



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Departamento de Ciência do Solo

LSO - 0257 - Fundamentos de Ciência do Solo

FASES LÍQUIDA E GASOSA DO SOLO

Prof. Dr. Antonio Carlos Azevedo

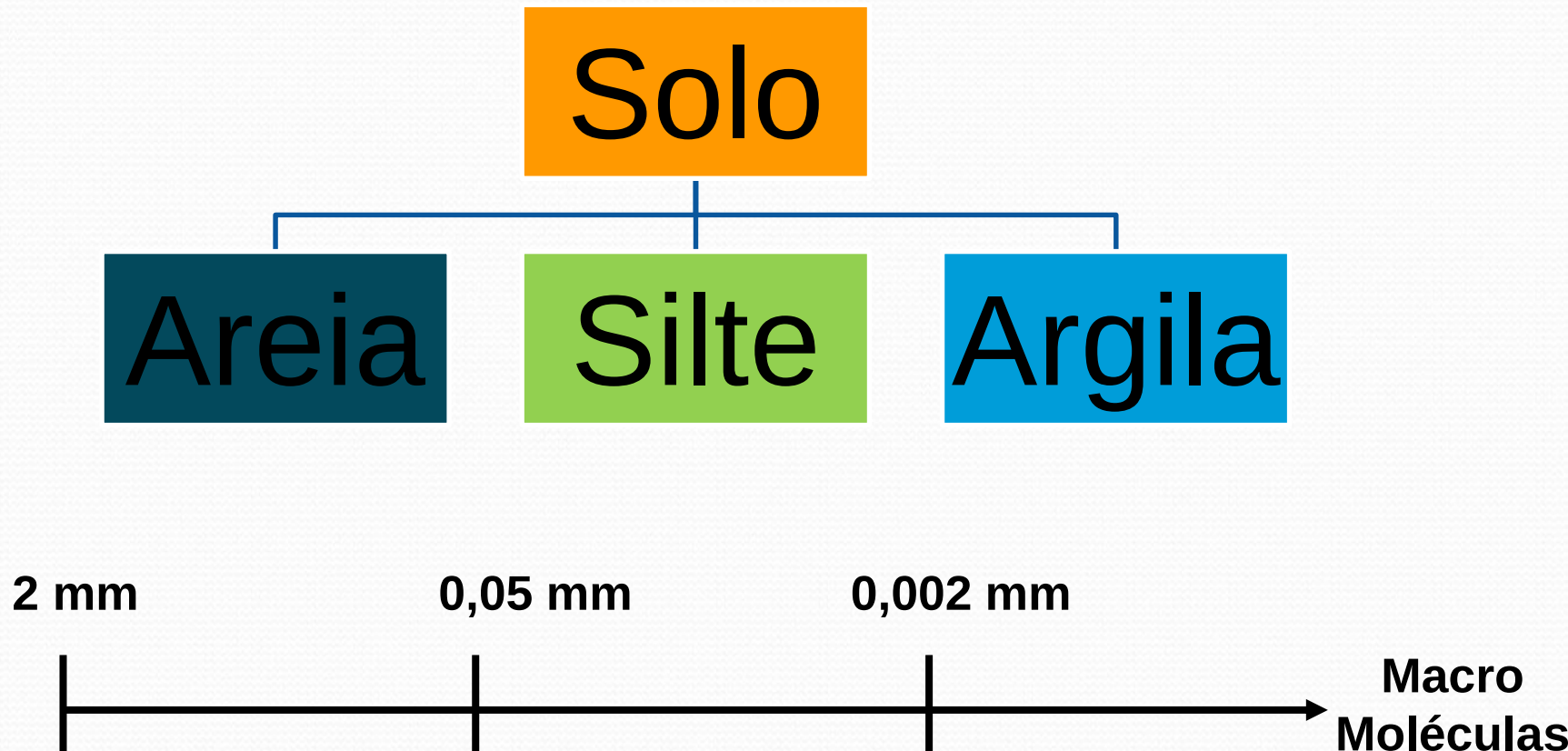
Prof. Dr. Antonio Roque Dechen

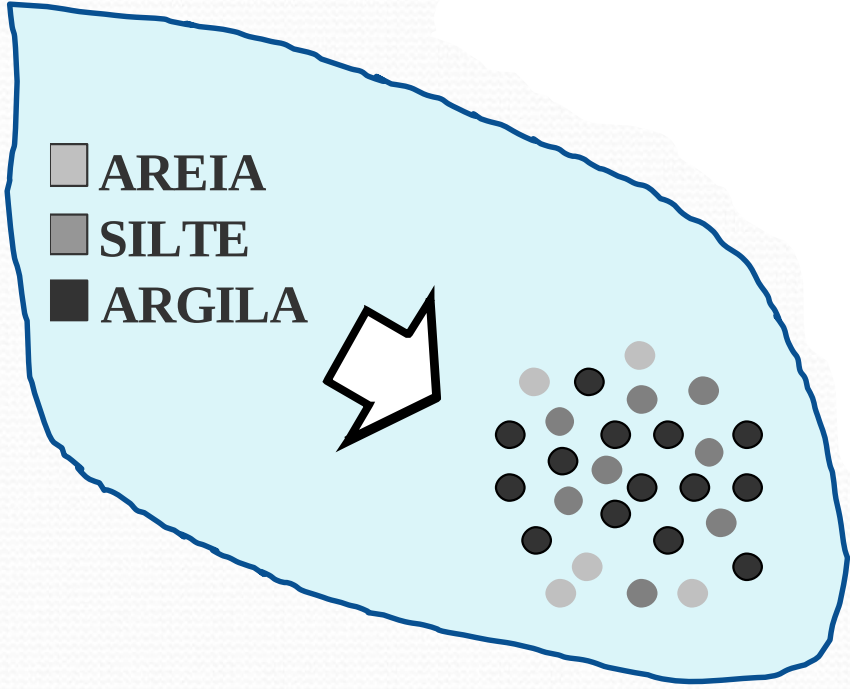
Prof. Dr. Quirino Augusto de Camargo Carmello

Piracicaba

2017

Composição do solo - Fase sólida





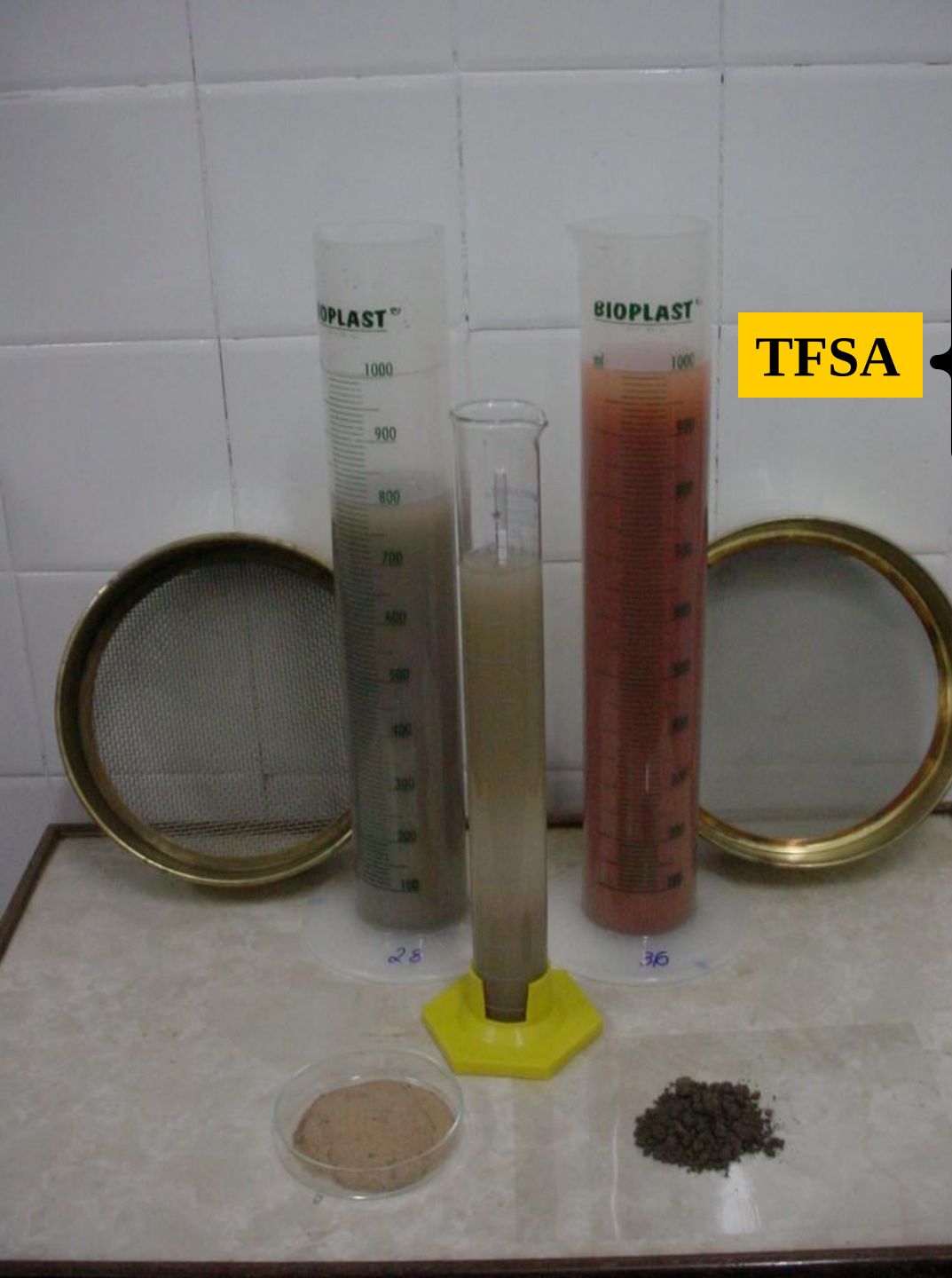
A diagram illustrating soil texture classification. It features a light blue irregular shape representing a soil sample, outlined in dark blue. Inside this shape, on the right side, is a cluster of small circles in three shades: light gray, medium gray, and dark gray. A white arrow with a black outline points from the legend towards this cluster. The legend is located on the left side of the blue shape and consists of three entries: a light gray square followed by the word 'AREIA', a medium gray square followed by 'SILTE', and a dark gray square followed by 'ARGILA'. The background of the slide is white with a light blue wavy border at the top.

