

A cultura de feijão

Prof. Dr. Durval Dourado Neto
ESALQ, Universidade de São Paulo
ddourado@usp.br



A cultura de feijão

Fundamentos norteadores do manejo

Sumário

- Cenário (área irrigada e métodos de irrigação)
- Ambiente de produção e população de plantas
- Fisiologia da produção (Partição de carboidrato)
- Profundidade efetiva do sistema radicular
- Fósforo
- Nitrogênio
- Fertirrigação
- Considerações gerais



A cultura de feijão

Sumário

- **Cenário (área irrigada e métodos de irrigação)**
- Ambiente de produção e população de plantas
- Fisiologia da produção (Partição de carboidrato)
- Profundidade efetiva do sistema radicular
- Fósforo
- Nitrogênio
- Fertirrigação
- Considerações gerais



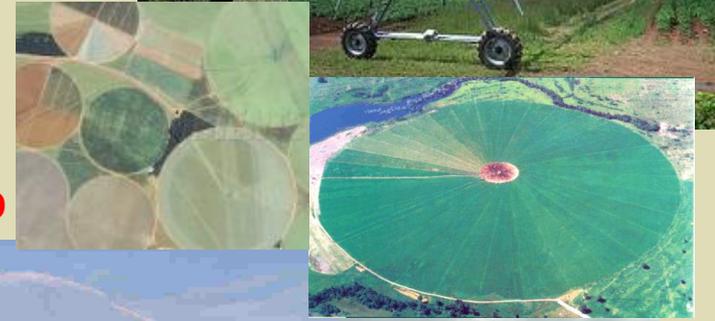
1



2



CENÁRIOS MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO



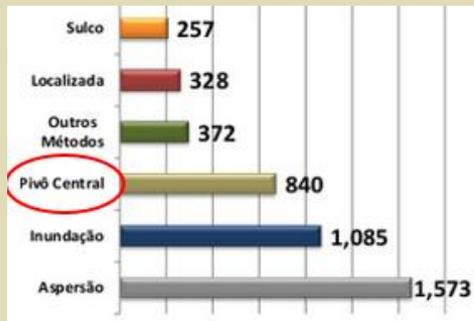
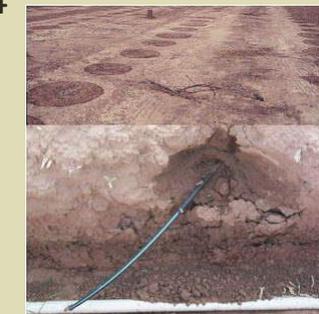
- (1) Irrigação por superfície
- (2) Irrigação por aspersão
- (3) Irrigação localizada
- (4) Irrigação por subsuperfície ou subirrigação



3



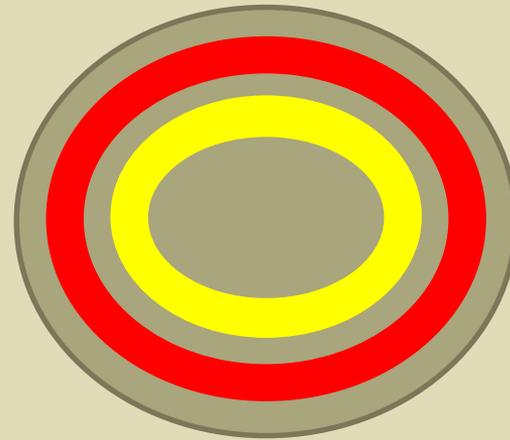
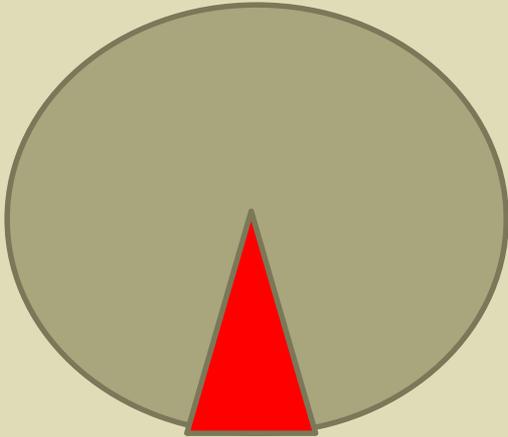
4



316.000 ha (Censo Agropecuário IBGE 2006):
2013/2014: 13-16% da área total (3.129.440
ha): 400.000 a 500.000 ha



Problemas...



l , mm



L , m

Ferti[rr]ição da cultura de feijão

Sumário

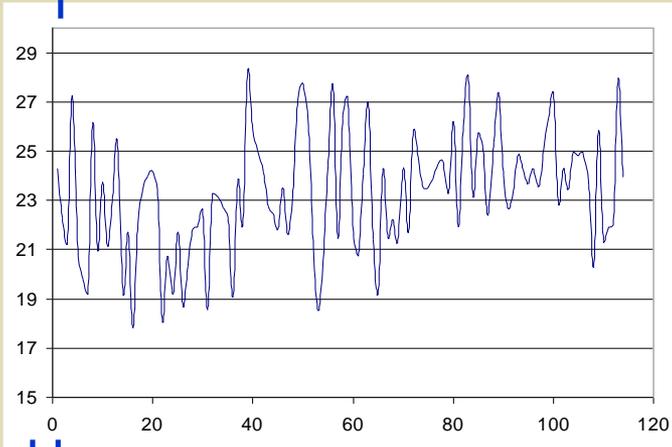
- Cenário (área irrigada e métodos de irrigação)
- **Ambiente de produção e população de plantas**
- Fisiologia da produção (Partição de carboidrato)
- Profundidade efetiva do sistema radicular
- Cálcio e, potássio e fósforo
- Nitrogênio
- Fertirrigação
- Considerações gerais



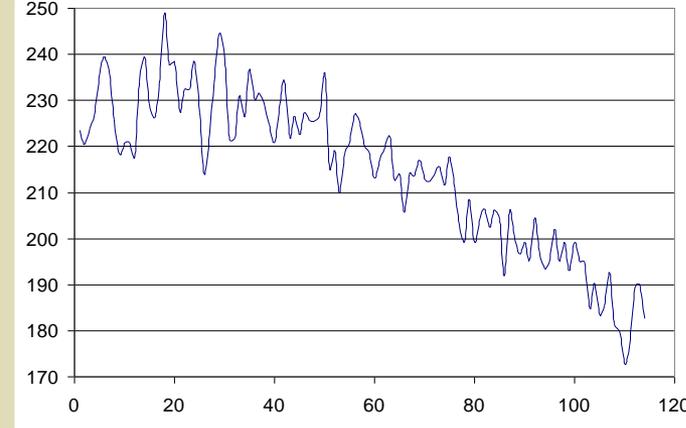
Ambiente de produção

OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS
... pelo genótipo mais adequado

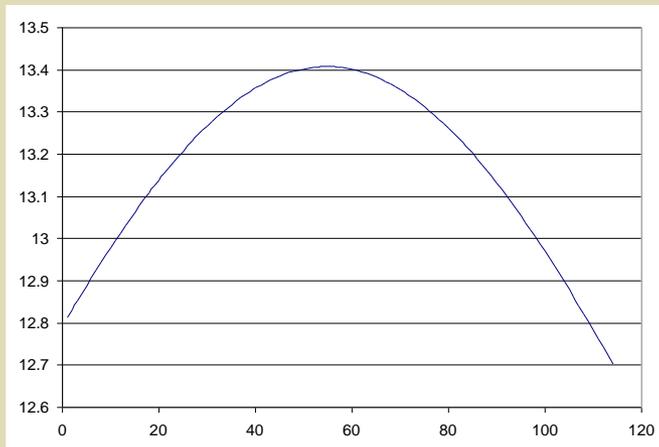
T



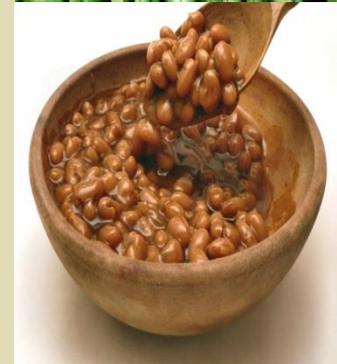
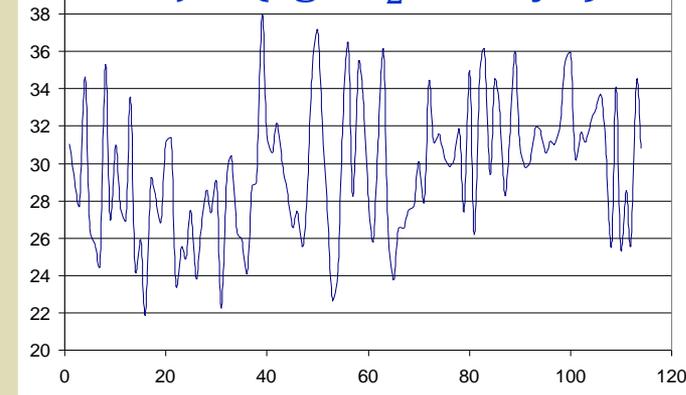
PAR



H



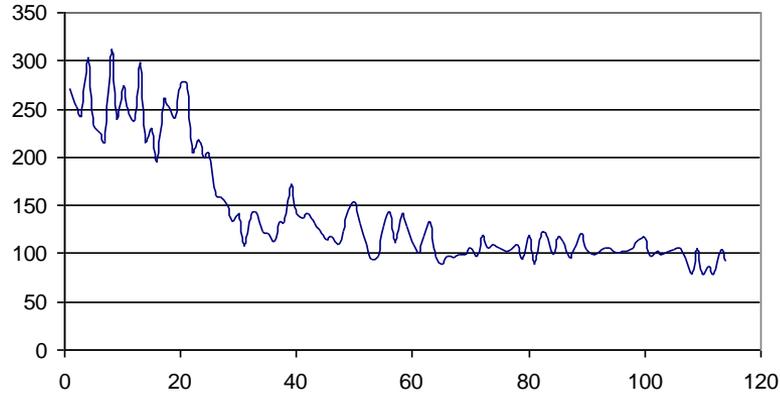
Assimilação ($\text{kg CO}_2 \text{ha}^{-1} \text{day}^{-1}$)



OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS

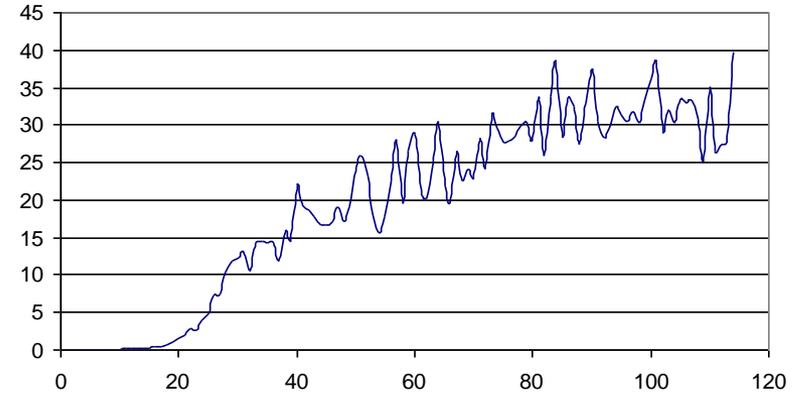
A

Fotossíntese bruta ($\text{kg CH}_2\text{O ha}^{-1}$ folha dia^{-1})

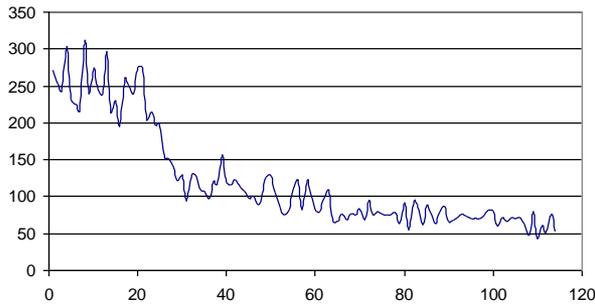


B

Respiração ($\text{kg CH}_2\text{O ha}^{-1}$ folha dia^{-1})

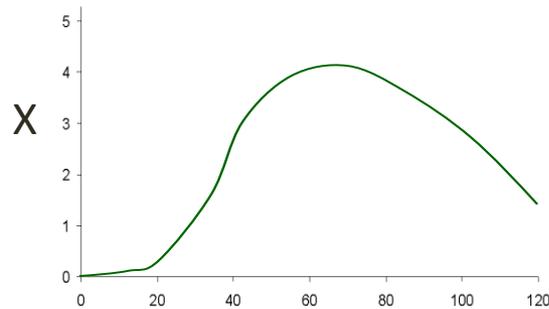


Fotossíntese líquida
($\text{kg CH}_2\text{O ha}^{-1}$ folha dia^{-1})



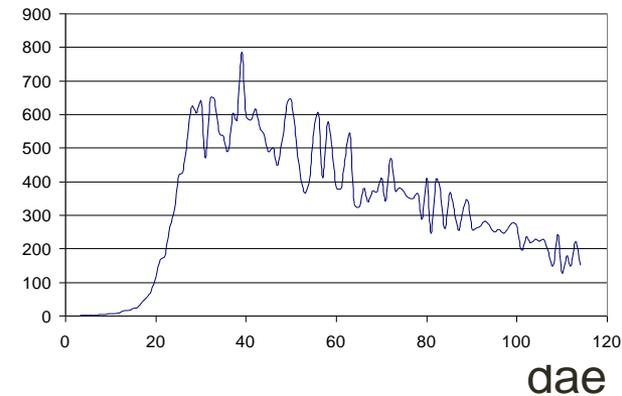
$$C = A - B$$

IAF ($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$)



D

Fotossíntese líquida
($\text{kg CH}_2\text{O ha}^{-1}$ solo day^{-1})



$$E = C \times D$$

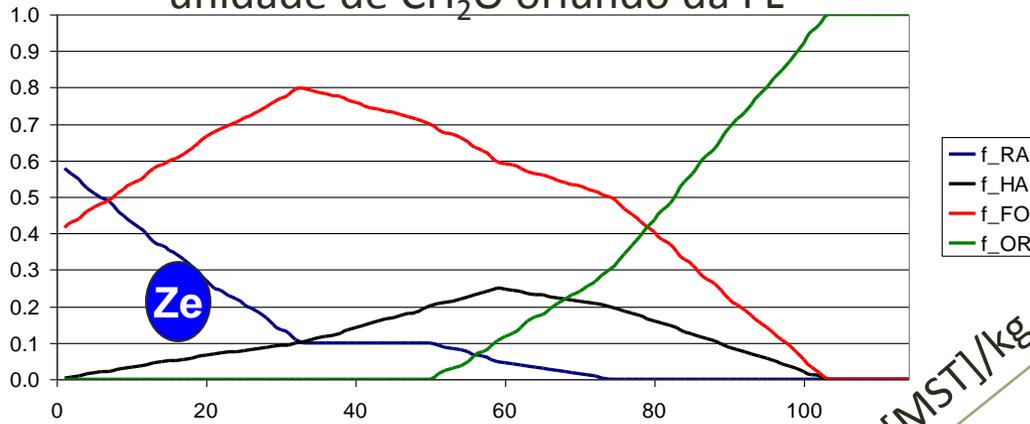
dae

OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS

F

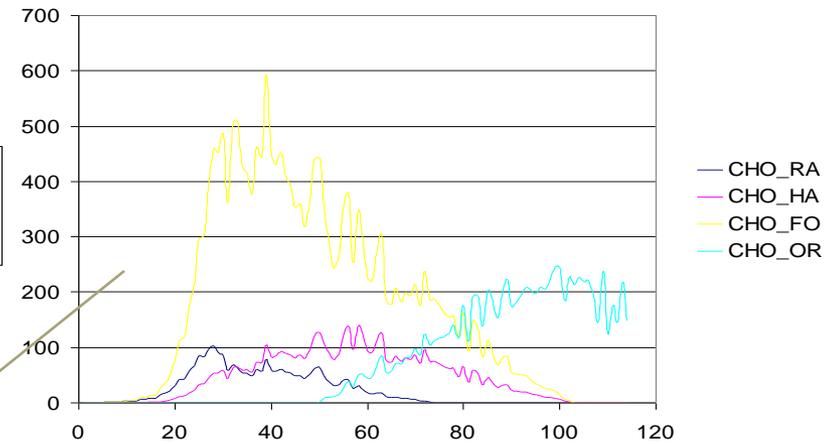
Partição relativa carboidrato (kg.kg⁻¹)

