

CEN5715 - Avaliação da Fertilidade do Solo e do Estado Nutricional das Plantas.

# O manejo 4C de nutrição mineral de plantas

Carlos da Rocha Junior

Docente: Cassio Hamilton Abreu Junior

Docente: José Lavres Junior



# Por que utilizar fertilizantes?

- ▶ Fornecer equilíbrio certo de nutrientes para as plantas e solos;
- ▶ Atuação no desenvolvimento e crescimento das plantas;
- ▶ Aumentar a produtividade e garantir produtos saudáveis;
- ▶ Os fertilizantes são responsáveis por 50% da produção mundial de alimentos, em média.



# Os Nutrientes Minerais

## ▶ Nitrogênio

- ▶ Faz parte de moléculas de proteínas, ácidos nucleicos, hormônios (algumas auxinas e citocininas) e clorofila.
- ▶ A **deficiência** é caracterizada pela clorose (amarelecimento) geral das folhas e baixas taxas de crescimento.
  - Aparecem nas folhas mais velhas da planta
- ▶ O **excesso** estimula acentuado crescimento da parte aérea da planta (folhas e ramos) e retarda a floração e amadurecimento dos frutos.



## ▶ Fósforo

- ▶ Está presente nas moléculas dos açúcares fosfatados que participam da fotossíntese, nas moléculas dos nucleotídeos do DNA e RNA, nos fosfolipídios presentes nas membranas.
- ▶ A **deficiência** característica é causada pelo verde intenso das folhas que podem se tornar malformadas e apresentar manchas necróticas. Também, ocorre a redução no número de frutos e sementes.
- ▶ O **excesso** reflete, indiretamente, ao interferir na absorção ou no transporte, para a parte aérea, do cobre, ferro, manganês e zinco



# Os Nutrientes Minerais

## ► Potássio

- É ativador de várias enzimas da fotossíntese e da respiração, e a deficiência em potássio afeta a síntese de amido e de proteínas. Está envolvido nos mecanismos de osmorregulação.
- A **deficiência** é caracterizada pelo fechamento dos estômatos não se abrem, impedindo a entrada de carbono para a fotossíntese. Afeta a corrente transpiratória que carrega todos os elementos minerais do solo para as partes aéreas da planta.
- O **excesso** afeta a dificuldade de absorção de cálcio e magnésio.



Folha normal



Folha com deficiência de potássio



Espiga normal



Espiga com deficiência de potássio

## ► Enxofre

- Faz parte da estrutura de aminoácidos e vitaminas. Dessa forma, está envolvido em processos fisiológicos como a fotossíntese, respiração e a produção de amido, clorofila e proteínas.
- A **deficiência** é caracterizada pela clorose (devido a redução na síntese de proteínas) nas folhas inclusive nos tecidos em volta dos feixes vasculares.
- O **excesso** apresenta uma séria de manchas nos bordos de limbo, com formas e tamanhos diversos.



# Os Nutrientes Minerais

## ▶ Cálcio

- ▶ É mensageiro nos mecanismos de ação hormonal e de respostas da planta a fatores ambientais, como a luz.
- ▶ A **deficiência** é caracterizada pelo aparecimento de folhas jovens deformadas (devido à divisão assimétrica das células) e necróticas e morte dos meristemas.
- ▶ O **excesso** ocasiona grandes danos visíveis aos trifólios, iniciando pela clorose e em seguida a necrose em pontos das folha.



## ▶ Magnésio

- ▶ É estabilizador da estrutura dos ribossomos e ativador de várias enzimas, como as enzimas da fotossíntese.
- ▶ A **deficiência** é caracterizado por clorose internerval (amarelecimento dos espaços entre as nervuras).
- ▶ O **excesso** pode causar deficiência de cálcio e/ou potássio.



# Os Nutrientes Minerais

## ▶ Ferro

- ▶ É parte do grupo catalítico de muitas enzimas que participam em reações de redução na fotossíntese, fixação do nitrogênio e respiração.
- ▶ A **deficiência** é caracterizada pelo aparecimento de folhas novas amarelcidas, enquanto as nervuras podem ficar verdes durante algum tempo, destacando como um reticulado fino.
- ▶ O **excesso** pode causar redução no crescimento e, conseqüentemente, na produtividade das plantas.



## ▶ Boro

- ▶ É estabilizador da estrutura dos ribossomos e ativador de várias enzimas, como as enzimas da fotossíntese.
- ▶ A **deficiência** causa inibição da divisão e alongamento das células das raízes primária e secundária das plantas. Deformação de folhas novas e frutos.
- ▶ O **excesso** causa toxidez, aparecendo folhas manchadas de verde e amarelo e, em casos graves, ocorre queima dos bordos foliares.



# Os Nutrientes Minerais

## ▶ Cobre

- ▶ Funciona como co-fator de várias enzimas oxidativas, atua no sistema de proteção das plantas.
- ▶ A **deficiência** é caracterizada inicialmente nas folhas novas, com coloração verde escura, as folhas encurvam-se para baixo.
- ▶ Em **excesso** as raízes perdem o vigor e escurecem, apresentam também engrossamento e paralisam o crescimento. Pode provocar deficiência em Ferro e reduz a absorção de Fósforo.



## ▶ Zinco

- ▶ Atua como co-fator enzimático, sendo essencial para a atividade, regulação e estabilização da estrutura proteica.
- ▶ A **deficiência** causa encurtamento dos internos da planta e folhas pequenas. Há também a formação de tufo na ponta dos ramos.
- ▶ O **excesso** causa a inibição do desenvolvimento da raiz.



# Os Nutrientes Minerais

## ► Manganês

- Funciona como co-fator de muitas enzimas, as quais participam do Ciclo de Krebs, e da enzima pertencente ao complexo que quebra a molécula de água e libera oxigênio durante o processo fotossintético.
- A **deficiência** é aparece inicialmente em folhas novas, as folhas se apresentam amareladas, a folha fica mais lisa, com nervuras menos pronunciadas, com a presença de manchas verdes irregulares.
- O **excesso** causa manchas marrons nas folhas das plantas jovens e redução de absorção de outros nutrientes essenciais, como o cálcio, o ferro e o magnésio.



## ► Cloro

- É requerido nas reações de liberação do oxigênio durante a fotossíntese, ao lado do manganês, sendo também necessário para a divisão celular de folhas e ramos.
- A **deficiência** causa clorose em folhas mais jovens e murcha generalizada. Também podem ocorrer necroses na planta, menor crescimento de folhas e raízes (ramificações laterais).
- O **excesso** causa a inibição do desenvolvimento da raiz.