AREIA

SILTE

ARGILA

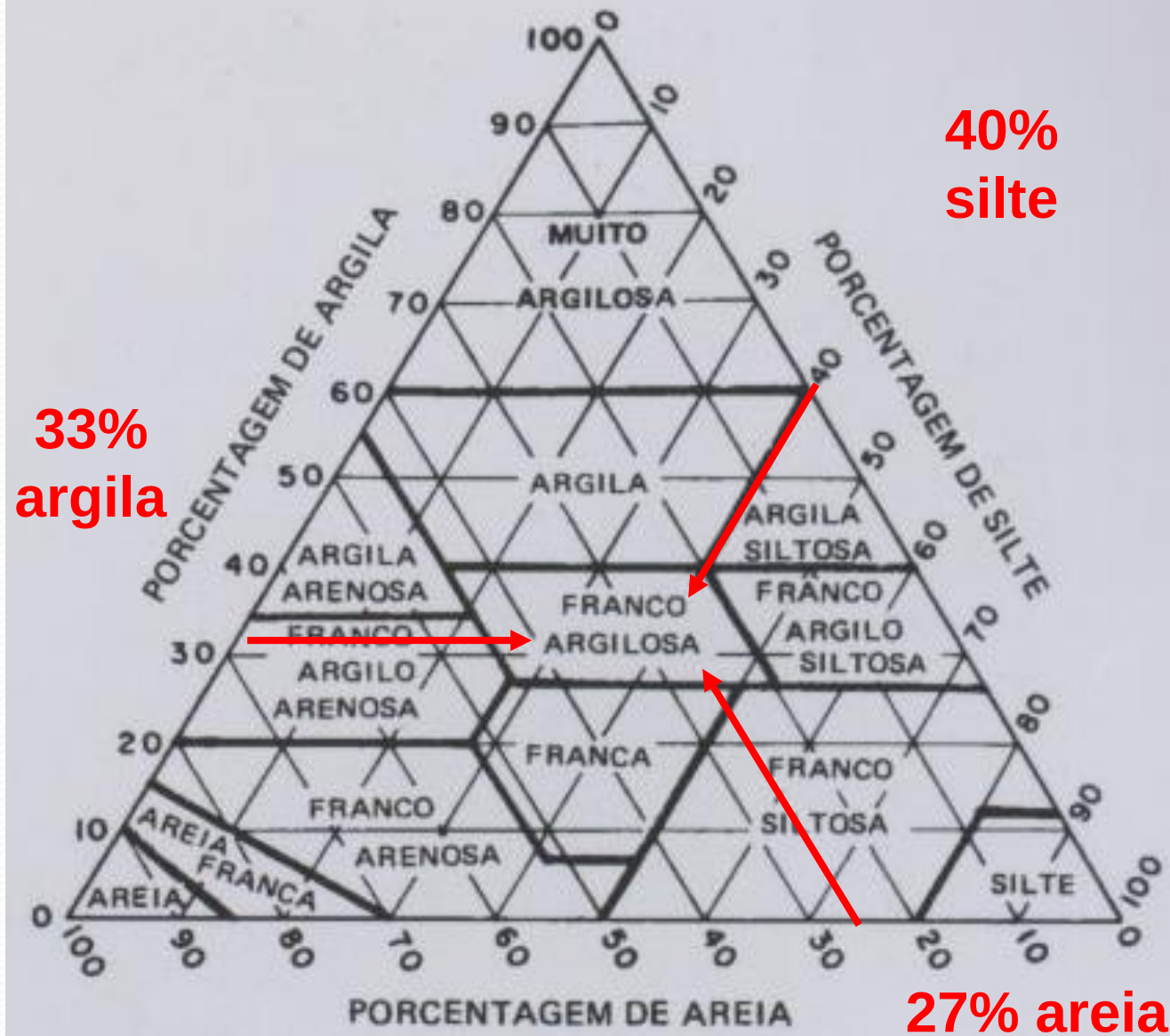
Textura

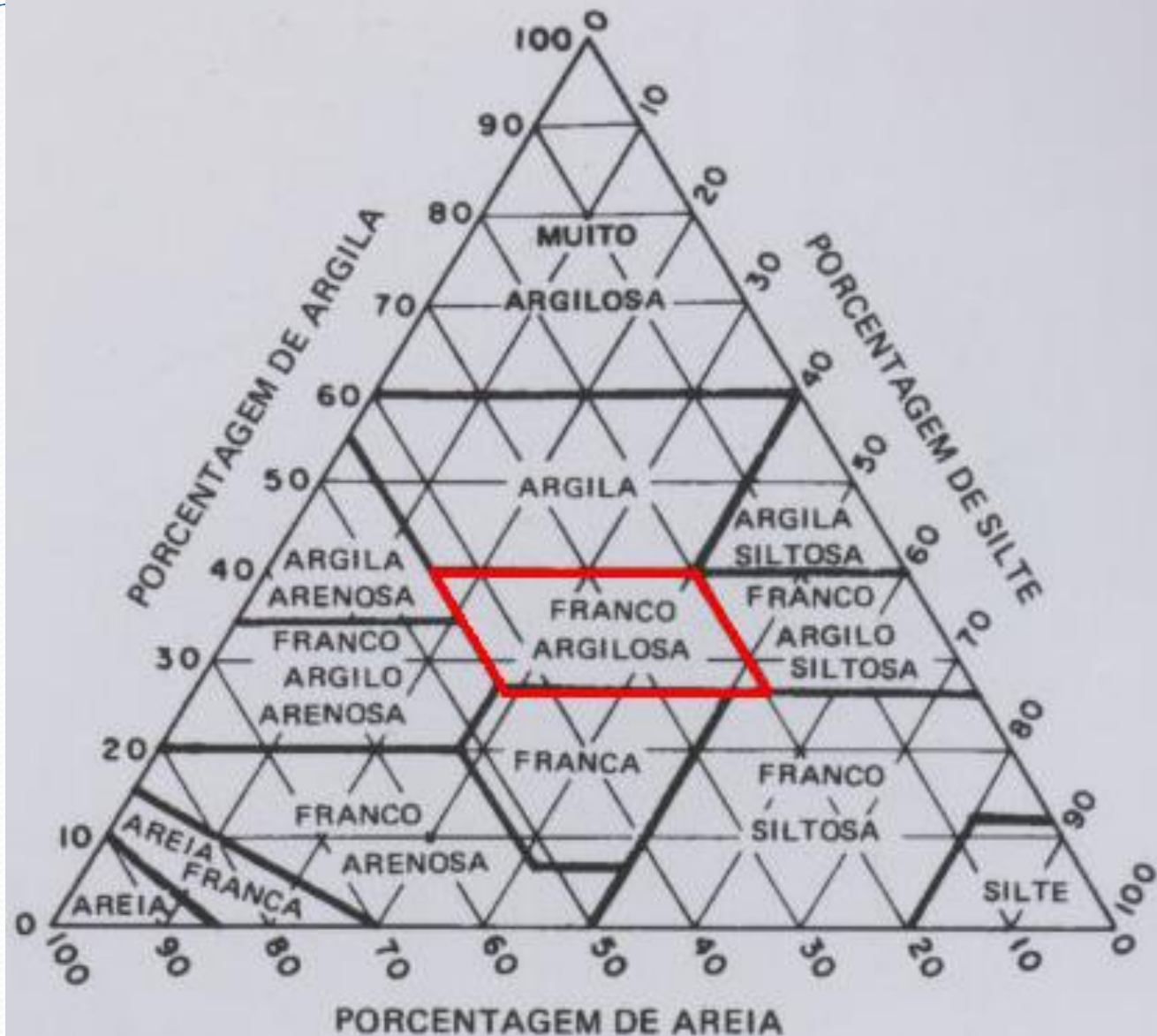


TFSA

Fração	Diâmetro
Matacões	> 20 cm
Calhaus	20 mm a 20 cm
Cascalhos	2 a 20 mm
Areia grossa	2 a 0,2 mm
Areia fina	0,2 a 0,05 mm
Silte	0,05 a 0,002 mm
Argila	< 0,002 mm ou 2 μ





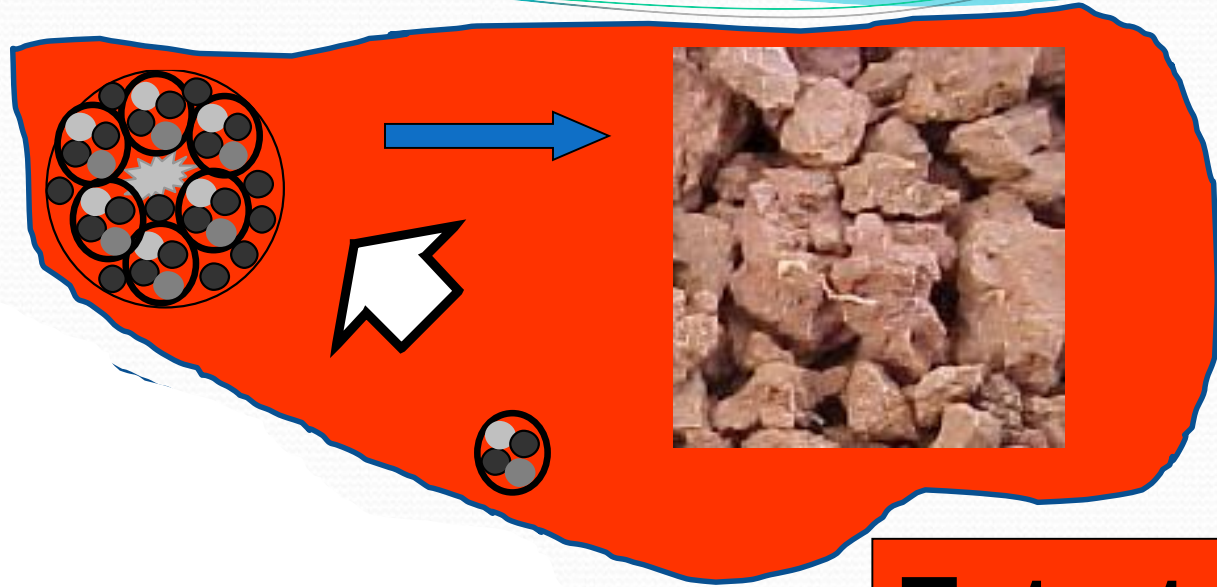


Importância:

- ✓ é uma das características mais estáveis do solo
- ✓ influencia o comportamento físico do solo
- ✓ desenvolvimento das plantas → disponibilidade de água e penetração das raízes
- ✓ fluxo e a qualidade da água superficial e subsuperficial
- ✓ retenção de elementos tóxicos

2. ESTRUTURA

- A textura influencia a formação da estrutura
- A estrutura é que determina o arranjo de poros no solo
- É nos poros do solo que circulam os fluídos: ar e água



Estrutura

Campo

- Há vários tipos de estrutura.
- Dependendo do tipo de estrutura, podemos inferir processos que ocorrem no solo
- A estrutura é uma propriedade bastante dinâmica do solo (pode ser modificada). A textura é uma propriedade bastante estável do solo.