Kg de CH₂O alocado para R, F, H e OR por unidade de CH₂O oriundo da FL



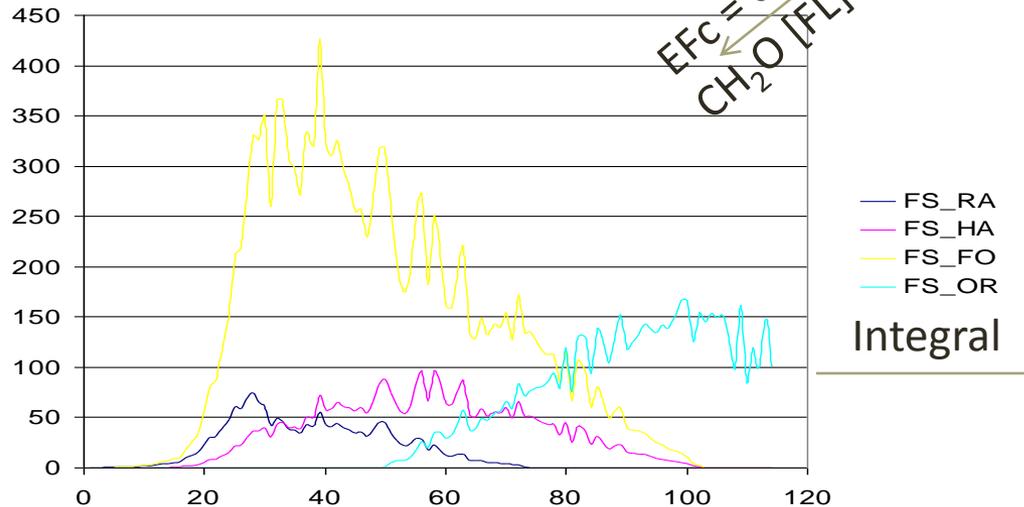
G = E x F

Partição absoluta carboidrato (kg.ha⁻¹.day⁻¹)

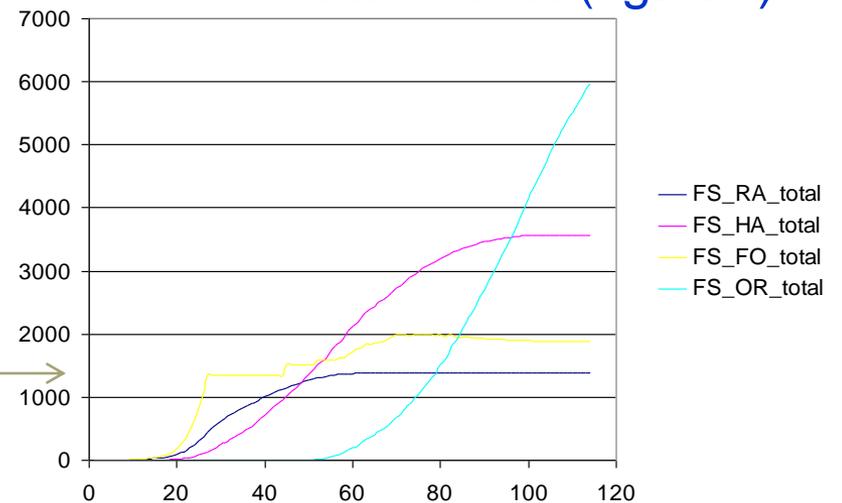


Matéria seca (kg.ha⁻¹.day⁻¹)

H = G x EFC



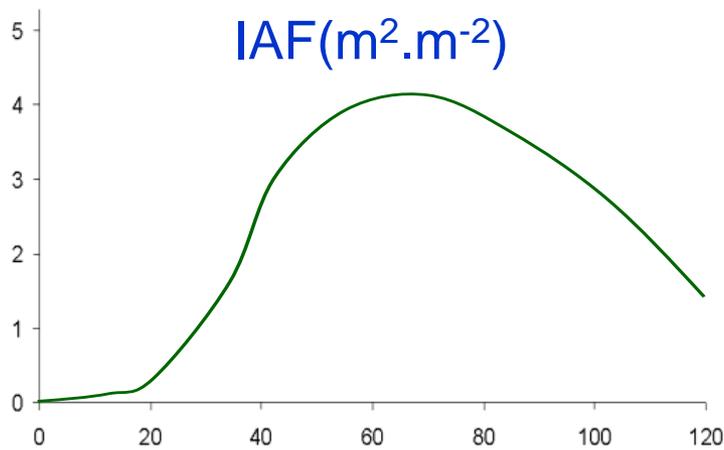
Matéria seca(kg.ha⁻¹)



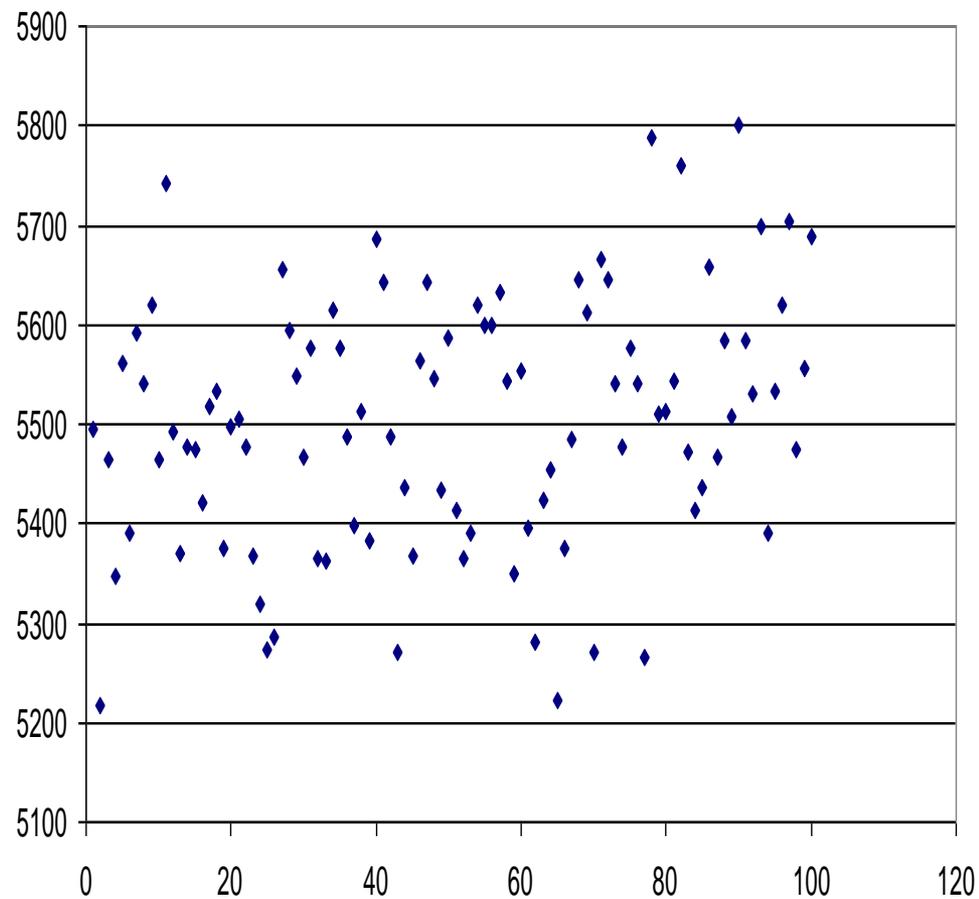
EFC = 0,667 kg [MST]/kg
CH₂O [FL]

Integral

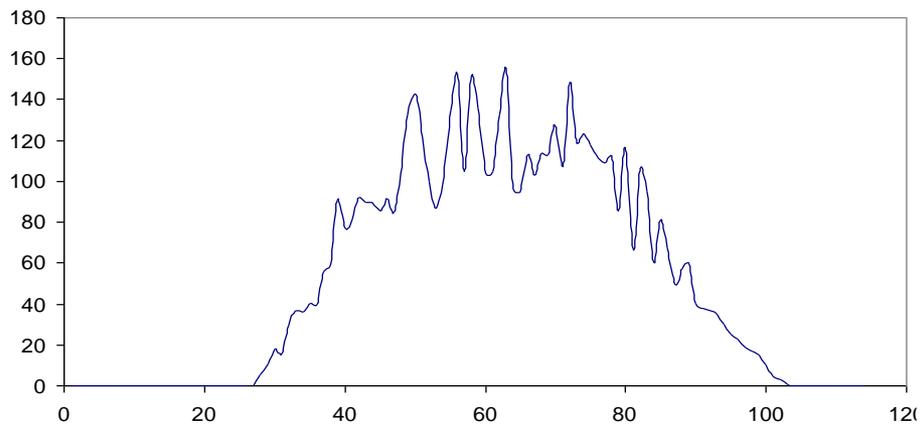
OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS



Produtividade atingível (kg.ha⁻¹)



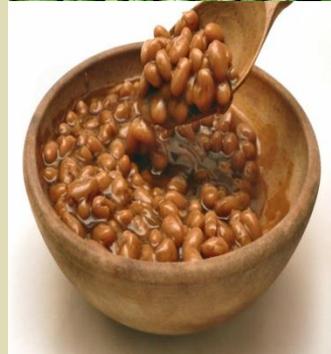
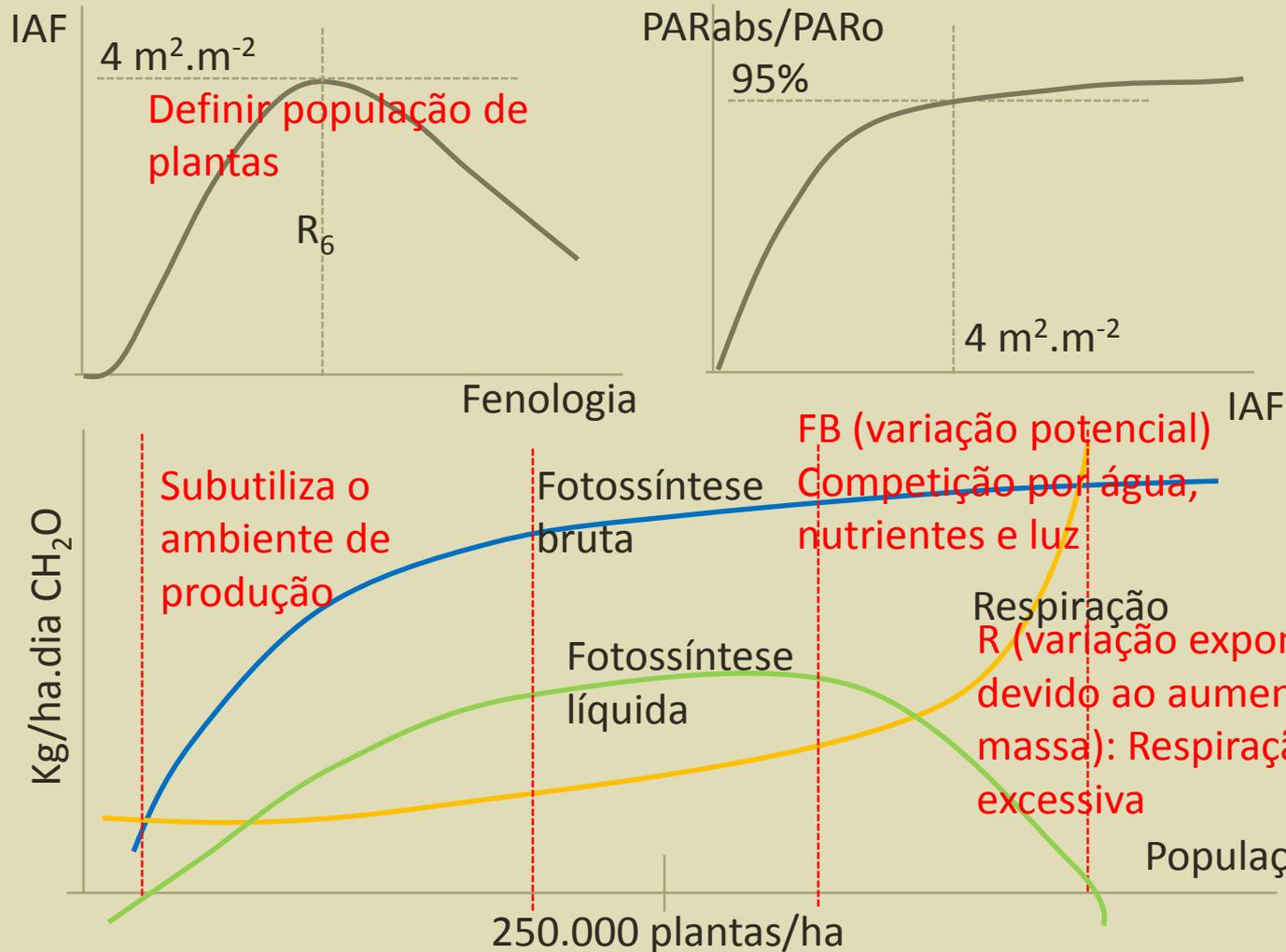
Senescência



População de plantas (cultivar)

Fertilidade do solo e adubação

Temperatura e disponibilidade de água (irrigação)



Ferti[rr]ição da cultura de feijão

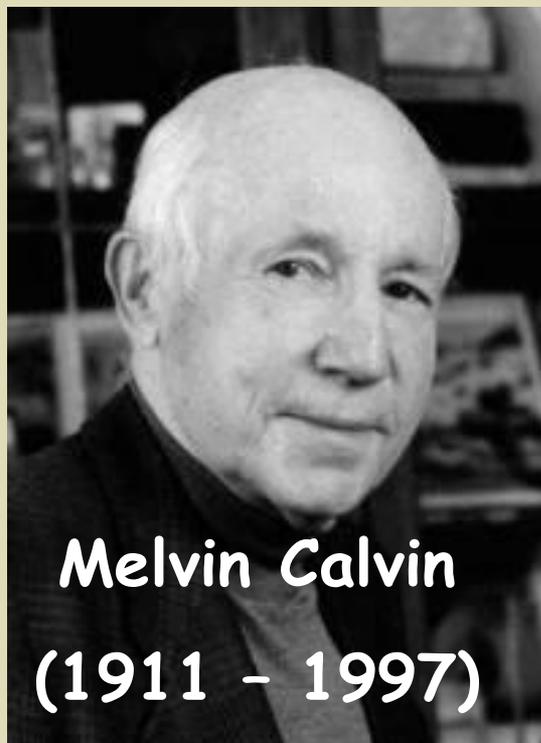
Sumário

- Cenário (área irrigada e métodos de irrigação)
- Ambiente de produção e população de plantas
- **Fisiologia da produção (Partição de carboidrato)**
- Profundidade efetiva do sistema radicular
- Cálcio e, potássio e fósforo
- Nitrogênio
- Fertirrigação
- Considerações gerais

