



INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE MECÂNICA E MÁQUINAS MOTORAS

LEB0332 – Mecânica e Máquinas Motoras

Prof. Thiago Romanelli



Apresentação

Disciplinas oferecidas na área:

- LEB0332 – Mecânica e Máquinas Motoras (Obrigatória EA e EF)
- LEB0432 – Máquinas e Implementos Agrícolas (Obrigatória EA, Eletiva EF)

- LEB0447 – Agricultura de Precisão, Prof. Molin
- LEB0466 – Avaliação do Desempenho de Máquinas Agrícolas, Prof. Leandro
- LEB0428 – Fundamentos da Aplicação de Produtos Fitossanitários, Prof. Casimiro
- LEB0589 – Gerenciamento de Sistemas Mecanizados, Prof. Milan
- LEB0490 – Sustentabilidade Energética de Sistemas Agrícolas, Prof. Romanelli
- LEB0566 – Sistemas Mecanizados Agrícolas, Prof. Leandro

LEB 332 – Mecânica e Máquinas Motoras

- **Coordenador 2019: Prof. José Paulo Molin**

OBJETIVO

- **Capacitar os alunos a entender o princípio de funcionamento dos mecanismos e máquinas motoras mais importantes utilizadas no processo de produção agropecuária.**
- **Contextualizar o uso de máquinas motoras quanto às novas tecnologias, ao seu preparo para o trabalho, manutenção e operação.**

LEB 332 – Mecânica e Máquinas Motoras - 2018

Data	Aula	Avaliação	Tema	Professor
18/fev	1	-	Introdução ao Estudo de Mecânica e Máquinas Motoras	Romanelli
25/fev	2	1	Conceitos Fundamentais de Mecânica	Leandro
04/mar	-	-	<i>Feriado - Carnaval</i>	
11/mar	3	2	Elementos de Máquinas e Mecanismos	Molin
18/mar	4	3	Introdução ao Estudo de Tratores	Molin
25/mar	5	4	Motores de Combustão Interna I	Romanelli
01/abr	6	5	Motores de Combustão Interna II	Romanelli
08/abr	7	6	Motores de Combustão Interna III	Leandro
15/abr	-	-	<i>Feriado - Semana Santa</i>	
22/abr	8	7	Transmissão I	Casimiro
29/abr	9	8	Transmissão II	Casimiro
06/mai	10	9	Sistemas Hidráulicos	Casimiro
13/mai	11	10	Ergonomia e Segurança de Máquinas Agrícolas	Milan
20/mai	12	11	Automação em tratores	Molin
27/mai	13	12	Características de Desempenho de Tratores Agrícolas	Leandro
03/jun	14	13	Manutenção de Máquinas Agrícolas	Milan
10/jun	15	14	Preparo do Trator	Casimiro
17/jun	16	15	Manejo de Tratores Agrícolas	Casimiro
24/jun	-	16	Avaliação semanal da aula 16	Molin

LEB 332 – Mecânica e Máquinas Motoras

Sistema de Avaliação

- Serão realizadas arguições semanais durante a aula seguinte ao tema dado.
- Para a composição da média final serão descartadas até 20% (vinte por cento) das piores notas, obtendo-se a média aritmética das notas restantes.

LEB 332 – Mecânica e Máquinas Motoras

- Não é permitido ao aluno assistir as aulas ou realizar as avaliações fora da turma designada.
- A única forma de se efetuar a mudança de turma é por meio da troca de vaga com outro aluno da turma desejada.
- Será atribuída a falta na aula e a nota 0,0 (zero) na avaliação ao aluno que não estiver na sua respectiva turma.

Material para Estudo

- Cada docente disponibiliza o material das aulas de uma maneira, mas a maior parte estará no e-disciplinas.
- A bibliografia é apresentada na ementa da disciplinas sendo material fundamental:
 - MIALHE, L.G. Máquinas motoras na Agricultura. Vol. I e II. EDUSP, 1980, 289 e 367p.
 - MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLACO, A. F. Agricultura de precisão. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos. 2015. 238p.
 - MONTEIRO, L. A.; ALBIERO, D. Segurança na operação com máquinas agrícolas. 1 ed. Fortaleza: Ed. dos autores, 2013. 124 p.

Conteúdo da disciplina LEB0332

- Porque utilizar máquinas?
- Como as máquinas funcionam?
- Qual a relevância dos tratores?
- Como funcionam os motores?
- Como mensurar o desempenho dos tratores?
- Quais manutenções devem ser realizadas?
- Que características das máquinas são importantes para o operador?

Mecanização Agrícola

Mecanizar se refere ao processo de utilizar máquinas com objetivo de realizar tarefas ou operações

Objetivos da utilização de máquinas

- Redução do desgaste do trabalhador
- Elevação da produtividade do trabalhador
- Melhoria da qualidade das operações
- Completar tarefas em curto período

Operação Agrícola

Etapa do processo de produção composta por um conjunto de atividades ou sub processos que se desencadeiam desde uma **condição inicial** para atingir uma **condição final desejada**



Operação:
Semeadura



Operação:
Controle de daninhas



Operação:
Adubação



Operação:
Colheita

Cond Inicial Cond Final

Cond Inicial Cond Final

Cond Inicial Cond Final

Cond Inicial Cond Final

Processo

Processo

Processo

Processo

Semeadura

- Espaçamento
- Profundidade
- Uniformidade
- Distância do fertilizante



Condição Inicial



Processo



Condição Final



Controle de daninhas



Condição Inicial



Processo



Condição Final



Fontes de potência

“Braçal/Manual”

Energia

Conversão

Trabalho Útil

Alimento

Organismo

Operação

“Animal”

Energia

Conversão

Ferramentas

Trabalho Útil

Alimento

Organismo

Máquina ou Implemento

Operação

Energia

Conversão

Sistema Mecânico

Trabalho Útil

Combustível

Motor

Máquina ou Implemento

Operação

“Mecânica/Motorizada”