Laminar



Colunar



Prismática



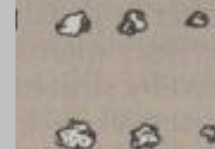
Blocos angulares



Blocos subangulares



Granular

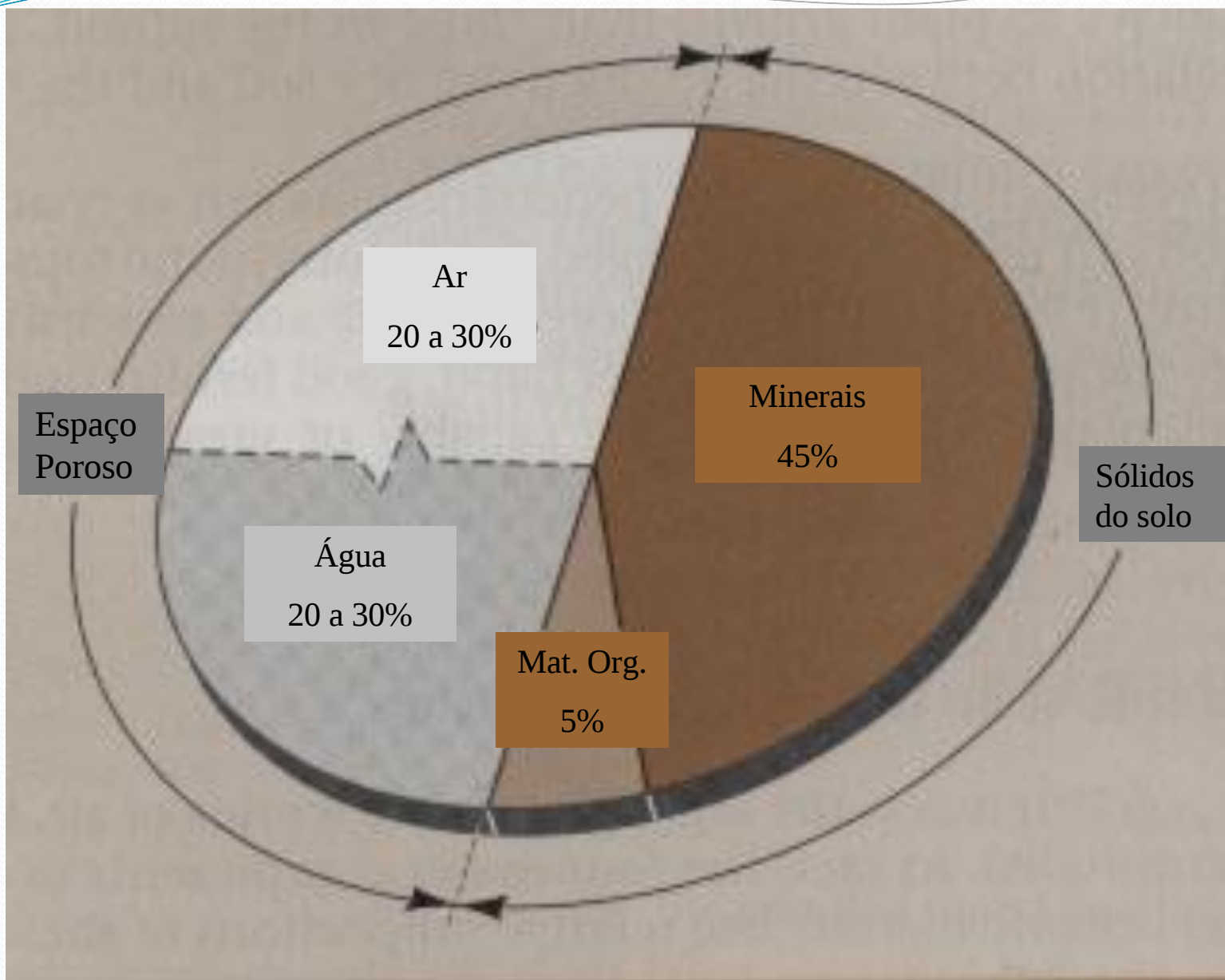


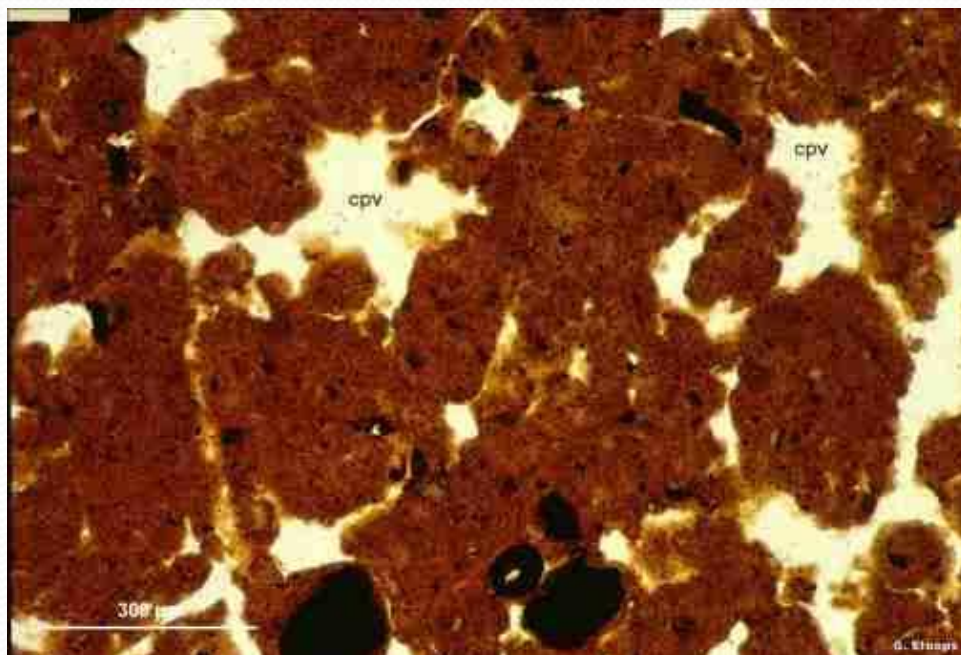
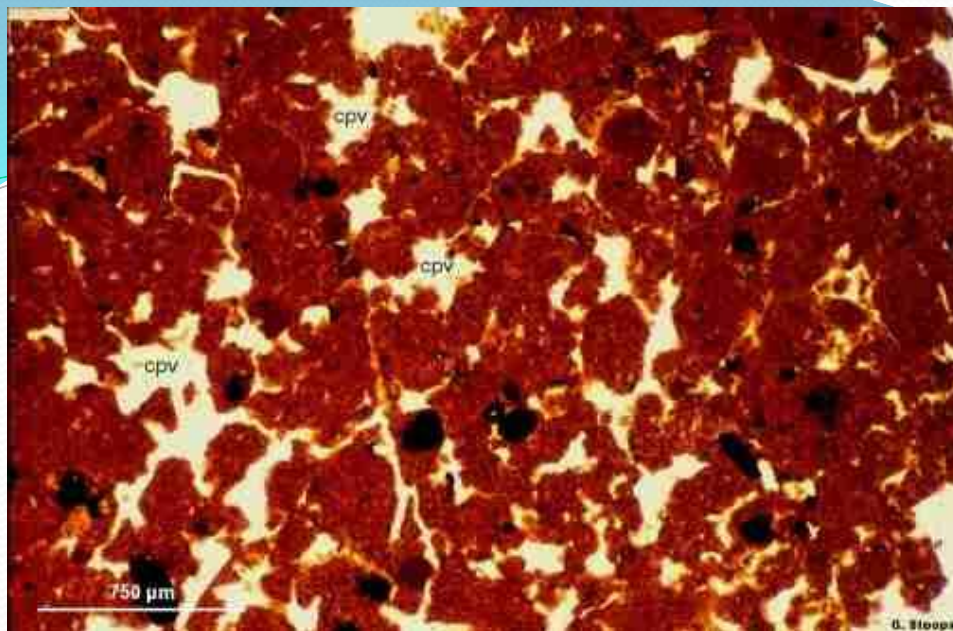
Importância

- ✓ Movimento e suprimento de água solo
- ✓ Erodibilidade
- ✓ Aeração
- ✓ Resistência à penetração de raízes
- ✓ Resistência e estabilidade de aterros
- ✓ Suporte às obras civis
- ✓ Deslizamento de encostas

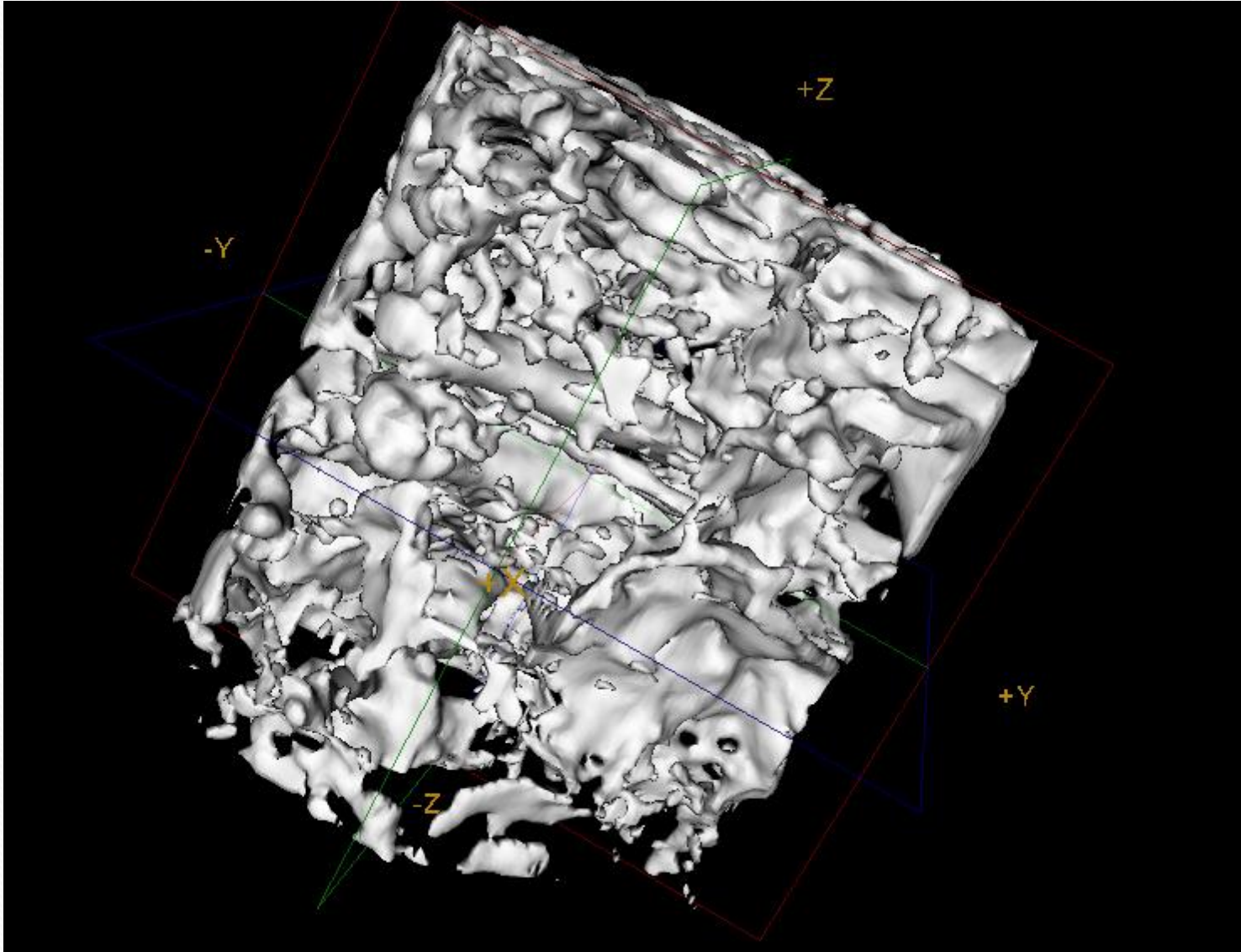
3. POROSIDADE

- É o espaço existente entre as partículas sólidas e entre os agregados do solo
- Macroporos - diâmetro $> 0,06$ mm
- Microporos - diâmetro $< 0,06$ mm





Tomografia Computadorizada

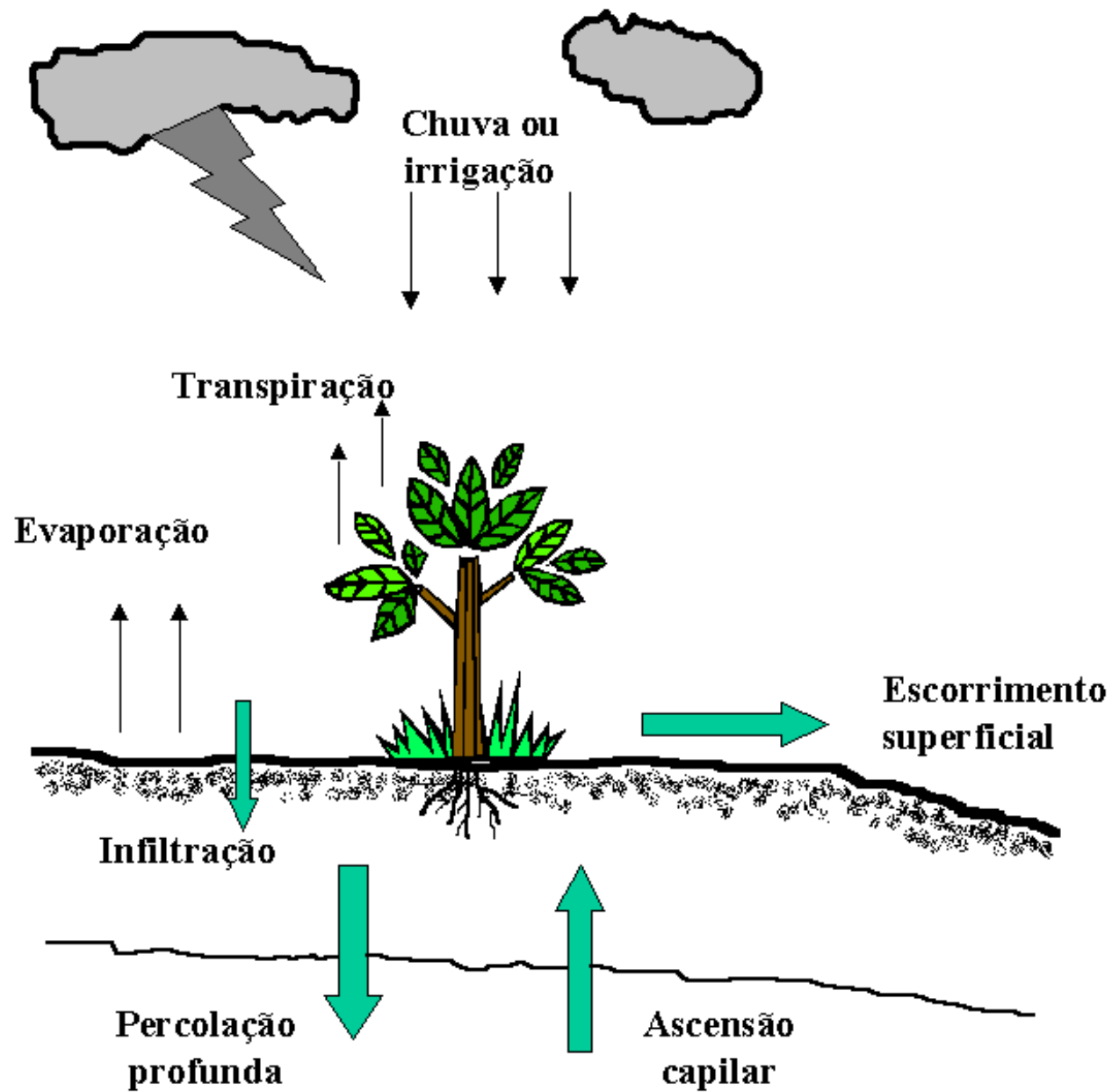




Água no solo



O solo e o ciclo da água



Água no solo

- Existem outras forças atuando sobre a água no solo, além da gravidade;
- Por isto, nem sempre a água vai “para baixo”
- Dentre estas forças, a capilaridade é a mais importante em solos não saturados.