# Os Nutrientes Minerais

## ▶ Cobalto

- ▶ É essencial para a fixação do  $N_2$ , pois participa na síntese de cobamida e da leghemoglobina nos nódulos.
- ▶ A **deficiência** pode ocasionar deficiência de N na soja, devido à baixa fixação do  $N_2$ . Sua deficiência causa clorose total, seguida de necrose nas folhas mais velhas, devido à deficiência de nitrogênio.
- ▶ O **excesso** diminui a absorção de ferro, motivo pelo qual os sintomas de toxicidade de Co são semelhantes aos de deficiência de ferro.

## ▶ Molibdênio

- ▶ Atua na atividade respiratória e está relacionado com a fixação e metabolismo do nitrogênio.
- ▶ A **deficiência** resulta em folhas jovens retorcidas e deformadas.
- ▶ O **excesso** é tóxico em sementes em germinação, prejudica a absorção e translocação do Ferro na planta.

## ▶ Níquel

- ▶ Tem relação também com a fixação simbiótica do N, aumenta a atividade da urease foliar, impedindo a acumulação de teores tóxicos de ureia. Atua também no metabolismo de defesa da planta.
- ▶ A **deficiência** resulta no acúmulo de ureia, o que causa manchas necróticas nas folhas
- ▶ O **excesso** são clorose nas folhas e redução do crescimento das raízes e da parte aérea.



# Critério de Diagnóstico do uso de Fertilizantes

- ▶ O uso eficiente de fertilizantes exige um diagnóstico correto dos possíveis problemas de fertilidade do solo e nutrição de plantas, antes da adubação ou correção do solo.
  
- ▶ “Ferramentas” para diagnose:
  1. **Análise de solos:** determinar qual o fertilizante ou corretivo a aplicar e em que doses.
  2. **Análise Foliar:** Comparar dados de análise foliar de áreas com baixa média e alta produtividades.
  3. **Testes de Tecido:** Mais comum para a avaliação do estado nutricional da planta quanto a nitrogênio, fósforo e potássio.
  4. **Sintomas de Deficiência de nutrientes:** Avaliação de diagnóstico em campo, recomendável que o técnico tenha à mão a descrição dos sintomas, inclusive com fotos coloridas.
  5. **Fatores que afetam a disponibilidade de nutrientes:** importante para a tomada de decisão, principalmente da aplicação de micronutrientes, que ainda não estão totalmente definidos para muitas culturas.
  6. **Histórico da área:** baseado em dados reais da área, fornece mais segurança do que a utilização apenas de parâmetros analíticos.

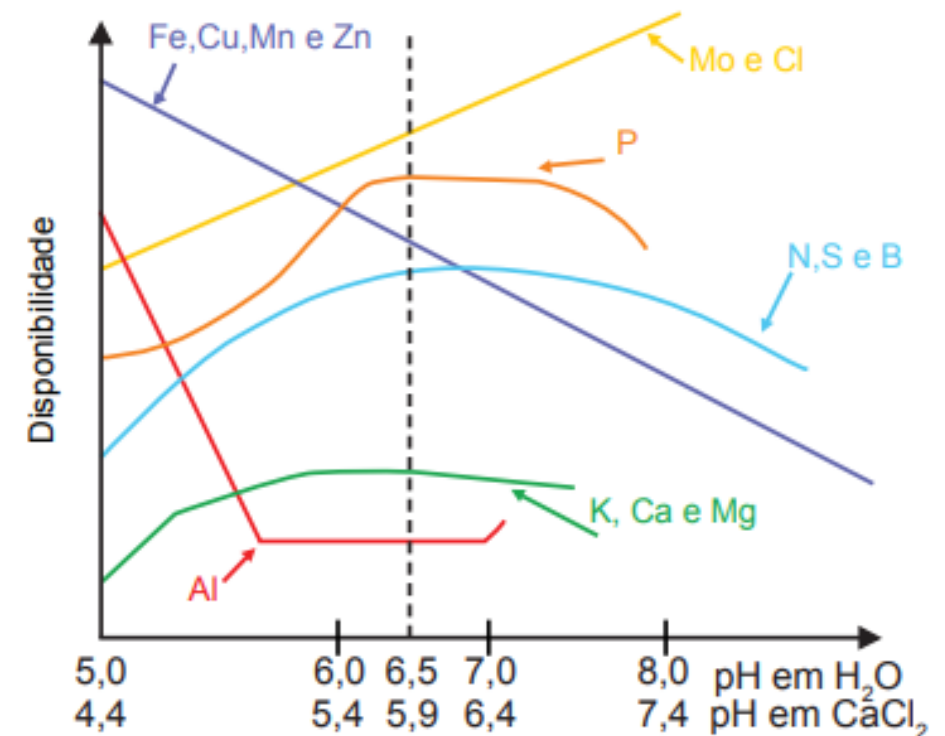
# Fatores que afetam o uso eficiente de fertilizantes e corretivos

## Fatores Diretos:

- ▶ Qualidade dos fertilizantes e corretivos agrícolas.
- ▶ Solo
  - ▶ As características físicas, químicas, físico-químicas, assim como o teor de matéria orgânica afetam o uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas.
    - ▶ **Capacidade de troca de cátions (CTC)**

Expressa a quantidade de cargas negativas que o solo possui. Ela é uma medida da capacidade de trocas e da quantidade de cátions como  $\text{Ca}^{2+}$  (cálcio),  $\text{Mg}^{2+}$  (magnésio) e  $\text{K}^+$  (potássio) que o solo pode reter sob determinadas condições.
    - ▶ **pH**

Indica o grau de acidez do solo, talvez seja um dos parâmetros mais importantes ligados ao uso eficiente de fertilizantes. A disponibilidade dos nutrientes contidos no solo, ou a ele adicionados através das adubações, é bastante variável em função ao pH do solo



Adaptado, Fonte: MALAVOLTA, E. ABC da adubação, 4a Ed. São Paulo. Ed. Agronômica Ceres, 1979, 255p.

# Fatores que afetam o uso eficiente de fertilizantes e corretivos

## ▶ Matéria Orgânica (MO)

- ▶ Solubiliza nutriente nos solos minerais;
- ▶ Aumenta a capacidade de troca de cátions (CTC);
- ▶ Libera, lentamente, fósforo, nitrogênio, enxofre e água;
- ▶ Melhora a nutrição de plantas, em relação a micronutrientes, pela formação de quelatos;
- ▶ Aumenta a capacidade de retenção de água;
- ▶ Melhora a estrutura do solo;
- ▶ Melhora a capacidade tampão do solo;
- ▶ Reduz a toxidez de pesticidas e outras substâncias;
- ▶ Favorece o controle biológico pela maior e mais ativa população microbiana;
- ▶ Contribui para a transformação do Al em formas não tóxicas;
- ▶ Quando deixada como resíduo de cobertura reduz consideravelmente as perdas por erosão;
- ▶ Exerce efeitos promotores de crescimento das plantas.