Uso da energia mecânica

OPERAÇÃO
MANUAL



OPERAÇÃO
SEMI-MECANIZADA



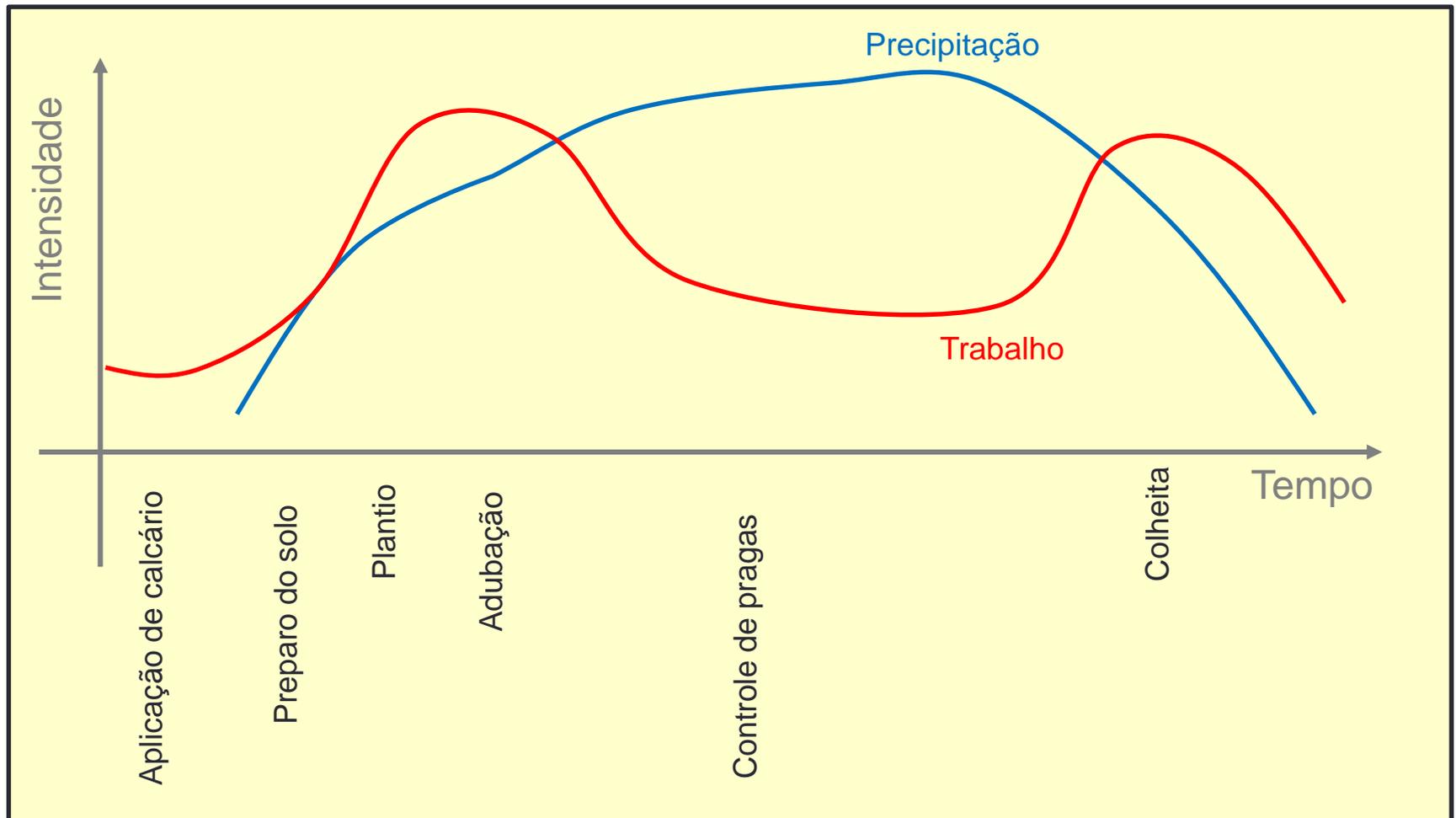
OPERAÇÃO
MECANIZADA







Intensidade de trabalho e pontualidade



Homem como fonte de potência

Atividade	Potência Consumida Continuamente (W)
Roçando	400 – 600
Derrubando árvores	600
Carpindo	300 – 500
Sulcando o solo	400 – 1000
Plantando	200 – 300
Arando com tração animal	350 – 550
Operando trator 4 x 2	350 – 650
Operando trator 4 x 4	150 – 350
Dirigindo	150

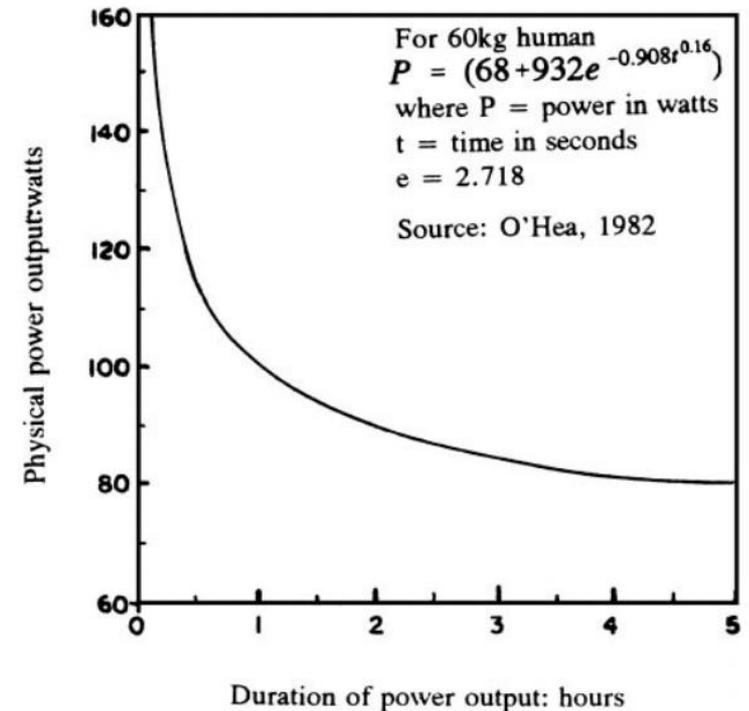


Figure 1.1. Sustainable Physical or Power Output by Humans (Inns, p. 2).

Potência contínua

Potência - Taxa de realização de trabalho ou quantidade de energia consumida por tempo. No sistema internacional a unidade de potência é $J s^{-1}$, conhecido como Watt, W.



Crescimento do poder aquisitivo e o consumo de carnes

Ano	PIB (US\$ 1995/capita)	Consumo de Carne kg/pessoa/ano
1961	2.676	23,1
1971	3.714	27,8
1981	4.376	30,8
1991	4.992	34,4
2001	5.611	38,6
2030	7.600	45,3

Aumento de população

Demanda por produtos com maior energia agregada

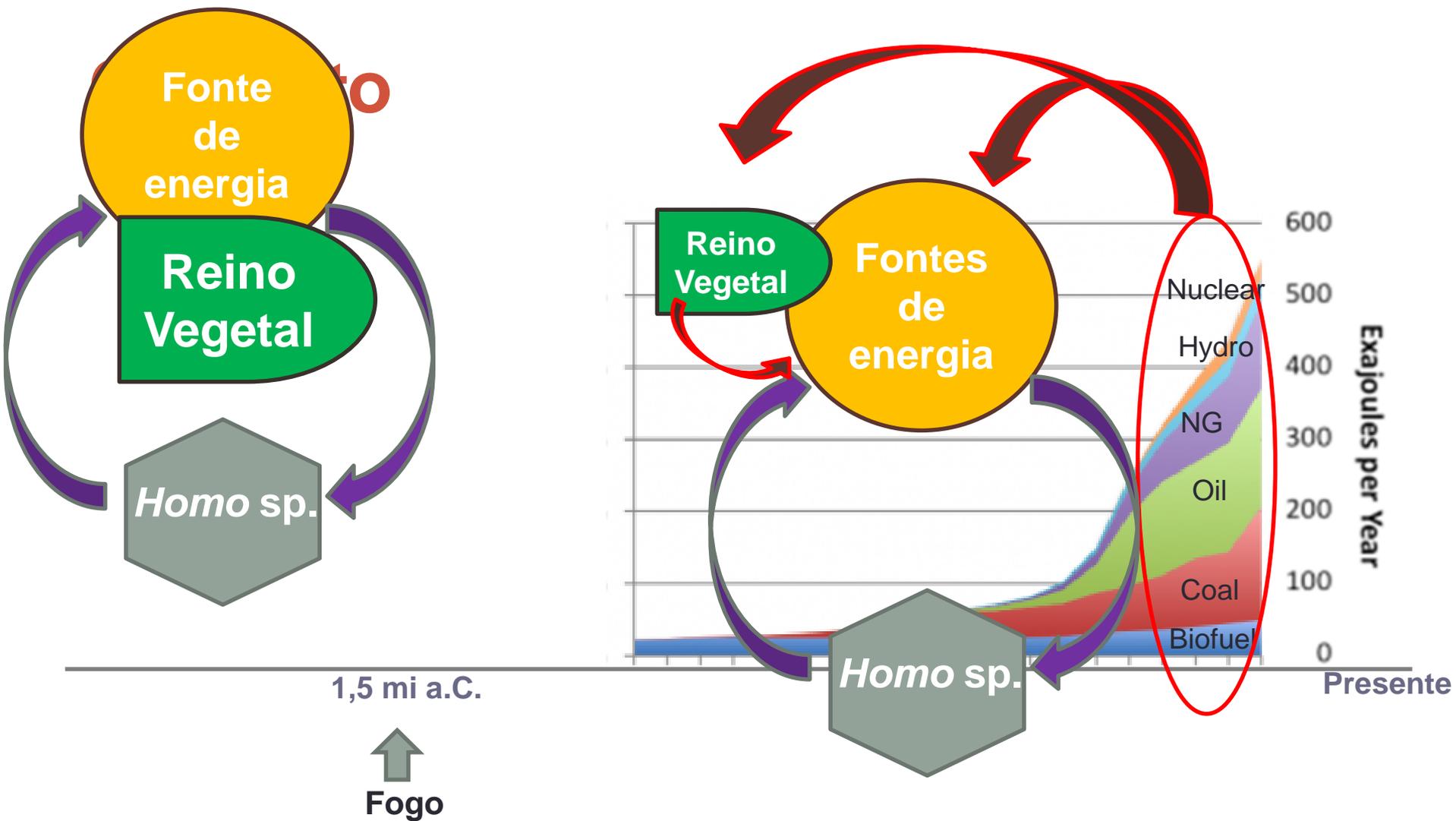
Impossibilidade de expandir área de cultivo