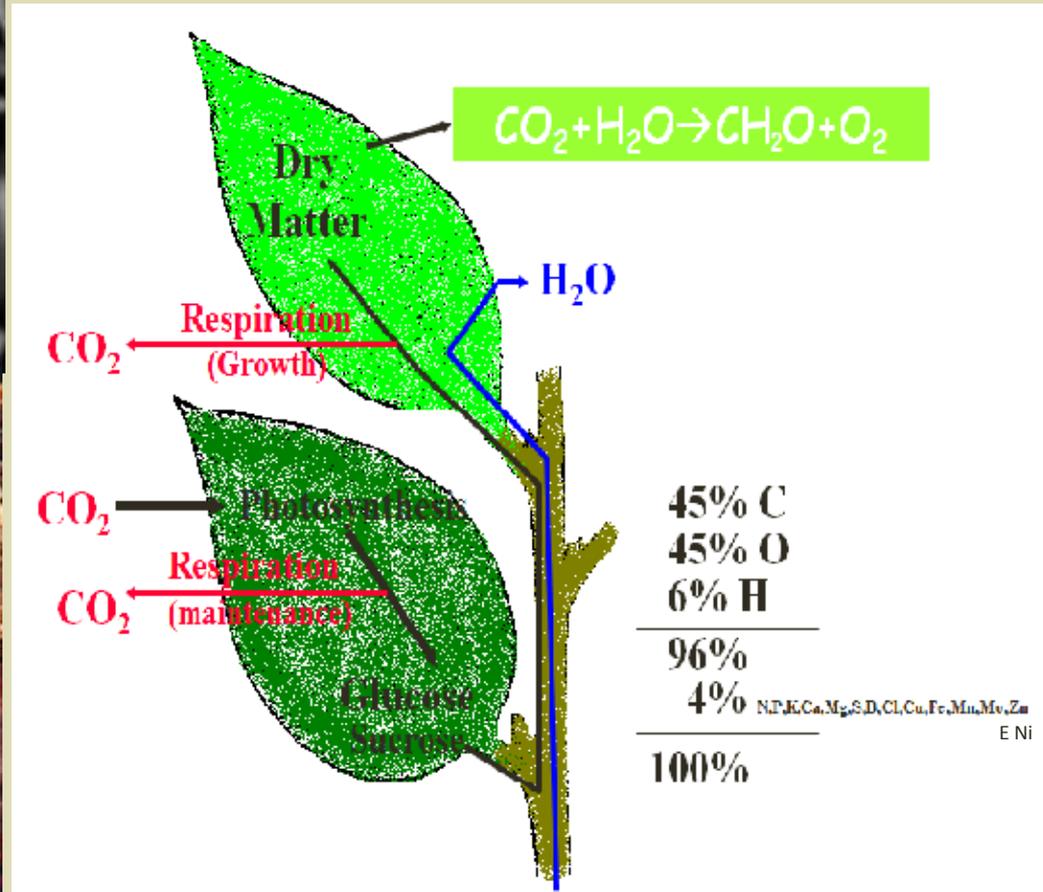
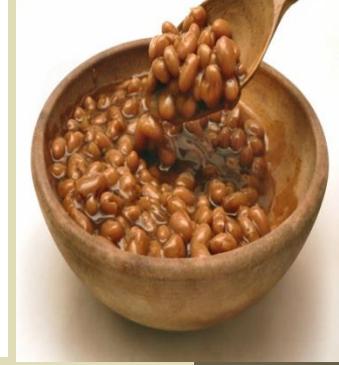




The Path of Carbon in Photosynthesis.
Science 107:476-80, 1948



Melvin Calvin
(1911 - 1997)

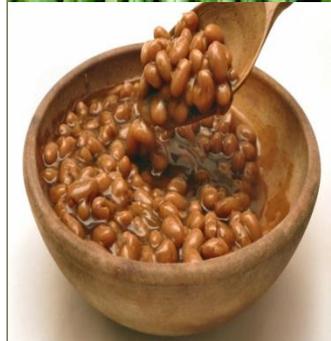


Concentração média dos elementos minerais na matéria seca das plantas em quantidade suficiente para um adequado crescimento.

| | $\mu\text{mol g}^{-1} \text{ dw}$ | mg kg^{-1} |
|----|-----------------------------------|---------------------|
| Mo | 0.001 | 0.1 |
| Ni | 0.001 | 0.1 |
| Cu | 0.1 | 6 |
| Zn | 0.3 | 20 |
| Mn | 1.0 | 50 |
| Fe | 2.0 | 100 |
| B | 2.0 | 20 |
| Cl | 3.0 | 100 |
| S | 30 | 1,000 |
| P | 60 | 2,000 |
| Mg | 80 | 2,000 |
| Ca | 125 | 5,000 |
| K | 250 | 10,000 |
| N | 1,000 | 15,000 |

| Nutrient | Uptake | Biochemical functions |
|-----------------------|--|--|
| Group 1 | | |
| C, H, O, N, S | as CO_2 , HCO_3^- , H_2O , O_2 , NO_3^- , NH_4^+ , N_2 , SO_4^{2-} , SO_2 ions from the soil solution, gases from the atmosphere | Constituinte do material orgânico, processo enzimático e assimilação (oxirredução) |
| Group 2 | | |
| P, B, Si | as phosphates, boric acid or borate, silicic acid from the soil solution | Esterificação com grupos de álcool. Processos de transferência de energia. |
| Group 3 | | |
| K, Na, Ca, Mg, Mn, Cl | as ions from the soil solution | Estabelecimento de potencial osmótico e função não específica. Ativação de enzimas. Pontes de reações, Balanço de ânions. Controle da permeabilidade e do potencial de membrana. |
| Group 4 | | |
| Fe, Cu, Zn, Mo | as ions or chelates from the soil solution | Quelatos (grupo de enzimas). Cadeia de transporte de elétrons. |

From Mengel and Kirkby (2001) with kind permission from Springer Science Business Media.

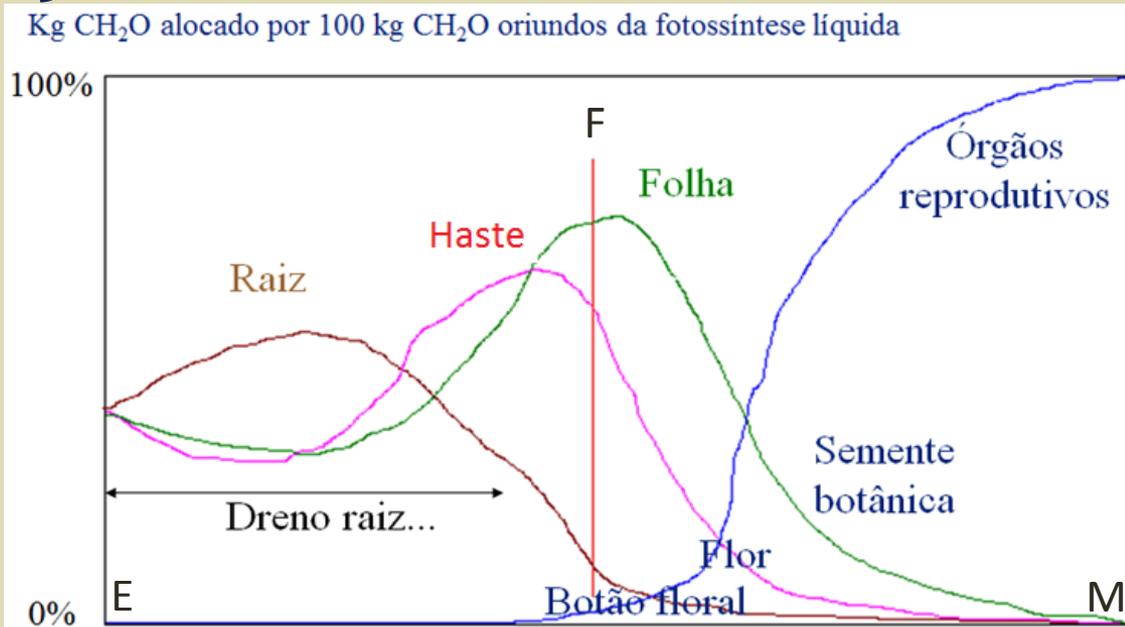


Partição de carboidrato

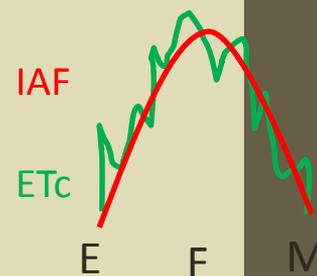
Demanda hídrica

Sensibilidade ao estresse

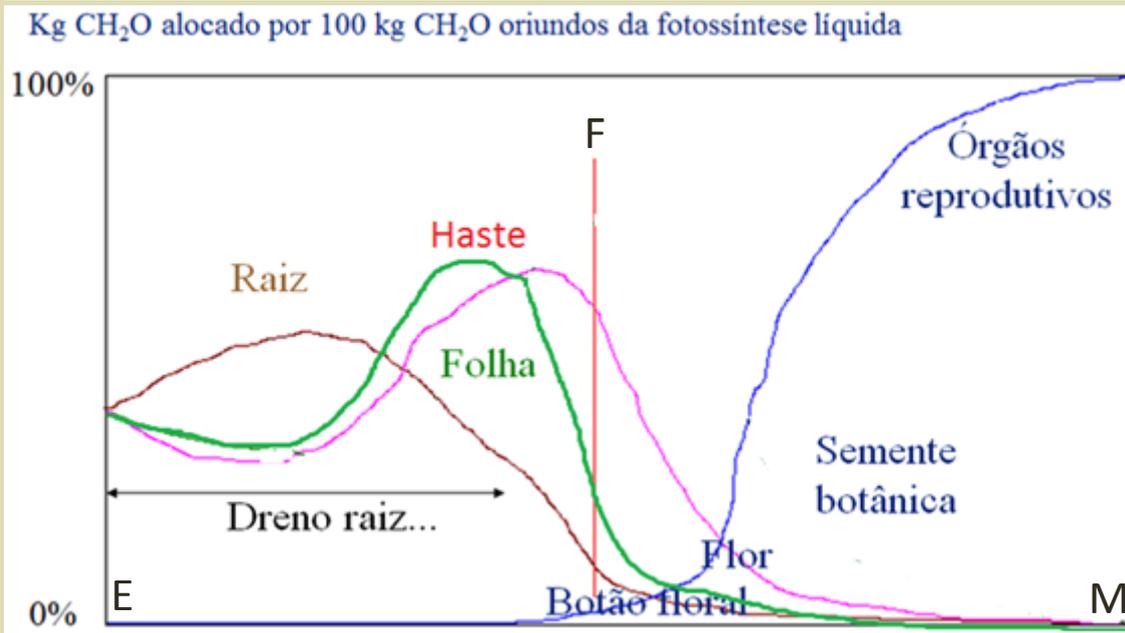
Hábito de crescimento indeterminado



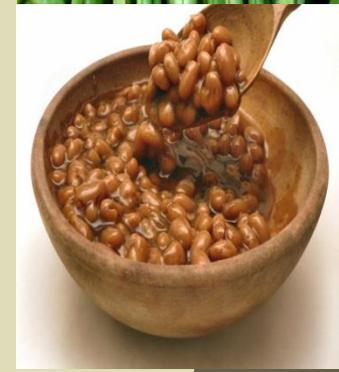
Tipos II, III e IV



Hábito de crescimento determinado



Tipo I



EFEITOS DE ESTRESSE POR DÉFICIT HÍDRICO EM FEIJÃO

Seed yield and yield components of two dry-bean cultivars under four water treatments, Durango, Mexico, 1981

| Treatment ⁺ | Seed yield (g/m ²) | Pods/plant | Seeds/Pod | Seed weight (g/100) |
|------------------------|--------------------------------|------------|-----------|---------------------|
| Bayo Calera | | | | |
| Control | 169a* | 14.2a | 3.8a | 43.0a |
| WSVP | 106b | 10.0b | 3.9a | 41.5ab |
| WSRP | 98c | 10.4b | 3.6b | 40.4abc |
| WSVR | 81d | 8.8c | 3.4c | 39.5b |
| Ojo de Cabra | | | | |
| Control | 154a | 17.1a | 3.5a | 36.5a |
| WSVP | 94b | 10.4b | 3.3b | 33.5ab |
| WSRP | 76c | 10.6b | 3.2b | 36.9a |
| WSVR | 33d | 6.5c | 3.3b | 32.5b |

*Tukey's test ($P < 0.05$), means followed by the same letter are not significantly different from each other.

⁺Treatments: Control, well-watered; WSVP, water-stress vegetative phase (different duration depending on cultivar, see text); WSRP, water-stress reproductive phase (15 days); and WSVR, water-stress vegetative and reproductive phases (different duration depending on cultivar, see text).



A planta...

| Característica | Tipo I | Tipo II | Tipo III | Tipo IV |
|-----------------------------------|-------------|----------------------|----------------|----------------------|
| Hábito de crescimento | Determinado | Indeterminado | Indeterminado | Indeterminado |
| Porte | Arbustivo | Arbustivo | Prostrado | Trepador |
| Altura de planta (cm) | 25 a 50 | 30 a 80 | 30 a 70 | 100 a 200 |
| Número de nós/planta | 5 a 12 | 10 a 30 | 15 a 30 | 20 a 35 |
| Dias para o florescimento | 7 a 12 | 10 a 15 | 15 a 20 | 20 a 25 |
| Tolerância a estresse hídrico | baixa | média | alta | alta |
| Capacidade de compensação | baixa | média | alta | alta |
| Ciclo (dias) | 60 a 75 | 80 a 90 | 82 a 100 | 100-120 |
| Concentração das vagens na planta | Terço médio | Terço médio/inferior | Terço inferior | Terço Inferior/médio |
| Maturação das vagens | Uniforme | Desuniforme | Desuniforme | Desuniforme |

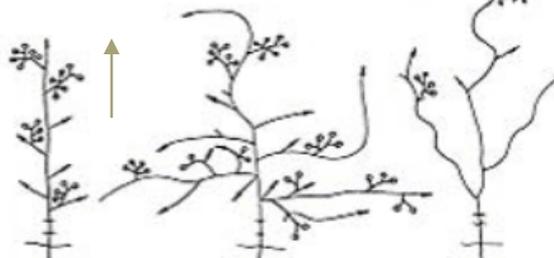
| Temperatura | |
|--------------------------|------------|
| Faixa tolerável | 15 a 30 °C |
| Ideal | 21 °C |
| Basal | 5 a 10 °C |
| Mínima para a germinação | 10 °C |
| Mínima absoluta | 12 °C |
| Máxima absoluta | 35 °C |

Rácimo



Tipo I

Determinado
Arbustivo



Tipo II

Indeterminado
Arbustivo

Tipo III

Indeterminado
Prostrado

Tipo IV

Indeterminado
Trepador



| Hábito de crescimento | Espaçamento entre linhas (cm) | População de plantas na colheita (pl/ha) |
|-----------------------|-------------------------------|--|
| Tipo I | 0,35 a 0,50 | 230.000 a 300.000 |
| Tipo II | 0,40 a 0,60 | 190.000 a 230.000 |
| Tipo III | 0,45 a 0,70 | 170.000 a 220.000 |

| | |
|------------------------------------|---|
| Necessidade diária | 2,5 a 4 mm (início do ciclo) 4 a 5 mm (plena vegetação) 4 a 7 mm (florescimento) |
| Fases de maior necessidade hídrica | Emergência (V ₁) Do 3º trifólio (V ₄) até a emissão dos botões florais (R ₅) Florescimento (R ₆) Enchimento das vagens (R ₈) |
| Frequência de irrigação | Média a baixa (a cada 3 a 7 dias) – função do local |
| Lâmina utilizada | Função da demanda evapotranspiratória local |
| Suspensão da irrigação | 2 a 5 dias antes da colheita |

Ferti[rr]içãõ da cultura de feijão

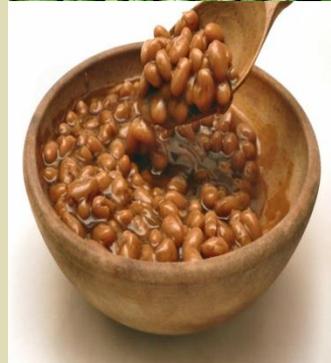
Sumário

- Cenário (área irrigada e métodos de irrigação)
- Ambiente de produção e população de plantas
- Fisiologia da produção (Partição de carboidrato)
- **Profundidade efetiva do sistema radicular**
- Fósforo
- Nitrogênio
- Fertirrigação
- Considerações gerais



