

QUÍMICA INORGÂNICA E ANALÍTICA

AULA PRÁTICA



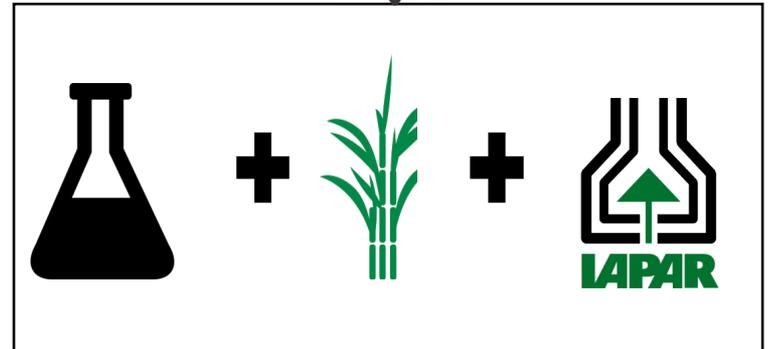
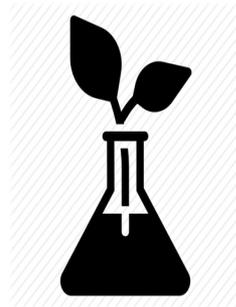
Engenharia Agrônômica

Engenharia Florestal

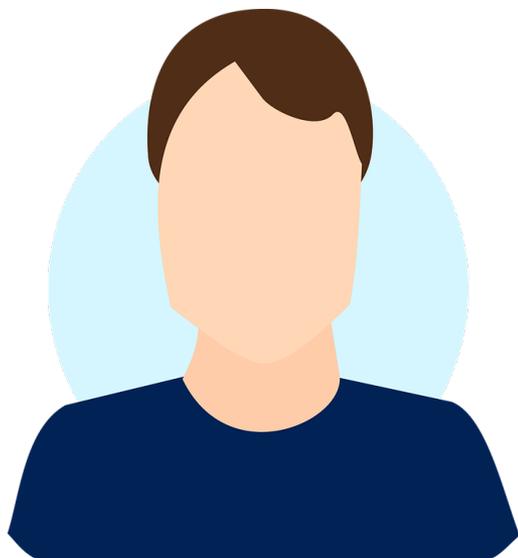
Marcos Kamogawa

kamogawa@usp.br

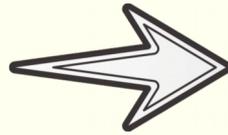
Quem sou?



Quem são vocês?



Agronegócio



Agricultura*

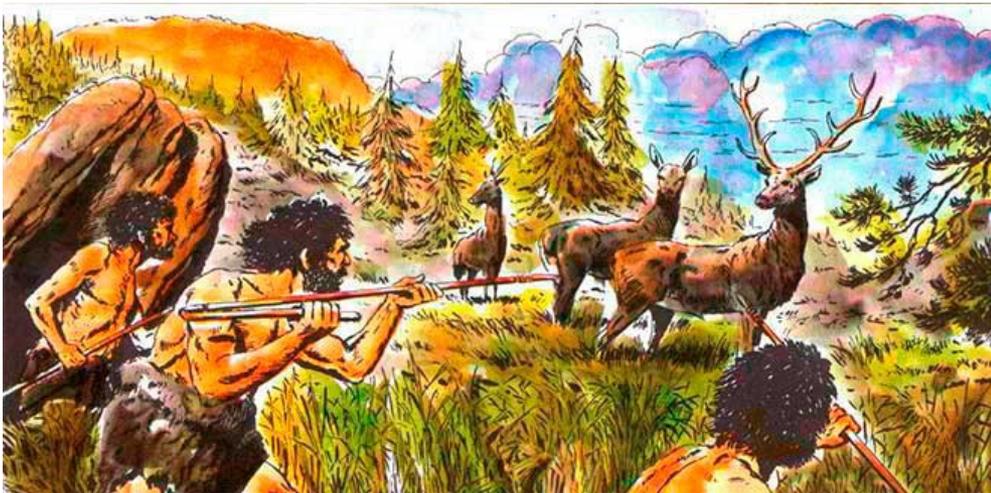
*Substantivo
feminino*

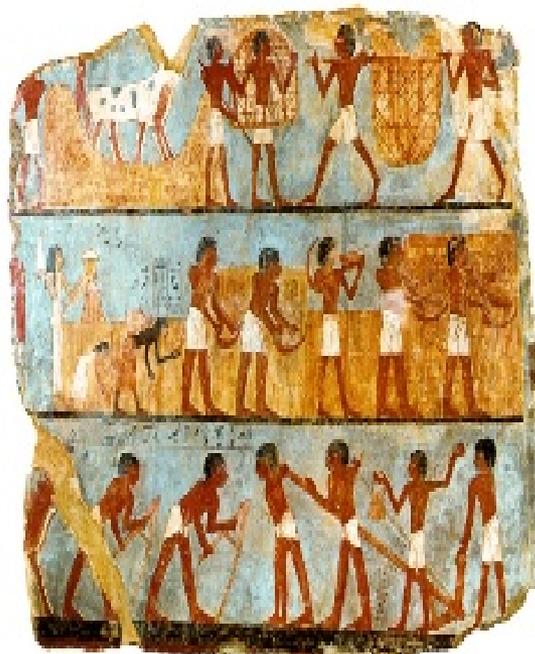
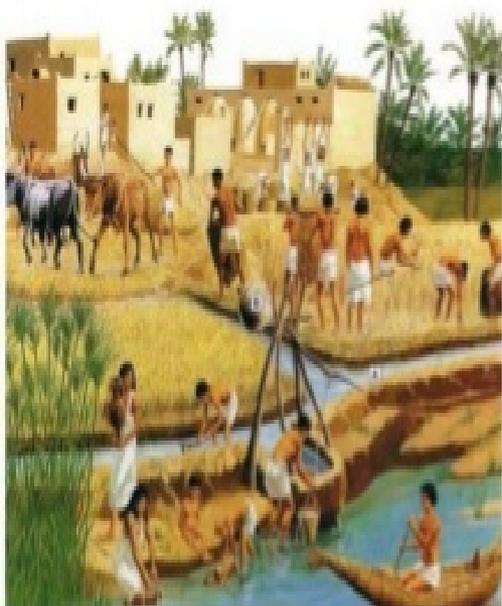
1. Atividade que tem por objetivo a cultura do solo para produzir vegetais úteis ao homem e/ou para a criação de animais; lavoura.

2. Conjunto dos métodos e técnicas necessários a essa produção.

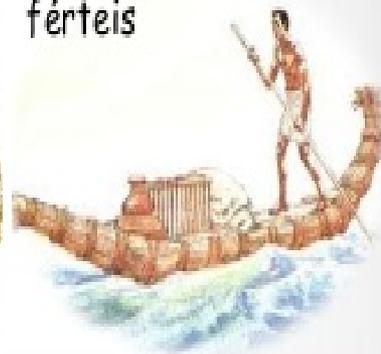
**ager* (campo, território) e *cultūra* (cultivo), no sentido estrito de cultivo do solo

Período Neolítico – 10000 anos



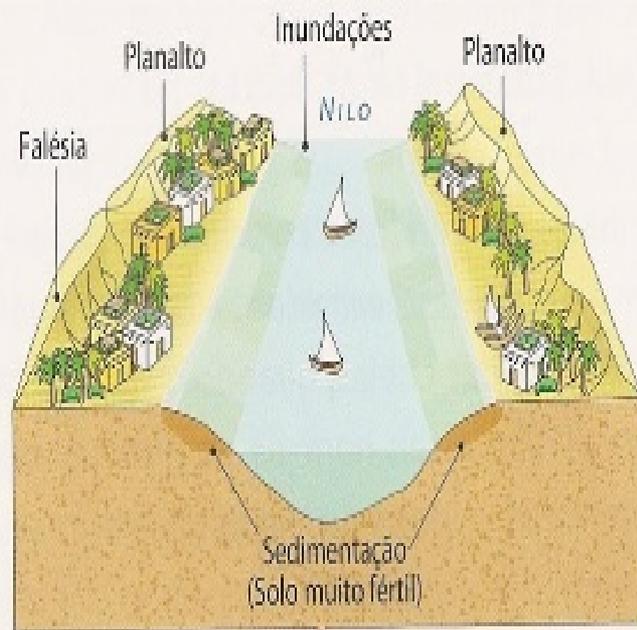
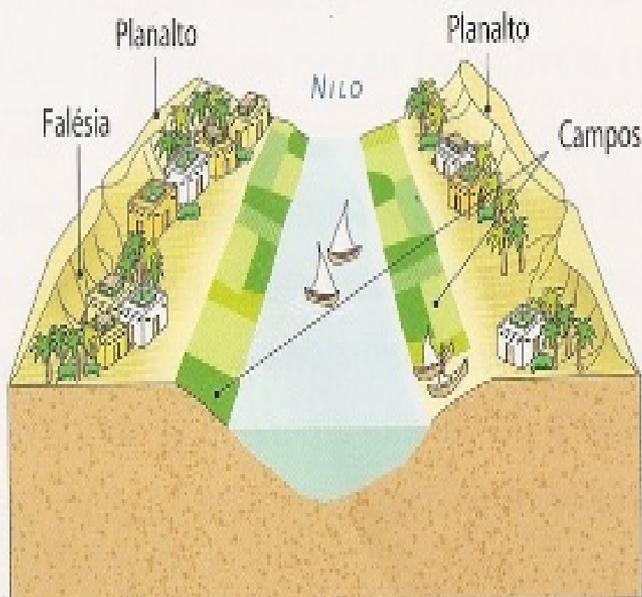


As cheias do rio Nilo são muito importantes para a agricultura. As terras ficam mais férteis

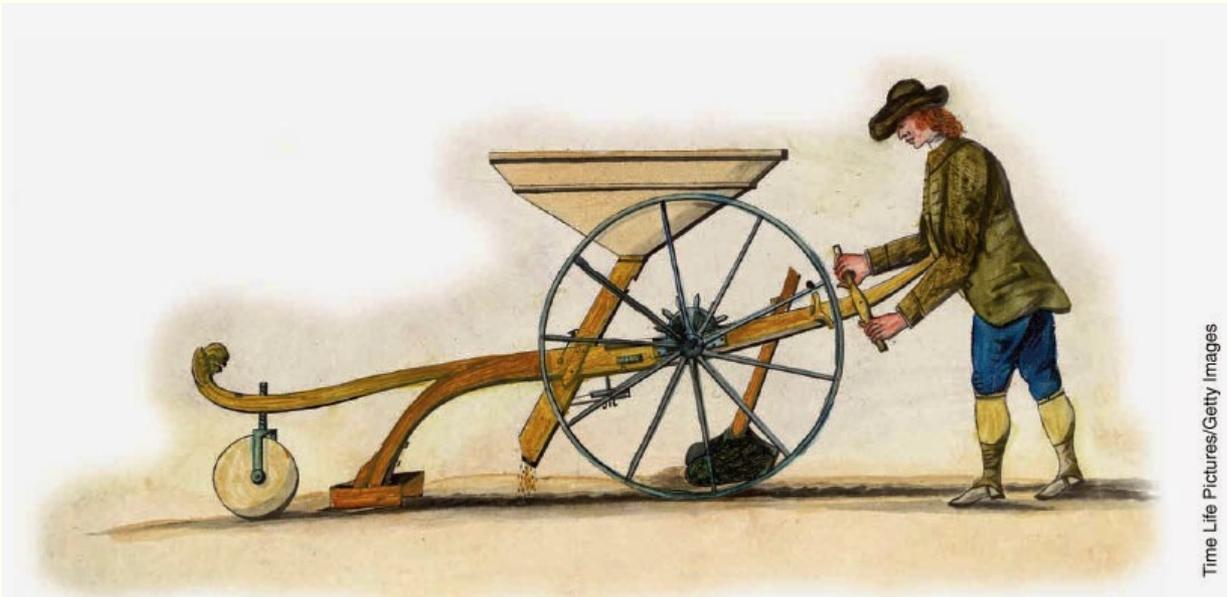


Agricultura no Egito antigo

5000 anos



A Revolução Agrícola

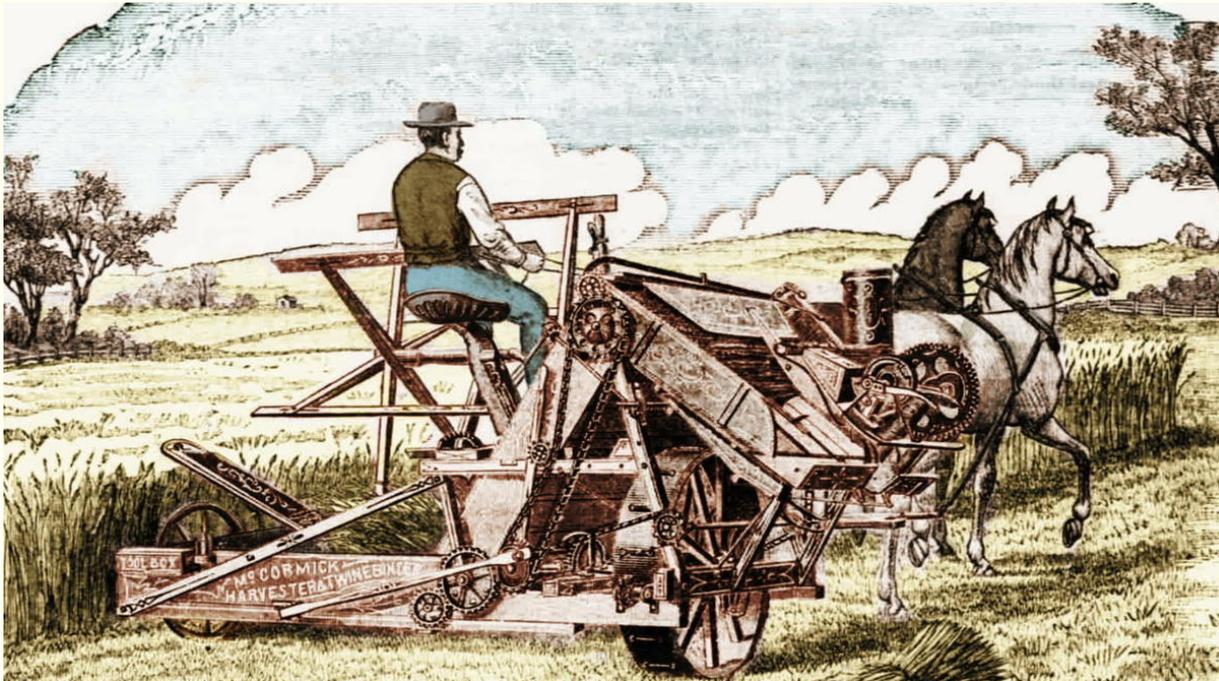


Time Life Pictures/Getty Images



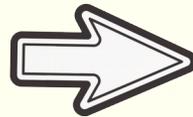
Jethro Tull
30/05/1674
Basildon, Inglaterra