Elevação da produção por área

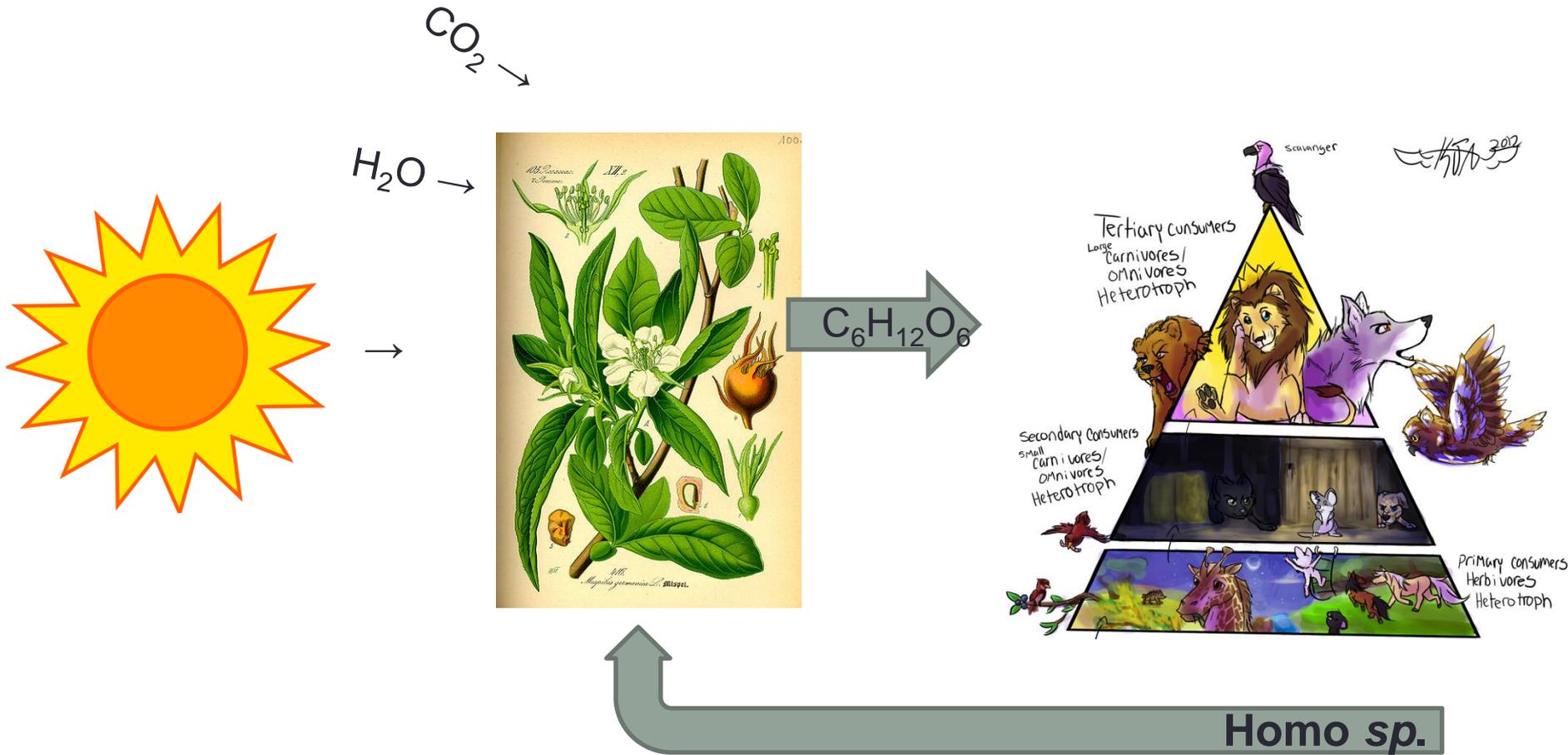
Mais de um ciclo por ano

Mais operações e em maior velocidade

Intensificação do uso de máquinas



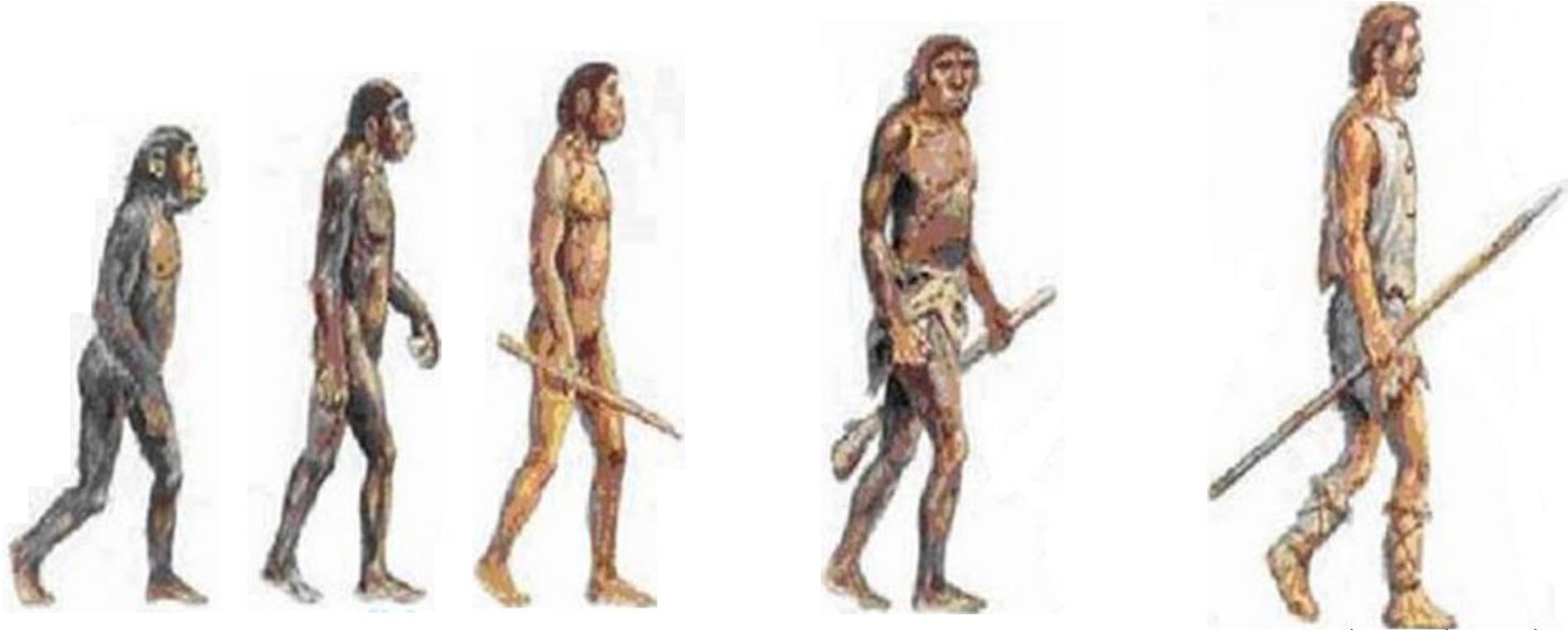
Energia e a vida



“No esforço em existir, a vantagem deve estar nos organismos cuja estratégia de captura de energia são mais eficientes em usá-la na preservação da espécie.”