# Fatores que afetam o uso eficiente de fertilizantes e corretivos

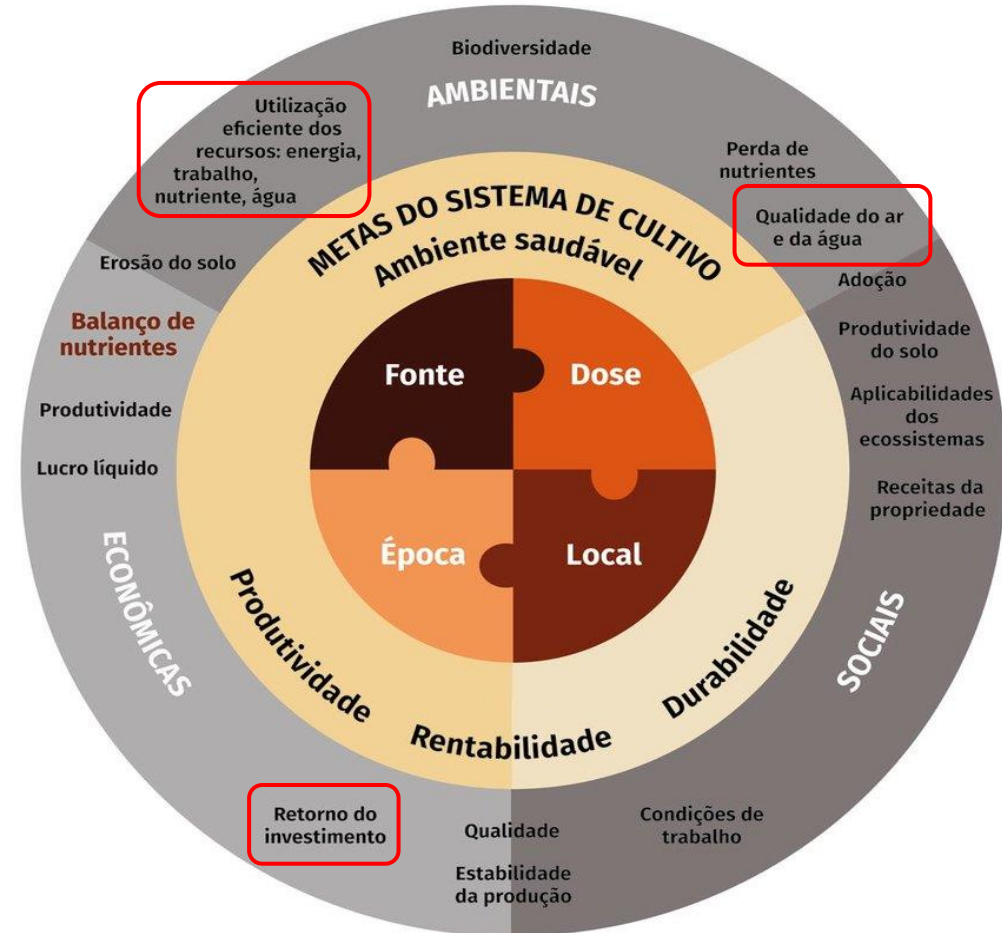
## ▶ Fatores Indiretos:

- ▶ Umidade do solo: Condições de seca ou de excesso de água levam à baixa eficiência dos fertilizantes e corretivos.
- ▶ Planta: As diferentes espécies de plantas respondem diferentemente ao efeito dos fertilizantes e corretivos agrícolas.
- ▶ Conservação do Solo: A desagregação e o arraste do solo provocado principalmente pela água, é um dos fatores mais importantes ligados à baixa eficiência de fertilizantes e corretivos no Brasil.
- ▶ Minimização de perdas:
  - ▶ Lixiviação ou percolação: a) parcelamento adequado dos fertilizantes solúveis; b) utilização de fertilizantes com disponibilidade mais controlada; c) distribuição dos fertilizantes solúveis em faixas estreitas
  - ▶ Volatilização do nitrogênio: incorporação dos fertilizantes nitrogenados, amoniacais ou amídicos em solos alcalinos ou calcários

# Manejo 4C na agricultura

## SUSTENTABILIDADE

- Garantir que as práticas de adubação sejam realizadas de forma responsável e eficiente.



Fonte: Adaptado de Bruulsema et al. (2008).

Aplicar a fonte certa, na dose certa, na época certa e no lugar certo para obtenção de alimentos acessíveis.



# 1°C - Fonte Certa

**Consiste em combinar as fontes de fertilizantes com a necessidade da cultura e as propriedades do solo. Deve-se estar atento para as interações dos elementos e o equilíbrio entre nitrogênio, fósforo, potássio e outros nutrientes, de acordo com a análise do solo e as exigências das culturas. A adubação equilibrada é uma das chaves para aumentar a eficiência de utilização do nutriente.**

**17 elementos para planta completar o seu ciclo de vida**

15 nutrientes minerais

- ❖ Macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S)
- ❖ Micronutrientes (Cl, Fe, B, Mn, Zn, Cu, Co, Mo e Ni)

3 elementos não-minerais:

- ❖ Carbono (C), Hidrogênio (H) e Oxigênio (O).



# 1°C - Fonte Certa

## E Como determinar?

- 1) Considerar a dose, a época e o local da aplicação
- 2) Fornecer os nutrientes em formas disponíveis para as plantas
- 3) Adequar a fonte às propriedades físicas e químicas do solo

Exemplo: Evitar a aplicação de nitrato em solos inundados, a aplicação superficial de ureia em solos de pH elevado, etc.