A Revolução Agrícola

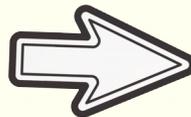


Cyrus McCormick
15/02/1809
Shenandoah Valley, Virginia, U.S.

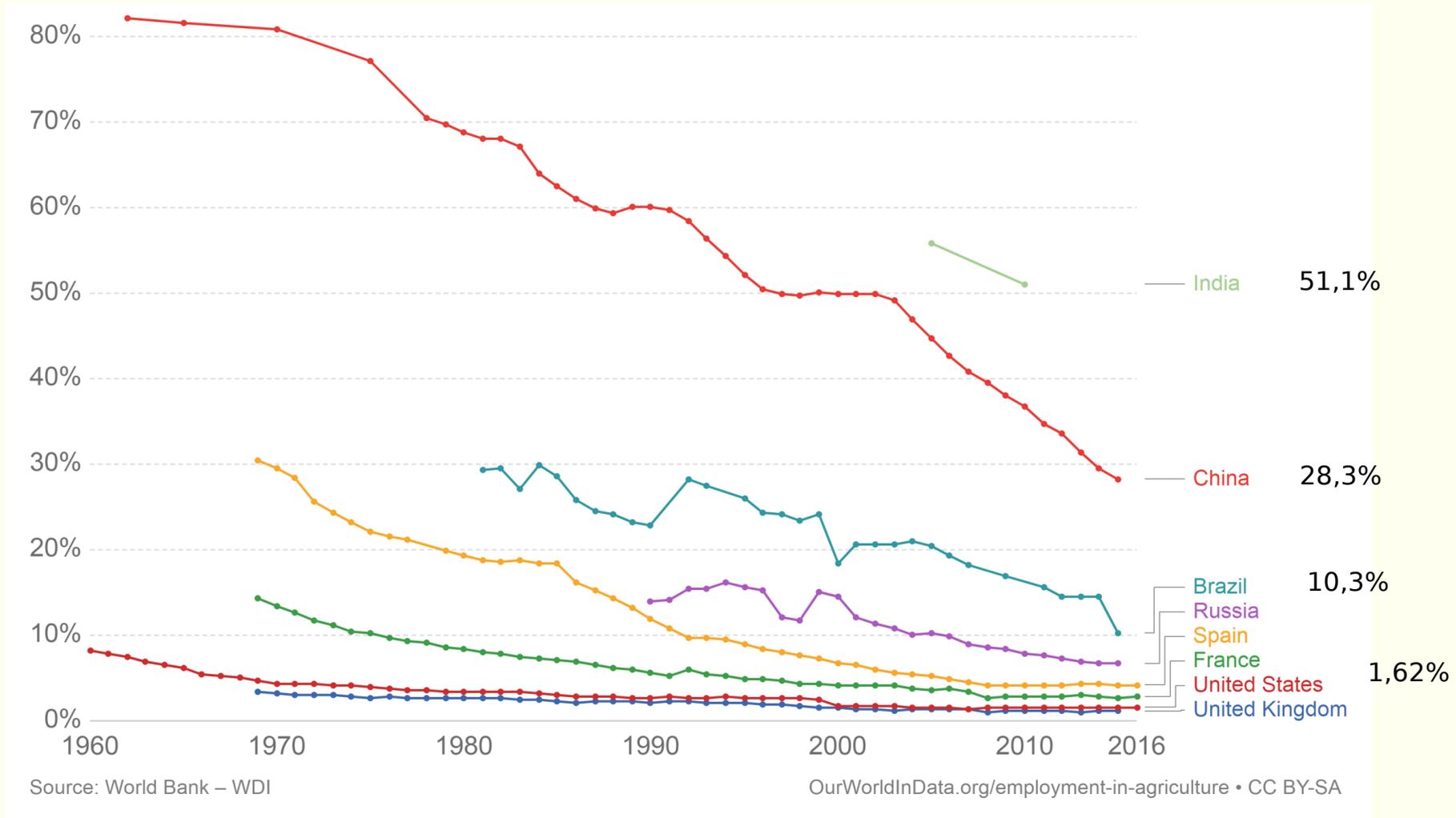
Revolução Industrial



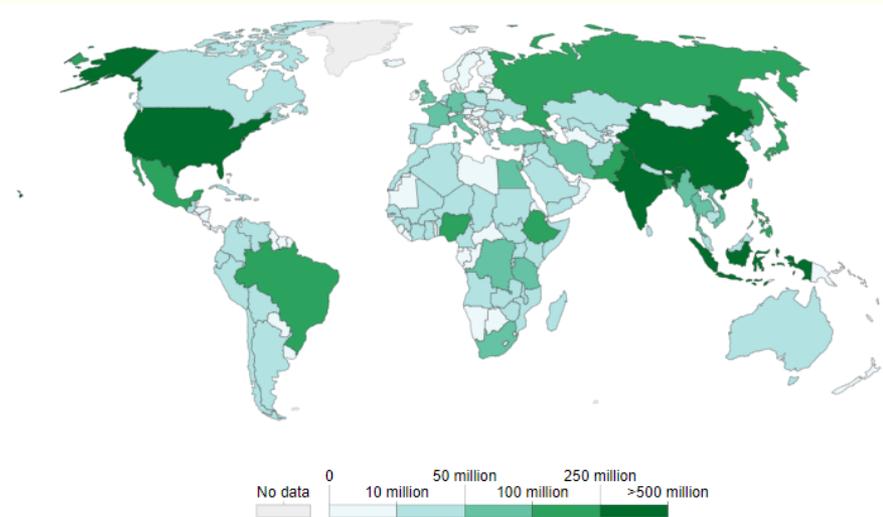
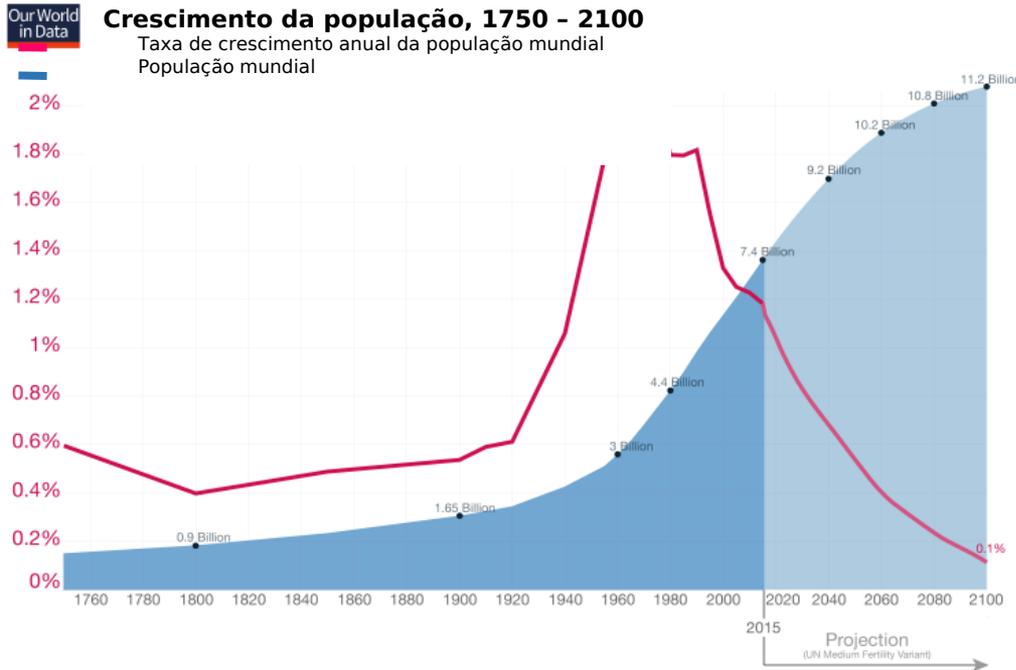
Revolução Industrial