Forças atuando no movimento da água no solo

- Força da Gravidade (Potencial Gravitacional)
- Força de capilaridade (Potencial matricial)
- Forças de pressão (Potencial de Pressão)
- Forças Osmóticas (Potencial Osmótico)

Forças atuando no movimento da água no solo

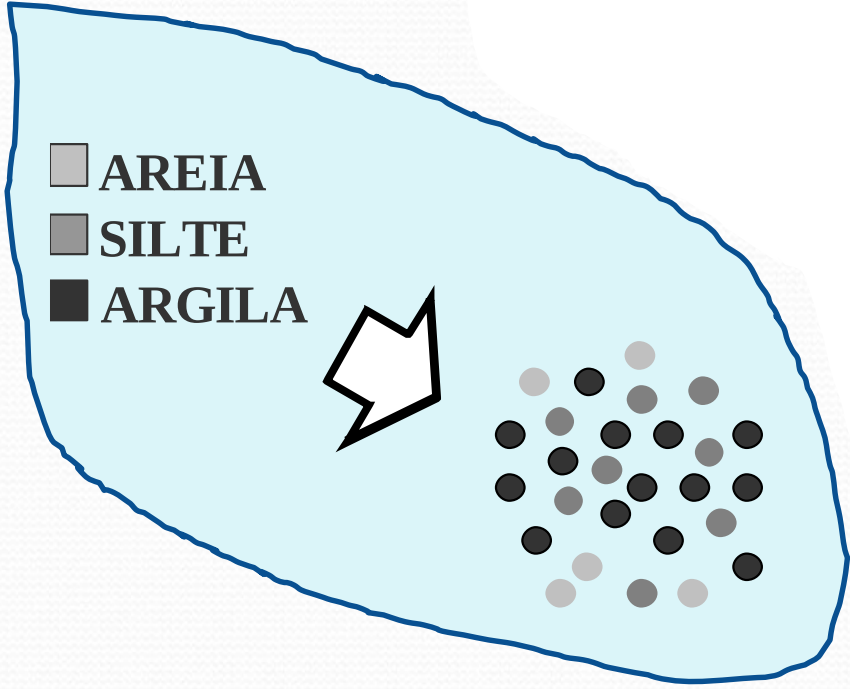
- Força da Gravidade (Potencial Gravitacional)
- Força de capilaridade (Potencial matricial)
- Forças de pressão (Potencial de Pressão)
- Forças Osmóticas (Potencial Osmótico)

Infiltração de água em um modelo de perfil de solo

- A água sempre vai para baixo?
- O formato da frente de molhamento é o mesmo em todos os horizontes?
- A água satura um horizonte antes da frente de molhamento passar para o horizonte abaixo?
- A velocidade da frente de molhamento é a mesma em todos os horizontes?

Exercício pratico

- Movimento da agua no perfil modelo 2D



A diagram illustrating soil texture. It features a light blue irregular shape representing a soil sample. Inside this shape, on the right side, is a cluster of small circles representing soil particles. The circles are colored light gray, medium gray, and black. To the left of this cluster is a white arrow pointing towards it. In the top left corner of the light blue shape, there is a legend with three entries: a light gray square followed by the word 'AREIA', a medium gray square followed by 'SILTE', and a black square followed by 'ARGILA'.

AREIA

SILTE

ARGILA

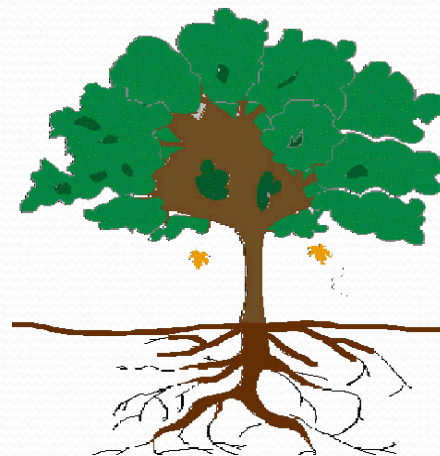
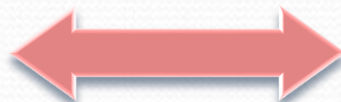
Textura

COMPOSIÇÃO DE UMA PLANTA



80%
água

20% matéria seca



Matéria Seca

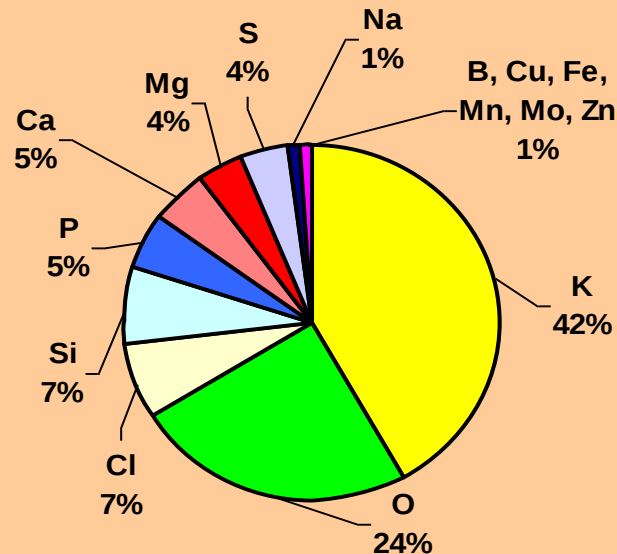
30% celulose

12% proteína

48% extrativos não nitrogenados

04% matéria graxa

06% cinzas



REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO EQUILÍBRIO DE NUTRIENTES NO SISTEMA SOLO-PLANTA



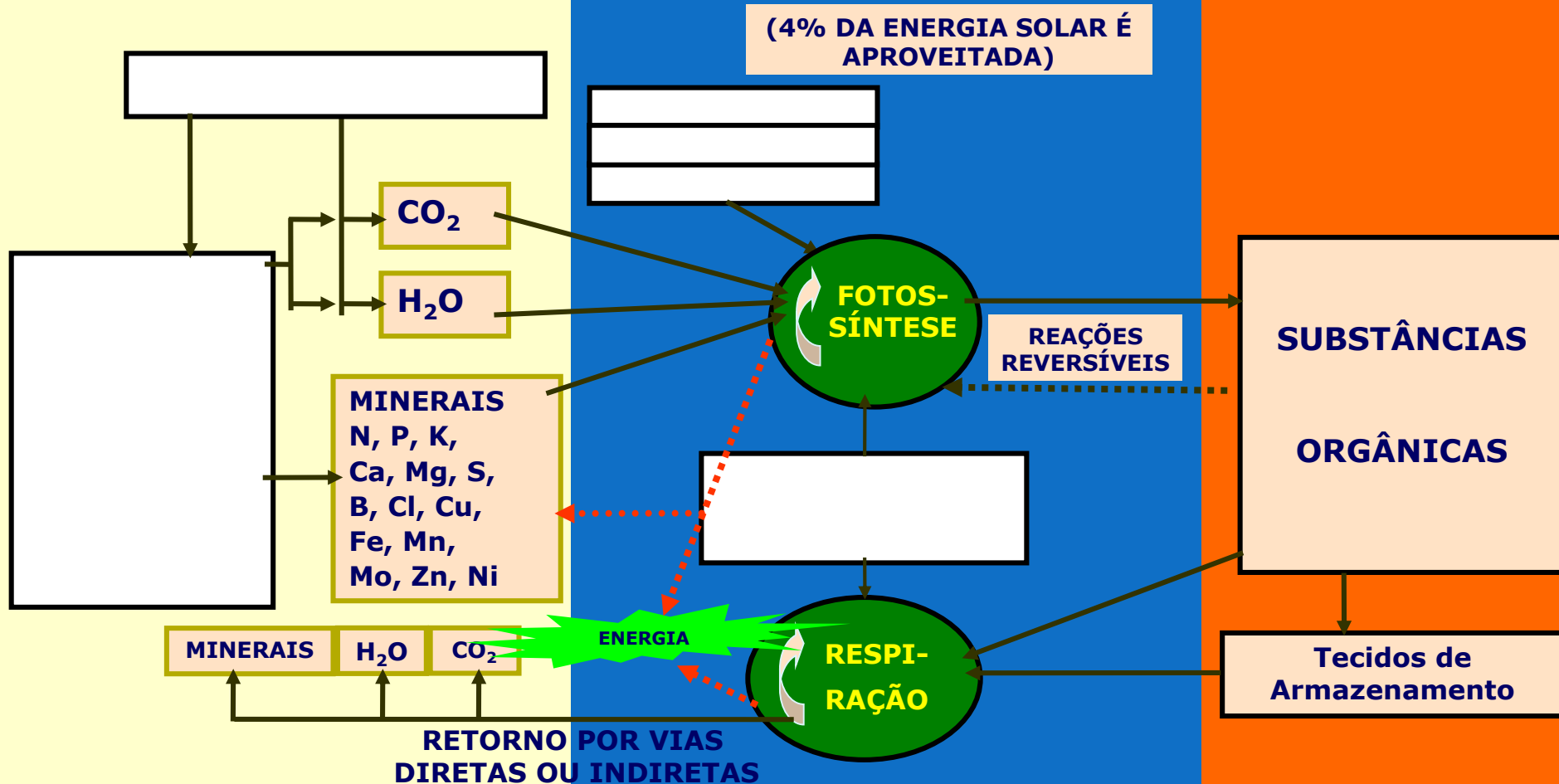
NUTRIENTE NA SOLUÇÃO DO SOLO

ESQUEMA SIMPLIFICADO DA PRODUÇÃO DE SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS NAS PLANTAS (BERGMANN & NEUBERT, 1976)