- 4) Reconhecer o sinergismo entre os elementos nutrientes e as fontes

Exemplo: interação fósforo-zinco, nitrogênio-fósforo, etc

- 5) Conhecer a compatibilidade da mistura
- 6) Conhecer os benefícios e interações dos elementos associados

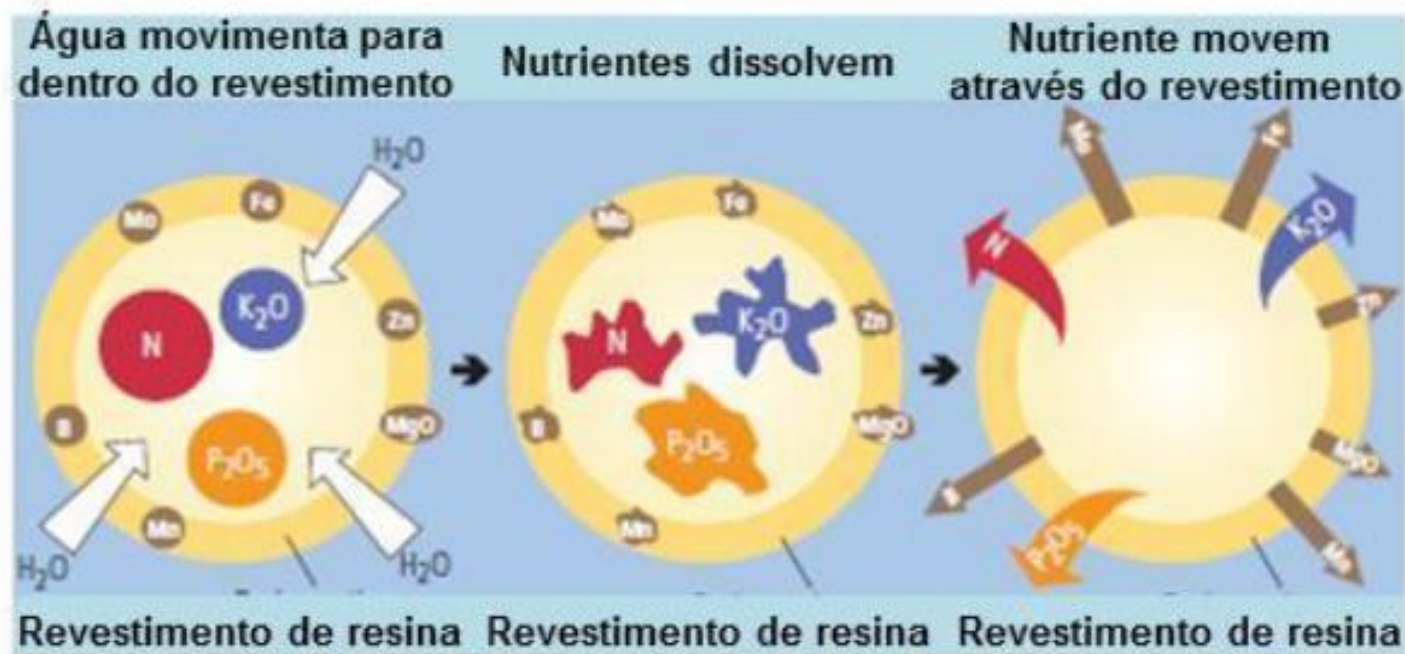
Exemplo, o cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) que acompanha o K, no cloreto de potássio, é benéfico para o milho, mas pode ser prejudicial à qualidade do fumo e de algumas frutas.

- 7) Controlar o efeito dos elementos não nutritivos.



# A importância da Fonte Certa

- ❖ Várias opções diferentes são disponíveis para reduzir ou controlar a liberação dos materiais fertilizantes.



Exemplo de um tipo de grânulo de fertilizante de liberação controlada e seu mecanismo de liberação do nutriente.

# 2°C - Dose Certa

- ▶ **Consiste em ajustar a quantidade de fertilizante a ser aplicada com a necessidade da cultura. O excesso de fertilizante resulta em lixiviação e outros prejuízos ao ambiente, e a deficiência do fertilizante resulta em menor rendimento e qualidade das culturas, além de menor quantidade de resíduos para proteger e melhorar o solo.**

**O balanço de nutrientes se refere à diferença entre a remoção de nutrientes pela colheita e a entrada de nutrientes no sistema.**

Todos os 17 elementos essenciais devem estar presentes em quantidades suficientes para satisfazer as exigências da cultura em crescimento:

- ❖ Saldos negativos, nos quais a remoção excede o uso, levam à diminuição da fertilidade do solo e, eventualmente, à redução da produtividade, uma vez que o suprimento de nutrientes cai abaixo dos níveis críticos.
- ❖ Saldos positivos geralmente estão associados ao aumento da fertilidade do solo e podem eventualmente representar elevado risco de perda de nutrientes para o ambiente.

# 2°C - Dose Certa

## E Como determinar?

1) Considerar a dose, a época e o local da aplicação

2) Avaliar a demanda de nutrientes da planta

Rendimento relacionado à quantidade de nutrientes absorvidos pela cultura até a maturidade.

3) Utilizar métodos adequados para avaliar a disponibilidade de nutrientes no solo

4) Avaliar todas as fontes de nutrientes disponíveis

5) Prever a eficiência de uso do fertilizante

Aumento de produção por unidade de fertilizante aplicado.

6) Considerar a dose de máxima eficiência econômica da adubação

7) Considerar o impacto dos nutrientes nos recursos do solo

Se as saídas de nutrientes de um sistema de cultivo forem superiores às entradas, haverá diminuição da fertilidade do solo a longo prazo.