Porcentagem da população produtiva que trabalha na agricultura



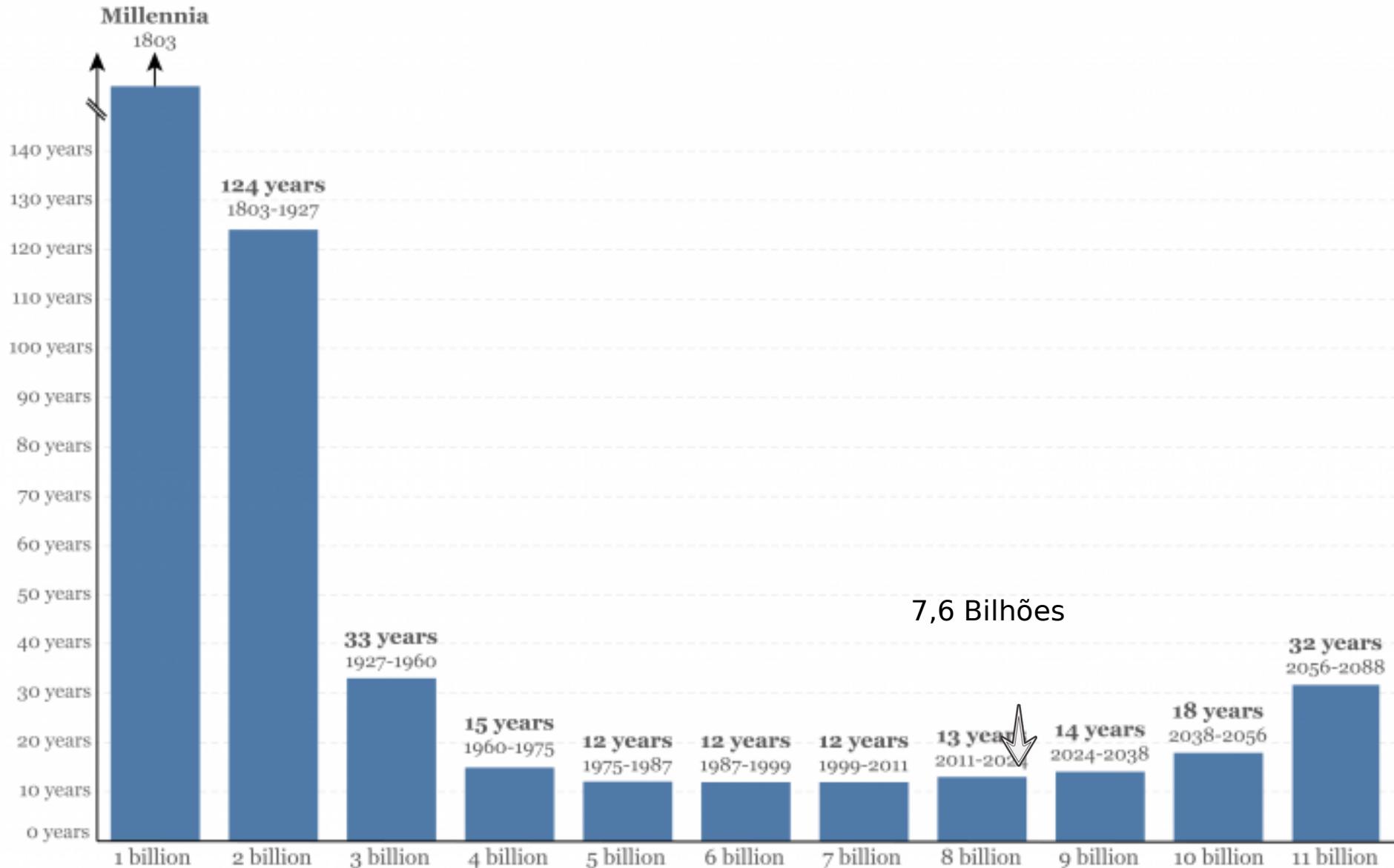
Pós-Industrialização



Source: Gapminder until 1949, UN Population Division from 1950-2016

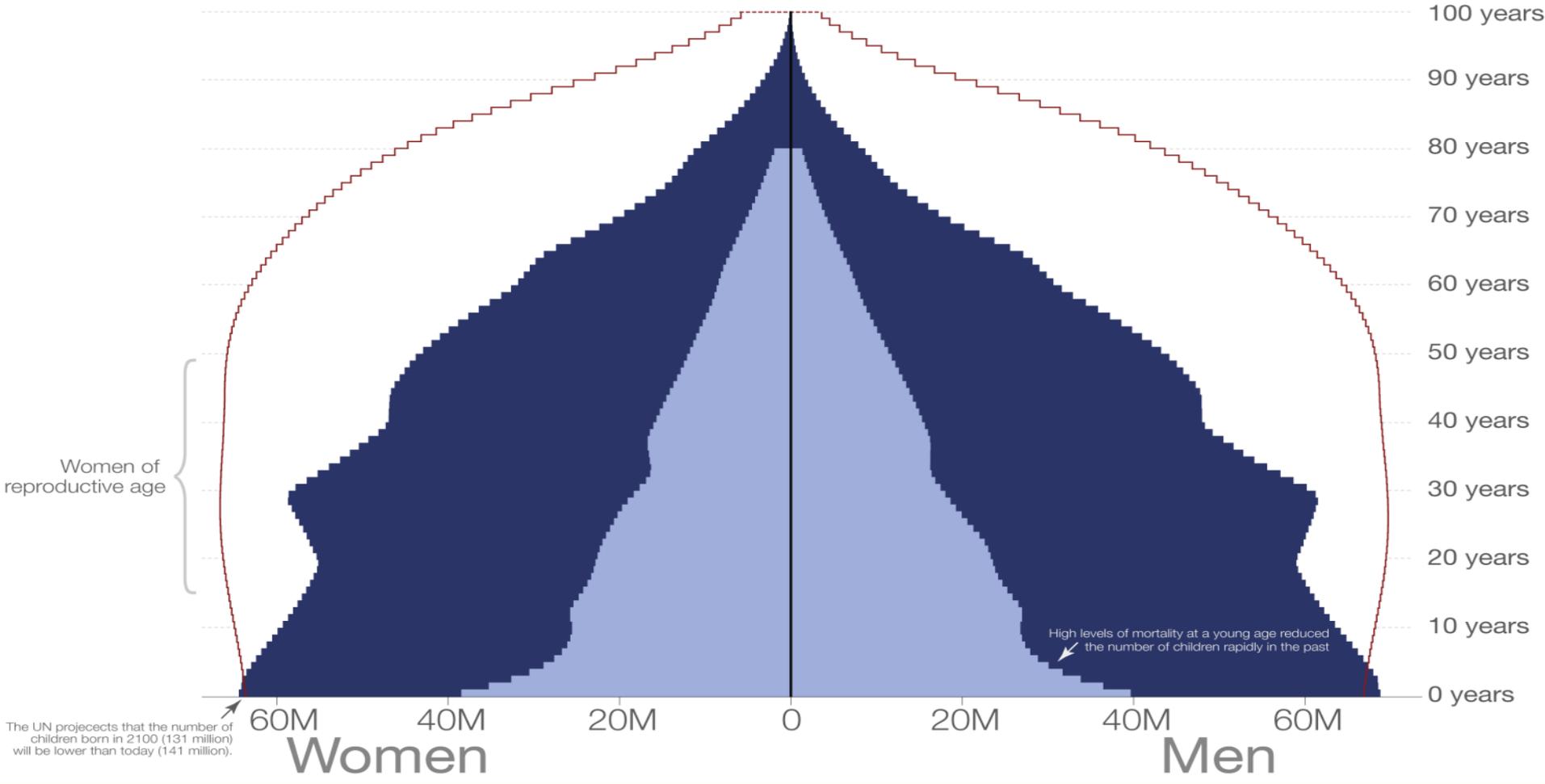
Data sources: Up to 2015 OurWorldInData series based on UN and HYDE. Projections for 2015 to 2100: UN Population Division (2015) - Medium Variant. The data visualization is taken from OurWorldInData.org. There you find the raw data and more visualizations on this topic. Licensed under CC-BY-SA by the author Max Rose.

Tempo para a população global aumentar em um bilhão

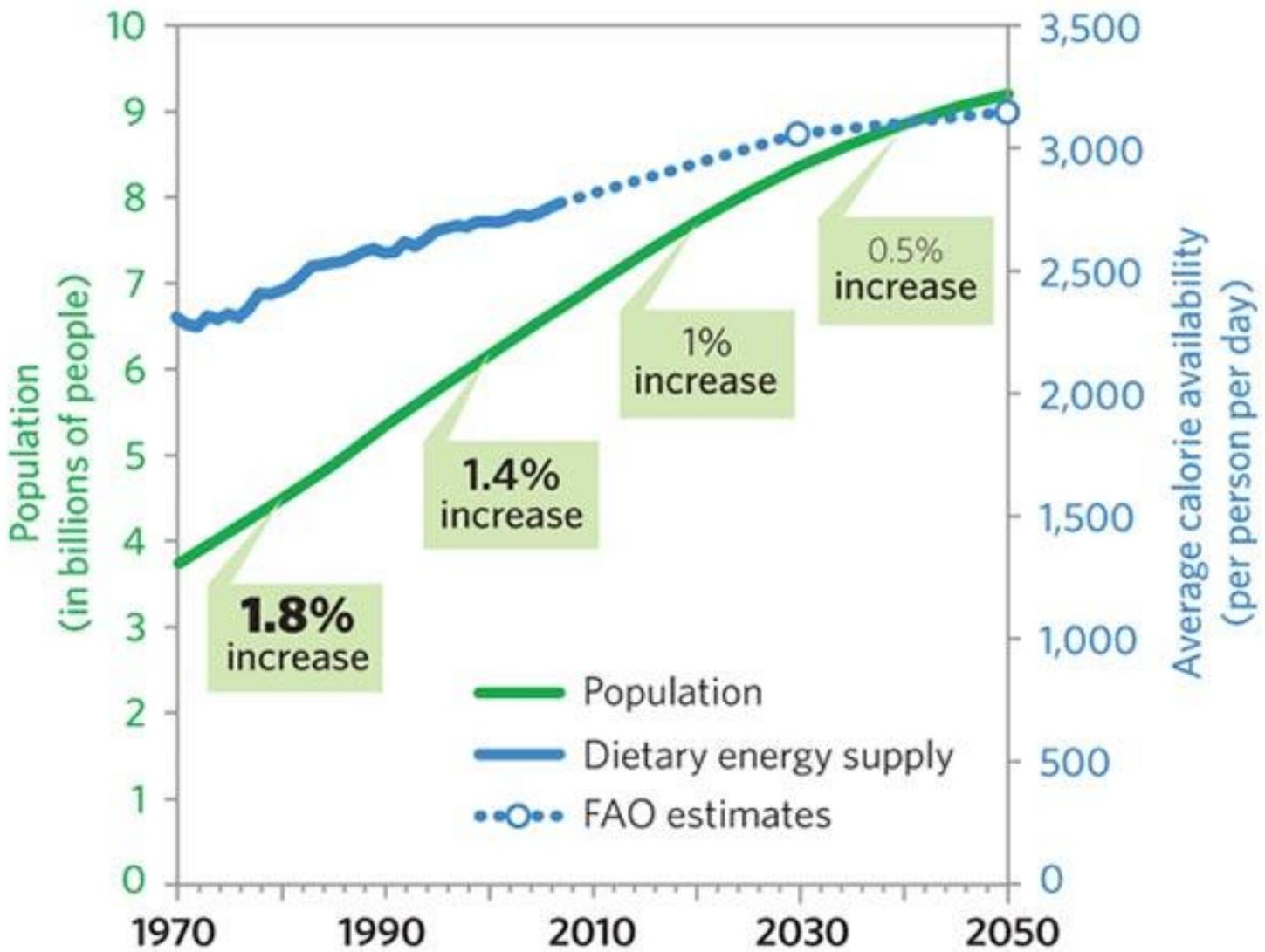


The World Population in 1950, 2017, and 2100

Projection by the UN



The UN projects that the number of children born in 2100 (131 million) will be lower than today (141 million).



The background is a dark, textured surface, possibly soil or a rough wall, with a mottled appearance of dark grey and black tones. A vertical white line is positioned to the left of the text.

Precisamos
produzir mais
alimentos!

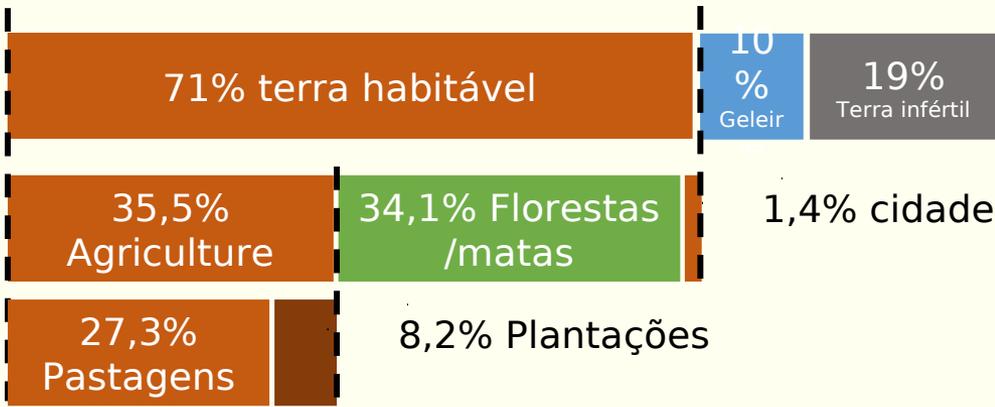
Como?

- Aumentar a área de produção.
- Melhorar a eficiência de produção de proteína.
- Melhorar a eficiência de produção das plantas



Expansão da área agrícola





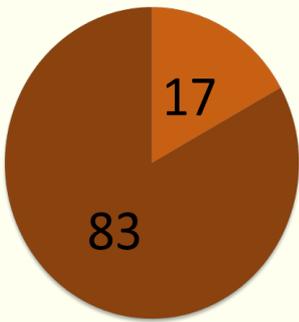
1,4% cidades e lagos



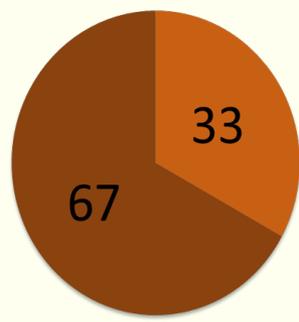
29% Terra
(149 Milhões km²)



71% água
(361 Milhões km²)