Lotka (1910)

O início da humanidade



Australopithecus *Homo habilis*

H. erectus

H. neanderthalensis

H. sapiens
Cro-Magnon

5 milhões

2,3 milhões

1,8 mi

1,5 mi

100 mil

80 mil

40 mil anos

↑
Migração
da África

↑
Fogo

↑
Troca ferramentas
e **informação**,
técnicas de caça.
Agricultores.

↑
Pinturas

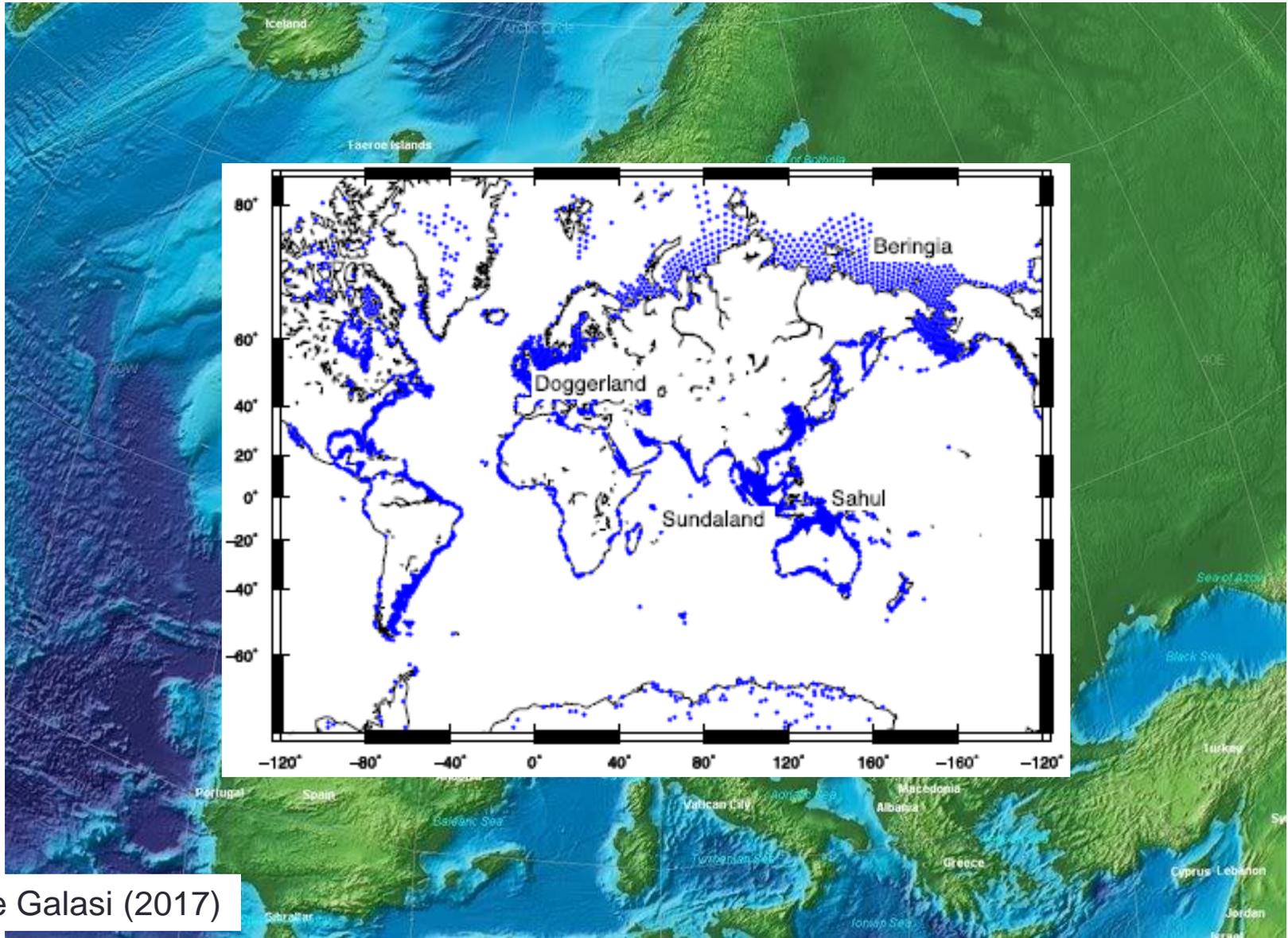
Transição da caça-coleta à agricultura

Caça

Agricultura



Transição da caça-coleta à agricultura



Transição da caça-coleta à agricultura



The Fall of Man (Michelangelo Buonarroti, 1512)

“E do suor do teu rosto comerás, ...” (Genesis 3:19).