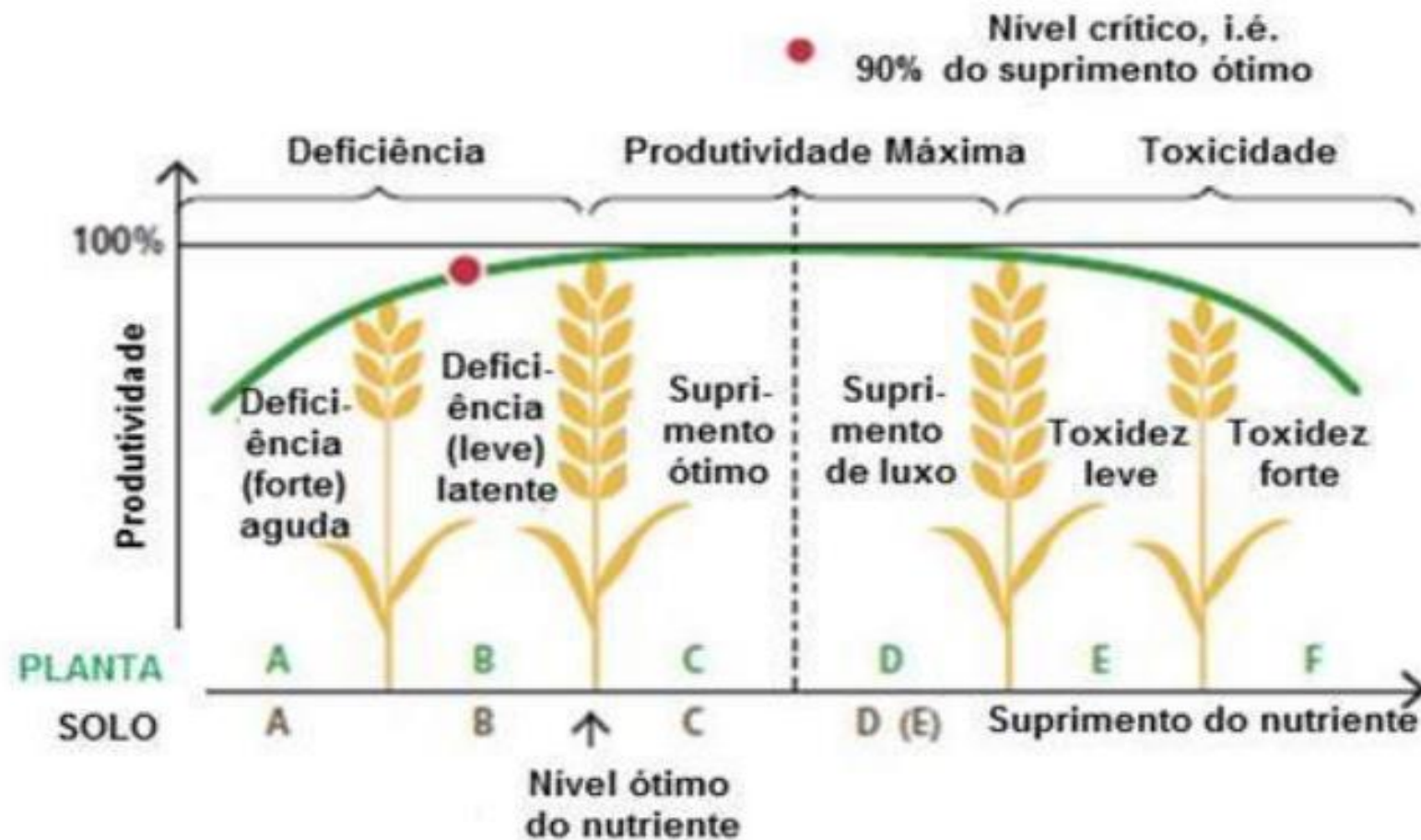


# A importância da Dose Certa

❖ Doses excessivas podem conduzir a ineficiência no uso do nutriente:

- ✗ Perdas econômicas
- ✗ Problemas ambientais.

❖ Em alguns casos, excesso de nutrientes podem também resultar em toxidez para as culturas



Efeito das doses de fertilizantes no trigo, mostrando potencial para efeitos de deficiência ou toxicidade quando não se aplicam as doses corretas dos nutrientes.

# 3°C - Época Certa

**Consiste em disponibilizar os nutrientes para as culturas nos períodos de necessidade. Os nutrientes são utilizados de forma mais eficiente quando sua disponibilidade é sincronizada com a demanda da cultura.**

- ❖ A dinâmica da absorção de nutrientes pela cultura varia de acordo com o nutriente e com as condições ambientais.
- ❖ A taxa de absorção de nutrientes pelas plantas varia durante todo o período de crescimento.
  - Aplicações programadas e orientadas pelas fases fenológicas das plantas podem ser benéficas à produtividade e/ou qualidade do produto em alguns sistemas de produção e para alguns nutrientes, principalmente nitrogênio.
- ❖ Aplicações temporizadas, uso de fertilizantes de disponibilidade controlada e uso de inibidores da urease e da nitrificação.
  - Boas práticas de manejo de fertilizantes que ajudam a reduzir os impactos ambientais da perda de nutrientes do solo.



# 3°C - Época Certa

## E Como determinar?

- 1) Considerar a dose, a época e o local da aplicação
- 2) Analisar a marcha de absorção de nutrientes pelas plantas

Os nutrientes devem ser aplicados concomitantemente com a demanda sazonal de nutrientes da cultura.

- 3) Analisar a dinâmica de fornecimento de nutrientes do solo

Solos ácidos, por exemplo, bastante comuns em regiões tropicais, têm alta capacidade de fixação de fósforo. O adubo fosfatado aplicado nesses solos pode ser facilmente convertido em formas pouco solúveis e indisponíveis de P..

- 4) Analisar a dinâmica de perda de nutrientes do solo.

Em regiões tropicais, no verão há mais frequência das perdas por lixiviação.

- 5) Avaliar a logística das operações no campo.

As aplicações de nutrientes não devem atrasar as operações que dependem do tempo, como o plantio.

# A importância da Época Certa

- ❖ A cultura do milho tem uma exigência muito alta de N no estágio de início de alongação dos colmos (estágio V8).
- ❖ Aplicação de fertilizantes nitrogenados tão próximo quanto possível da época de absorção:
  - ✓ Evitar perdas para o ambiente
  - ✓ Aumentar a eficiência de uso de N.



Absorção de nitrogênio pela cultura do milho em diferentes estágios de crescimento e região de acúmulo dentro da planta.

# 4°C - Local Certo

**Consiste em colocar e manter os nutrientes onde as culturas podem absorvê-los. O método de aplicação é decisivo no uso eficiente do fertilizante.**

- ❖ Cultura, sistema de cultivo e propriedades do solo determinam o método mais adequado de aplicação

Podendo ser a lanço ou localizado; na superfície ou incorporado; pré-plantio, no plantio ou em cobertura; ou ainda via foliar.

- ❖ É preciso colocar os nutrientes onde são necessários e mantê-los onde as culturas possam absorvê-los. Para isso, a metodologia de amostragem e a forma de aplicação são decisivos.

- ❖ Portanto, posicionar corretamente um fertilizante exige conhecer sua dinâmica no solo e na planta, que, cruzada com os demais C's, fecham as 4 medidas para o uso eficiente de fertilizantes.



# 4°C - Local Certo

## E Como determinar?

- 1) Considerar a dose, a época e o local da aplicação
- 2) Considerar o local de crescimento das raízes das plantas

Os nutrientes precisam ser colocados próximo às raízes em crescimento, onde possam ser absorvidos quando necessário.

- 4) Considerar as reações químicas do solo

Concentrar os nutrientes que podem sofrer fixação, como o fósforo, em faixas ou em volumes menores de solo pode melhorar a disponibilidade do elemento.

- 5) Atender os objetivos do sistema de plantio direto

As técnicas de aplicação subsuperficial, que mantém a camada de palha sobre o solo, podem ajudar a preservar os nutrientes e a água;

- 6) Manejar a variabilidade espacial.

Avaliar as diferenças de solo dentro e entre os campos em relação a produtividade das culturas, capacidade de fornecimento de nutrientes do solo e vulnerabilidade à perda de nutrientes.