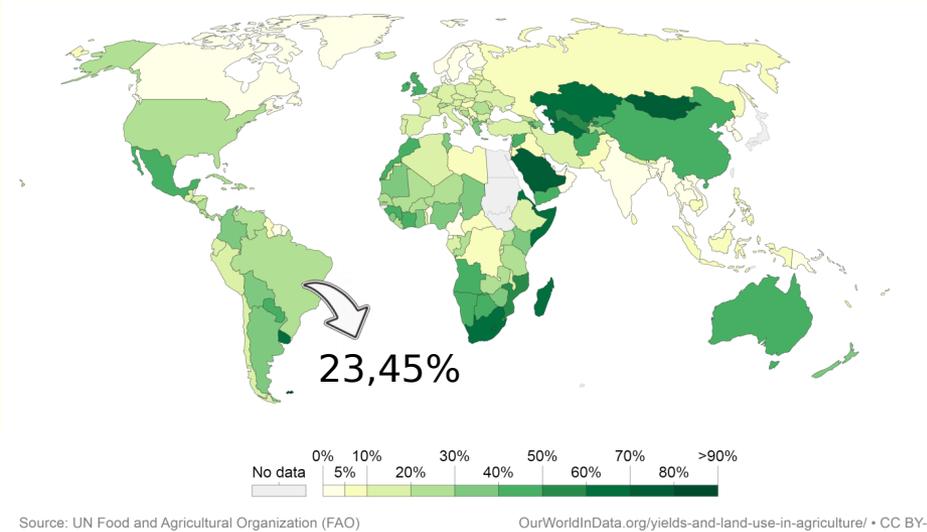


Calorias

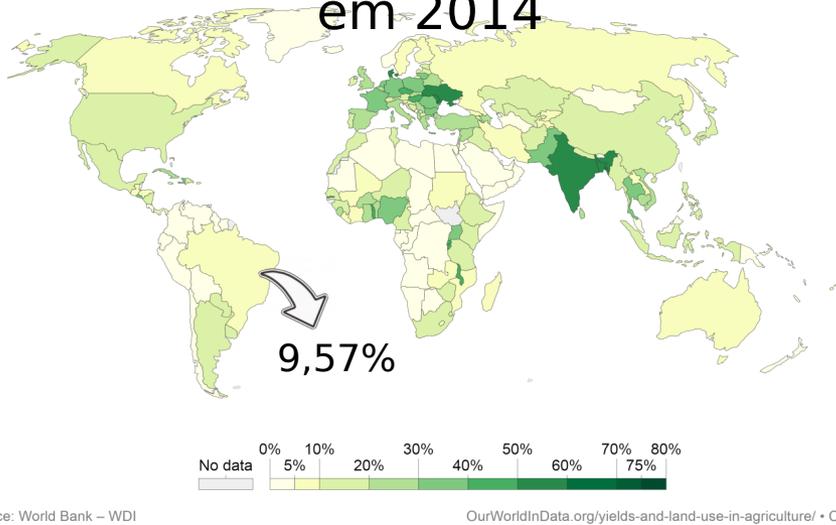


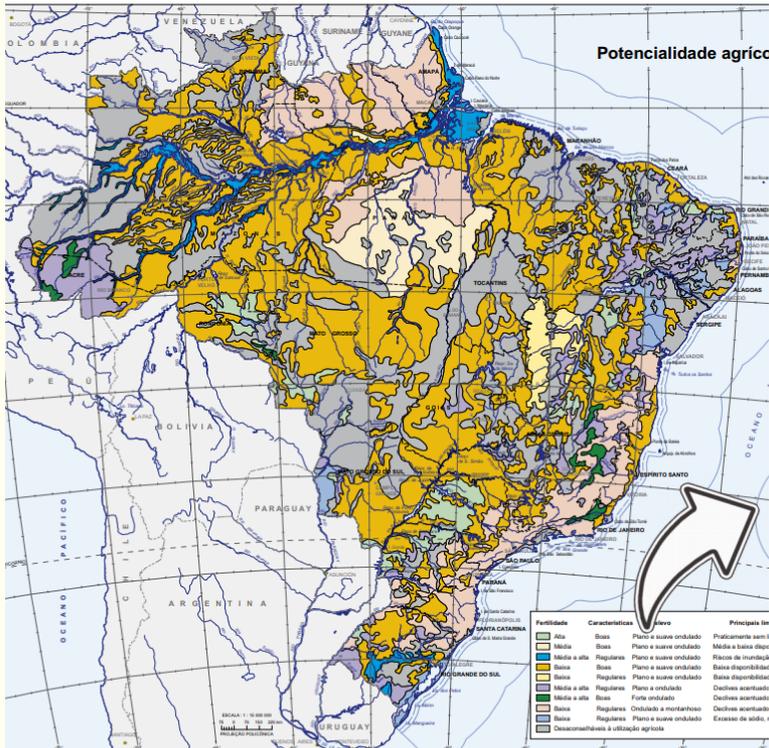
Proteínas

Parcela do solo Agricultável usada em Pastagem ou área permanentes em 2014



Parcela do solo Agricultável usada em 2014





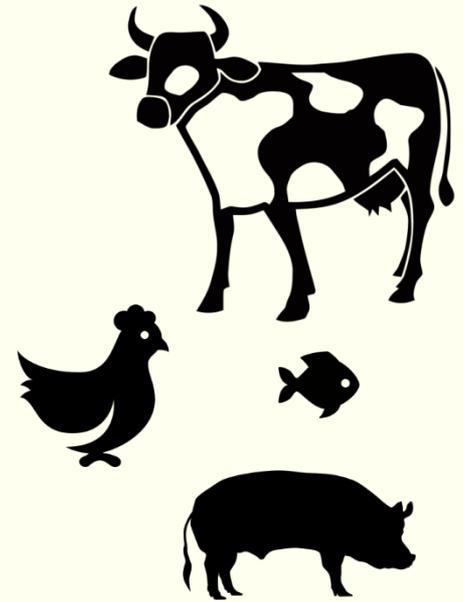
Fertilidade Características Limitações

Alta	Boas	Sem limitação
Média	Boas	Médio a baixo nutrientes
Média a alta	Regulares	Inundação, drenagem
Baixa	Boas	Baixo nutrientes, alumínio
Baixa	Regulares	Baixo nutriente
Média a alta	Regulares	Declive, raso, textura grosseira
Média a alta	Boas	Declive
Baixa	Regulares	Declive, drenagem, alumínio
Baixa	Regulares	Sódio, drenagem, inundação
Desaconselhável o uso agrícola		

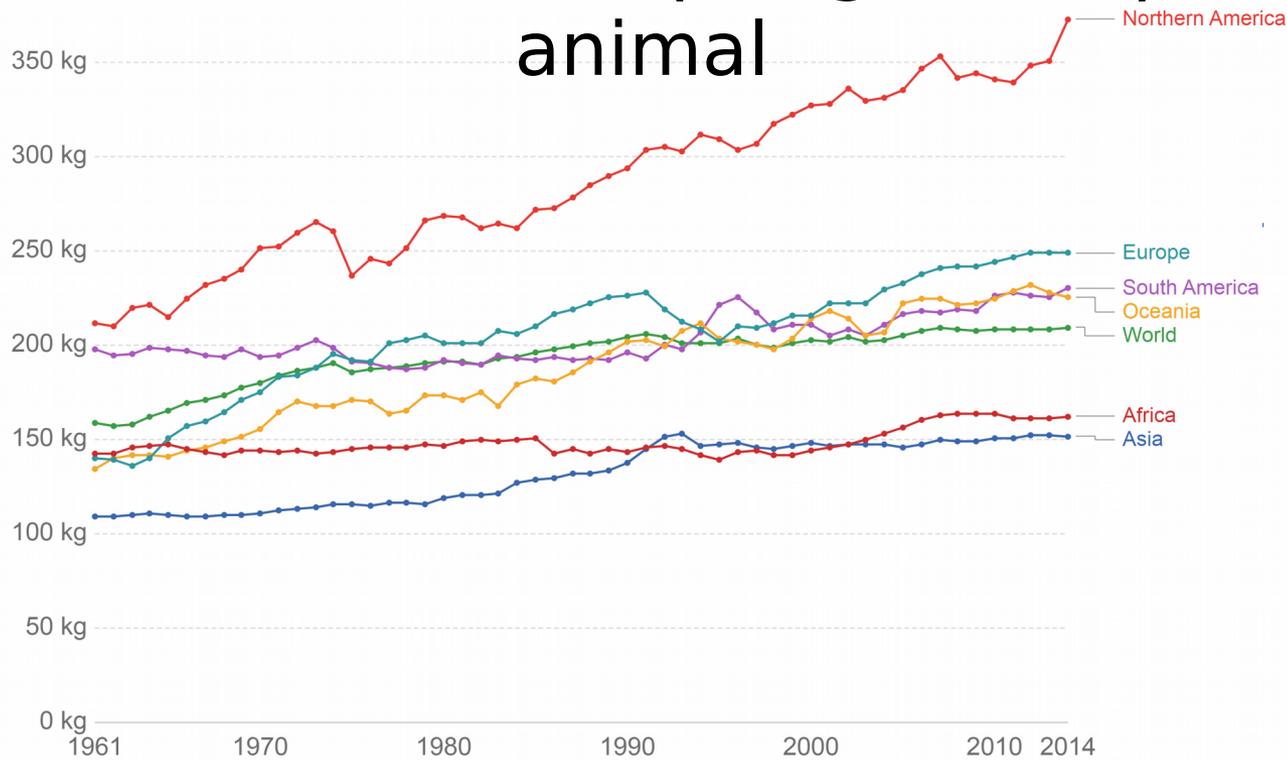
152,5 milhões de hectares ou 17,9% do território
 7,6% Ocupado com lavouras* (63.994.479 hectares)
 66% matas preservadas

*Embrapa, 2016

Aumento da
produção



Gado e Búfalos, quilogramas por animal

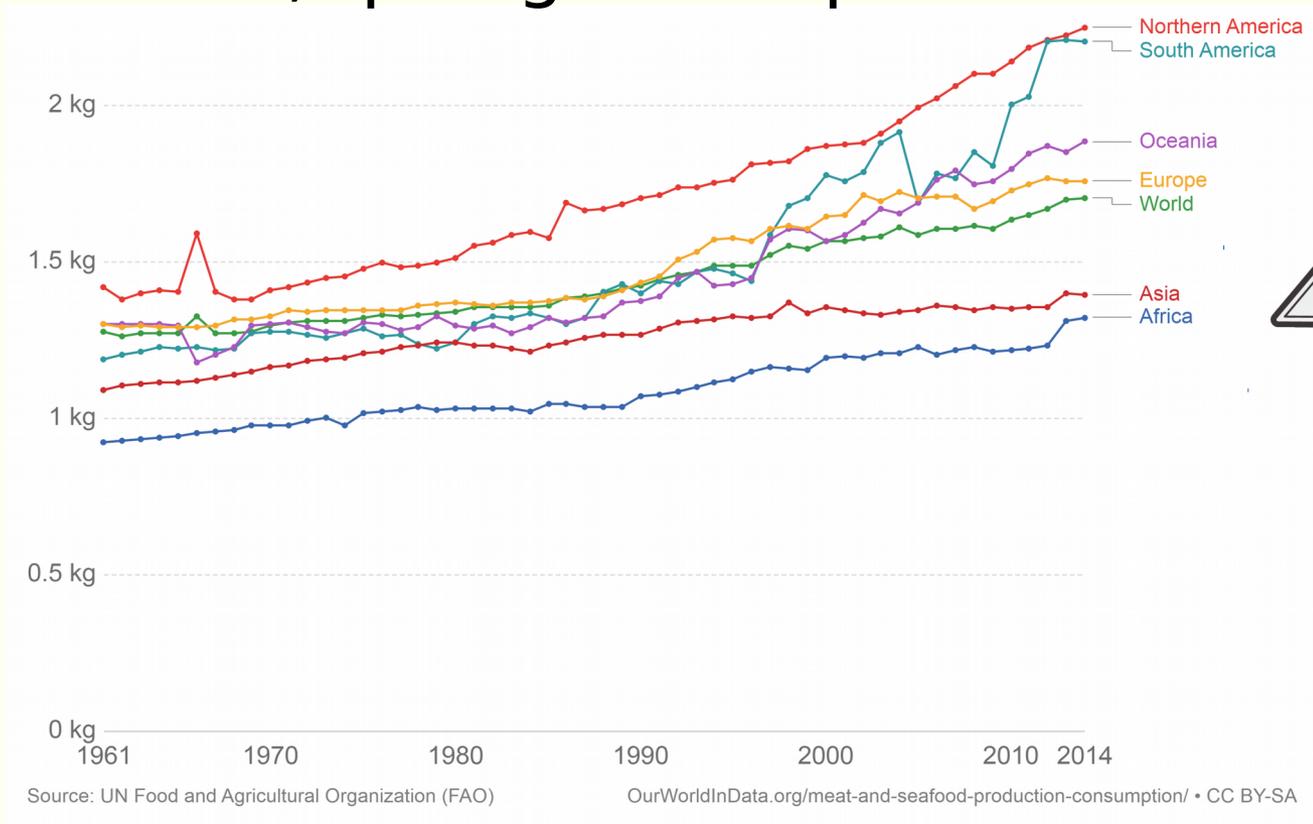


Source: UN Food and Agricultural Organization (FAO)

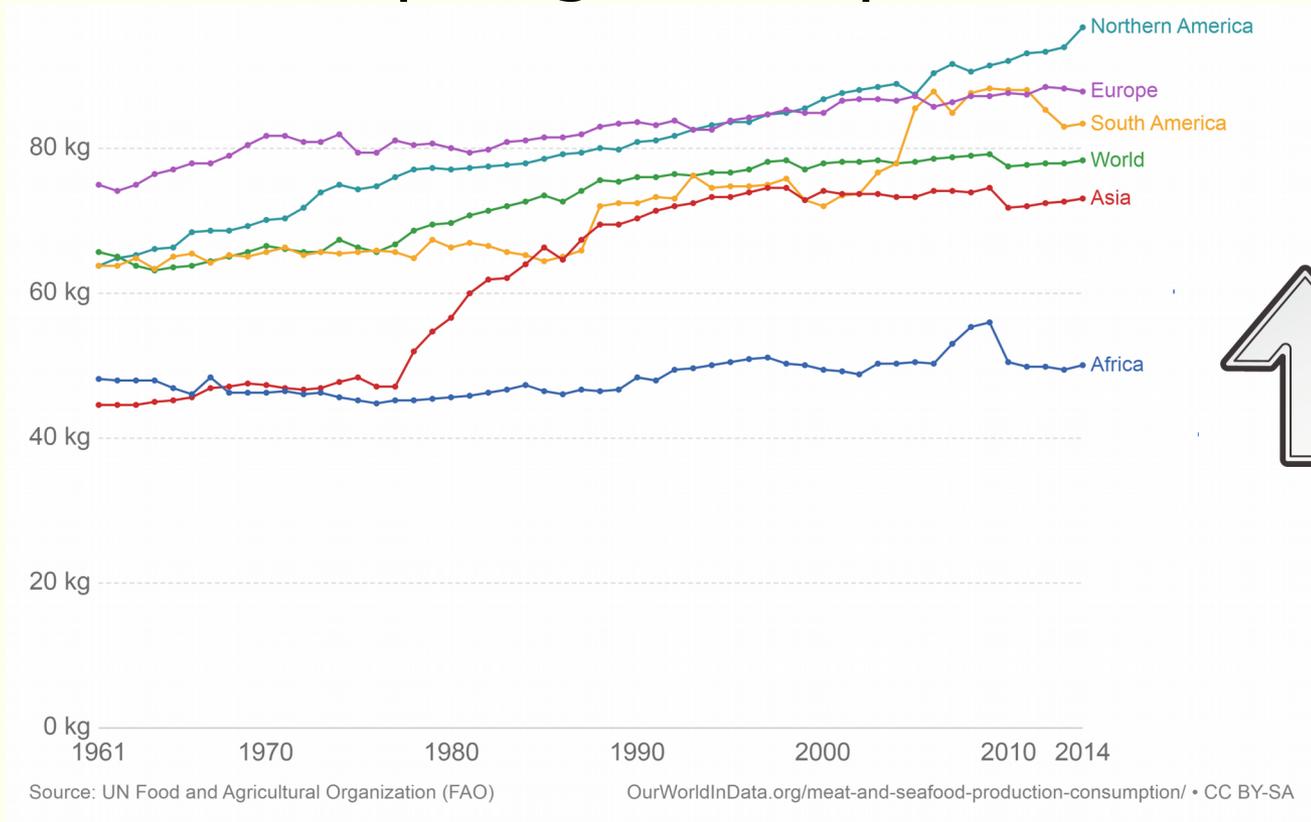
OurWorldInData.org/meat-and-seafood-production-consumption/ • CC BY-SA