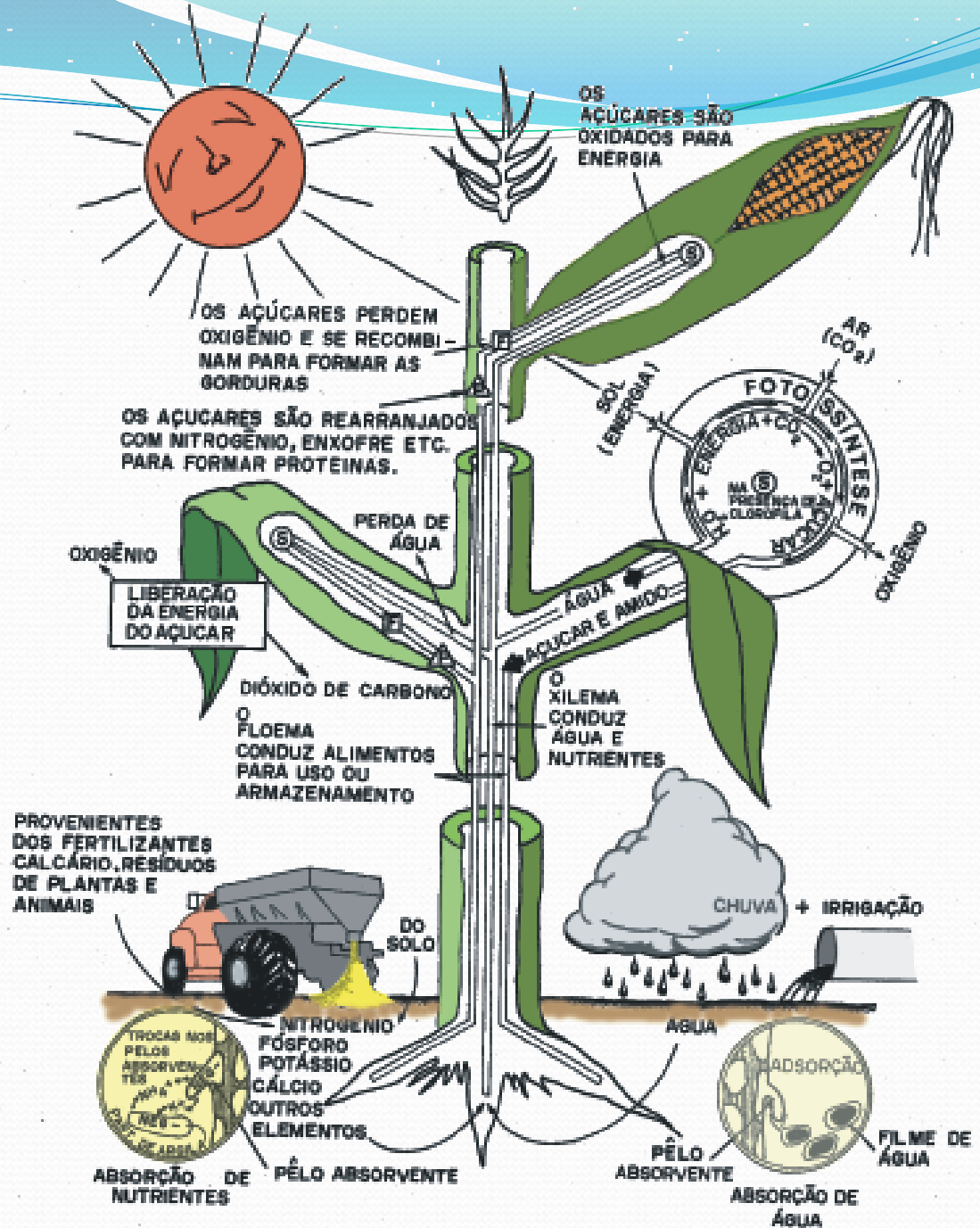
COMPONENTES DE FORMAÇÃO

TRANSFORMAÇÕES ENERGÉTICAS

ACUMULADORES DE ENERGIA



CICLO DE PRODUÇÃO



**PRODUTIVIDADE
SUSTENTÁVEL
DE CULTURAS E
OTIMIZAÇÃO DO USO
EFICIENTE DE
NUTRIENTES**

LEI DO MÍNIMO



ANÁLISE DE SOLO E PLANTAS

DE UM
A DE
ÇÃO
ADO

PREPARO
ADEQUADO
DO SOLO

ESPAÇAMENTO
E DENSIDADE
ADEQUADOS

USO ADEQUADO DE
RESÍDUOS
ORGÂNICOS E
FERTILIZANTES
INORGÂNICOS

MANTER NÍVEL
ADEQUADO DE MO

CONTROLE DA
EROSÃO DO
SOLO

CONTROLE DE
DOENÇAS,
INSETOS E
PLANTAS
DANINHAS

CONTROLE DE
ALELOPATIA

USO DE ROTAÇÃO
DE CULTURAS

FATORES SÓCIO-
ECONÔMICOS FAVORÁVEIS
PARA O PRODUTOR

EVITAR OU MINIMIZAR
DEFICIÊNCIAS
HÍDRICAS

MANEJO DA
ACIDEZ DO
SOLO E
SALINIDADE

SISTEMA INTEGRADO DE MANEJO DE NUTRIENTES NA PLANTA

PRODUTIVIDADE SUSTENTÁVEL DE CULTURAS E OTIMIZAÇÃO DO USO EFICIENTE DE NUTRIENTES

PRODUTIVIDADE SUSTENTÁVEL DE CULTURAS E OTIMIZAÇÃO DO USO EFICIENTE DE NUTRIENTES



PRODUTIVIDADE SUSTENTÁVEL DE CULTURAS E OTIMIZAÇÃO DO USO EFICIENTE DE NUTRIENTES



PRODUTIVIDADE SUSTENTÁVEL DE CULTURAS E OTIMIZAÇÃO DO USO EFICIENTE DE NUTRIENTES



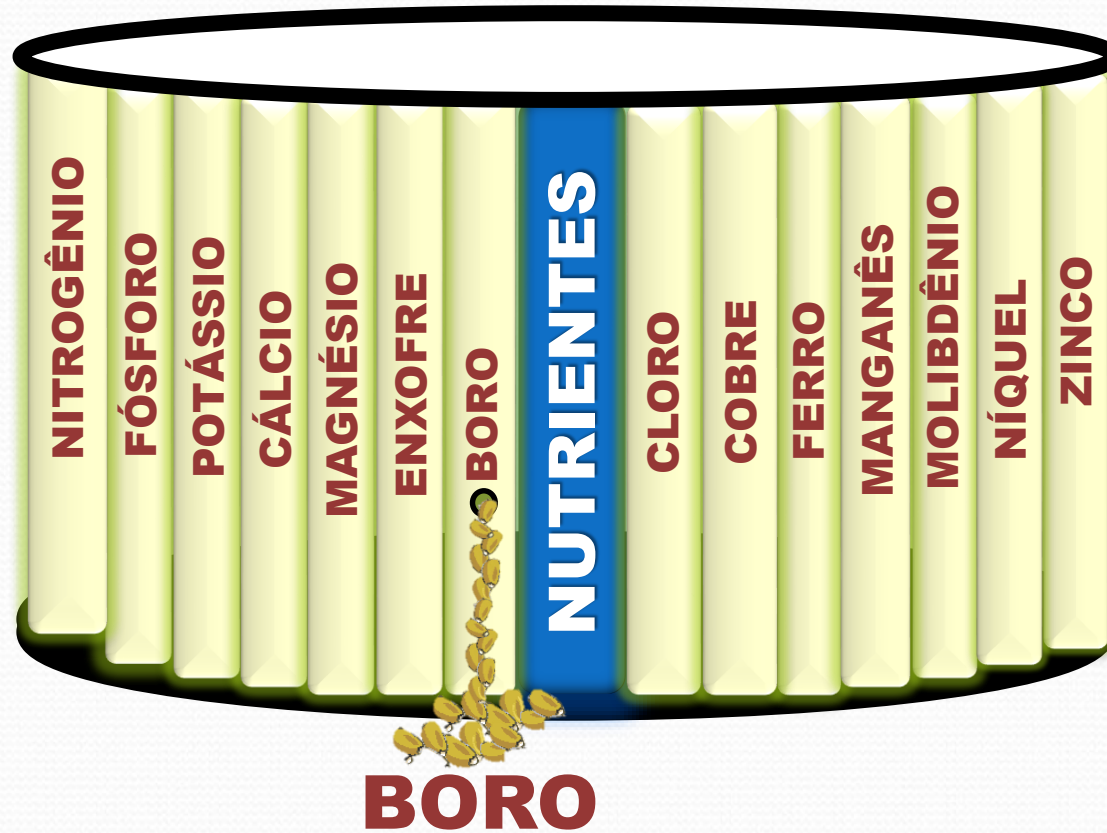
PRODUTIVIDADE SUSTENTÁVEL DE CULTURAS E OTIMIZAÇÃO DO USO EFICIENTE DE NUTRIENTES



PRODUTIVIDADE SUSTENTÁVEL DE CULTURAS E OTIMIZAÇÃO DO USO EFICIENTE DE NUTRIENTES



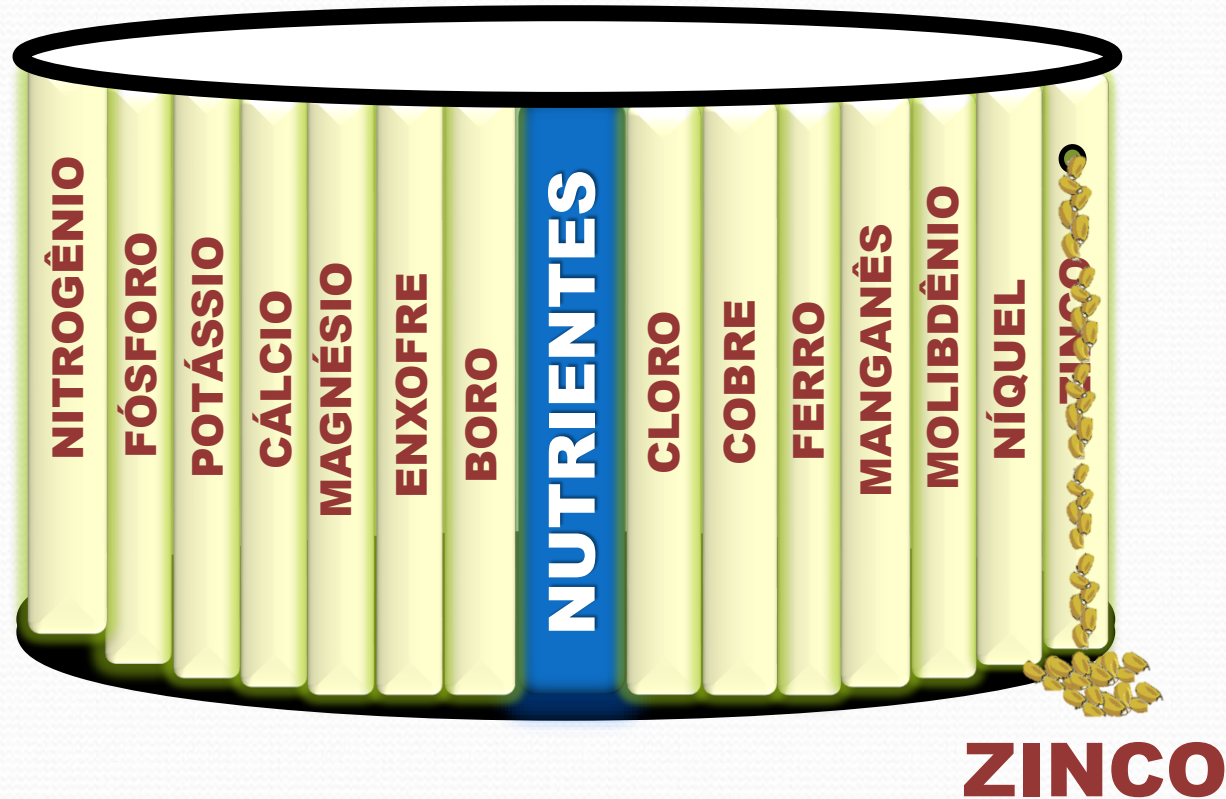
PRODUTIVIDADE SUSTENTÁVEL DE CULTURAS E OTIMIZAÇÃO DO USO EFICIENTE DE NUTRIENTES



