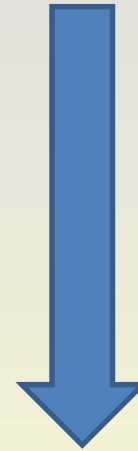
- Increased emissions after kill
- Chemical kill under well-drained soils minimizes impacts

Legume Crops:

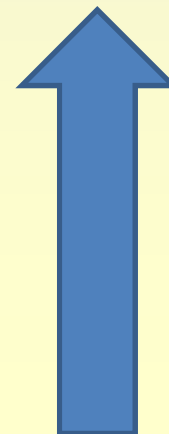
- Net decrease in emissions
- Include in rotation



- No-till (aerated soils)
- Legumes
- Crop N-use efficiency
- Nitrification inhibitors



- No-till (non aerated soils)
- N injection
- Cover crops



Opções para reduzir a volatilização de NH_3 em solos sob Plantio Direto

Injeção

- Decreases emissions
- Not as efficient for urea
- Depth $\geq$ 5 cm

Resíduos de culturas

- Accelerates urea hydrolysis
- Increases if N placed on top
- Can decrease if N can be placed below

Chuva/Irrigação:

- <4 mm increases emissions
- >7 mm decreases emissions

Inibidores de urease:

- Very efficient
- 60% decrease