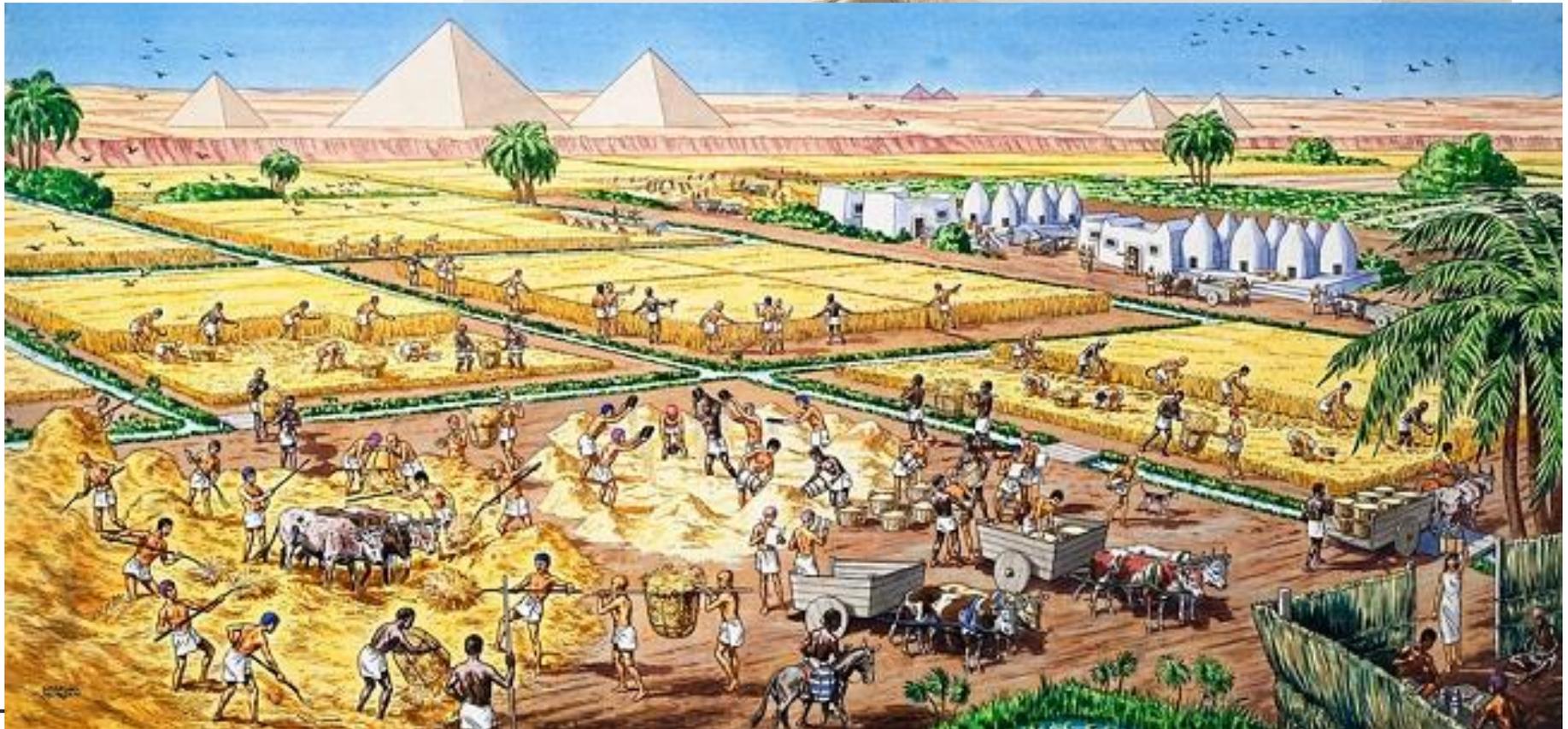
Revolução Neolítica

- 10 mil anos atrás
- Agricultura em larga escala
- Manipulação da cadeia alimentar como base do sistema energético



Museu Nacional da Dinamarca

Agricultura promotora da civilização



Agricultura promotora da civilização



Roma Antiga

3 milhões de escravos para 4 milhões de homens livres (28 DC)

Agricultura promotora da civilização



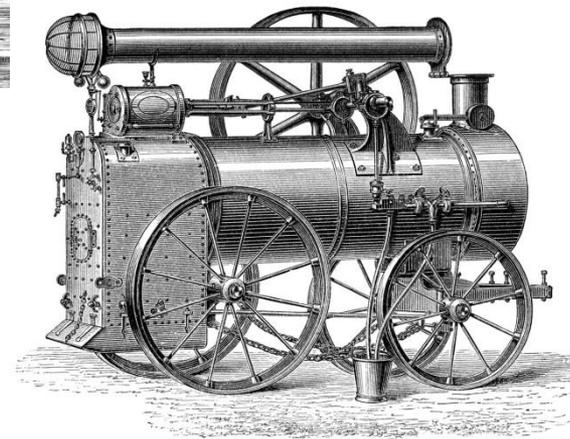
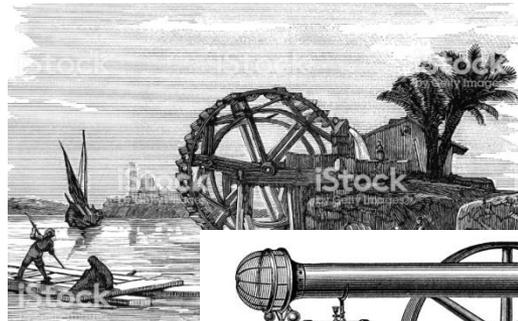
Agricultura promotora da civilização

- Estratégias para alta densidade populacional:
 1. Intensificação;



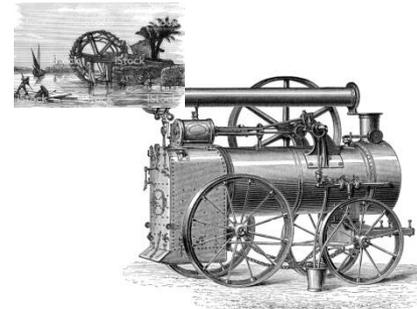
Agricultura promotora da civilização

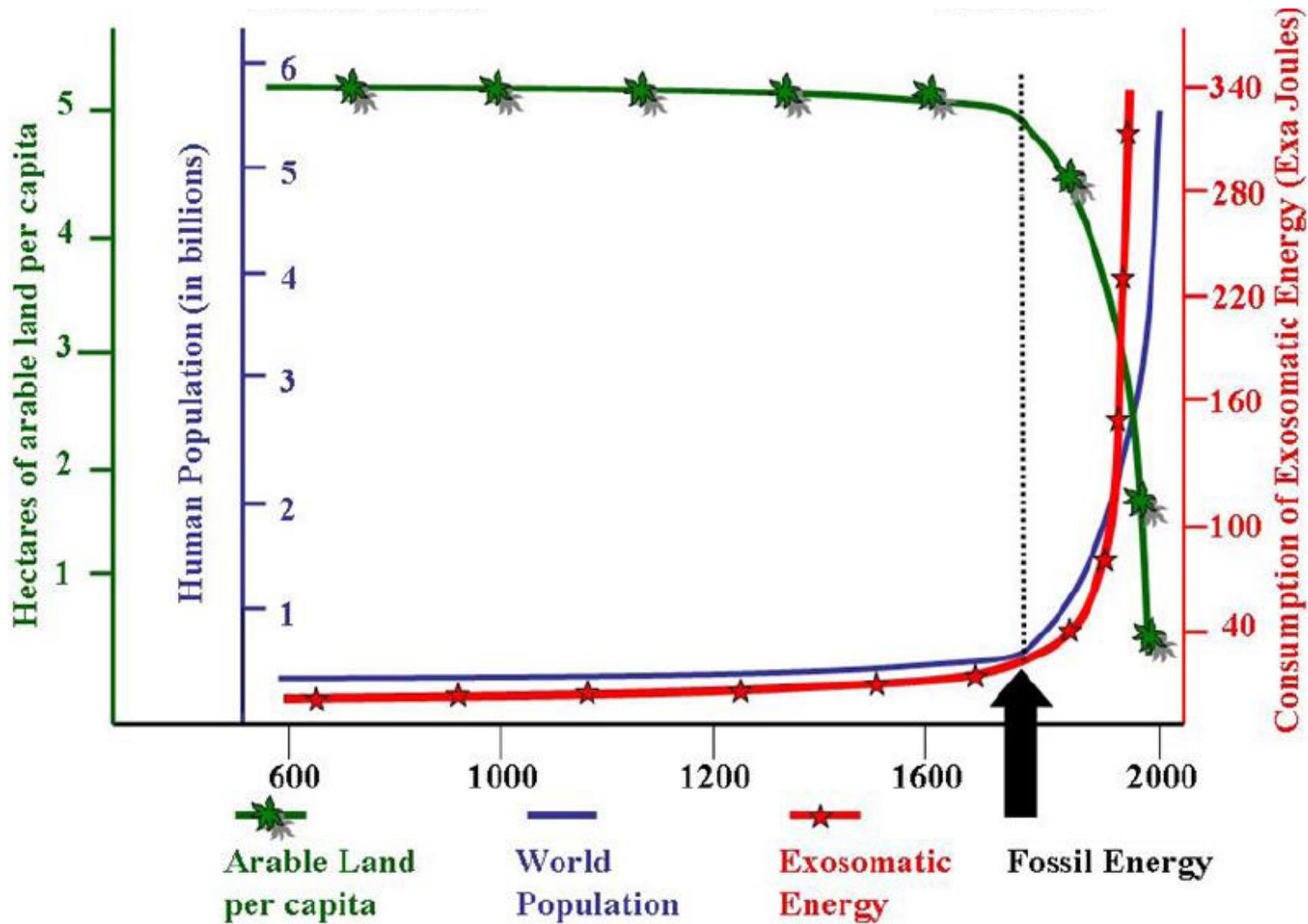
- Estratégias para alta densidade populacional:
 1. Intensificação;
 2. Novos meios;