PRODUTIVIDADE SUSTENTÁVEL DE CULTURAS E OTIMIZAÇÃO DO USO EFICIENTE DE NUTRIENTES



PRODUTIVIDADE SUSTENTÁVEL DE CULTURAS E OTIMIZAÇÃO DO USO EFICIENTE DE NUTRIENTES



PRODUTIVIDADE SUSTENTÁVEL DE CULTURAS E OTIMIZAÇÃO DO USO EFICIENTE DE NUTRIENTES



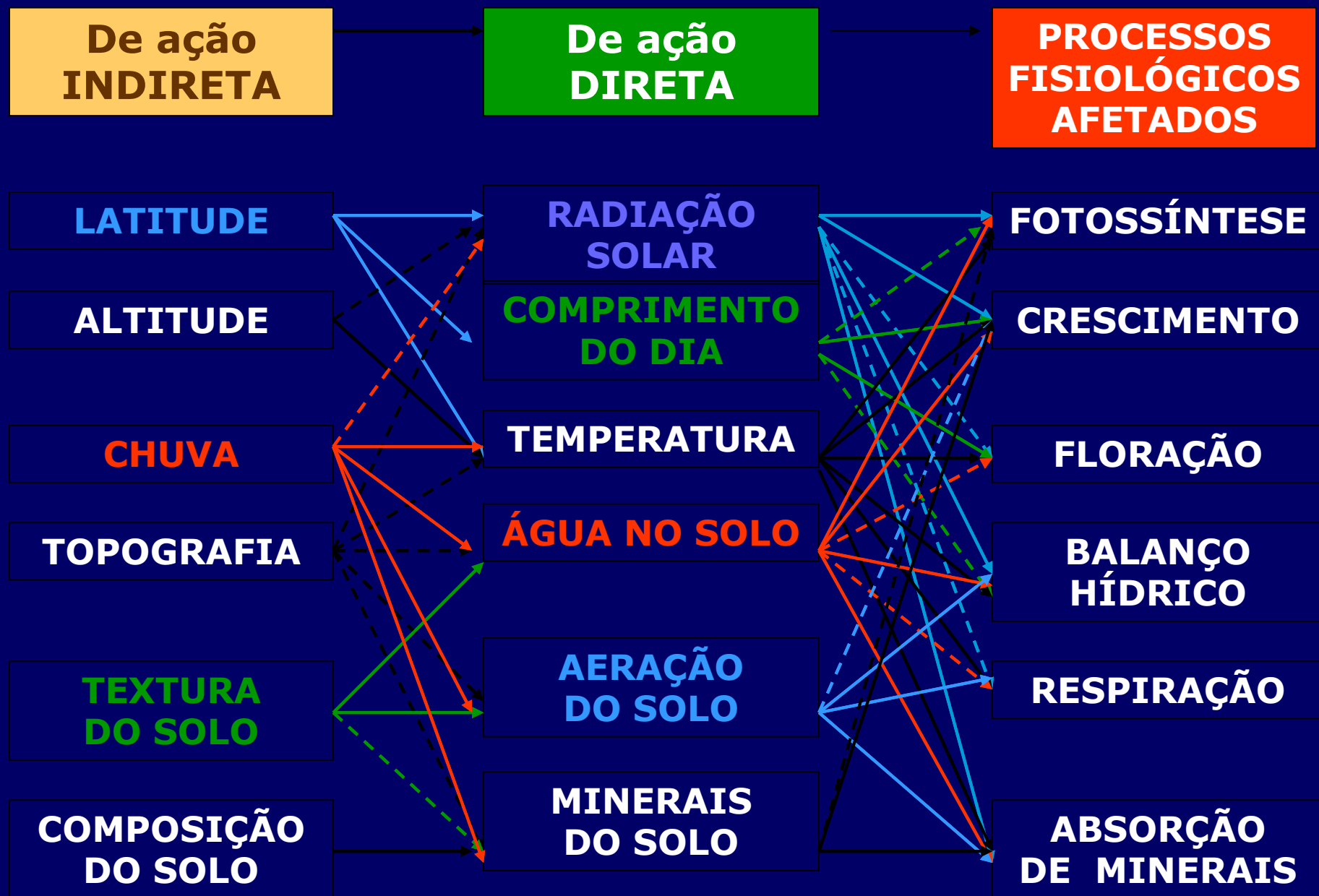
**Produção de Tubérculos de Batatinha (kg/ha),
Ensaio de Aplicação de Micronutrientes,
Pindamonhangaba, SP (Gangantini et al.,1970).**

TRATAMENTO	kg/ha
TESTEMUNHA	9.150
NPK	12.968
NPK + Mo	15.458
NPK + B	
NPK + B + Mo	
NPK = 60 – 180 - 30 kg/ha	
B = 20 kg/ha	
Mo = 0,5 kg DE Mo DE SÓDIO	

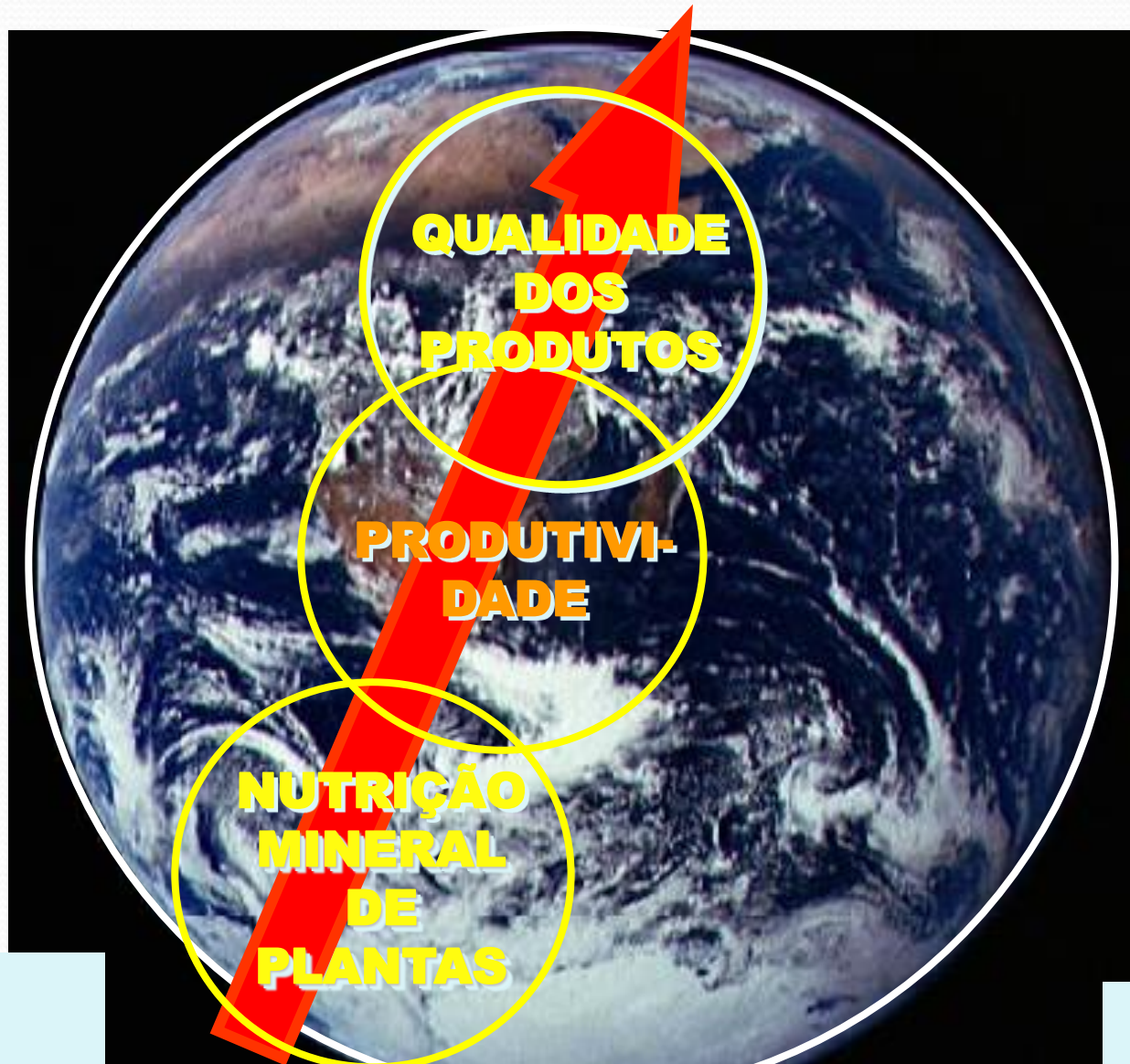
**Produção de Tubérculos de Batatinha (kg/ha),
Ensaio de Aplicação de Micronutrientes,
Pindamonhangaba, SP (Gangantini et al.,1970).**

TRATAMENTO	kg/ha
TESTEMUNHA	9.150
NPK	12.968
NPK + Mo	15.458
NPK + B	20.019
NPK + B + Mo	20.161
NPK = 60 – 180 - 30 kg/ha	
B = 20 kg/ha	
Mo = 0,5 kg DE Mo DE SÓDIO	