Aves, quilogramas por animal



Porcos, quilogramas por animal

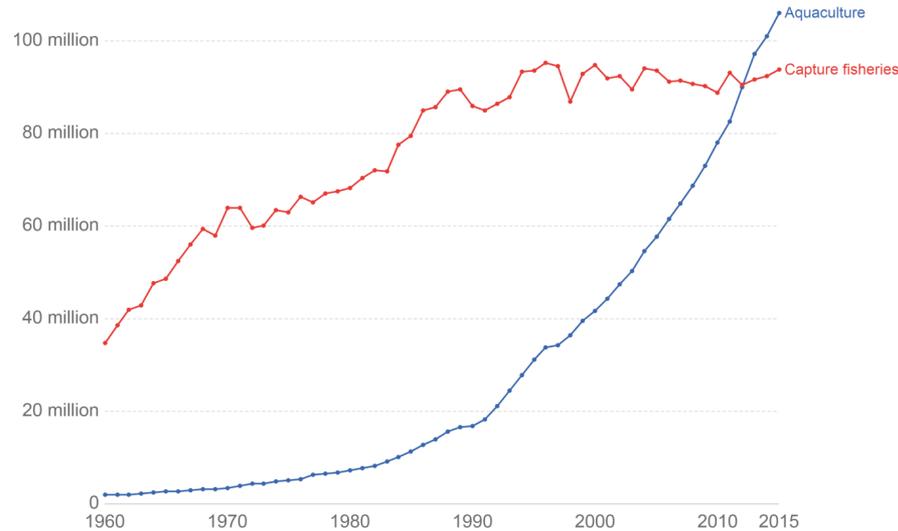


Peixes, toneladas por ano

Capture fisheries vs. aquaculture (farmed fish) production, World

Annual production of seafood from wild-catch fisheries and aquaculture (farmed seafood) practices, measured in metric tonnes per year. Data is inclusive of all aquatic species, including aquatic animals and plants.

OurWorld
in Data



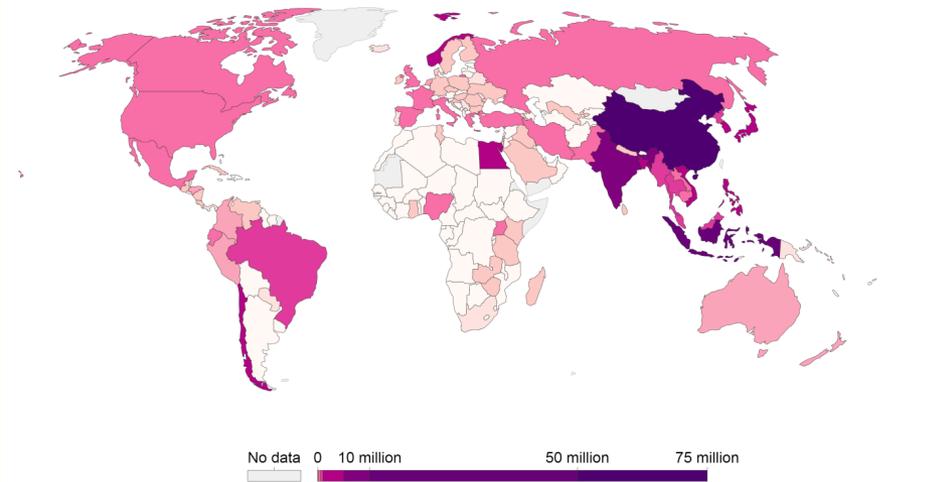
Source: World Bank- World Development Indicators

OurWorldInData.org/meat-and-seafood-production-consumption/ • CC BY-SA

Aquaculture (farmed fish) production , 2015

Production of aquaculture (farmed fish and seafood) species per year, by region. Production is measured in metric tons.

OurWorld
in Data



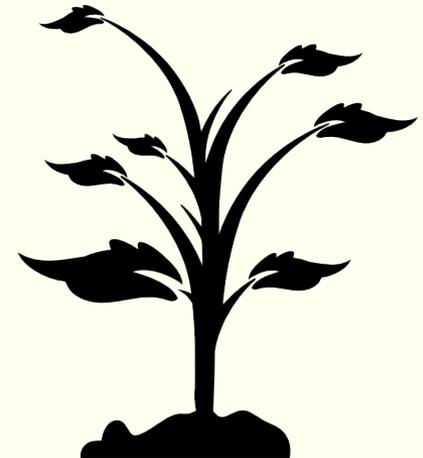
Source: World Bank – WDI

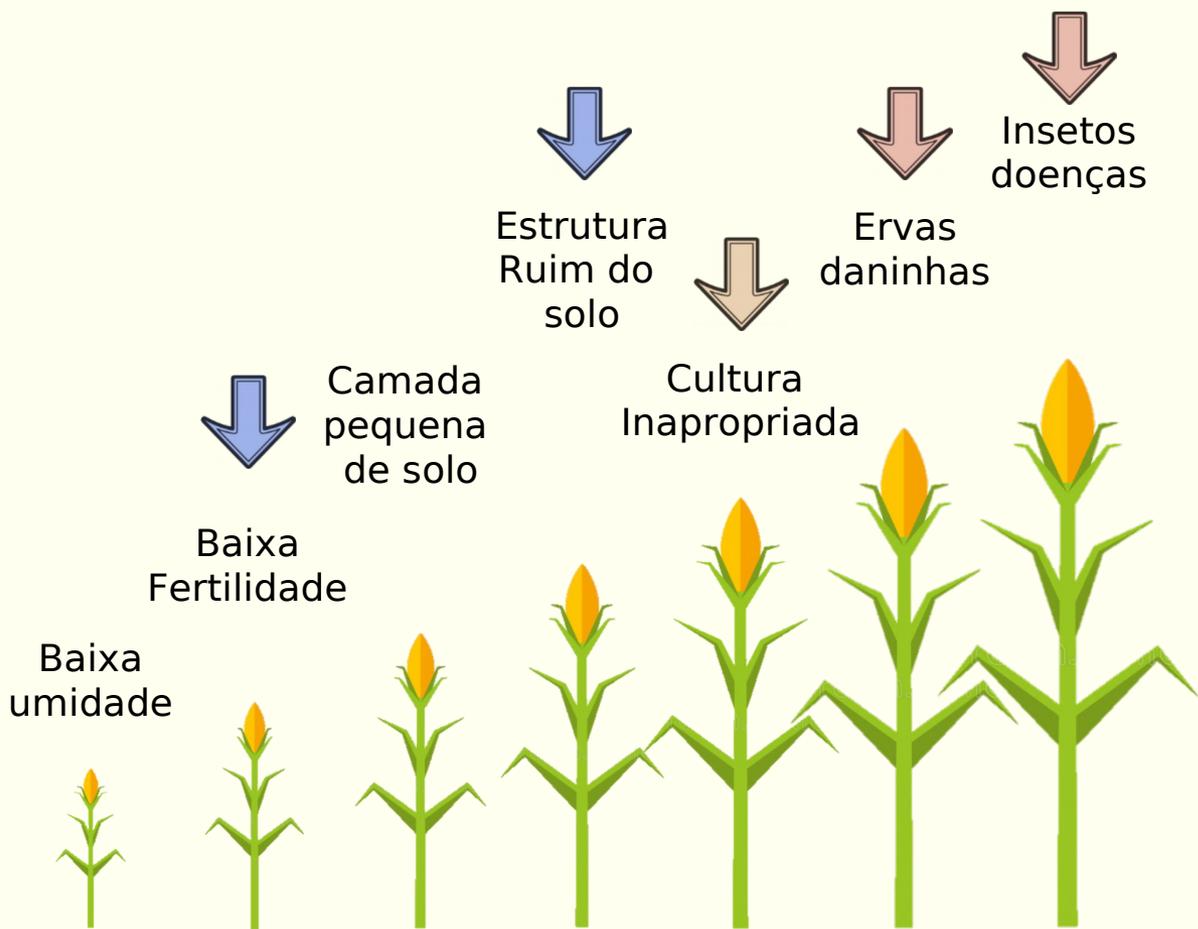
OurWorldInData.org/meat-and-seafood-production-consumption/ • CC BY-SA

“ Animal é planta
transformada”

Godofredo C. Vitti

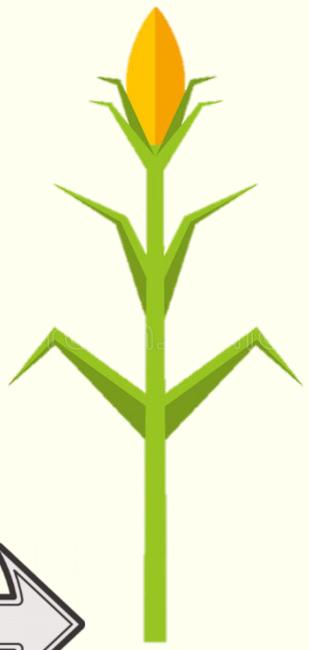
Aumento da
eficiência de
produção das
plantas





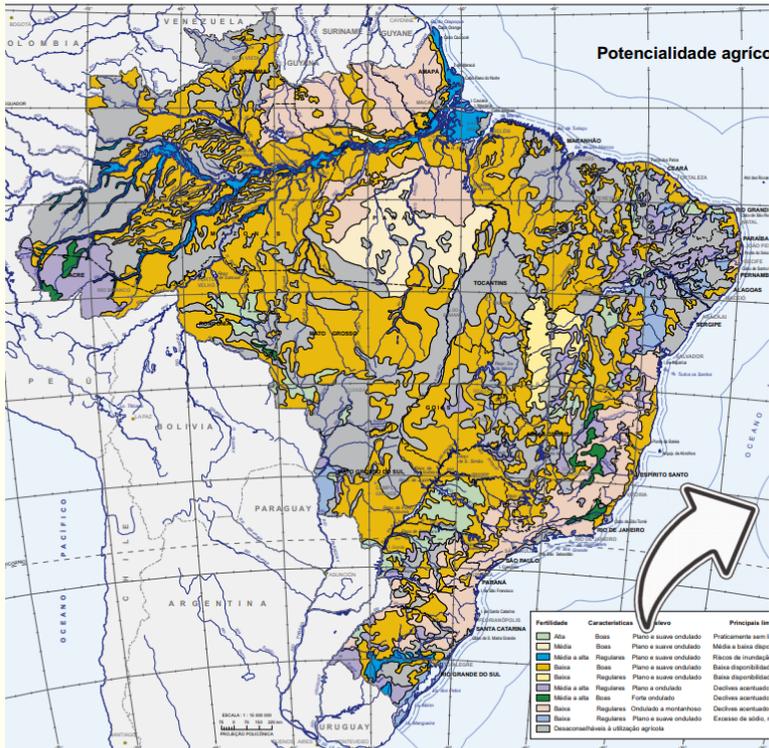
LEIBIG

Produção





Estrutura do solo e Fertilidade



Fertilidade Características Limitações

Alta	Boas	Sem limitação
Média	Boas	Médio a baixo nutrientes
Média a alta	Regulares	Inundação, drenagem
Baixa	Boas	Baixo nutrientes, alumínio
Baixa	Regulares	Baixo nutriente
Média a alta	Regulares	Declive, raso, textura grosseira
Média a alta	Boas	Declive
Baixa	Regulares	Declive, drenagem, alumínio
Baixa	Regulares	Sódio, drenagem, inundação
Desaconselhável o uso agrícola		

152,5 milhões de hectares ou 17,9% do território
 7,6% Ocupado com lavouras* (63.994.479 hectares)
 66% matas preservadas