Profundidade efetiva do sistema radicular

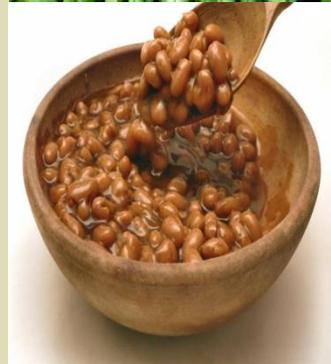
| Camada cm | Prof cm | θ $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ | θ $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ | ΔA mm | ΔA_{ac} mm | ΔA_{ac} % | Δt dias | ETc mm/d |
|--------------|------------|--|--|------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|-------------|
| 5 | 2.5 | 0.25 | 0.11 | 7.0 | 7.0 | 35.0 | 3 | 2.3 |
| 5 | 7.5 | 0.25 | 0.14 | 5.5 | 12.5 | 62.5 | 3 | 4.2 |
| 5 | 12.5 | 0.25 | 0.18 | 3.5 | 16.0 | 80.0 | 3 | 5.3 |
| 5 | 17.5 | 0.25 | 0.22 | 1.5 | 17.5 | 87.5 | 3 | 5.8 |
| 5 | 22.5 | 0.25 | 0.23 | 1.0 | 18.5 | 92.5 | 3 | 6.2 |
| 5 | 27.5 | 0.25 | 0.24 | 0.5 | 19.0 | 95.0 | 3 | 6.3 |
| 5 | 32.5 | 0.25 | 0.24 | 0.5 | 19.5 | 97.5 | 3 | 6.5 |
| 5 | 37.5 | 0.25 | 0.24 | 0.5 | 20.0 | 100.0 | 3 | 6.7 |
| 5 | 42.5 | 0.25 | 0.25 | 0.0 | 20.0 | 100.0 | 3 | 6.7 |
| 5 | 47.5 | 0.25 | 0.25 | 0.0 | 20.0 | 100.0 | 3 | 6.7 |
| 5 | 52.5 | 0.25 | 0.25 | 0.0 | 20.0 | 100.0 | 3 | 6.7 |
| 5 | 57.5 | 0.25 | 0.25 | 0.0 | 20.0 | 100.0 | 3 | 6.7 |
| 5 | 62.5 | 0.25 | 0.25 | 0.0 | 20.0 | 100.0 | 3 | 6.7 |
| 5 | 67.5 | 0.25 | 0.25 | 0.0 | 20.0 | 100.0 | 3 | 6.7 |
| 5 | 72.5 | 0.25 | 0.25 | 0.0 | 20.0 | 100.0 | 3 | 6.7 |



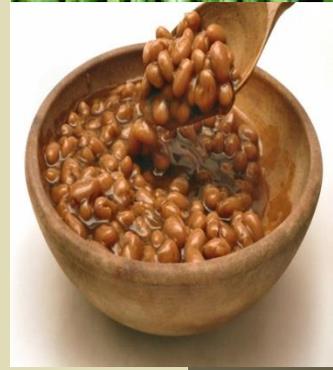
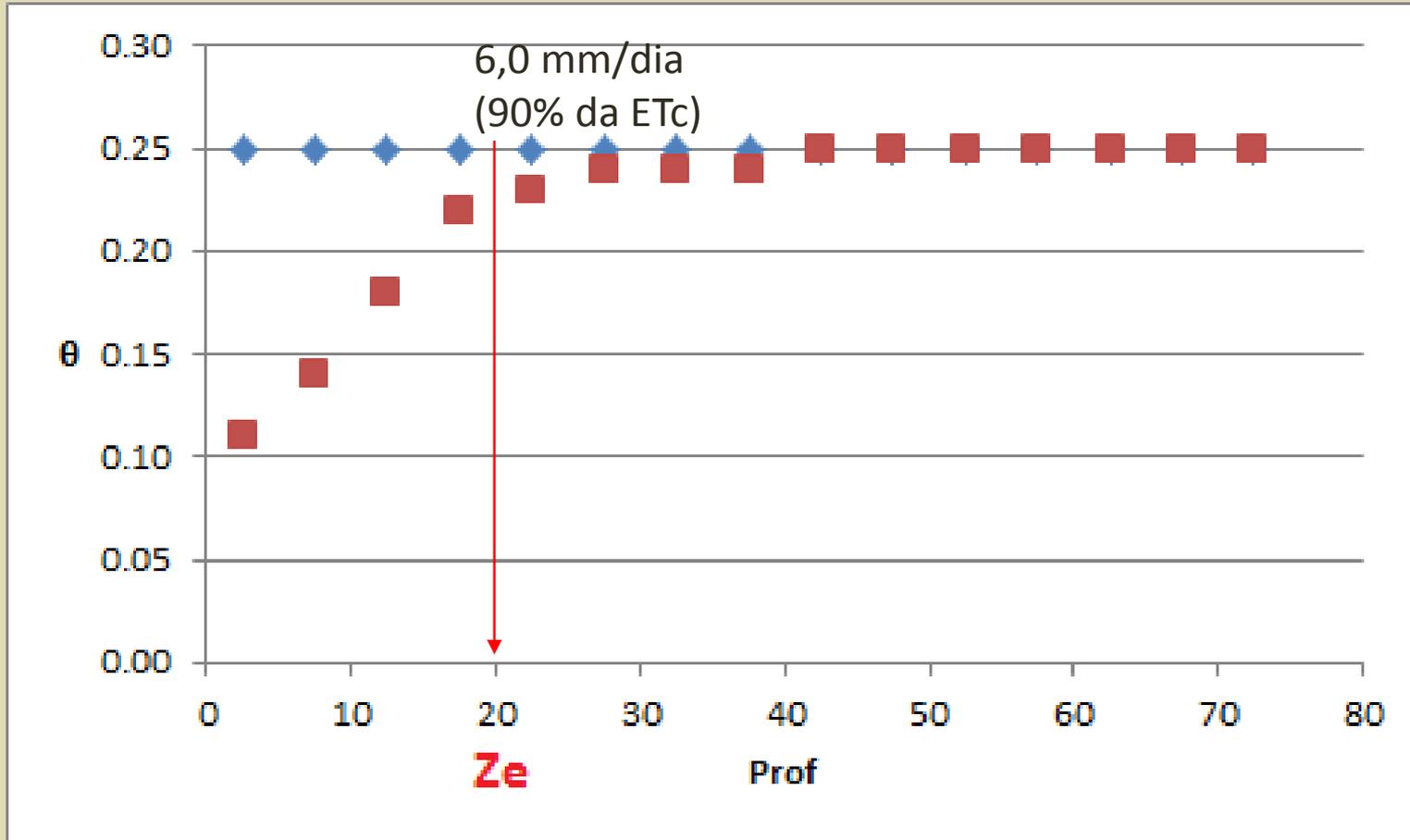
Profundidade efetiva do sistema radicular

| Camada cm | Prof cm | θ $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ | θ $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ | ΔA mm | ΔA_{ac} mm | ΔA_{ac} % | Δt dias | ETc mm/d |
|--------------|-------------|--|--|------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|-------------|
| 5 | 2.5 | 0.25 | 0.11 | 7.0 | 7.0 | 35.0 | 3 | 2.3 |
| 5 | 7.5 | 0.25 | 0.14 | 5.5 | 12.5 | 62.5 | 3 | 4.2 |
| 5 | 12.5 | 0.25 | 0.18 | 3.5 | 16.0 | 80.0 | 3 | 5.3 |
| 5 | 17.5 | 0.25 | 0.22 | 1.5 | 17.5 | 87.5 | 3 | 5.8 |
| 2.5 | 20.0 | 0.25 | 0.225 | 1.25 | 18.0 | 90.0 | 3 | 6.0 |
| 5 | 22.5 | 0.25 | 0.23 | 1.0 | 18.5 | 92.5 | 3 | 6.2 |
| 5 | 27.5 | 0.25 | 0.24 | 0.5 | 19.0 | 95.0 | 3 | 6.3 |
| 5 | 32.5 | 0.25 | 0.24 | 0.5 | 19.5 | 97.5 | 3 | 6.5 |
| 5 | 37.5 | 0.25 | 0.24 | 0.5 | 20.0 | 100.0 | 3 | 6.7 |
| 5 | 42.5 | 0.25 | 0.25 | 0.0 | 20.0 | 100.0 | 3 | 6.7 |
| 5 | 47.5 | 0.25 | 0.25 | 0.0 | 20.0 | 100.0 | 3 | 6.7 |
| 5 | 52.5 | 0.25 | 0.25 | 0.0 | 20.0 | 100.0 | 3 | 6.7 |
| 5 | 57.5 | 0.25 | 0.25 | 0.0 | 20.0 | 100.0 | 3 | 6.7 |
| 5 | 62.5 | 0.25 | 0.25 | 0.0 | 20.0 | 100.0 | 3 | 6.7 |
| 5 | 67.5 | 0.25 | 0.25 | 0.0 | 20.0 | 100.0 | 3 | 6.7 |
| 5 | 72.5 | 0.25 | 0.25 | 0.0 | 20.0 | 100.0 | 3 | 6.7 |

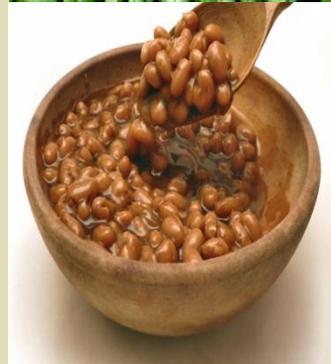
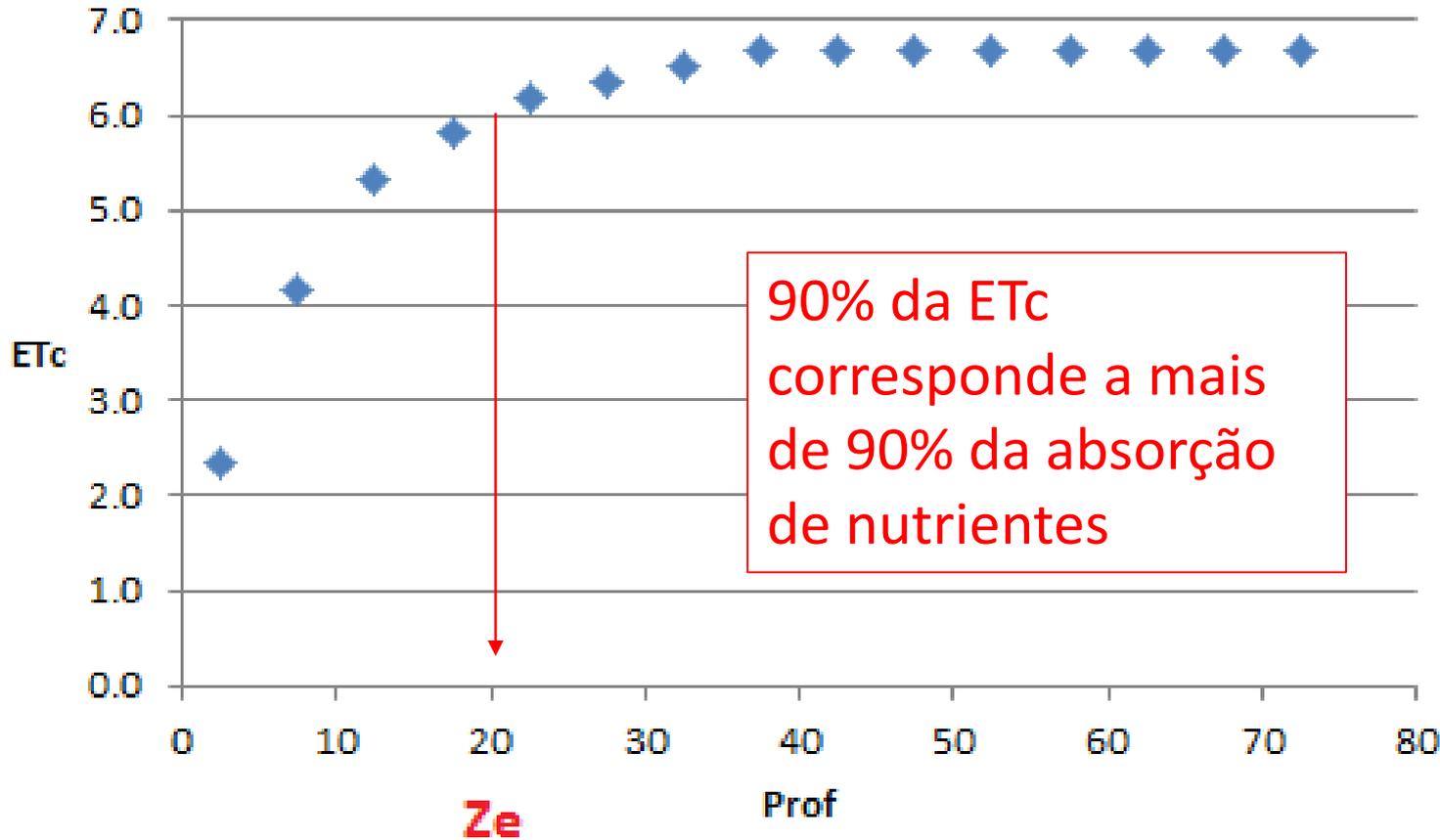
Ze



Profundidade efetiva do sistema radicular



Profundidade efetiva do sistema radicular



Profundidade efetiva do sistema radicular

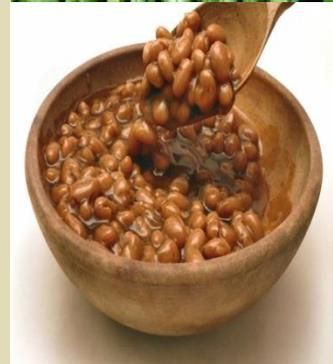
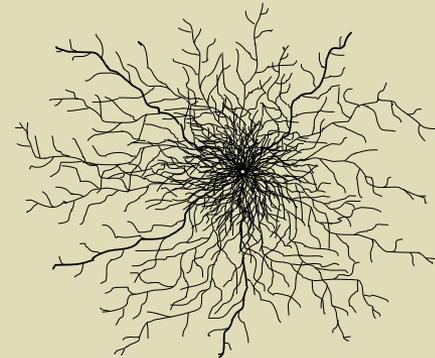
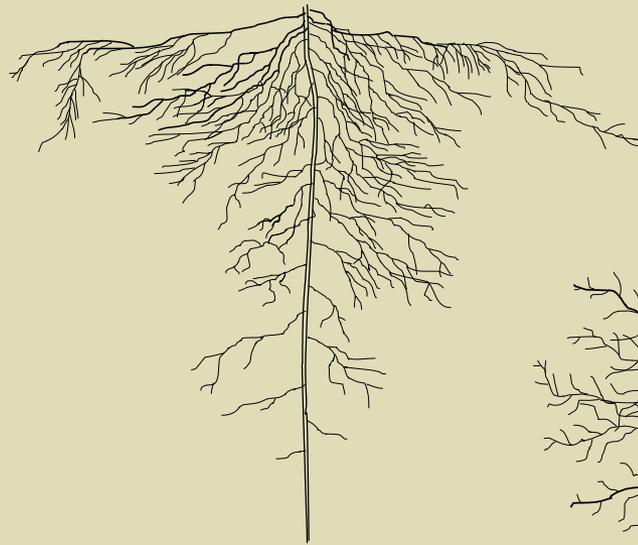
Caracterização da fertilidade do solo

Histórico

Correção (calagem e gessagem)