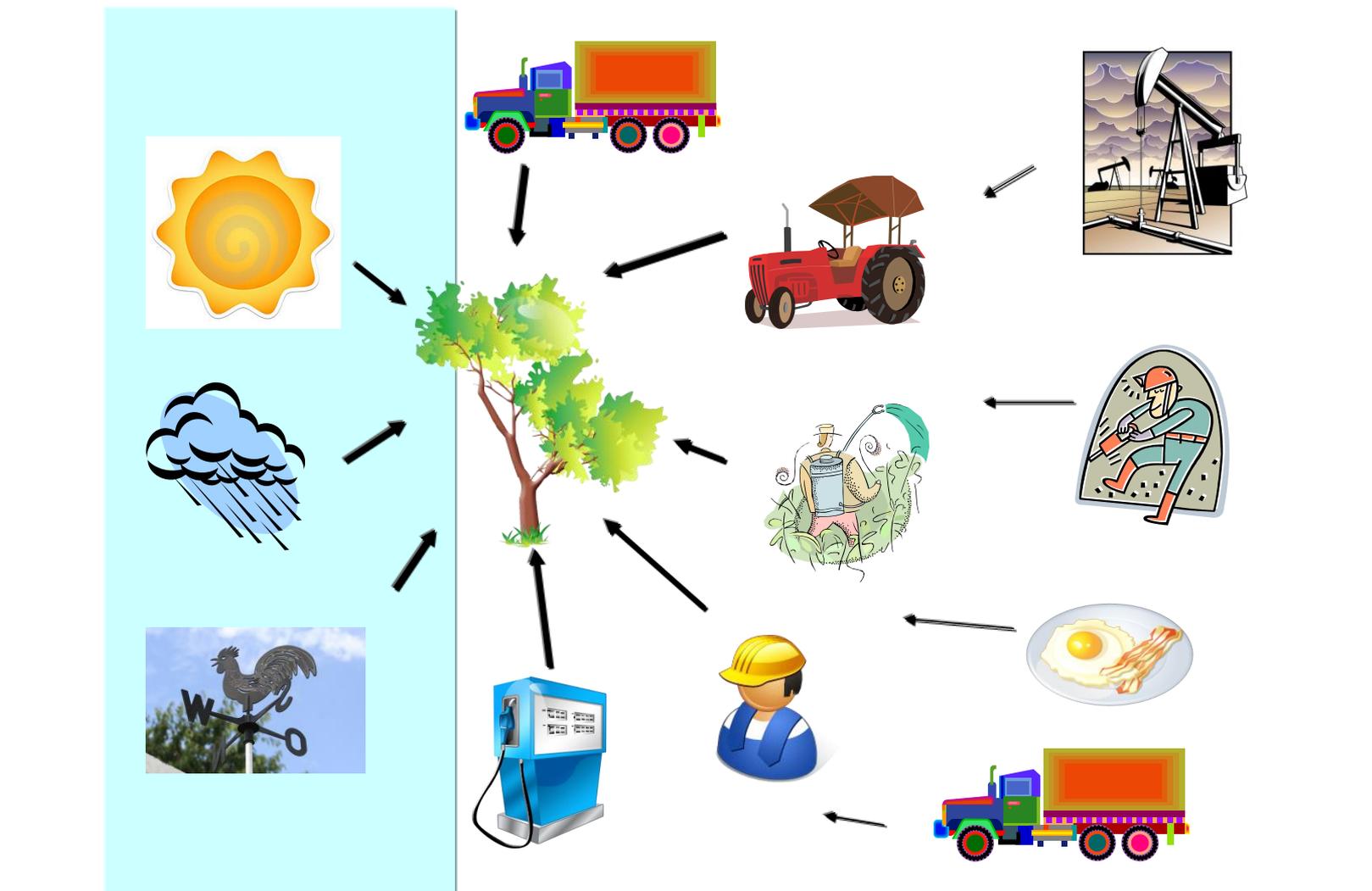
Agricultura promotora da civilização

- Estratégias para alta densidade populacional:
 1. Intensificação;
 2. Novos meios;
 3. Exploração.



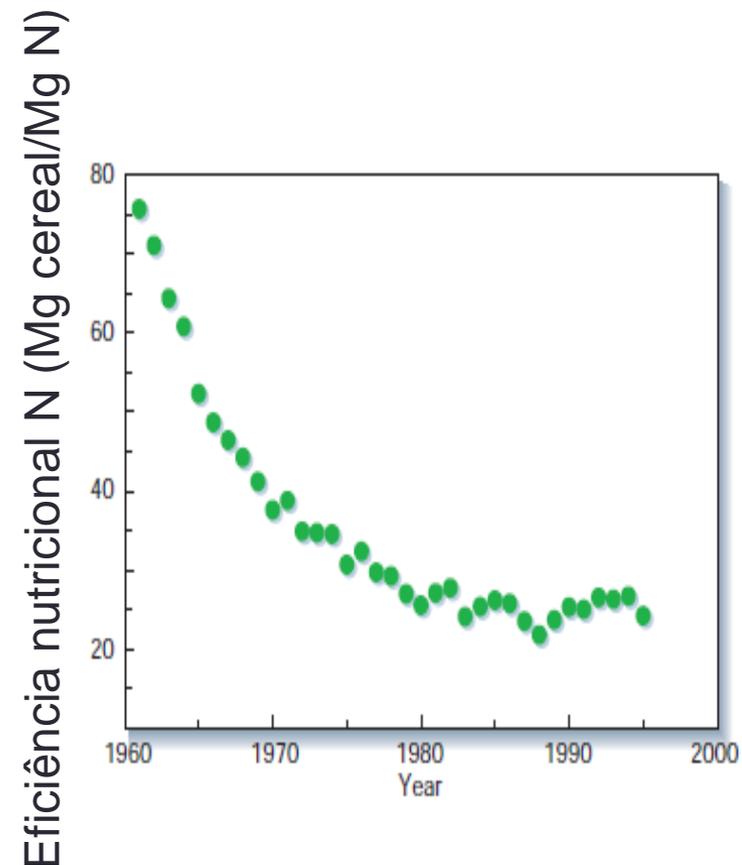


Convergência de Recursos Naturais



Intensificação

	Ag. Neolítica	Ag. Moderna
Tempo (h)	1150	17
	MJ/ha	MJ/ha
Mão-de-obra	27	0
Máquinas	4	358
Sementes	9	33
Diesel	0	502
NPK + defensivos	0	717
Irrigação	0	186
Secagem	0	167
Transporte e outros	0	91
Total	40	2054
Produtividade	1603 (2 t/ha)	4437 (5,4 t/ha)
Saída/Entrada	40	2,16



Revolução Verde

Tabela 1 – Consumo de insumos e aumento de produtividade desde a Revolução Verde no Brasil. FAO (2018).

Insumo	Aumento no consumo (%)	Período
N	7830	1961-2016
P ₂ O ₅	3349	1961-2016
K ₂ O	7999	1961-2016
Inseticida	290	1990-2015
Herbicida	861	1990-2015
Fungicida	686	1990-2015
Tratores	994	1961-2006
Área agricultável	88	1961-2015
Cultura	Aumento na Produtividade (%)	Período
Milho	227	1961-2016
Arroz	222	1961-2016
Soja	158	1961-2016
Cana-de-açúcar	73	1961-2016