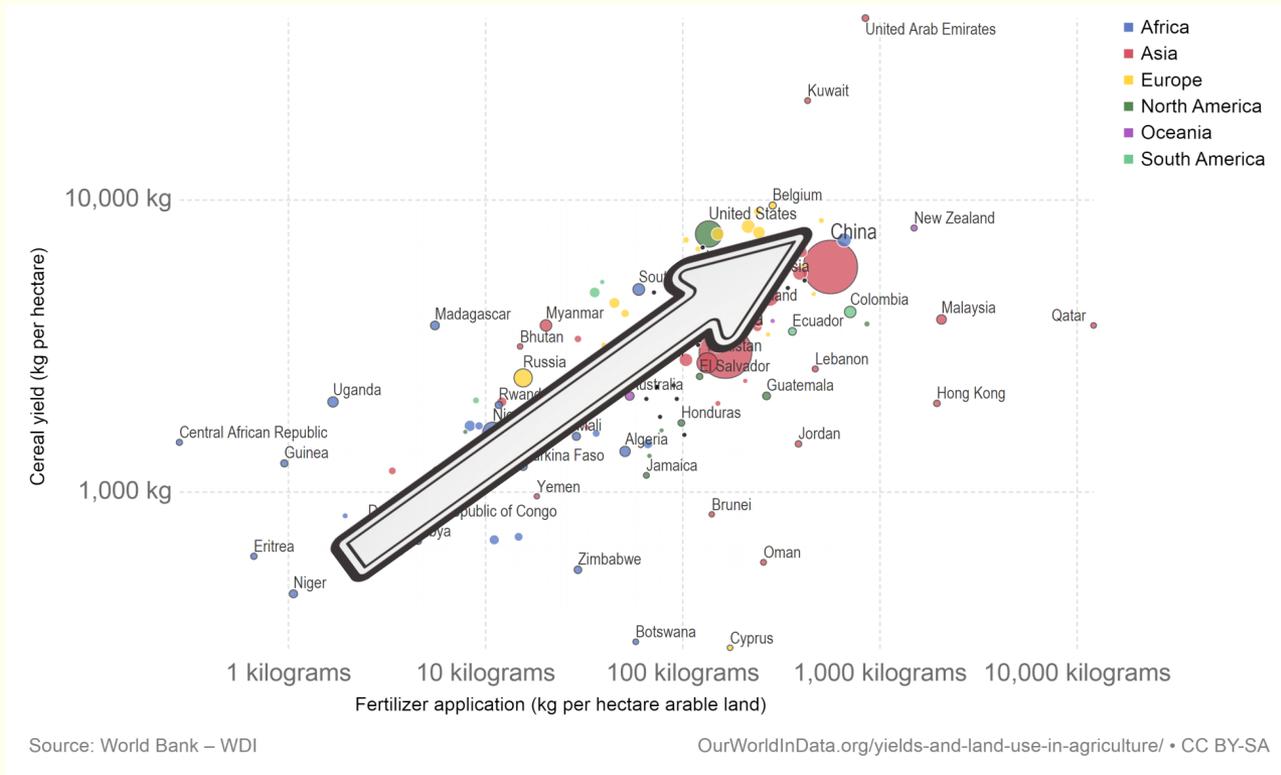
*Embrapa, 2016

Classes	Área absoluta	Área relativa
	(Km ²)	(%)
Argissolos	2.28589,16	26,84
Cambissolos	448.268,08	5,26
Chernossolos	37.206,29	0,44
Espodossolos	160.892,69	1,89
Gleissolos	397.644,27	4,67
Latossolos	2.681.588,69	31,49
Luvissolos	241.910,74	2,84
Neossolos	1.122.603,82	13,18
Nitossolos	96.533,02	1,13
Organossolos	2.231,33	0,03
Planossolos	226.561,75	2,66
Plintossolos	594.599,98	6,98
Vertissolos	17.630,98	0,21
Afloramentos de rocha, dunas, águas e outros	201.815,77	2,37
Brasil	8.514.876,60	100,00

70% Baixa
Fertilidade

Fonte: Embrapa (2006)

Rendimento da cultura de cereais x aplicação de fertilizantes, 2014



Elementos essenciais e benéficos para as plantas

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	57 a 71	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	89 a 103															

90 a 95%
da matéria seca

Macronutrientes
0,05 - 5%

Micronutrientes
< 500 mg kg⁻¹

Elementos
benéficos ou
importantes

OBJETIVOS

Introdução aos principais métodos de análises químicas, aplicados a agropecuária, abordando aspectos teóricos e práticos.

Avaliação

- **Frequência – máximo 30% de faltas**
- **Relatórios – Corrigir toda aula – entrega no final do semestre**
- **Provas**
 - **Duas avaliações (T e P)**
 - **Provas teórica e prática**
 - **Cálculo da Média:**
média das 4 provas (T e P) x 0,9 + média dos relatórios x 0,1 = MF

Material de apoio

- **Apostilas teóricas e práticas**

(<https://edisciplinas.usp.br/>) Esalq > LCE > LCE0108

- **Bibliografia**

- **Vogel: Química analítica quantitativa. Jeniffer Bassett & Mendham, Editora LTC, 2002.**
- **Química analítica quantitativa elementar. Nivaldo Baccan, João Carlos de Andrade, Editora Edgard Bluncher, 2001.**
- **Principles of instrumental analysis. Skoog, Douglas A., Editora Fort Worth: Saunders College Pub., 1992.**
- **Química analítica quantitativa. Otto Alcides Ohlweiler, Editora LTC, 1981.**

ETAPAS DE UMA ANÁLISE QUÍMICA

Definição do problema



Escolha do método



Preparo da amostra



Amostragem



Análise química



Calibração



Ação



Avaliação



DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Este é o primeiro passo no planejamento de uma análise:

“Qual é a informação analítica desejada?”

- **Será que o solo está deficiente de algum nutriente?**
- **Será que o solo está contaminado com algo nocivo a cultura?**
- **Será alguma doença?**

ETAPAS DE UMA ANÁLISE QUÍMICA

Definição do problema



Escolha do método

Preparo da amostra



Amostragem

Análise química



Calibração

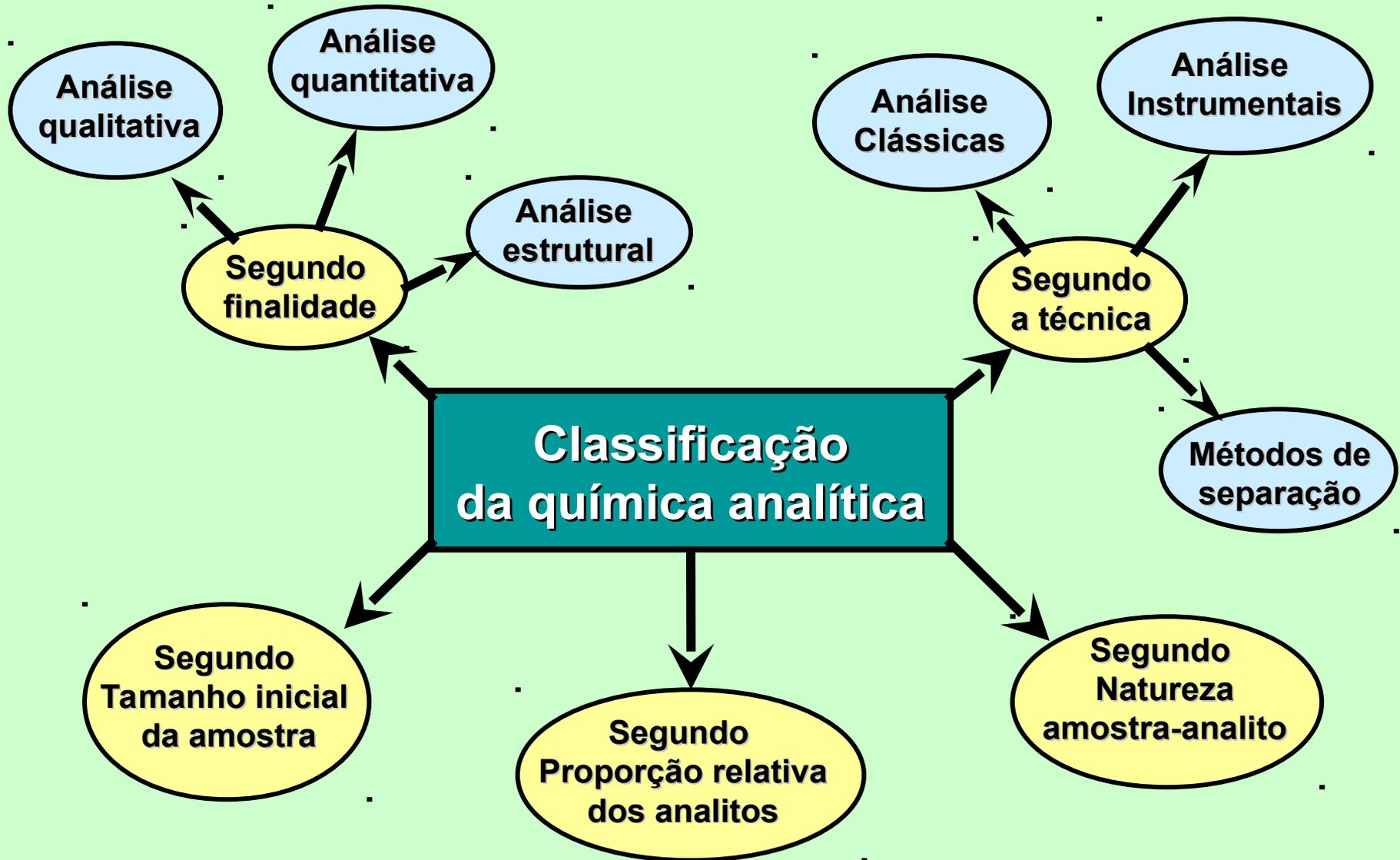
Ação



Avaliação



ESCOLHA DO MÉTODO



FINALIDADE

“O que eu quero descobrir?”

• Análise qualitativa?

O que é que tem !

• Análise quantitativa?

Quanto é que tem !

• Análise estrutural?

Qual a forma química !

TAMANHO INICIAL DA AMOSTRA

**“Quanto eu tenho de amostra?
Qual a quantidade?”**

Macro análise

- Solo
- Minério
- Grãos
- Águas
- etc...

Semi-Micro análise

- Plantas
- Frutos
- Minérios
- Animais
- etc...

Micro análise

- Poeira
- Insetos
- Clinicas
- Forense
- etc...

PROPORÇÃO RELATIVA DOS ANALITOS

“Qual é a concentração do analito na amostra?”

Amostra Analito	Pequena	Grande
Traço <0,01%	Determinação de Cd em formigas	Determinação de Pb em amostras de solos
Micro <1%	Determinação de Mg em frutos	Determinação de Zn em amostras de solos
Macro >1%	Determinação de Fe em amostras de sangue	Determinação de Cu em amostras de minério de cobre

NATUREZA AMOSTRA-ANALITO

“Qual é a composição da amostra e do analito? Qual o preparo da amostra mais adequado?”



ESCOLHA DA TÉCNICA

“Qual é a melhor técnica para analisar minha amostra?”

- Avaliar a finalidade
- Tamanho da amostra
- Proporção relativa dos analitos
- Natureza da amostra - analito

A resposta será dada pelas perguntas Anteriores.

ESCOLHA DA TÉCNICA

Clássicos

Volumetria

Gravimetria

Instrumentais

Espectrofotometria UV/Vis

Fotometria chama

FAAS

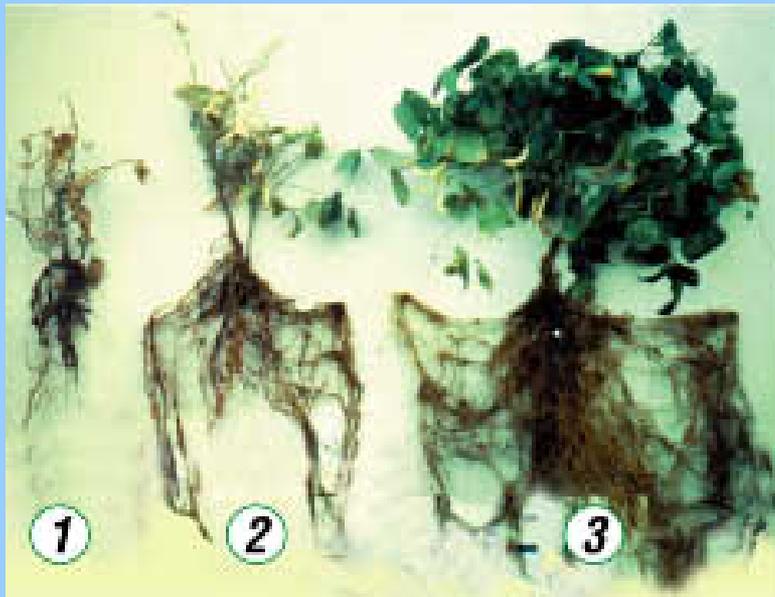
ASPECTOS GERAIS DAS TÉCNICAS DE ANÁLISE QUÍMICA

	Finalidade	Tamanho	Conc.	aplicações	Caract.
Volumetria	Quali Quanti	M e G	Macro Micro	Ca, Mg, N, C _{org} , H ⁺ , OH ⁻	Reações Químicas Formação de complexos
Gravimetria	Quali Quanti	M e G	Macro	H ₂ O Cristalização Umidade	Perda ou Ganho de massa
Absorção Molecular	Quali Quanti	P, M e G	Macro Micro Traços	Ca, Mg, N, P, B H ⁺ , OH ⁻	Reações Químicas Formação de complexos
Absorção Atômica	Quali Quanti	P, M e G	Macro Micro Traços	Ca, Mg, Cu, Zn, Pb, Cd, Mn, etc	Propriedades Físico-químicas
Fotometria	Quali Quanti	P, M e G	Macro Micro	Na, K, Li	Propriedades Físico-químicas

EXEMPLOS



EXEMPLOS



PREPARO DE SOLUÇÕES

“Solução é toda mistura homogênea de duas ou mais substâncias.”