Adubação

Irrigação



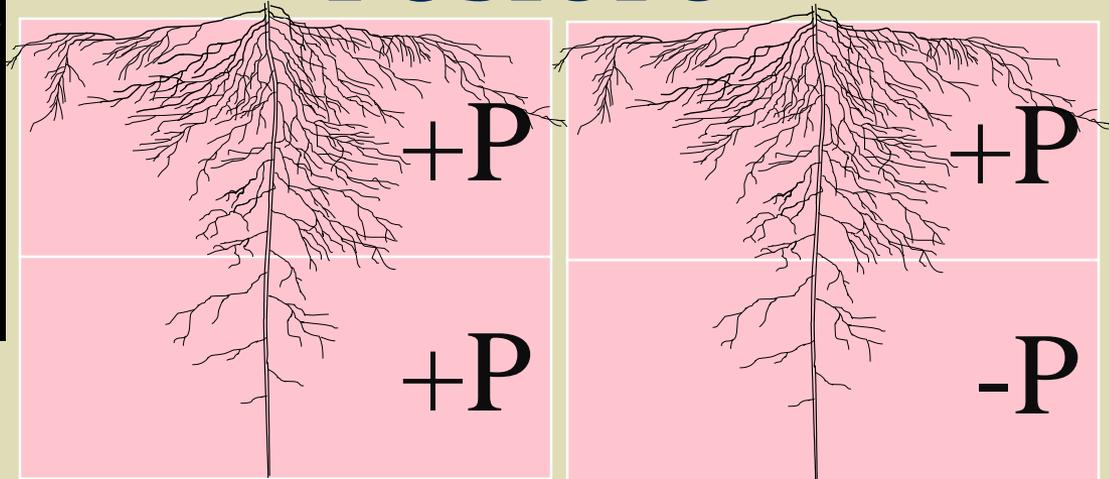
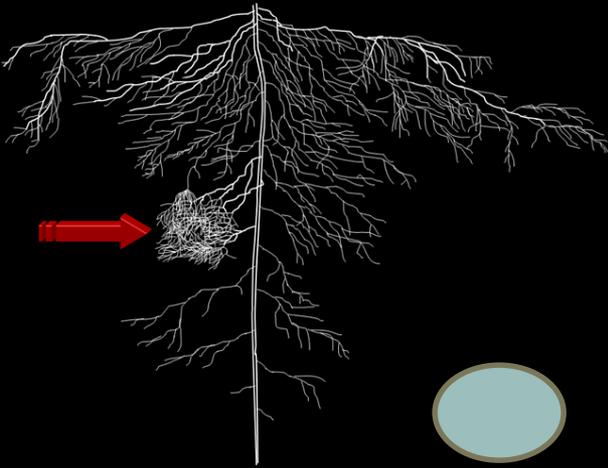
Ferti[rr]içãõ da cultura de feijão

Sumário

- Cenário (área irrigada e métodos de irrigação)
- Ambiente de produção e população de plantas
- Fisiologia da produção (Partição de carboidrato)
- Profundidade efetiva do sistema radicular
- **Fósforo**
- Nitrogênio
- Fertirrigação
- Considerações gerais



Fósforo



Imóvel no solo - Móvel na planta

Recomendação de correção (adubação):

60 a 80 kg/ha P_2O_5 - Sequeiro

80 a 100 kg/ha P_2O_5 - Irrigado

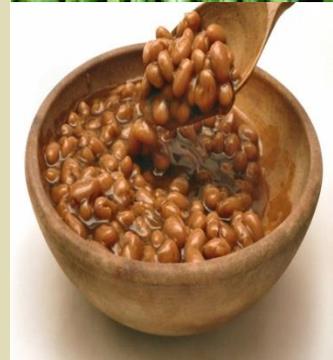
Área total

600 a 800
kg/ha

800 a 1.000
kg/ha

LOCALIZADO (SULCO DE SEMEADURA)

10X



Fósforo



Produtividade e P Produtividade

Monitorar
para posterior
adubar

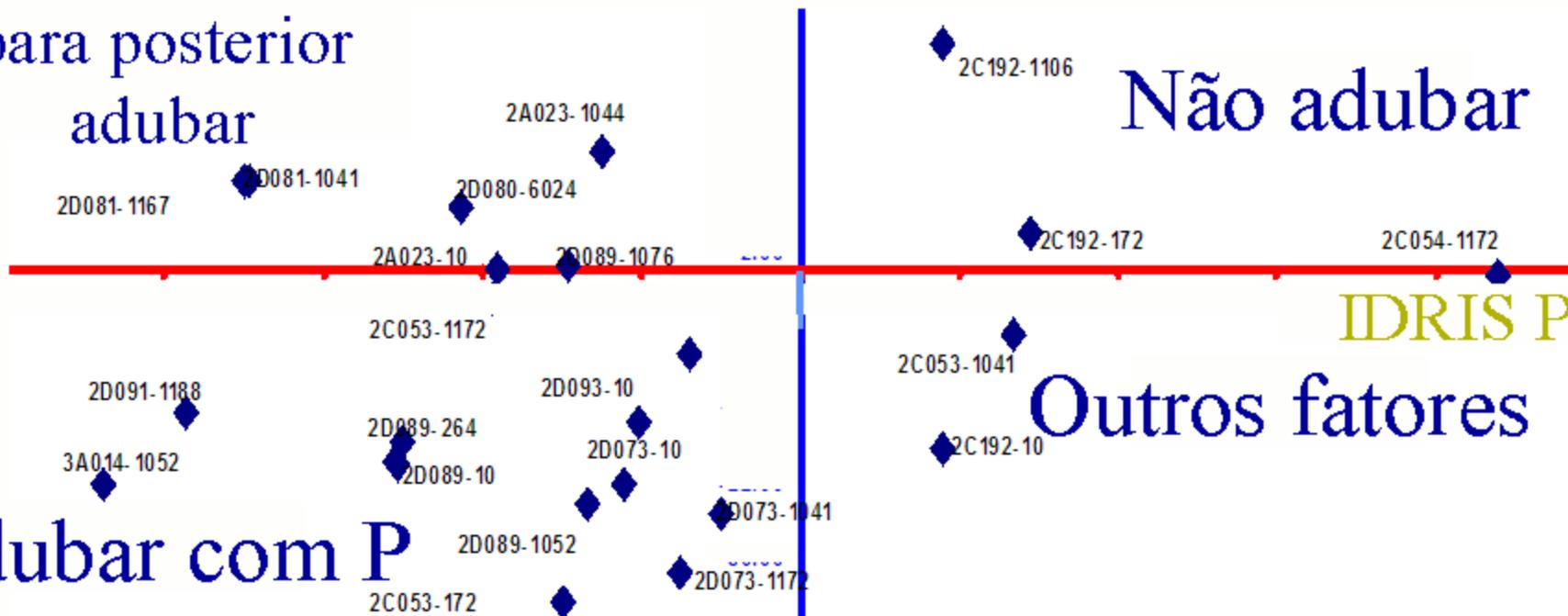
Não adubar

Adubar com P

Outros fatores

IDRIS P

DRIS



Ferti[rr]içãõ da cultura de feijão

Sumário

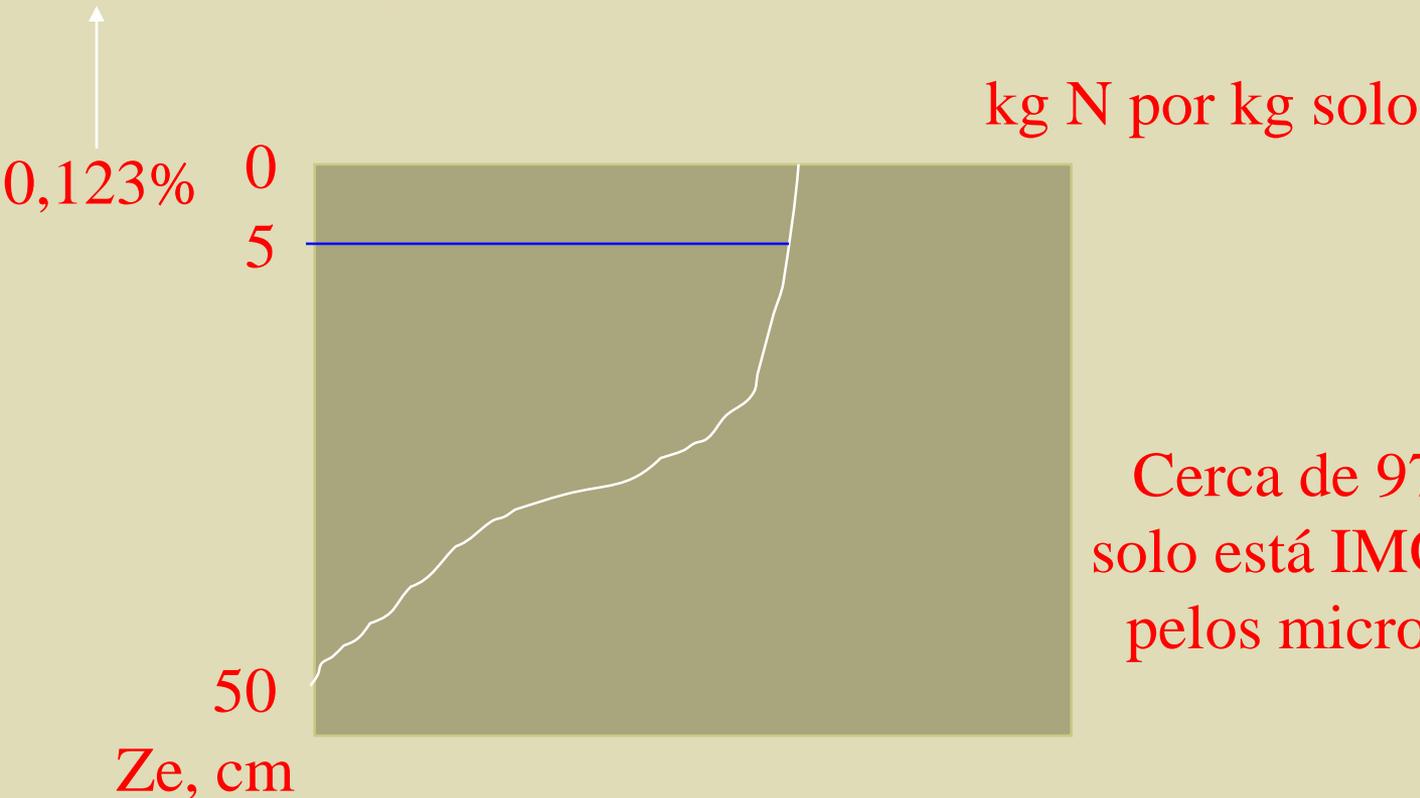
- Cenário (área irrigada e métodos de irrigação)
- Ambiente de produção e população de plantas
- Fisiologia da produção (Partição de carboidrato)
- Profundidade efetiva do sistema radicular
- Fósforo
- **Nitrogênio**
- Fertirrigação
- Considerações gerais



Nitrogênio

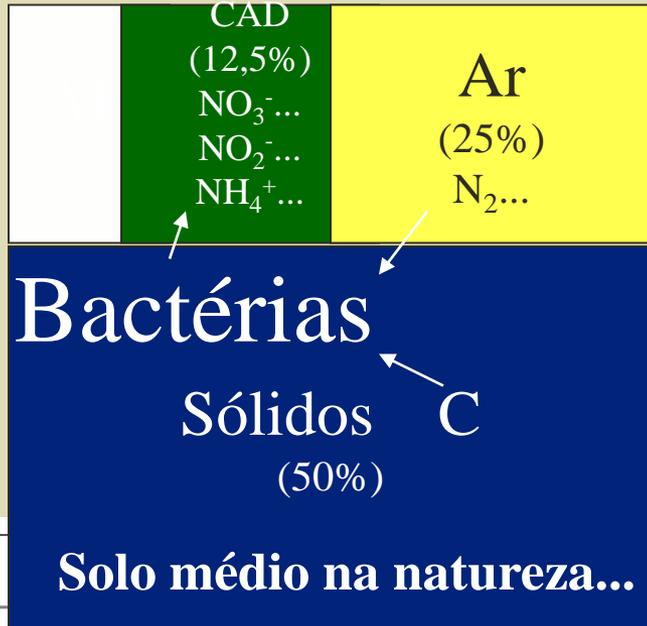
OFERTA DO SOLO

$$\frac{0,00123 \text{ kg N}}{\text{kg solo}} \cdot \frac{10^3 \text{ g solo}}{10^6 \text{ cm}^3} \cdot \frac{1,3 \text{ g solo}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{10^4 \text{ m}^2}{\text{ha}} \cdot \frac{\text{m}}{100 \text{ cm}} \cdot 50 \text{ cm} = \frac{8000 \text{ kg N}}{\text{ha}}$$

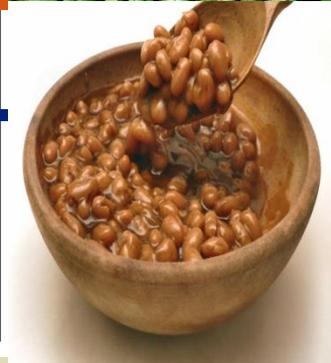
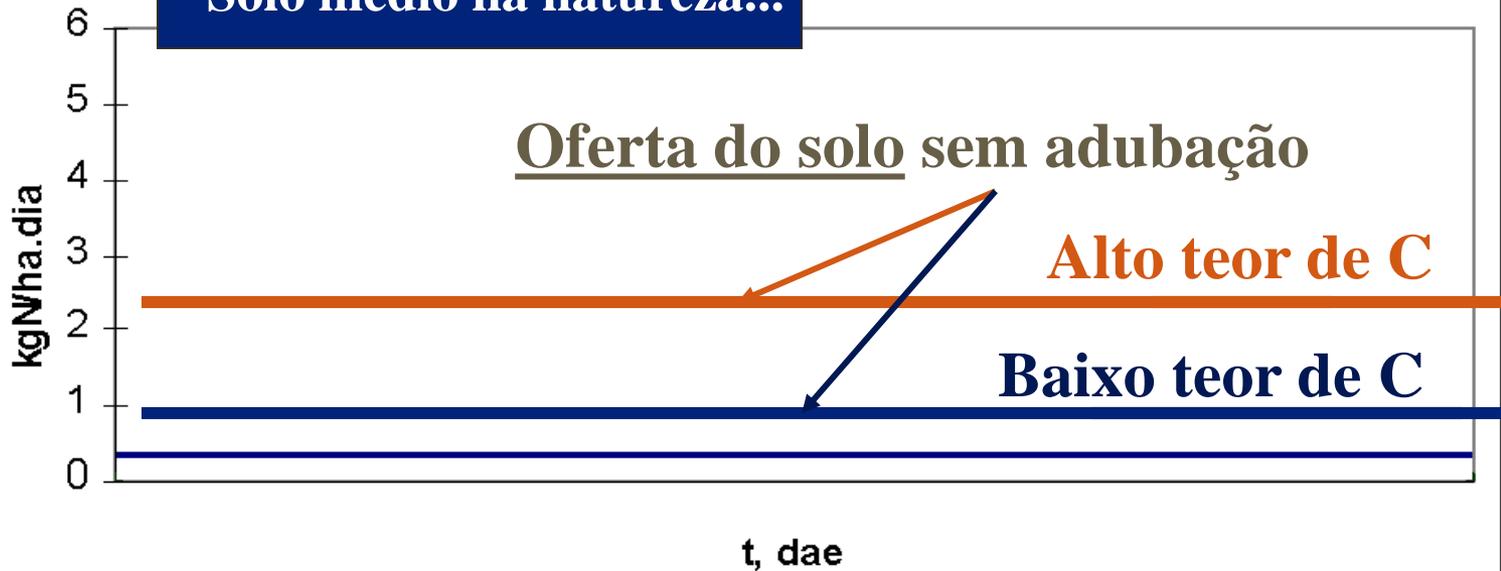