# A importância do Local Certo

- ❖ O lugar certo também depende das características do material fertilizante sendo aplicado



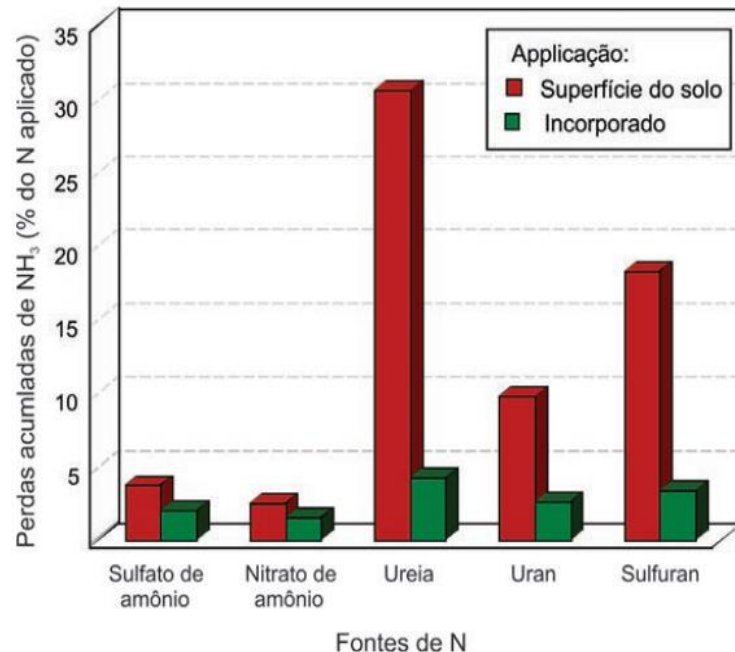
Diagrama mostrando o impacto de diferentes práticas de localização de fertilizantes no movimento dos nutrientes dentro do solo.

# Resultados de Campo

## Com a fonte certa, no local certo, controla-se as perdas de amônia do solo e a produtividade do milho

A perda de N por volatilização da amônia ( $\text{NH}_3$ ) para a atmosfera é um dos principais fatores responsáveis pela baixa eficiência de alguns fertilizantes nitrogenados aplicados ao solo.

- Independentemente da fonte utilizada, a volatilização de amônia foi superior quando os fertilizantes foram aplicados na superfície.



- Alternativas: Fertilizantes Nitrogenados com: i) Inibidores ou Aditivos, ex. Inibidores de nitrificação, ii) Liberação lenta, ex. Ureia Metileno, iii) Liberação controlada, ex. recobertos ou encapsulados

Fonte: LARA-CABEZAS, W. A. R.; KORNDÖRFER, G. H. P; MOTTA, S. A. Volatilização de N- $\text{NH}_3$  na cultura de milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial da ureia por sulfato de amônio. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 21, n. 3, p. 481-487, 1997.

Trabalho de pesquisa na região do cerrado mostrou a superioridade do fornecimento de fósforo no sulco de semeadura, em relação à aplicação a lanço, em termos de incremento na produção de milho.

Tabela 1. Incremento líquido<sup>1</sup> na produtividade de milho em função de diferentes doses e modos de aplicação da adubação fosfatada na cultura do milho.

$\text{P}_2\text{O}_5$ ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Modo de aplicação			
	Lanço	Sulco simples	Sulco duplo	Média
45,0	0,73	1,05	0,81	0,86
67,5	0,80	1,92	2,14	1,62
90,0	0,84	2,66	3,42	2,31
112,5	0,88	3,36	4,23	2,82
135,0	1,17	3,64	5,00	3,27
Média	0,88 c <sup>2</sup>	2,53 b	3,11 a	

<sup>1</sup> Obtido pela diferença entre a produtividade total do tratamento em estudo ( $\text{t ha}^{-1}$ ) e o custo total de produção, exceto o custo do fósforo, calculado em  $\text{t.ha}^{-1}$ .

<sup>2</sup> Médias diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

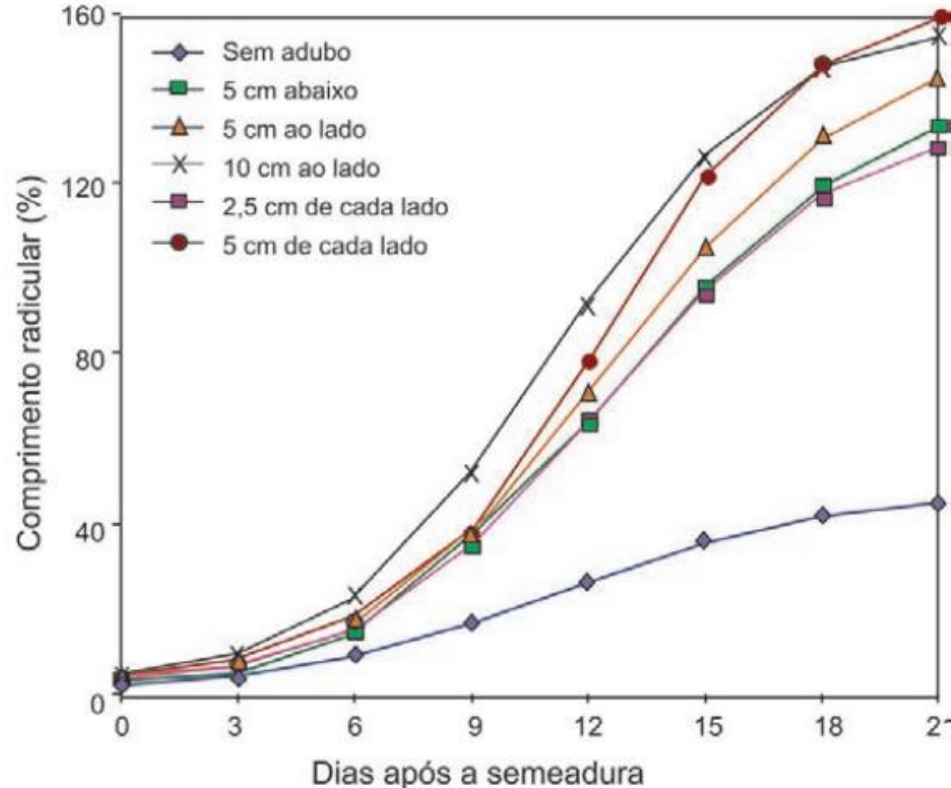
- Os maiores valores de incremento líquido na produção de grãos de milho foram obtidos com a distribuição de fósforo em sulco duplo.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Aspectos econômicos da adubação fosfatada para a cultura do milho. Scientia Agricola, v. 58, n. 3, p. 617-621, 2001.