- Partículas dispersas são moléculas ou íons comuns, com diâmetro menor que 1 nm (10^{-9} m).
- Não se sedimentam
- Não são retidos por filtros
- Não são detectados nem com ultramicroscópio ou microscópio eletrônico.

IMPORTÂNCIA DAS SOLUÇÕES

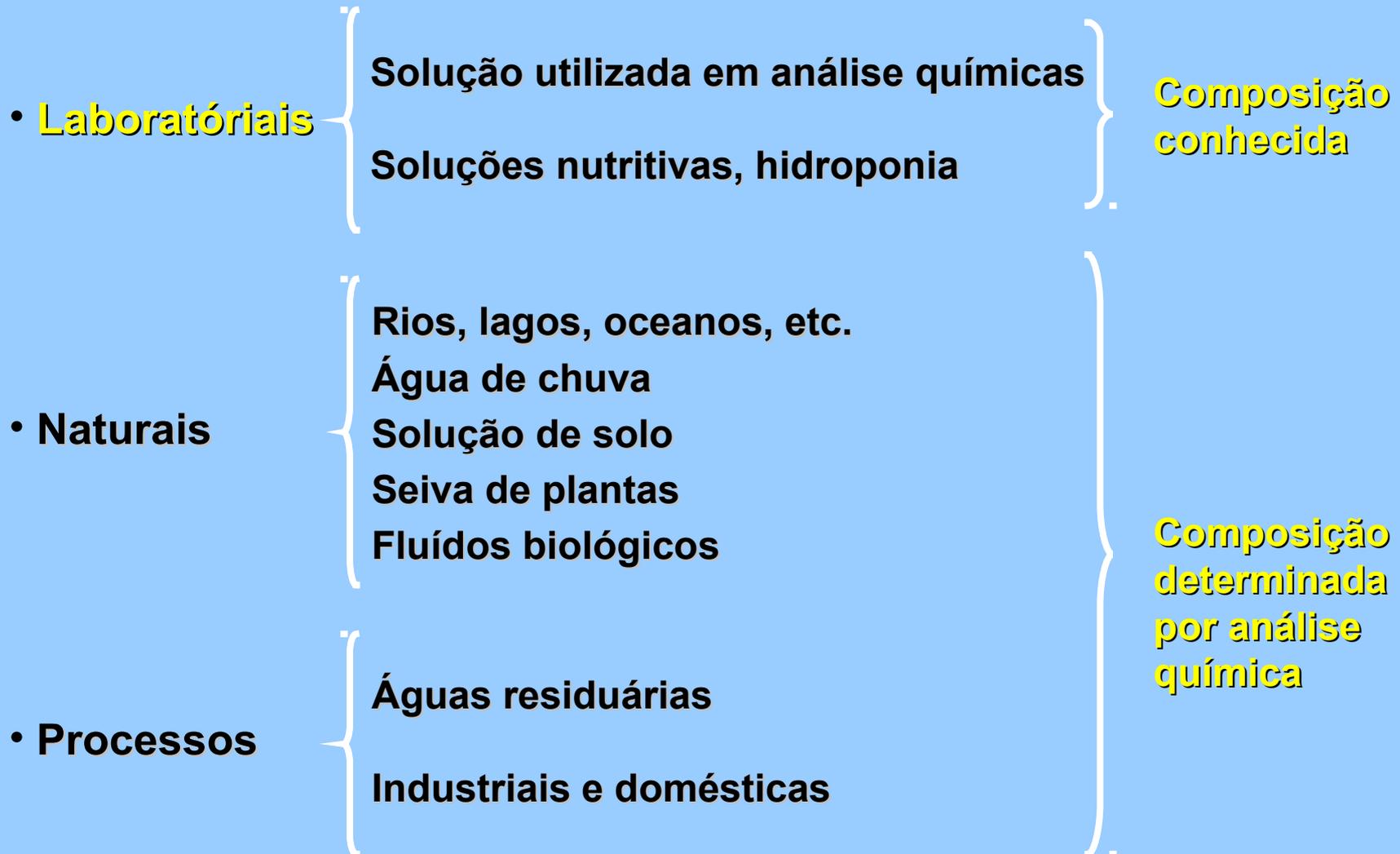
As reações químicas ocorrem predominantemente em soluções.

A grande maioria dos processos biológicos ocorrem em meio aquoso.

Solução = soluto + solvente

- **Solvente:** componente que ocorre em maior proporção no sistema
- **Solutos:** compostos moleculares e iônicos.

TIPOS DE SOLUÇÕES

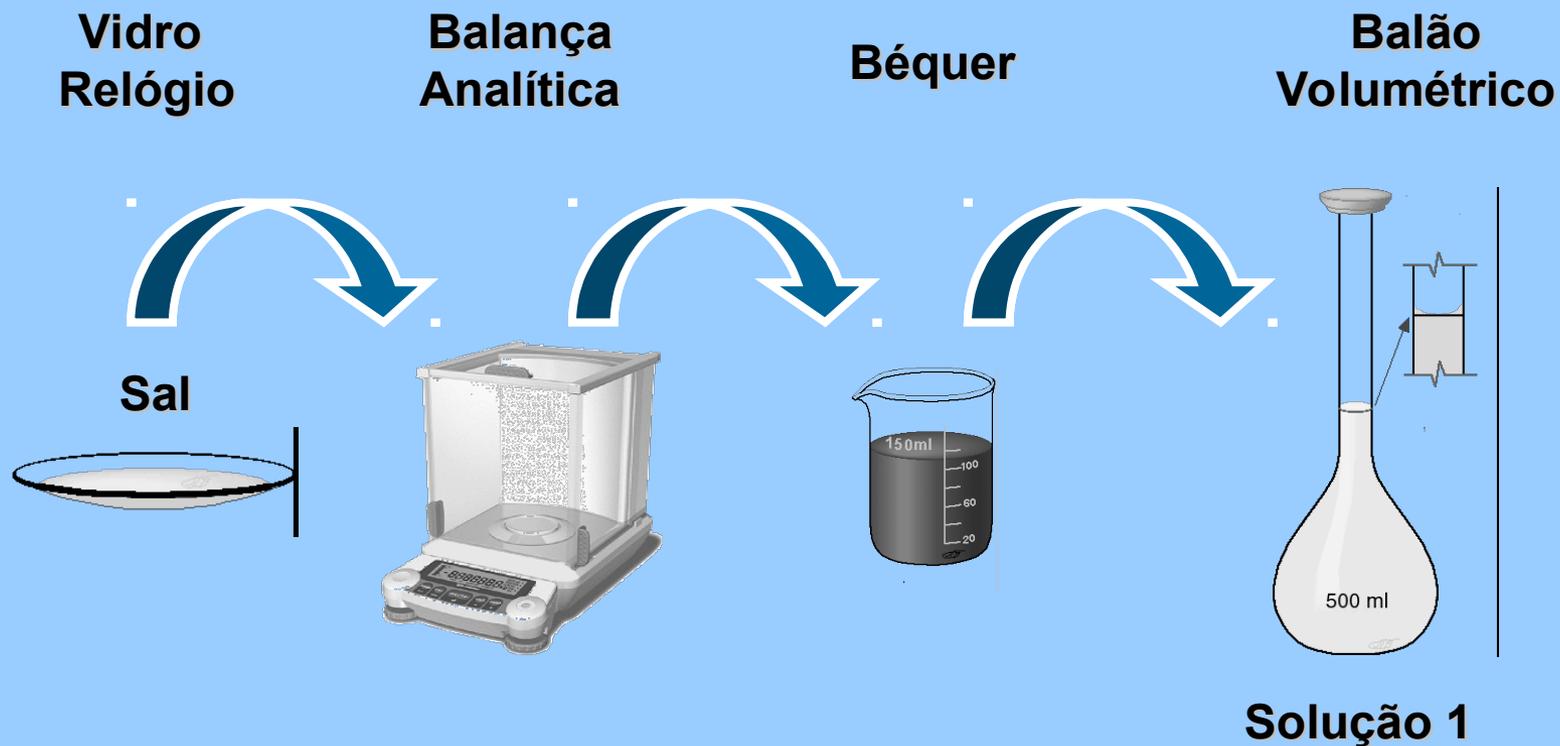


PREPARO DE SOLUÇÕES

- **A partir de soluto sólido**
- **A partir de soluto líquido**
- **A partir de solução em estoque**
- **Por simples diluição**
- **A partir de soluto sólido hidratado**

PREPARO A PARTIR DE SOLUTO SÓLIDO

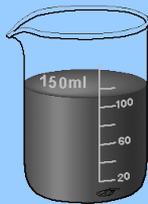
Ex.: Preparar 250 mL de uma solução 15 g L⁻¹ de NaCl



PREPARO A PARTIR DE SOLUTO LÍQUIDO

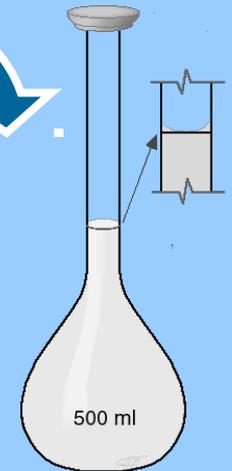
Ex.: Preparar 100 mL de uma solução 20 mL L⁻¹ de Glicerina