Cerca de 97% do N do solo está **IMOBILIZADO** pelos microorganismos

Nitrogênio

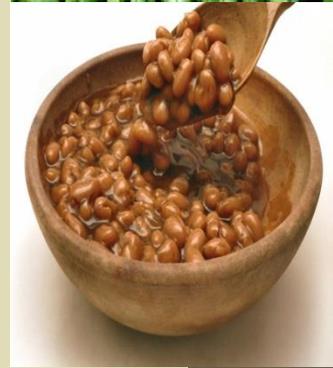
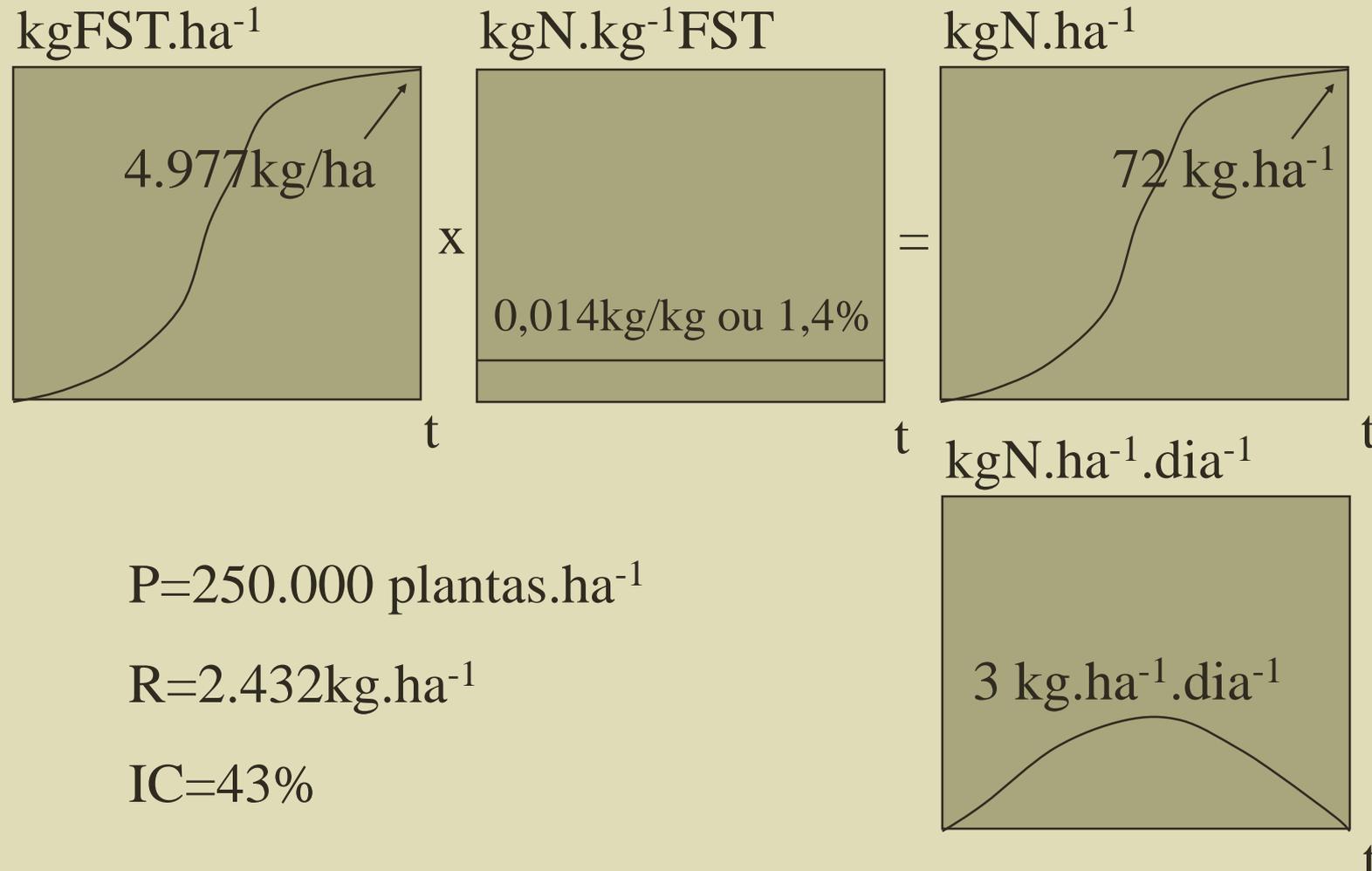


OFERTA DO SOLO

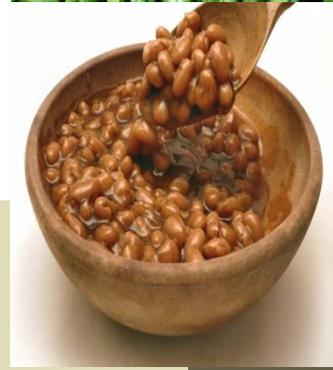


Nitrogênio

DEMANDA DA PLANTA



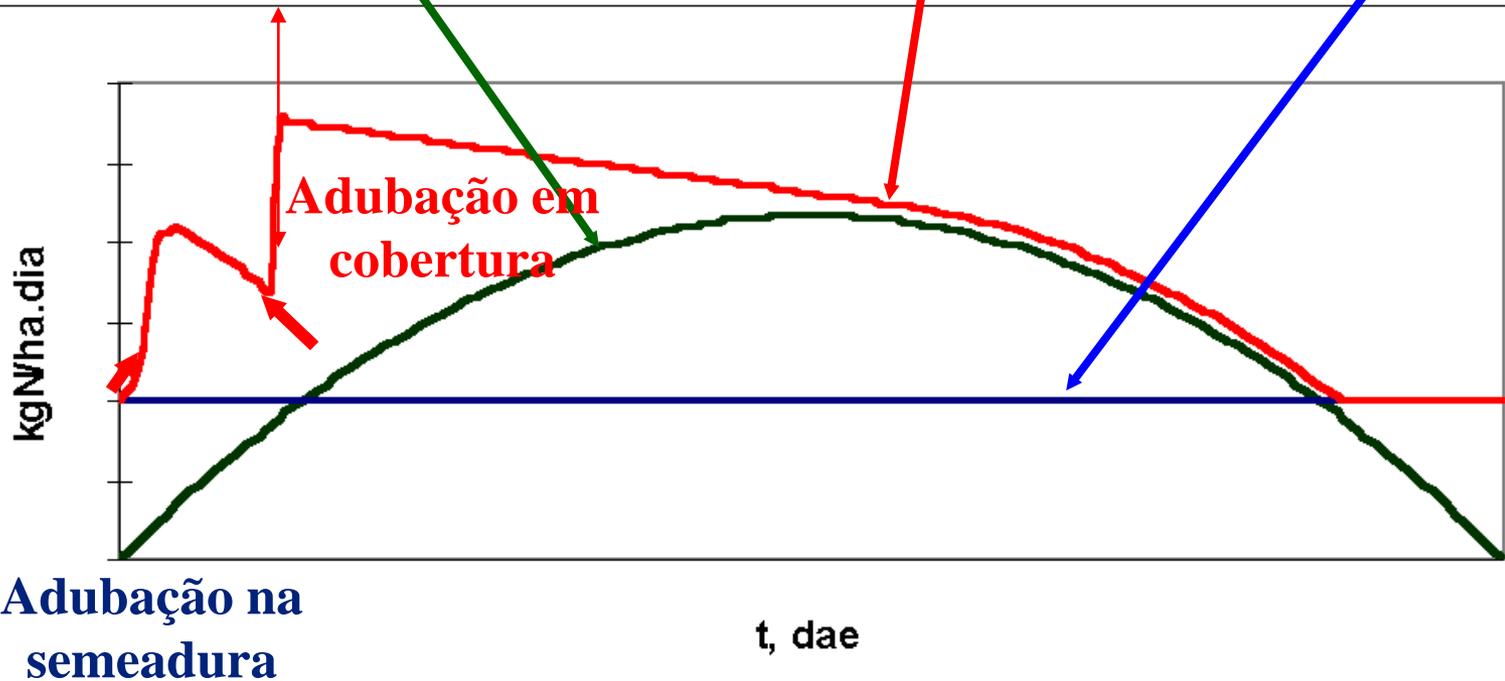
Nitrogênio



Pico de demanda da planta (3kgN/ha)
(2.432kg/ha)

Oferta do solo com adubação

Oferta do solo sem adubação (0,5kg/ha.dia)

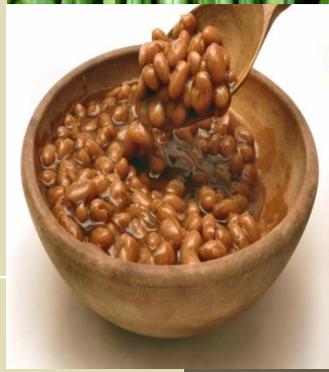


2.432 kg/ha

kg FST.ha⁻¹
4.977

kg/ha

Produtividade
(2.432kg/ha) em
função do clima
e material
genético



u=12%

Pgs
2.410

IC=43%

Pop
2.837

T_{PPE}=4,8%

Proteína
102,7

T_{NOP}=2%

T_{NP}=15%

N
15

Exportação

N
57

Retorno

N
72

Extração

1-N_S=33%

N_S=67%

N
24

N
48

Ef=30%

O modelo...

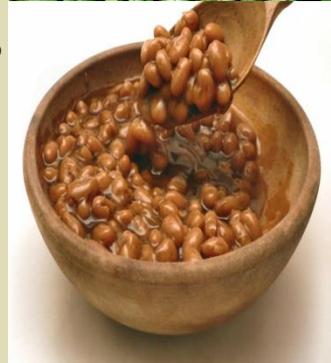
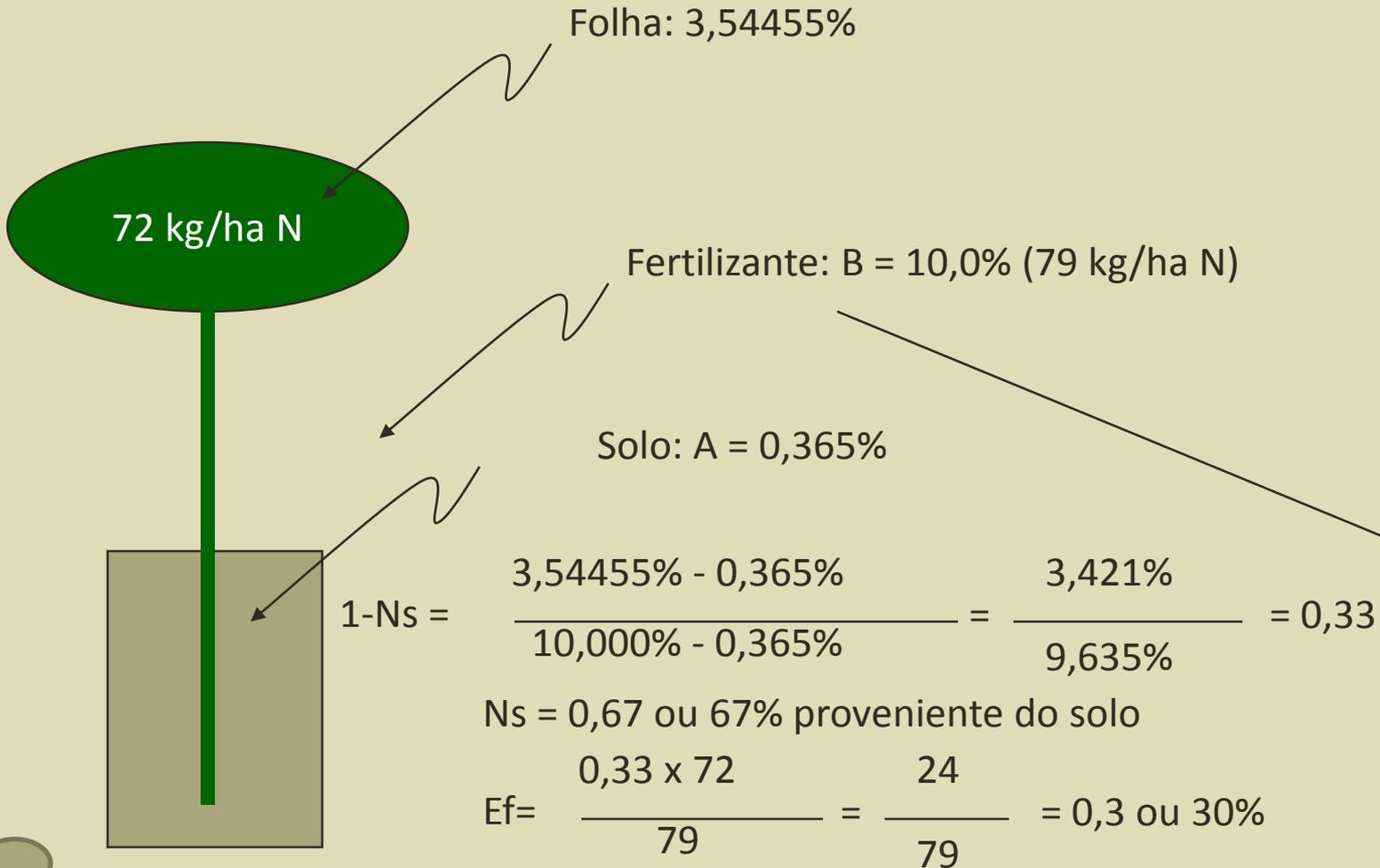
xls

Q_N
79

$$Q_N = \frac{P[T_{PPE} \cdot T_{NP} \cdot IC + (1-IC)T_{NOP}](1-N_S)}{Ef \cdot IC}$$

Nitrogênio

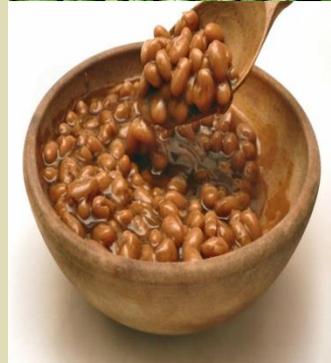
Exemplo numérico



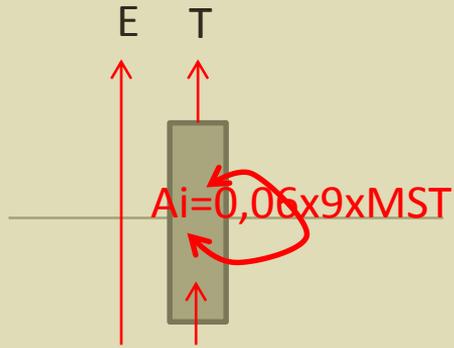
Nitrogênio

UREIA

| | Localizado | Área total |
|---------------|-----------------------|--------------------|
| Volatilização | | |
| Superfície | | Menor eficiência ↓ |
| Incorporado | ↑ Maior eficiência | F Fertigação |

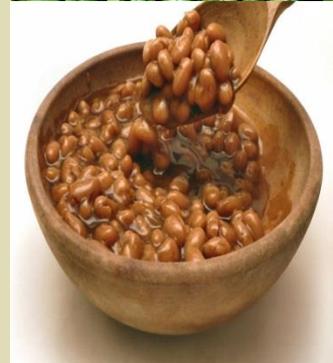
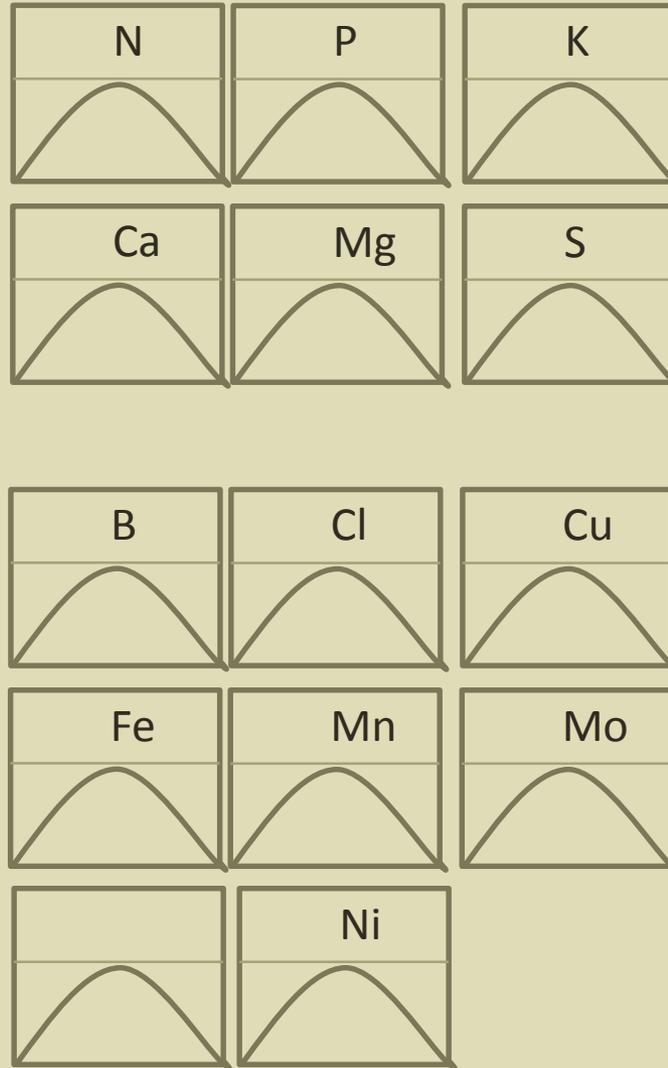