Transição para a Energia Fóssil

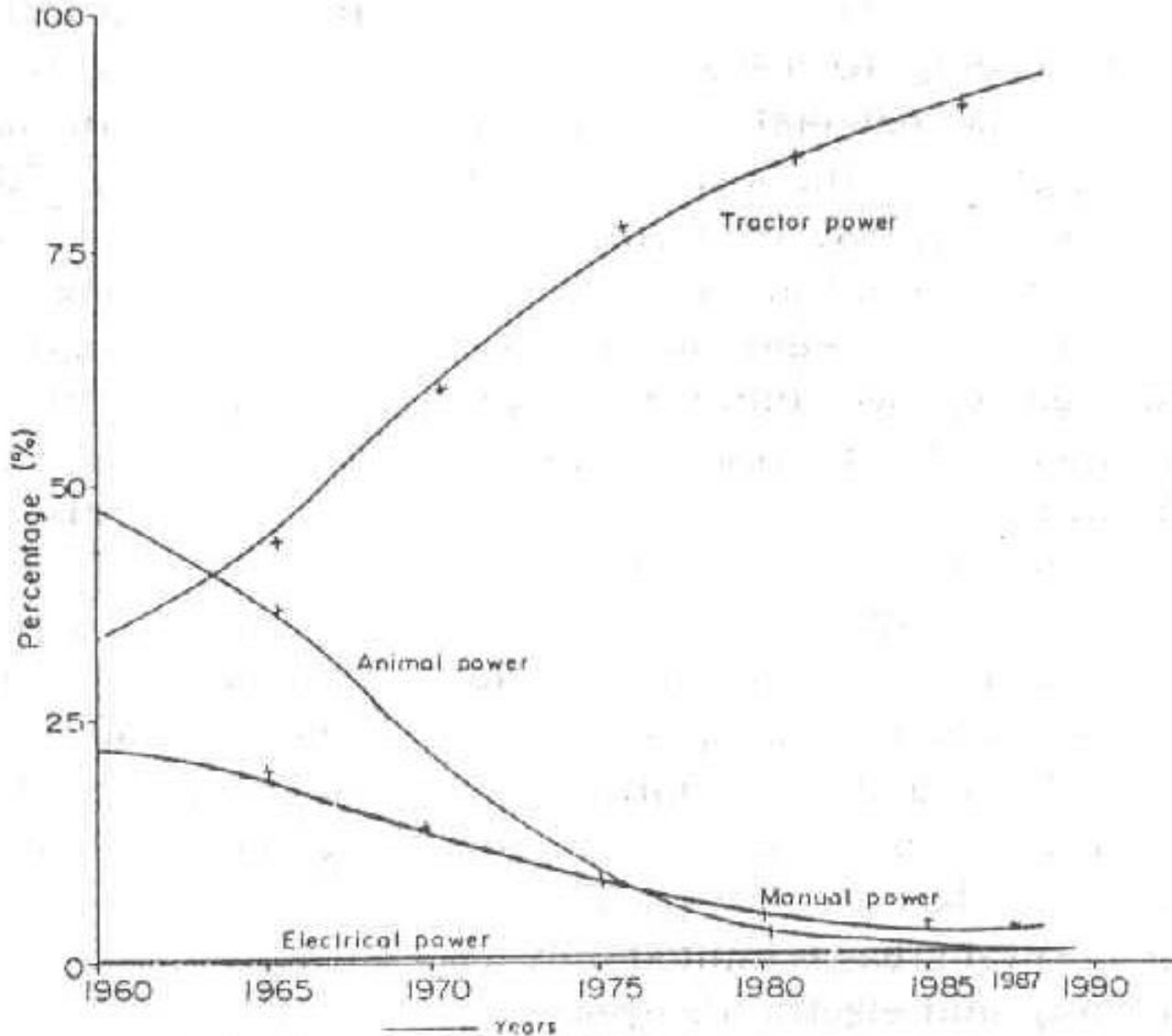
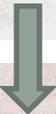


Fig. 6 Distribution of source of farm power.

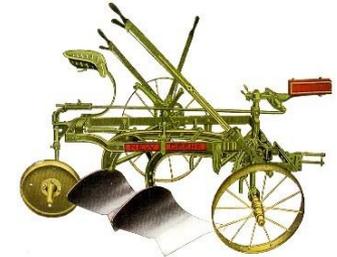
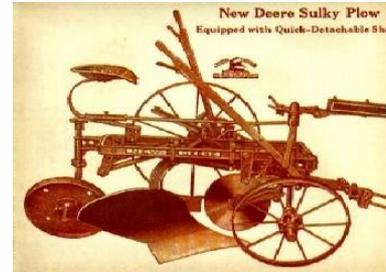
Zeren (1991)



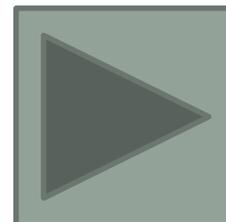
pecial
JC Davis) –

Histórico

1800



Pré 1800



Histórico

1820 - 1850

1847 M^cCORMICK REAPER MODEL
MUSEUM OF SCIENCE &
INDUSTRY, CHICAGO

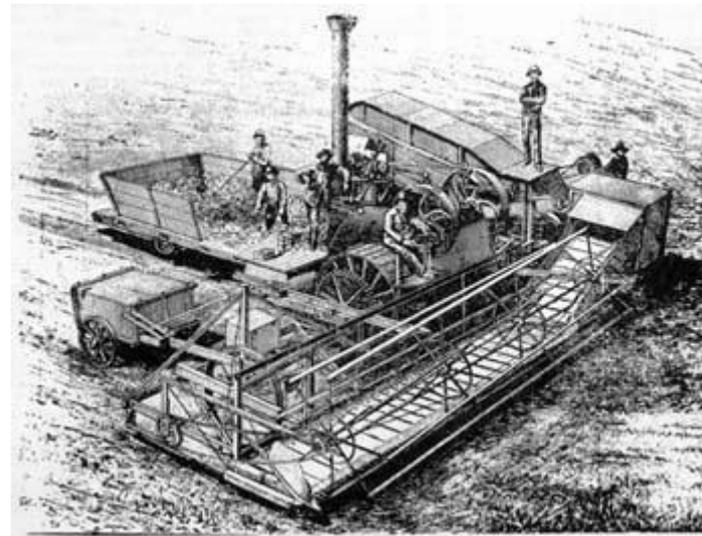
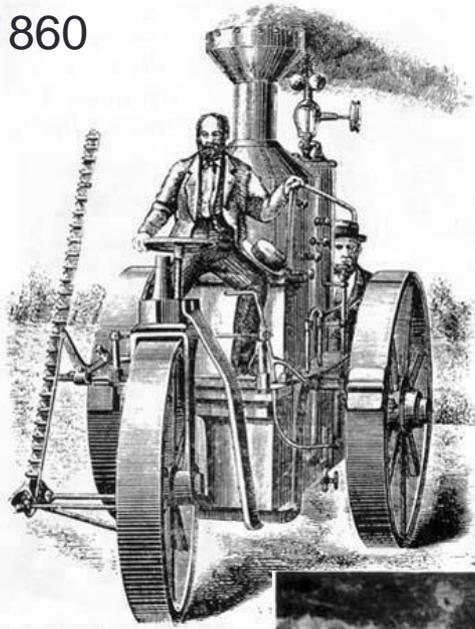


BUCKEYE GRAIN DRILL AND GRASS SEED SOWER.

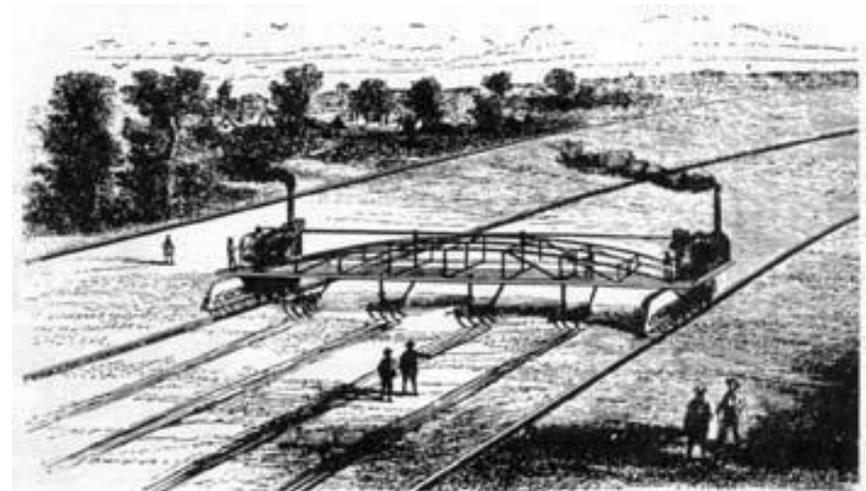
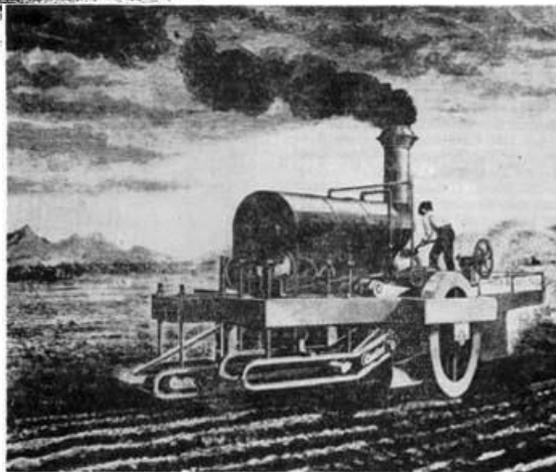