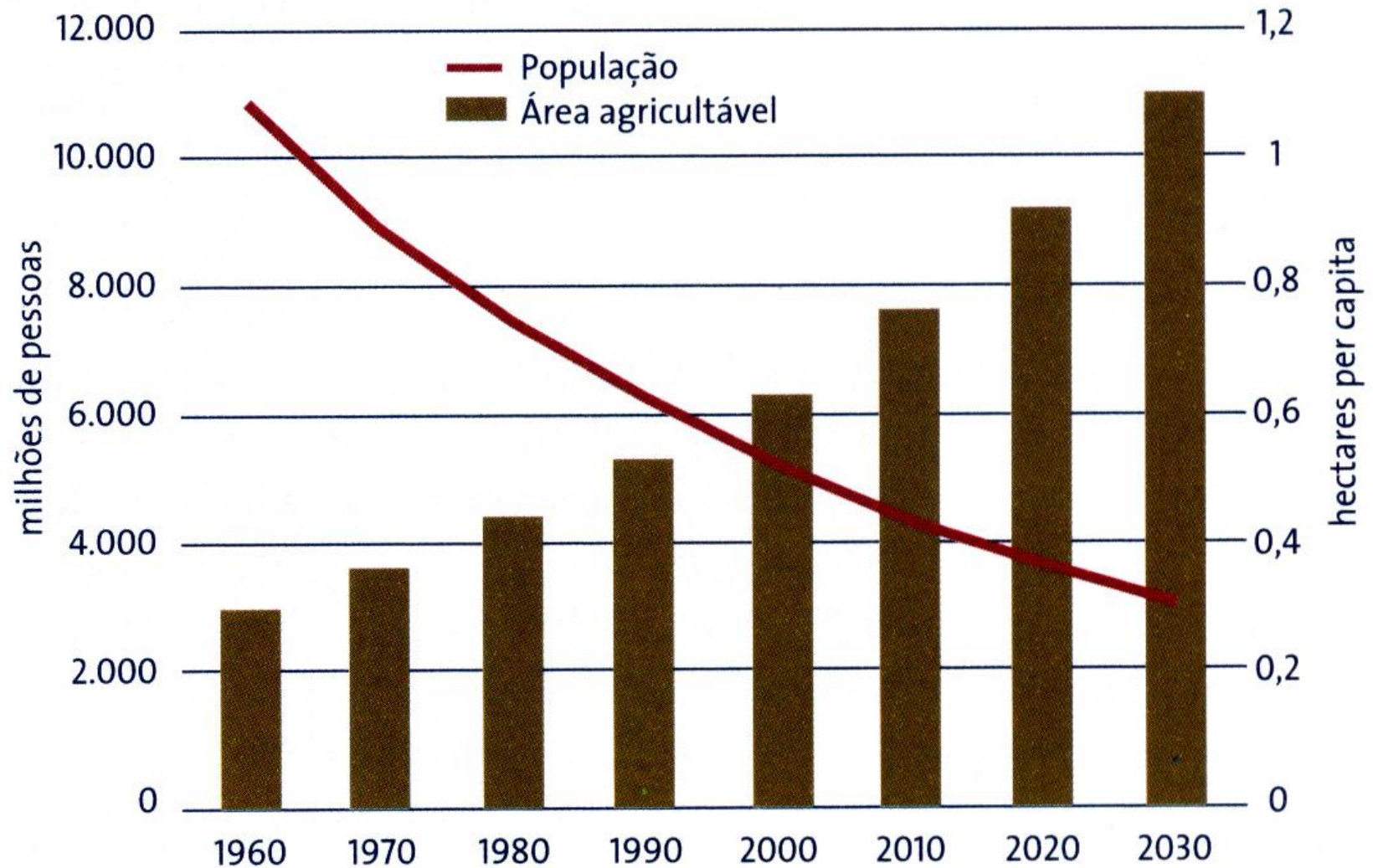
FATORES DA PRODUÇÃO VEGETAL: P. R. CASTRO



SUSTENTABILIDADE



MUNDO: ÁREA AGRICULTÁVEL PER CAPITA



OBS.: Área total agricultável = 3,23 bilhões ha

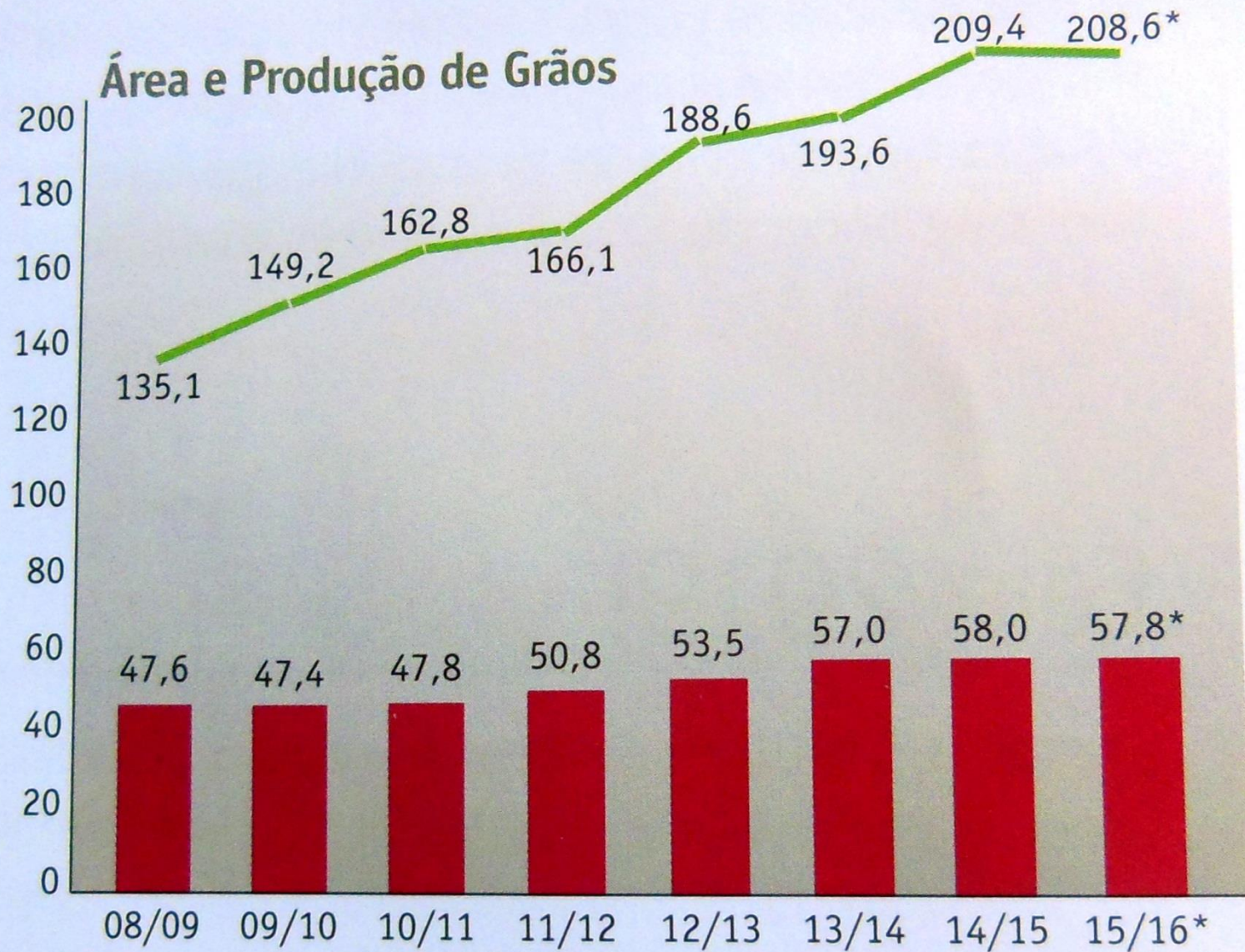
PRODUÇÃO E DEMANDA DE ALIMENTOS

O GRANDE DESAFIO MUNDIAL

Item	1990	2000	2005
População mundial (bilhões)	5,2	6,2	8,3
Demanda de alimento (bilhões de toneladas)	1,97	2,45	3,97
Produtividade (toneladas por hectare)	2,5	2,9	4,5

Fonte: Bourlaug

Área e Produção de Grãos



■ Área – milhão ha

— Produção – milhão de t

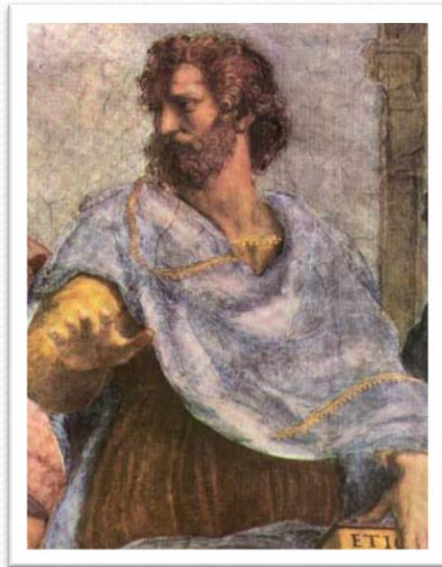
Fonte: Mapa/Conab

*Previsão Limite Inferior

Índice ABAG: out/nov.dez. 2015

HISTÓRIA DA NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS

PRIMEIRO PERÍODO (350 AC)



ARISTÓTELES:

“Teoria Humística”

**A planta é um animal invertido
(fica com a boca no solo).**

**Plantas alimentam-se
do humus, após a morte
Retornam ao humus.**

HISTÓRIA DA NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS

SEGUNDO PERÍODO (1500 - 1750)

van HELMONT (1652):

Plantas absorvem H_2O e constroem suas substâncias a partir dela.

Uma estaca de salgueiro de 2,5 kg, foi cultivada em um vaso com 150 kg de terra, irrigado com água da chuva durante 5 anos, O arbusto pesou 82 kg e o solo diminuiu 0,18 kg.

Concluiu que H_2O era o único alimento das plantas.



HISTÓRIA DA NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS

TERCEIRO PERÍODO

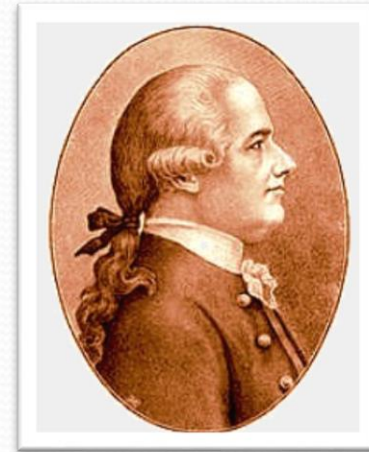


PRISTLEY (1775)

Descobriu o O₂

Plantas

eliminam O₂



INGENHOUSZ (1776)

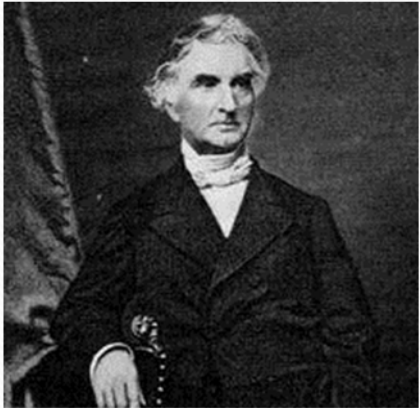
**Influência da luz sobre
as trocas gasosas.**

**Somente em presença da
luz há eliminação de O₂.**

EVOLUÇÃO DA NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS

QUARTO PERÍODO LIEBIG (1840)

“A química agrícola e sua aplicação na agricultura e fisiologia.”



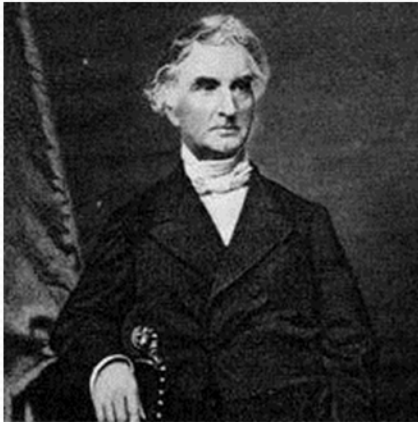
- 1) Elementos minerais não estão casualmente presentes nas plantas, mas necessários.
- 2) Plantas necessitam de 10 elementos (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S e Fe). Todos com exceção do C, H, O provém do solo.
- 3) Espécies diferentes necessitam de quantidades diferentes dos elementos.

EVOLUÇÃO DA NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS

QUARTO PERÍODO

LIEBIG (1840)

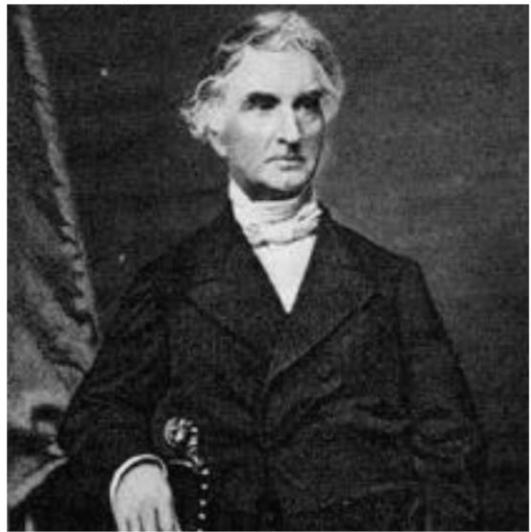
"A química agrícola e sua aplicação na agricultura e fisiologia."



4. Alguns solos são deficientes em alguns elementos que podem ser corrigidos através da adubação.

5. Húmus não é utilizado pelas plantas, mas é fonte de nutrição das mesmas.

Justus Von Liebig



Liebig, 1840

Eu sei muito bem que a maioria dos Agricultores acreditam que sua maneira de fazer é a melhor e que suas terras jamais deixarão de dar frutos. É esta doce ilusão que escondeu das populações a relação que existe entre a fertilidade do solo e seu futuro e que fez nascer a indiferença e a incúria que demonstram a esse respeito

Justus Von Liebig

Tem sido assim entre todos os povos que foram instrumentos de sua própria ruína, e não há

sabedoria política que possa proteger os estados europeus de um destino semelhante, se os governos e os povos fecharem seus olhos para sintomas de empobrecimento dos campos, e se continuarem surdos aos avisos de ciência e da historia.