Água



Nutrientes

| | $\mu\text{mol g}^{-1} \text{ dw}$ | mg kg^{-1} |
|----|-----------------------------------|---------------------|
| Mo | 0.001 | 0.1 |
| Ni | 0.001 | 0.1 |
| Cu | 0.1 | 6 |
| Zn | 0.3 | 20 |
| Mn | 1.0 | 50 |
| Fe | 2.0 | 100 |
| B | 2.0 | 20 |
| Cl | 3.0 | 100 |
| S | 30 | 1,000 |
| P | 60 | 2,000 |
| Mg | 80 | 2,000 |
| Ca | 125 | 5,000 |
| K | 250 | 10,000 |
| N | 1,000 | 15,000 |



Ferti[rr]içãõ da cultura de feijão

Sumário

- Cenário (área irrigada e métodos de irrigação)
- Ambiente de produção e população de plantas
- Fisiologia da produção (Partição de carboidrato)
- Profundidade efetiva do sistema radicular
- Fósforo
- Nitrogênio
- **Fertirrigação**
- Considerações gerais



Fertirrigação

- **Exigência nutricional das culturas**
- **Marcha de absorção e exportação**
- **Avaliação do estado nutricional:**
 - 1. Diagnose pelo sintoma visual**
 - 2. Análise química**
 - 1. SOLO**
 - 2. FOLIAR (diagnóstico da desordem nutricional)**

Amostragem, Envio ao laboratório e diagnóstico

DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System ou Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação)
- **Adubação e fertilizantes para fertirrigação**

ABSORÇÃO DE NUTRIENTES e PRODUTIVIDADE

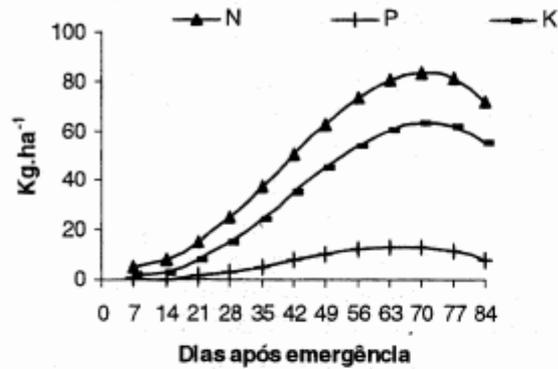


FIGURE 1 – Pattern of primary macronutrients absorption by the bean plant cv. BRS MG Talismã during the crop cycle.

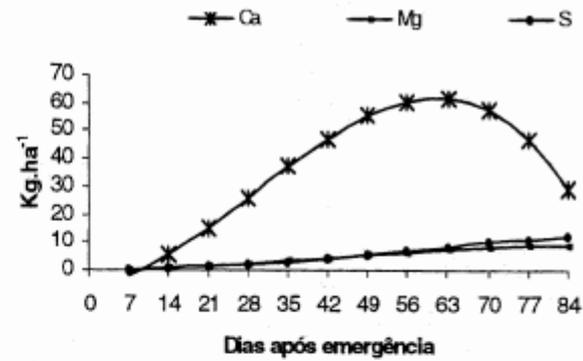


FIGURE 2 – Pattern of secondary macronutrients absorption by the bean plant cv. BRS MG Talismã during the crop cycle.

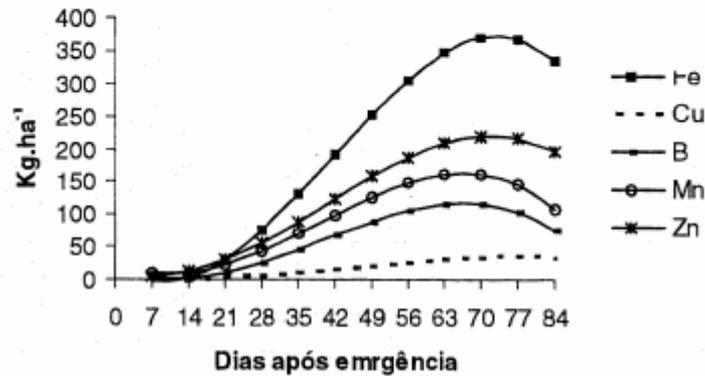
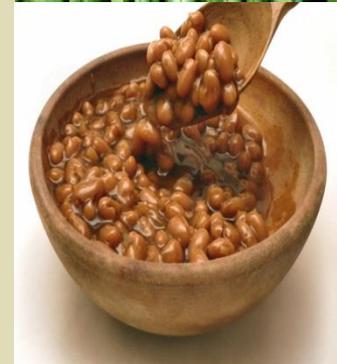


FIGURE 3 – Pattern of micronutrients absorption by the bean plant cv. BRS MG Talismã during the crop cycle.



ABSORÇÃO DE NUTRIENTES e PRODUTIVIDADE

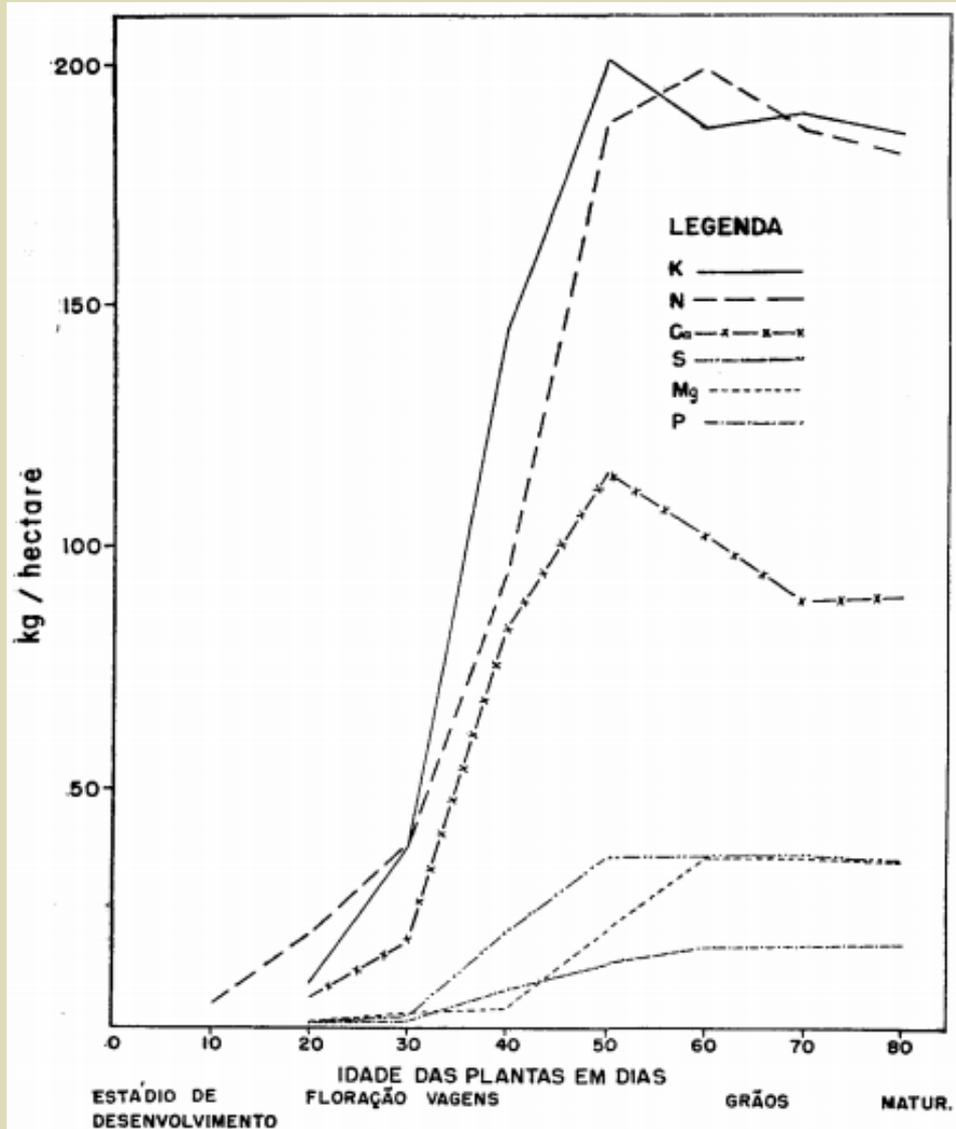
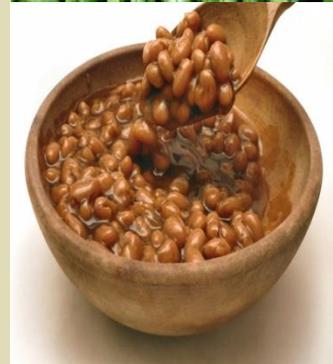


Figura 2. — Quantidades dos macronutrientes (kg) absorvidas por 250.000 plantas (1 ha) em função do seu desenvolvimento.



Haag et al (1967)

Exportação

(para cada 1000 kg.ha⁻¹)

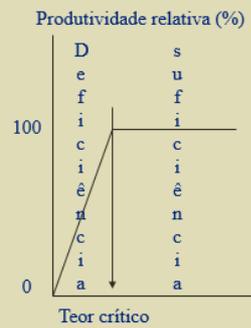
| Autores | N | P | K | Ca | Mg | S |
|--|-------------|------------|-------------|------------|------------|------------|
| Gallo e Miyasaka (1961) ¹ | 34,9 | 2,6 | 13,7 | 1,5 | 2,2 | 2,0 |
| Haag et al. (1967) ¹ | 28,6 | 3,2 | 20,4 | 3,6 | 2,0 | 4,4 |
| Cobra Netto et al. (1971) ² | 37,0 | 4,0 | 22,0 | 4,0 | 4,0 | 10,0 |
| Mafra et al. (1974) ³ | 33,1 | 3,6 | 9,2 | 3,3 | 2,5 | - |
| Mafra et al. (1974) ⁴ | 39,7 | 3,1 | 14,9 | 5,5 | 3,9 | - |
| Média | 34,7 | 3,3 | 16,0 | 3,6 | 2,9 | 5,5 |

^{1/} Cv. Chumbinho Opaco ^{2/} Cv. Roxinho ^{3/} Cv. Rico 23, no período das “águas” ^{4/} Cv. Rico 23, no período da “seca”.

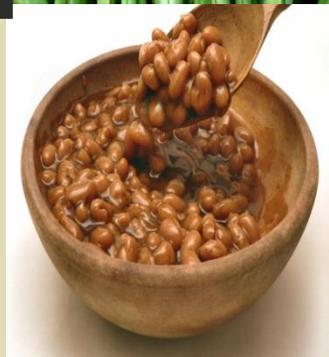
Avaliação do estado nutricional



Macronutrientes (solo)

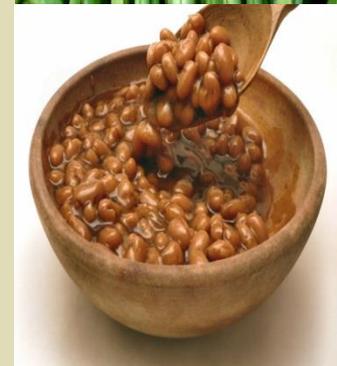
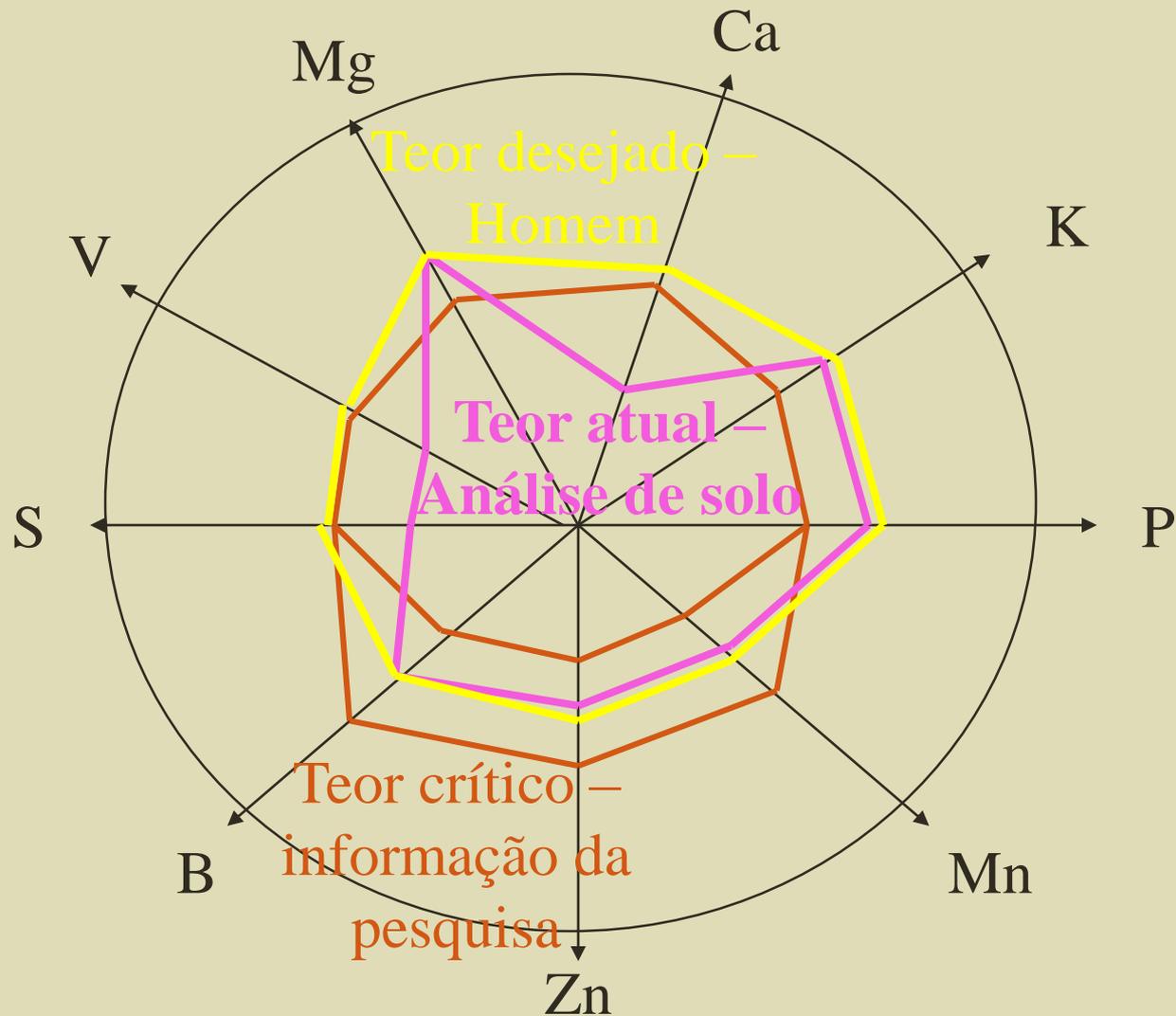