# Resultados de Campo

## A aplicação da dose certa, no local certo e na época certa aumenta a produtividade do algodoeiro

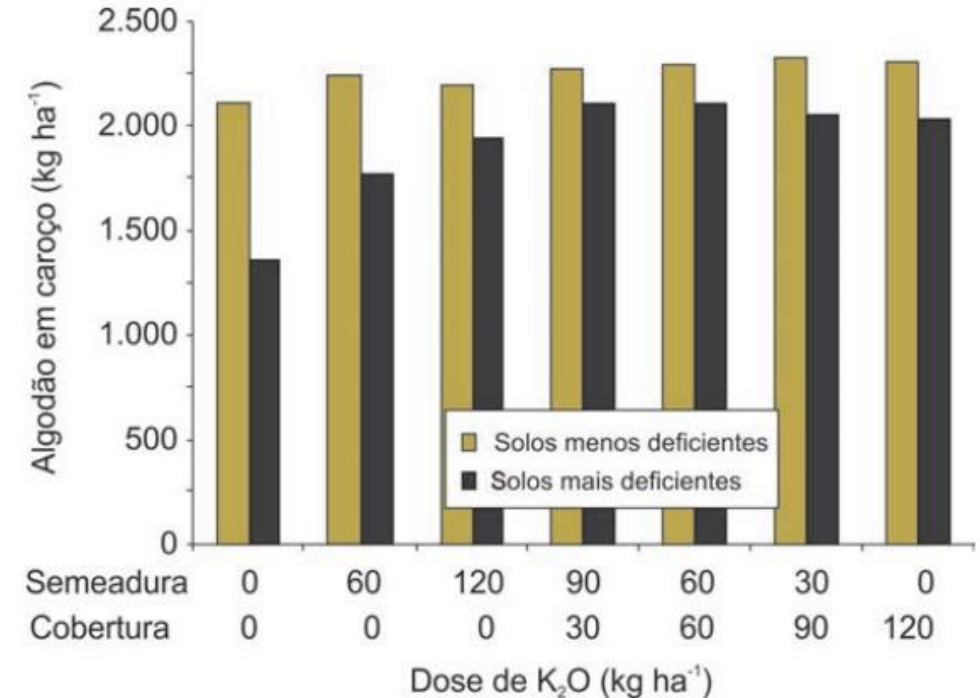
Altas doses de potássio aplicadas próximo das sementes causam problemas na emergência das plantas.



A aplicação do fertilizante proporcionou crescimento inicial mais vigoroso do sistema radicular mesmo em solo previamente corrigido e adubado, o que é importante no estabelecimento da cultura.

Fonte: SOUZA, F. S. DE; FARINELLI, R.; ROSOLEM, C. A. Desenvolvimento radicular do algodoeiro em resposta à localização do fertilizante. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, n. 2, p. 387-392, 2007.

Em solos deficientes em potássio, a **aplicação parcelada do fertilizante** oferece vantagens. Isso ocorre porque, à medida que aumenta a disponibilidade do elemento no solo, aumenta a proporção de raízes finas e também a proporção do nutriente que entra em contato com as raízes por fluxo de massa, facilitando o contato íon-raiz e proporcionando maior absorção do elemento.



As melhores respostas na produtividade do algodoeiro foram obtidas quando se aplicou um terço ou metade da dose do fertilizante por ocasião da semeadura e o restante por ocasião da cobertura, juntamente com o nitrogênio.

SILVA, N. M.; CARVALHO, L. H.; CIA, E.; CHIAVEGATO, E. J.; SABINO, J. C. Estudo do parcelamento da adubação potássica do algodoeiro. Bragantia, v. 43, n. 1, p. 111-124, 1984.

# Princípios Científicos

- ▶ O processo de nutrição mineral das plantas é norteado por princípios científicos que orientam a utilização da ferramenta 4C.

EXEMPLOS	FONTE	DOSE	ÉPOCA	LOCAL
<b>DE PRINCÍPIOS CIENTÍFICOS-CHAVE</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Garantir o fornecimento adequado de nutrientes</li><li>• Adequar-se às propriedades do solo</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Avaliar o fornecimento de nutrientes de todas as fontes</li><li>• Avaliar a demanda pela planta</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Avaliar a dinâmica de absorção pela cultura e o fornecimento pelo solo</li><li>• Determinar a época de risco de perda</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identificar o padrão de enraizamento da cultura</li><li>• Gerenciar a variabilidade espacial</li></ul>
<b>DE ESCOLHAS PRÁTICAS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fertilizante Comercial</li><li>• Estrume animal</li><li>• Composto</li><li>• Resíduo da cultura</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Análise de solos para nutrientes</li><li>• Cálculo do retorno</li><li>• Balanço da remoção pela cultura</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• No pré-plantio</li><li>• No plantio</li><li>• No florescimento</li><li>• Na frutificação</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• A lanço</li><li>• Faixa / Cova / Injeção</li><li>• Aplicação em taxa variável</li></ul>

FONTE: Manual 4C nutrição de plantas (IPNI)