Liebig, 1862



Nitrogênio



Fósforo em Citros

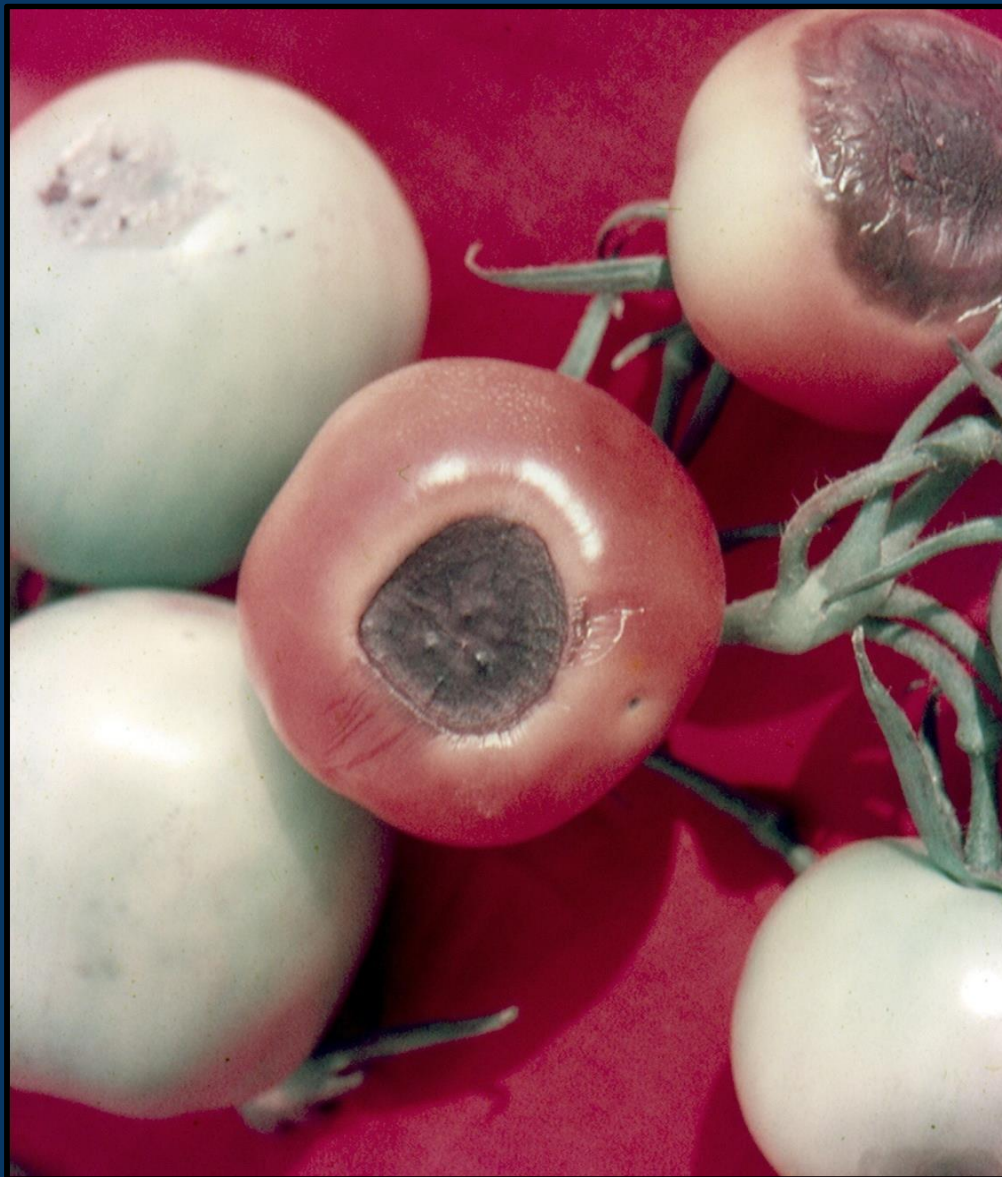


Potássio em Citros



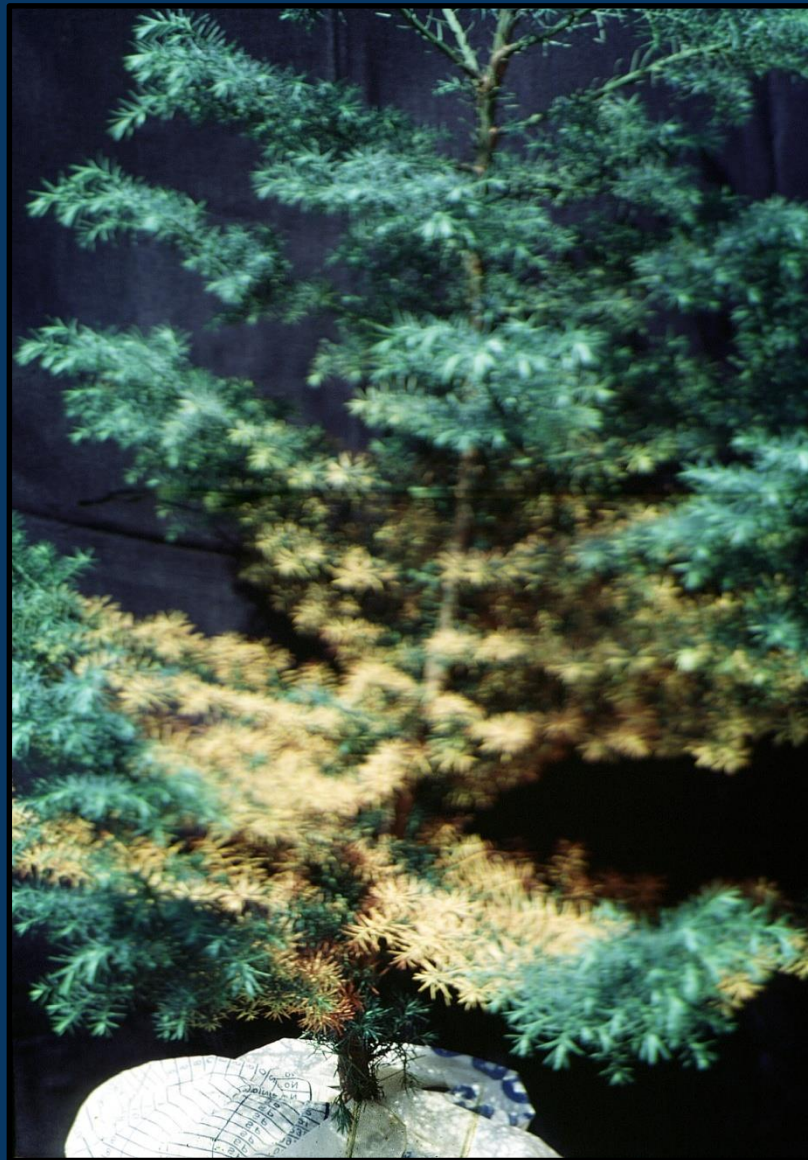


Cálcio em Maçã



Cálcio





Magnésio



Magnésio em Palmáceas



Boro



Boro



Boro em Citros



Boro



Manganês em Citros

“A Agricultura é uma Ciência e uma Arte”

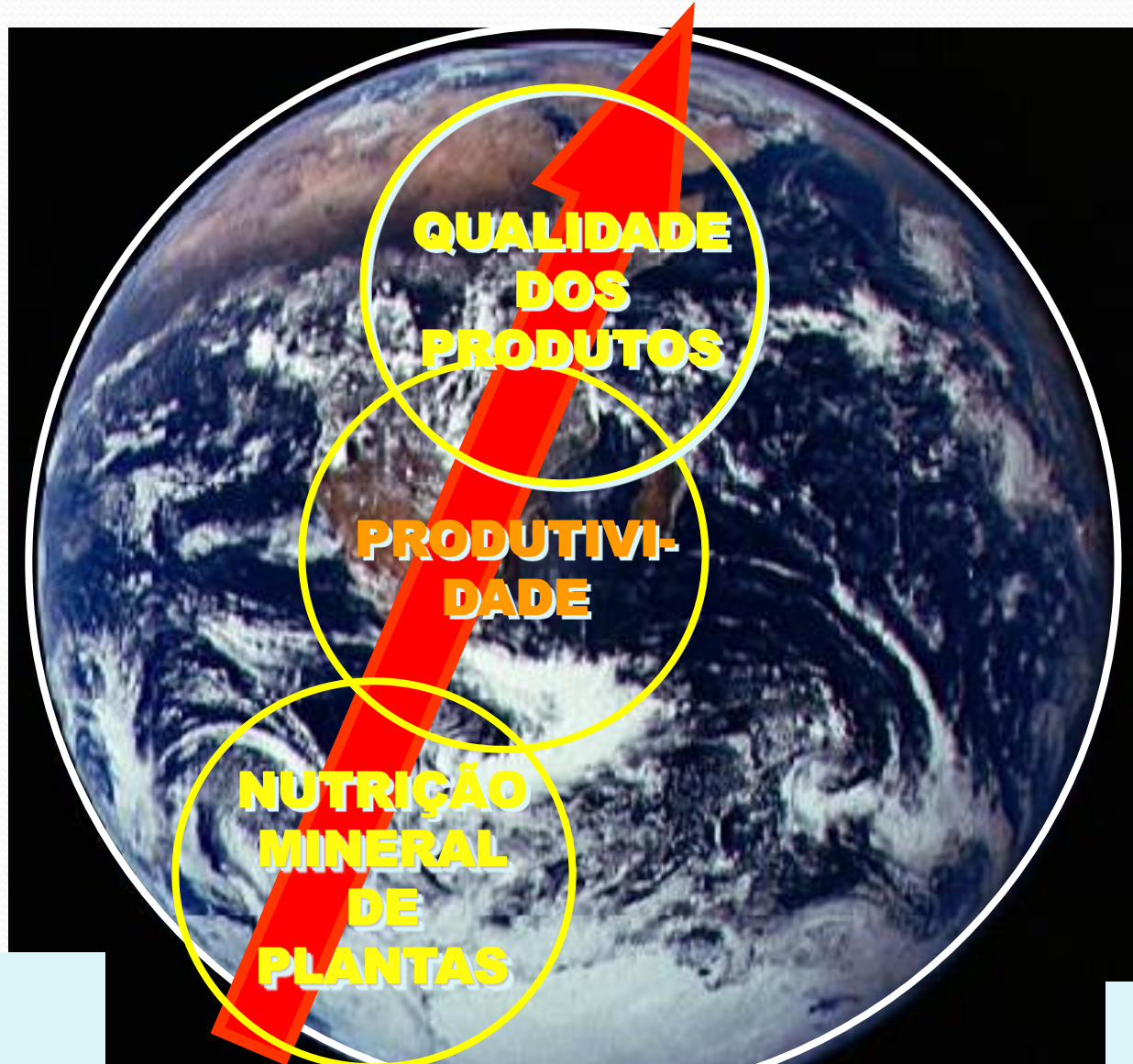
Liebig, 1840



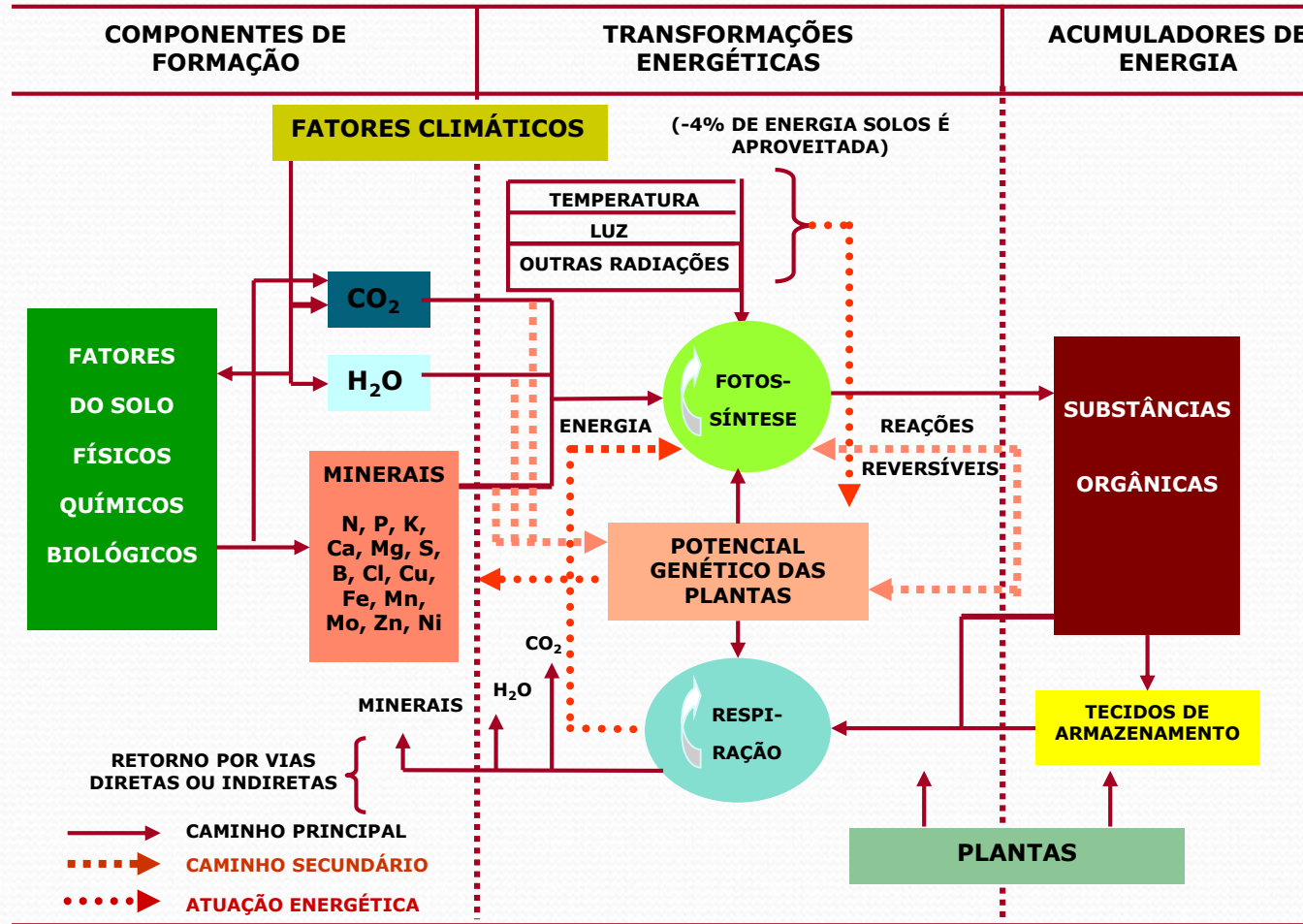
“A Agricultura é uma Ciência e uma Arte”

Liebig, 1840

SUSTENTABILIDADE



ESQUEMA SIMPLIFICADO DA PRODUÇÃO DE SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS NAS PLANTAS (BERGMANN & NEUBERT, 1976)



ESQUEMA SIMPLIFICADO DA PRODUÇÃO DE SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS NAS PLANTAS (BERGMANN & NEUBERT, 1976)

COMPONENTES DE FORMAÇÃO

TRANSFORMAÇÕES ENERGÉTICAS

ACUMULADORES DE ENERGIA