P, mg/kg
 S, mg/kg
 K, mmol_c/dm³
 Ca, mmol_c/dm³
 Mg, mmol_c/dm³



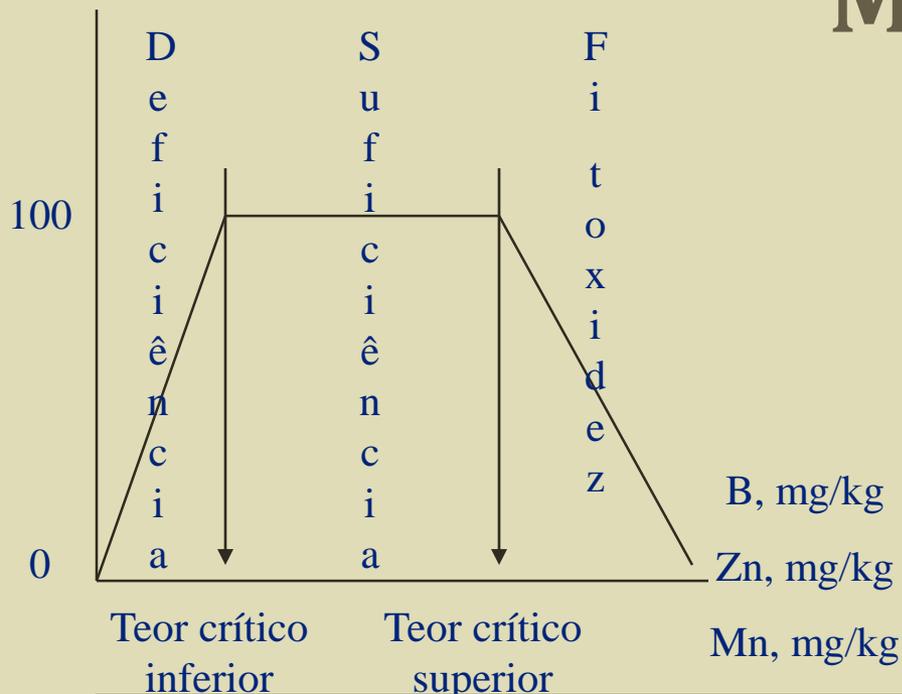
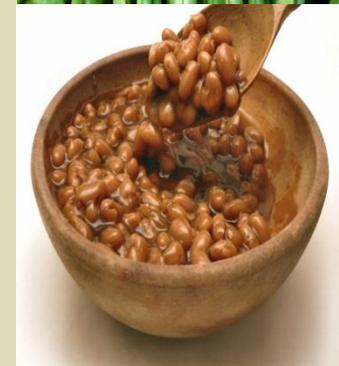
| Atributo | Muito baixo | Baixo | Adequado | Alto |
|--|-------------|-------------|-------------|--------------|
| P (mg/dm ³) | < 7,0 | 7,0 a 15,9 | 16,0 a 40,0 | >80,0 |
| K (mmol _c /dm ³) | < 0,7 | 0,8 a 1,5 | 1,6 a 3,0 | > 3,0 |
| Ca (mmol _c /dm ³) | < 20,0 | 21,0 a 30,0 | 31,0 a 50,0 | > 50,0 |
| Mg (mmol _c /dm ³) | ----- | < 5,0 | 5,0 a 8,0 | > 8,1 a 16,0 |
| S (mmol _c /dm ³) | < 5,0 | 5,0 a 10,9 | 11,0 a 15,0 | > 15,0 |

Fertigrama - solo



Produtividade relativa (%)

Micronutrientes (solo)



| Elemento | Ano | Descoberto por |
|----------|------|------------------------------|
| Fe | 1860 | J. Sachs |
| Mn | 1922 | J.S. McHargue |
| B | 1923 | K. Warington |
| Zn | 1926 | A.L. Sommer and C.B. Lipman |
| Cu | 1931 | C.B. Lipman and G. MacKinney |
| Mo | 1938 | D.I. Arnon and P.R. Stout |
| Cl | 1954 | T.C. Broyer <i>et al.</i> |
| Ni | 1987 | P.H. Brown <i>et al.</i> |

| Atributo | Muito baixo | Baixo | Adequado | Alto |
|----------|-------------|------------|--------------|---------|
| B (ppm) | < 0,3 | 0,3 a 0,5 | 0,6 a 1,0 | > 1,0 |
| Fe (ppm) | < 20,0 | 20 a 30,9 | 31,0 a 200,0 | > 200,0 |
| Mn (ppm) | < 5,0 | 5,0 a 10,9 | 11,0 a 130,0 | > 130,0 |
| Cu (ppm) | < 0,5 | 0,5 a 1,5 | 1,6 a 20,0 | > 20,0 |
| Zn (ppm) | < 4,0 | 4,0 a 8,9 | 9,0 a 40,00 | > 40,0 |

Deficiência de Manganês

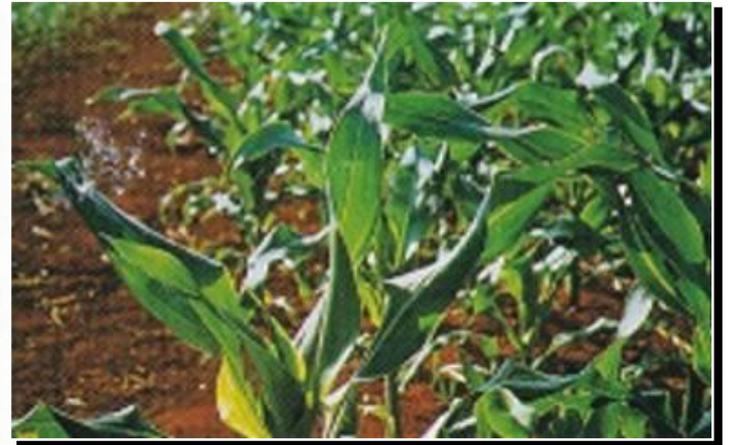


Foliar: 300 a 400 g ha⁻¹ Mn

Solo (lanço): 2,5 a 6 kg ha⁻¹ Mn

Solo (sulco): ¼ da dose lanço

Deficiência de Cobre



Foliar: 50 a 80 g ha⁻¹ de Cu

Solo (lanço): 0,5 a 1 kg ha⁻¹ Cu

Solo (sulco): 1/4 da dose lanço

Deficiência de Zinco

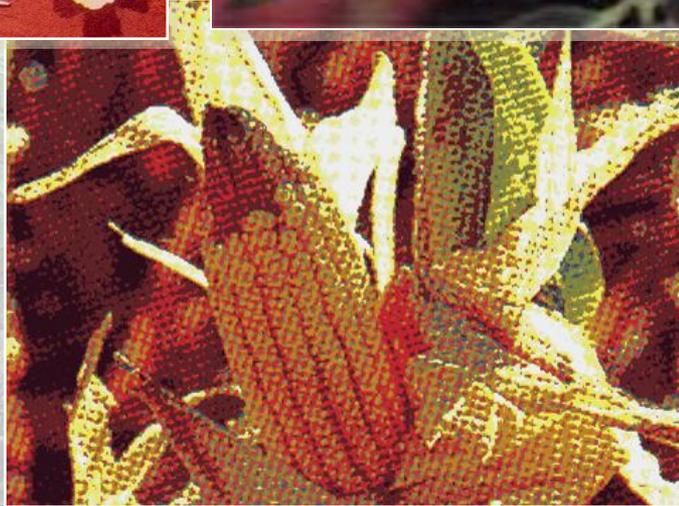


Foliar: 300 a 600 g ha⁻¹ de Zn

Solo (lanço): 4 a 6 kg ha⁻¹ Zn

Solo (sulco): ¼ da dose lanço

Deficiência de Boro



Foliar: 150 a 200 g ha⁻¹ B

Solo (lanço): 0,5 a 1 kg ha⁻¹ B

Solo (sulco): ¼ da dose lanço



Diagnose foliar

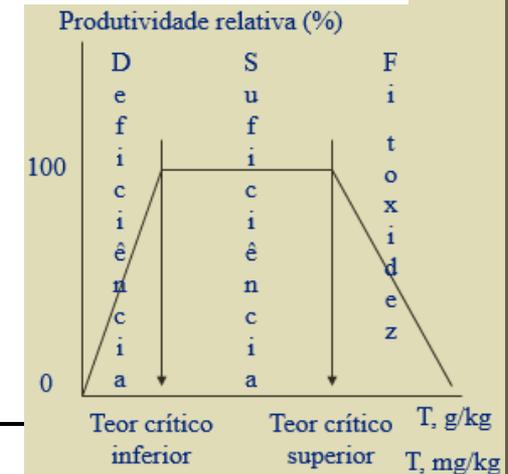
- Época: Início do florescimento
- Tipo de folha: primeira folha madura a partir da ponta do ramo no terço médio da planta
- Número de folhas por ha: 30

Faixas de teores considerados adequados de macro e

| N ⁽¹⁾ | P ⁽¹⁾ | K ⁽¹⁾ | Ca ⁽¹⁾ | Mg ⁽¹⁾ | S ⁽¹⁾ |
|-------------------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| -----g kg ⁻¹ ----- | | | | | |
| 30-50 | 2-3 | 20-25 | 15-20 | 4-7 | 5-10 |

micronutrientes nas folhas de feijoeiro.

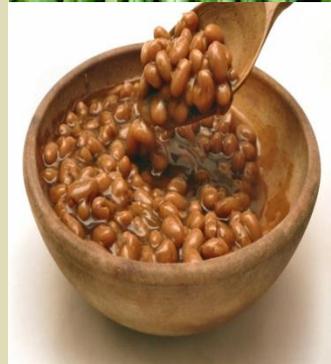
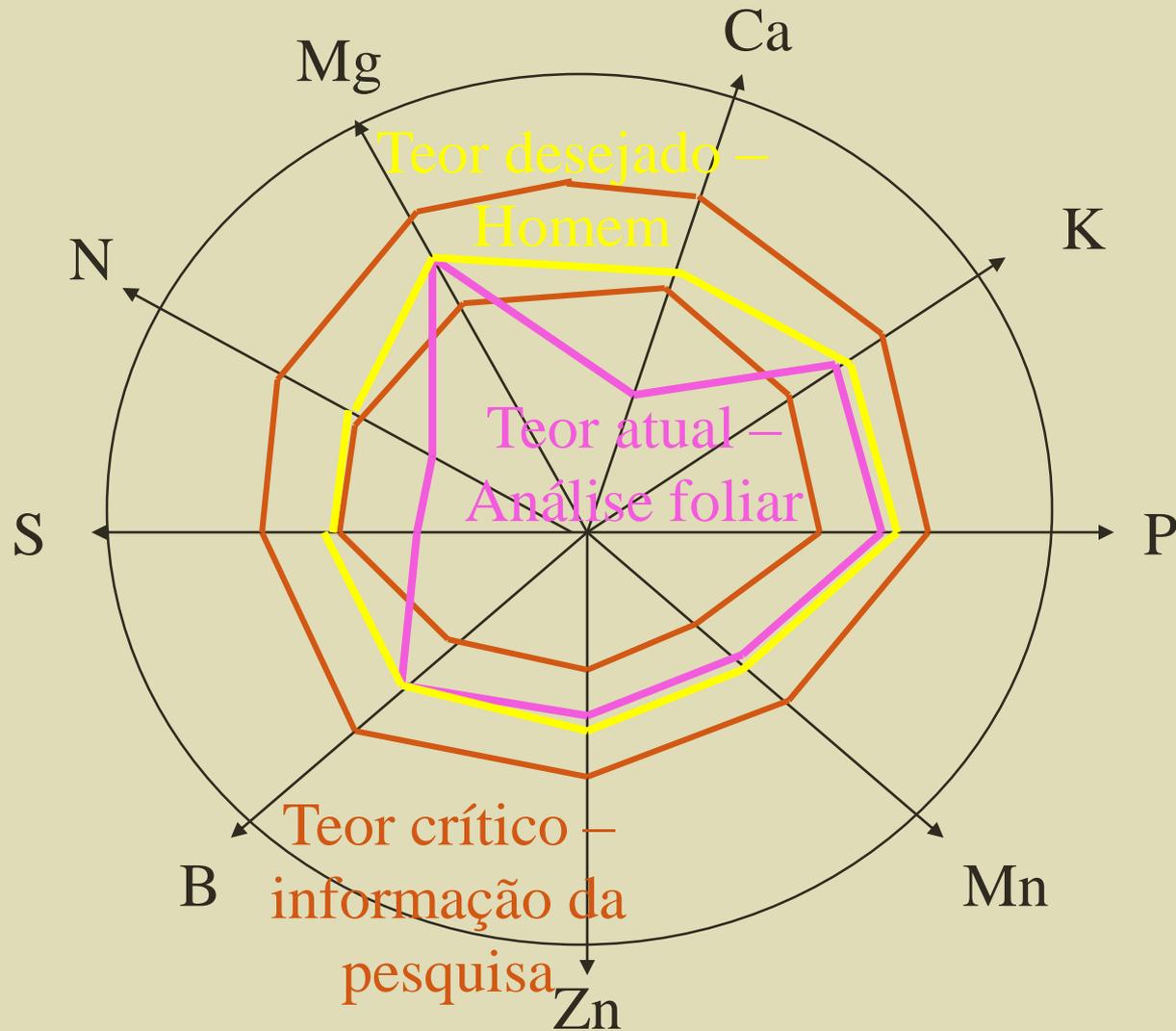
| Cu ⁽²⁾ | Fe ⁽²⁾ | Mn ⁽²⁾ | Zn ⁽²⁾ | B ⁽²⁾ | Mo ⁽³⁾ |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| -----mg kg ⁻¹ ----- | | | | | |
| 10-20 | 100-450 | 30-300 | 20-100 | 30-60 | 0,4-1,4 |



⁽¹⁾ Baseado nos níveis adequados descritos por Malavolta et al. (1997);
Baseado em Oliveira & Thung (1988)

⁽²⁾ Baseado em Wilcox & Fageria (1976); ⁽³⁾

Nutrigrama - planta



Ferti[rr]içãõ da cultura de feijão

Sumário

- Cenário (área irrigada e métodos de irrigação)
- Ambiente de produção e população de plantas
- Fisiologia da produção (Partição de carboidrato)
- Profundidade efetiva do sistema radicular
- Fósforo
- Nitrogênio
- Fertirrigação
- **Considerações gerais**



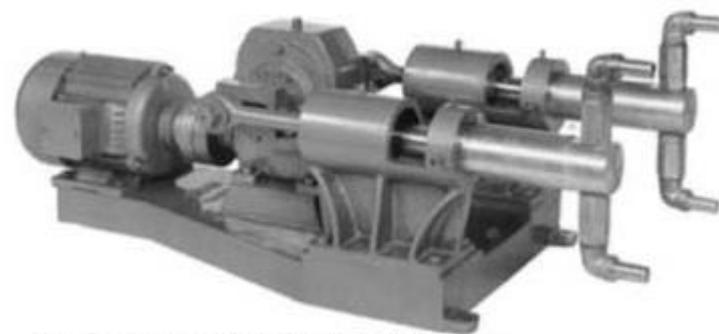
Fertilizante para Fertirrigação

1. Sistema adequadamente dimensionado
2. Água aplicada de forma homogênea
3. Eficiência
4. Solubilidade
5. Grau de impurezas
6. Influência da temperatura
7. Formação de precipitado na água
8. Compatibilidade da mistura de fertilizantes
9. Efeitos corrosivos sobre metais e plásticos
10. Volatilidade, imobilização e fixação
11. Armazenamento e segurança

Fertirrigação...

(ordem de grandeza) (Alvo: solo)

(Notliada: alvo folha)



Bomba injetora dosadora INDEK

Macronutrientes (kg.ha⁻¹)

| | | | | | |
|---|-------------------------------|--------|---|----|--------------------|
| | N | 60-90 | | Ca | Calagem e gessagem |
| P | P ₂ O ₅ | 60-120 | | Mg | Calagem |
| K | K ₂ O | 40-50 | S | S | gessagem |

Micronutrientes (kg.ha⁻¹)

| | | | |
|----|---------|----|---------|
| Mn | 2,5-6,0 | Zn | 4,0-6,0 |
| Cu | 0,5-1,0 | B | 0,5-1,0 |

FBN: Sementes normais aplicar 10 a 20 g ha⁻¹ de Mo (ou 90 g ha⁻¹ - foliar) e 2 a 3 g ha⁻¹ de Co

CONSIDERAÇÕES GERAIS

- (a) Conhecer o ambiente de produção**
- (b) Conhecer a planta e as propriedades químicas dos fertilizantes para maximizar a eficiência**
- (c) Desenvolver programa específico para cada ambiente de produção, cultivar e fertilizante**