# Caravana Embrapa

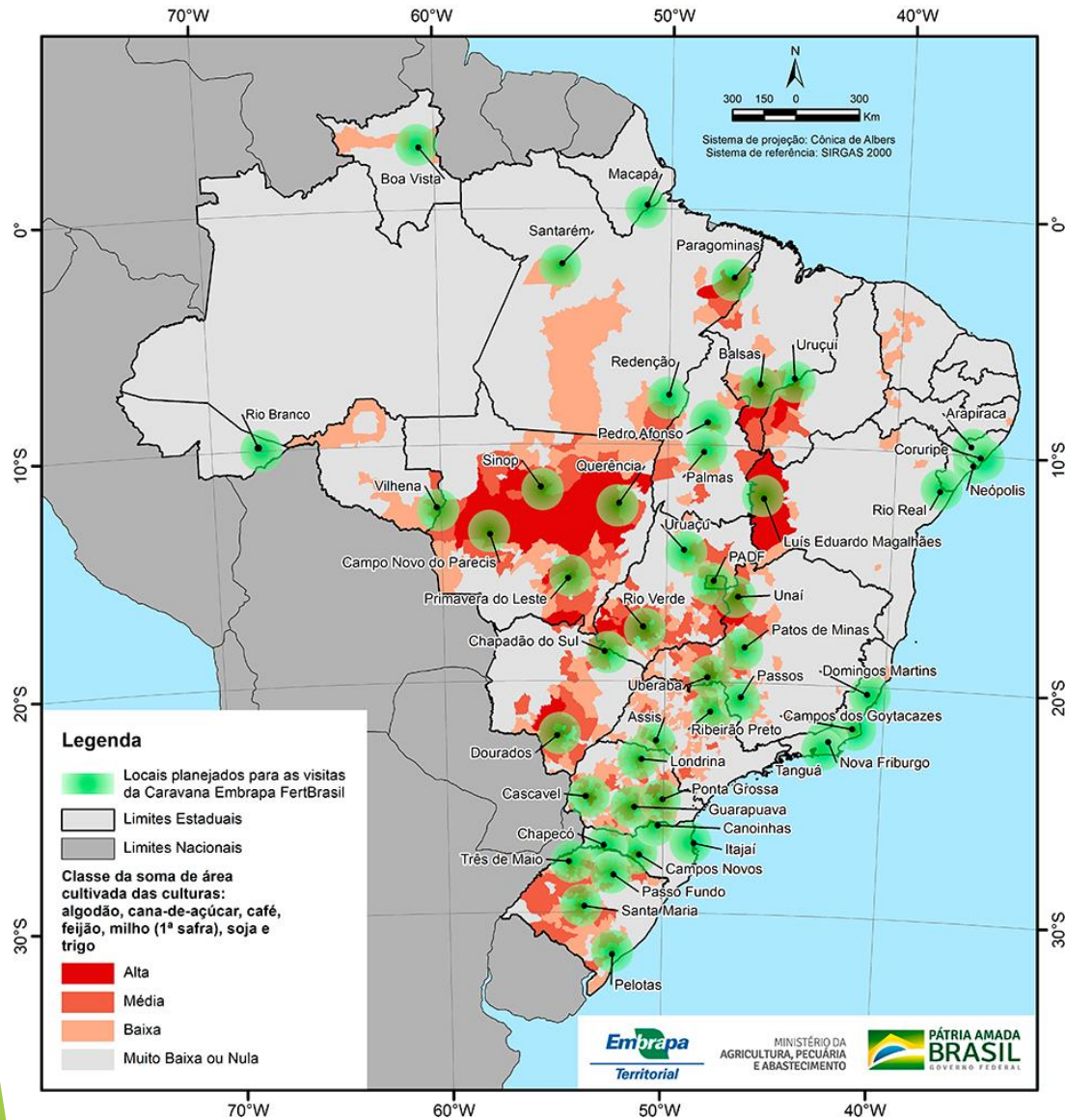


- ▶ É uma jornada que irá percorrer as principais regiões agrícolas do País, levando ao produtor rural tecnologias e conhecimento para:
  - ❖ Aumentar a eficiência do uso de fertilizantes;
  - ❖ Sustentabilidade;
  - ❖ Enfatizar a importância do manejo sustentável dos solos;
  - ❖ Melhorar a produtividade;
  - ❖ Manejo de Precisão;
  - ❖ Boas praticas no uso de fertilizantes

**Caravana Embrapa FertBrasil: maior eficiência poderia reduzir os custos dos agricultores em até U\$ 1.0 Bilhão**

# Caravana Embrapa

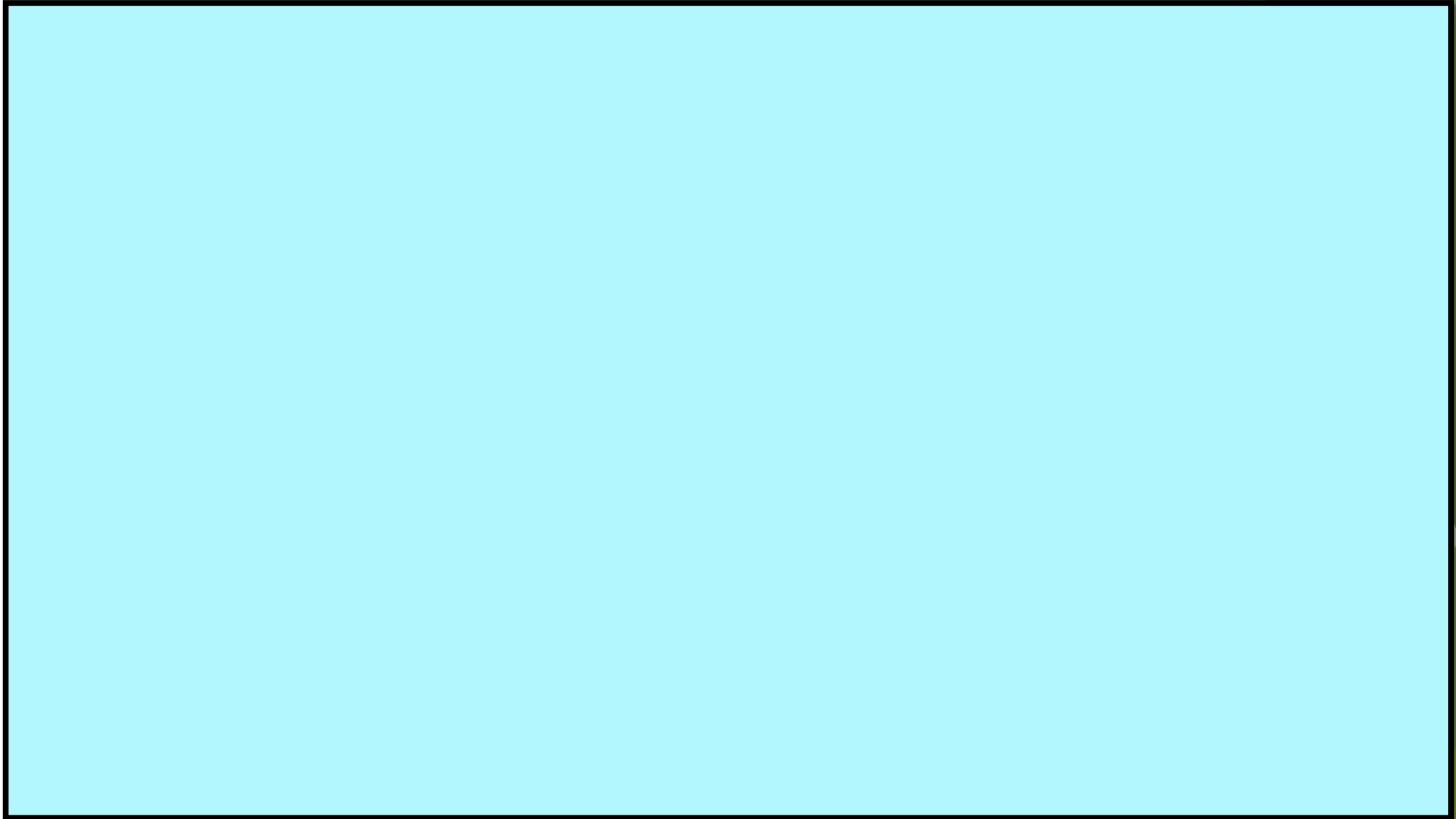
2022



2023



Em resumo...





# Como os 4'Cs visam o futuro?





**OBRIGADO!**