Béquer



Pipetas

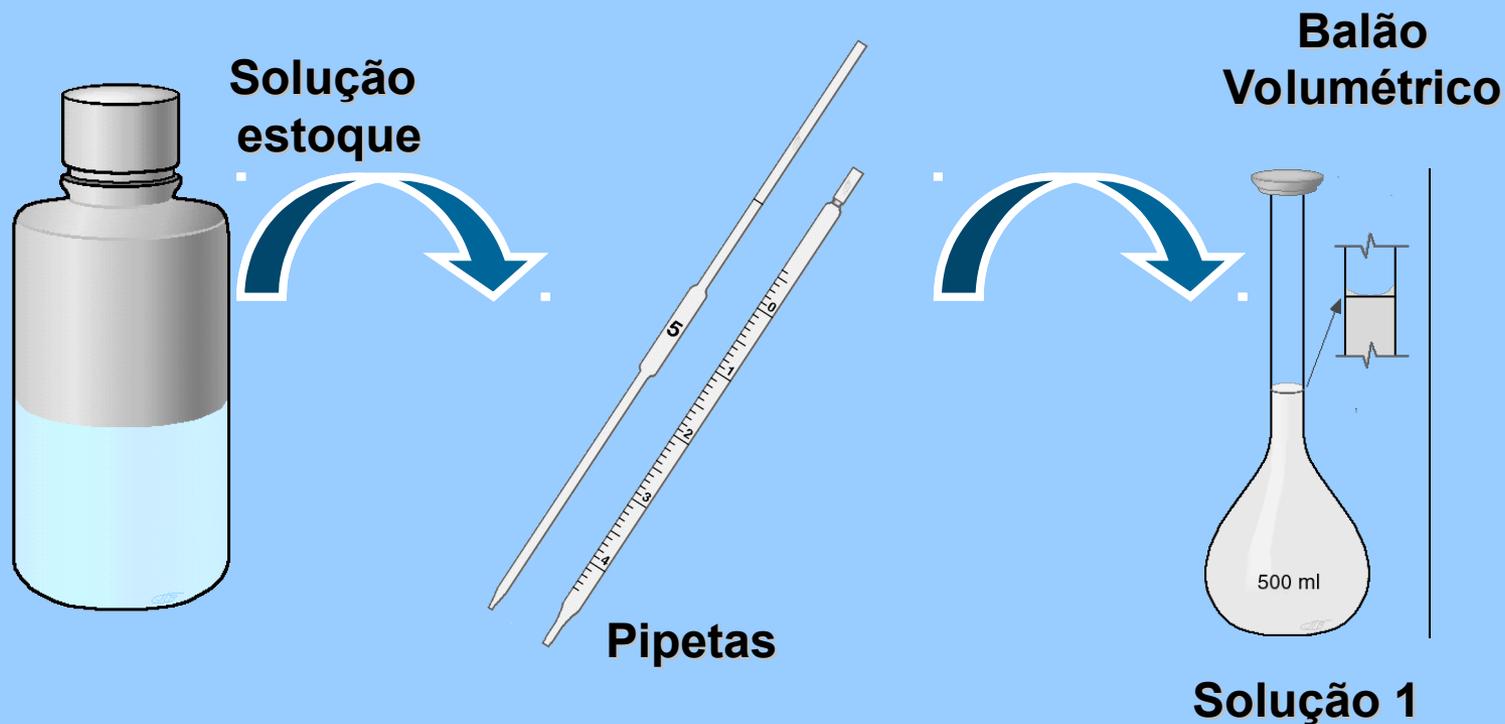
**Balão
Volumétrico**



Solução 1

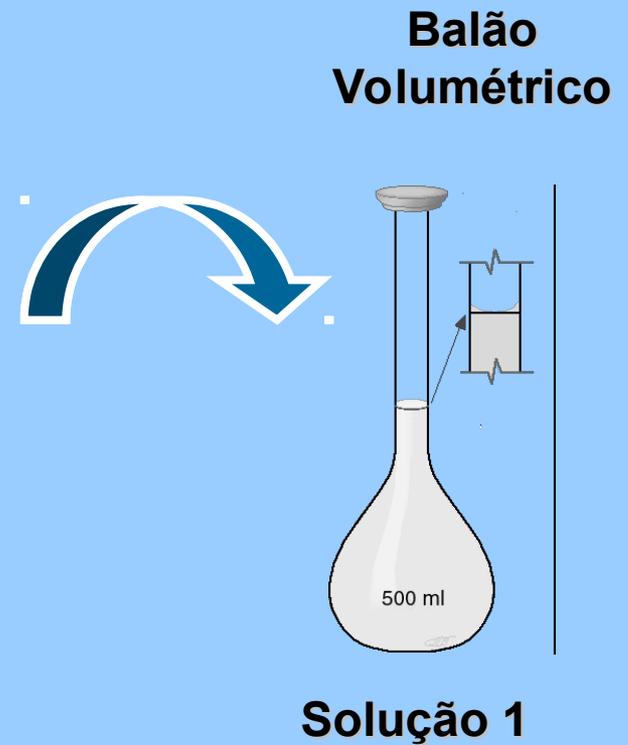
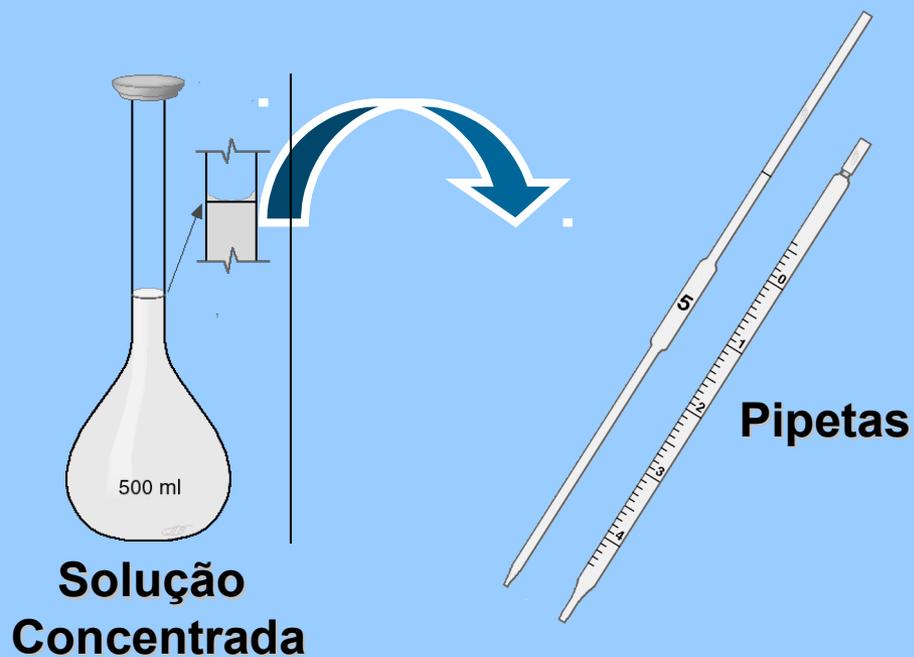
PREPARO A PARTIR DE SOLUÇÃO ESTOQUE

Ex.: Preparar 500 mL de uma solução $0,125 \text{ mol L}^{-1}$ de HNO_3 a partir de solução estoque $65\%(\text{m/m})$ e densidade $1,40 \text{ g mL}^{-1}$



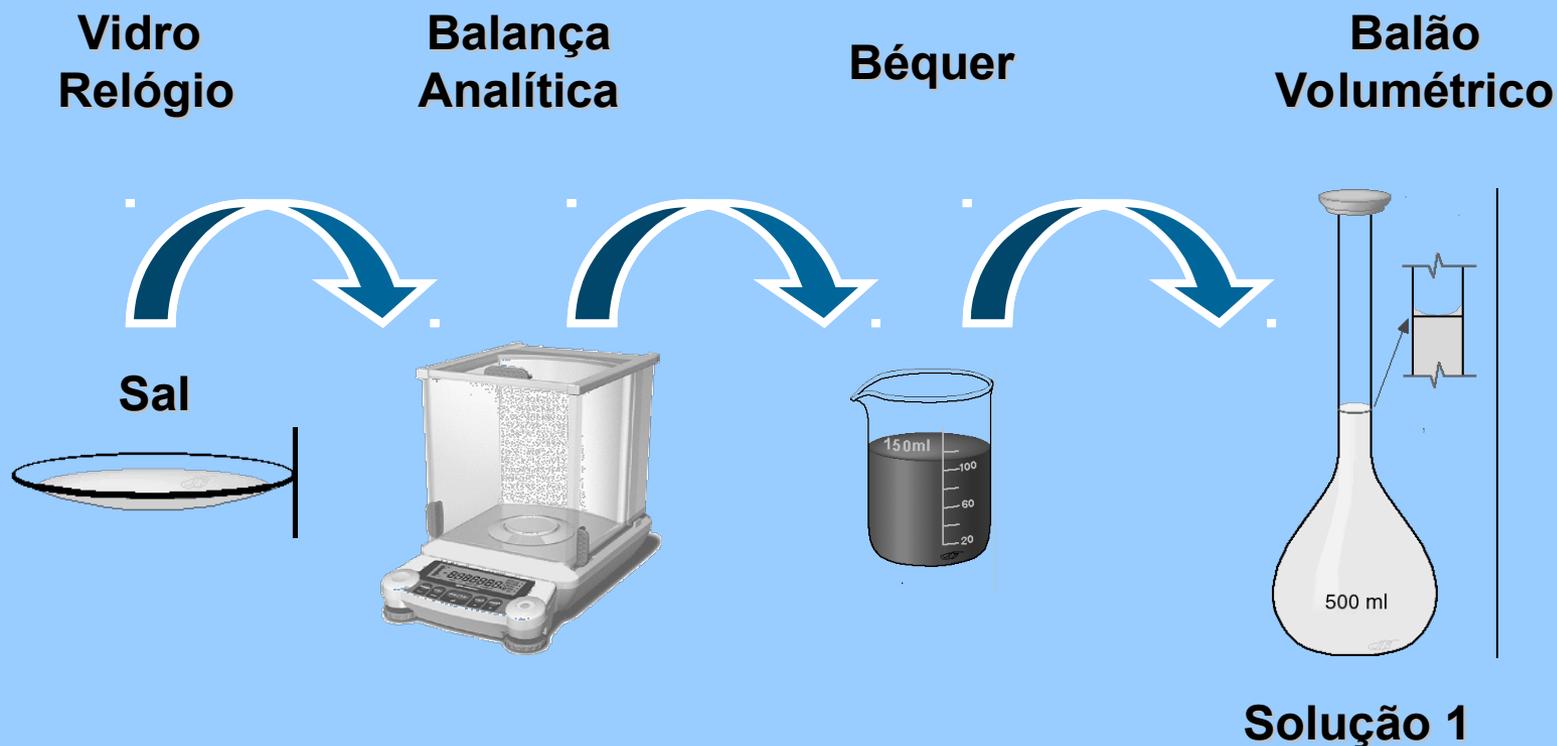
PREPARO POR SIMPLES DILUIÇÃO

Ex.: Preparar 50 mL de uma solução $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ de HCl a partir de solução concentrada $2,5 \text{ mol L}^{-1}$



PREPARO A PARTIR DE SOLUTO SÓLIDO HIDRATADO

Ex.: Preparar 1 L de uma solução $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ a partir de um sal tetra hidratado $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$



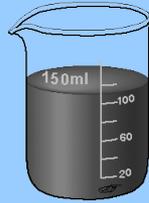
PREPARO DE SOLUÇÕES



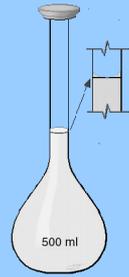
NaCl

Na: 23 g/mol

Cl: 35,5 g/mol



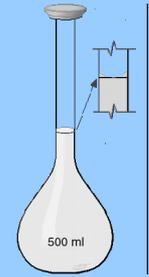
**Quantidade
de H₂O**



**Solução 1
500 ml
de V final**

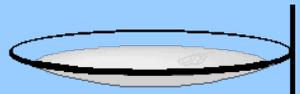


**Alíquota de
50 ml de S1**



**Solução 2
500 ml
de V final**

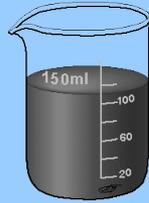
PREPARO DE SOLUÇÕES



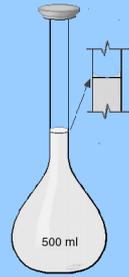
NaCl

Na: 23 g/mol

Cl: 35,5 g/mol



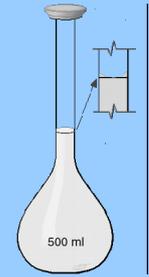
**Quantidade
de H₂O**



**Solução 1
500 ml
de V final**



**Alíquota de
50 ml de S1**



**Solução 2
500 ml
de V final**

1 g NaCl

**0,39 g Na⁺
0,61 g Cl⁻**

**0,39 g Na⁺
0,61 g Cl⁻**

**0,039 g Na⁺
0,061 g Cl⁻**

**0,039 g Na⁺
0,061 g Cl⁻**

**0,78 g / L Na⁺
1,22 g / L Cl⁻**

**0,078 g / L Na⁺
0,122 g / L Cl⁻**

17,1 mmol

**17,1 mmol Na⁺
17,1 mmol Cl⁻**

**17,1 mmol Na⁺
17,1 mmol Cl⁻**

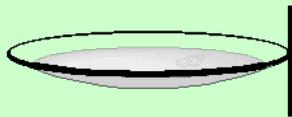
**1,71 mmol Na⁺
1,71 mmol Cl⁻**

**1,71 mmol Na⁺
1,71 mmol Cl⁻**

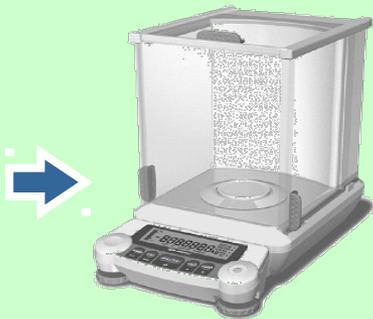
**17,1mmols/0,5 L
34,2 mmols/L
de Na⁺ e Cl⁻**

**1,71mmols/0,5 L
3,42 mmols/L
de Na⁺ e Cl⁻**

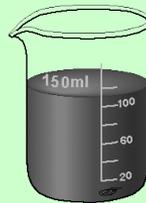
AULA PRÁTICA 1



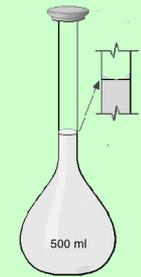
- A) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- B) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- C) $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
- D) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$



Pesar com
Precisão $\pm 0,01$ g



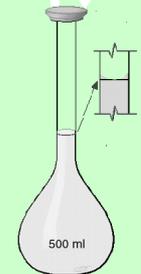
50 ml
de H_2O com
proveta



Solução 1
100 ml
de Volume
final



Alíquota de
10 ml da
Solução 1



Solução 2
250 ml
de Volume
final

A) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 0,4$ g / L

B) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 = 0,4$ g / L

C) $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = 0,4$ g / L

D) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 = 0,4$ g / L



QUESTÃO: Calcular as concentrações das soluções 1 e 2?

	Solução 1	Solução 2
A) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ B) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ C) $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ D) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$? g / L ? mol / L	0,4 g / L ? mol / L
A) Cu^{2+} B) NH_4^+ C) Mg^{2+} D) NH_4^+	? g / L ? mol / L	? g / L ? mol / L
A) SO_4^{2-} B) SO_4^{2-} C) Cl^- D) HPO_4^{2-}	? g / L ? mol / L	? g / L ? mol / L

RELATÓRIO

- 1) Nome e turma:
- 2) Título da aula prática executada
- 3) Relatório nº:
- 4) Amostra:
- 5) Introdução
- 6) Parte experimental
- 7) Resultados e discussão
- 8) Conclusão

RELATÓRIO

5) Introdução

a) Deve ser breve, esclarecendo o tipo de problema abordado ou a(s) hipótese(s) de trabalho.

No final da introdução deve-se descrever, em um único parágrafo, os **objetivos do trabalho**, ou seja a hipótese a ser demonstrada.

6) Parte experimental

Deve conter uma descrição detalhada dos procedimentos usados no laboratório. Um trabalho científico só é reconhecido como tal se for reprodutível e para tanto é necessário que outro analista possa realizar o experimento em qualquer lugar do mundo.

RELATÓRIO

7) Resultados e discussão

Deve conter uma descrição dos resultados, figuras, tabelas, cálculos e a discussão dos mesmos.

8) Conclusão

De forma concisa conclui-se a hipótese levantada ao final da introdução foi confirmada e comentada.