Histórico

1860

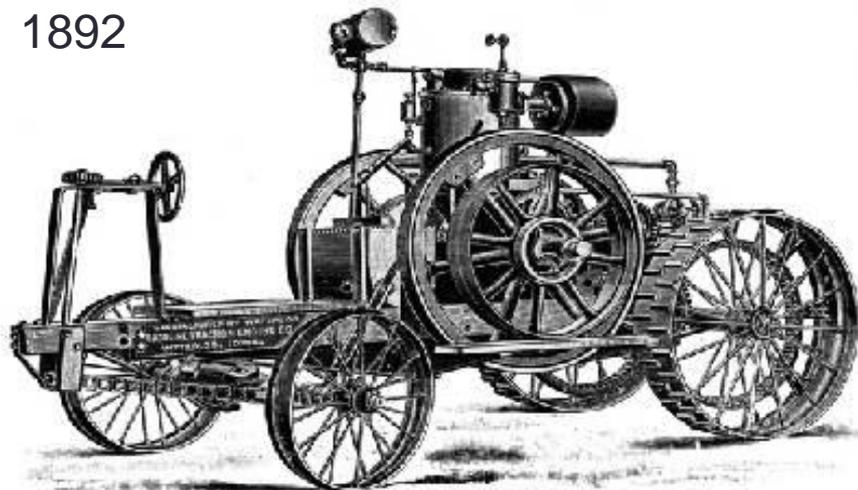


George Stockton Berry's "Believe-It-Or-Not" 1886-91 straw-burning self-propelled steam combine.



Histórico

1892



1930



1940



1916

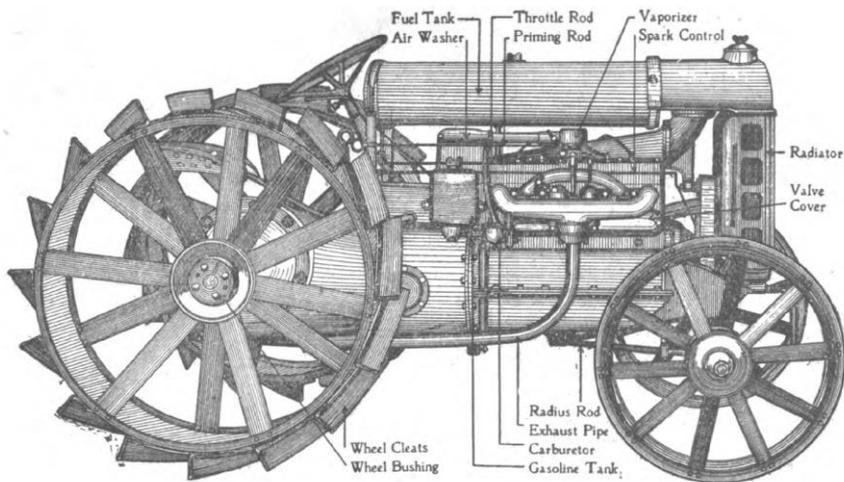


Figure 123.—The Fordson Tractor.

261

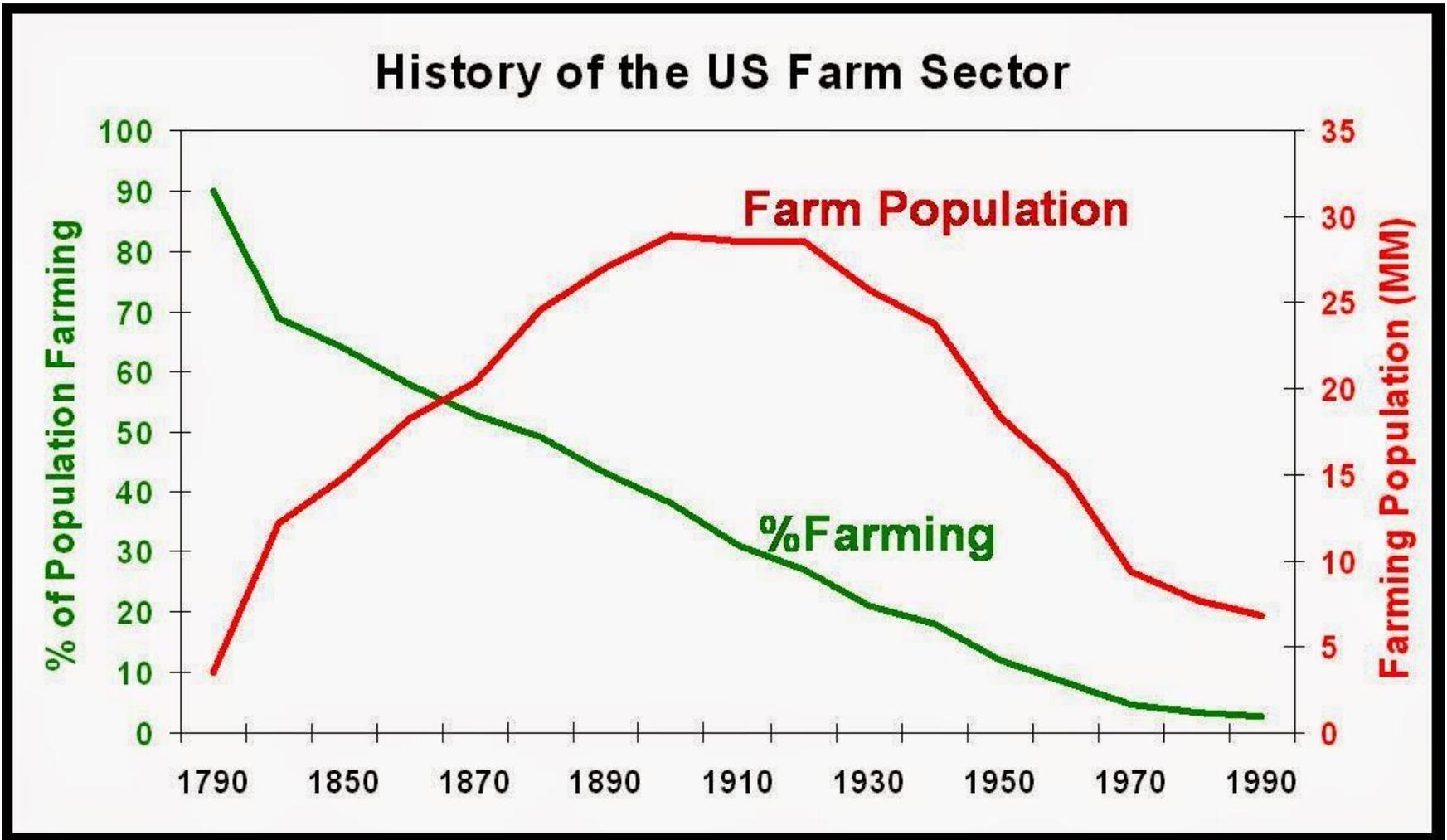
THE FORDSON TRACTOR.

Histórico

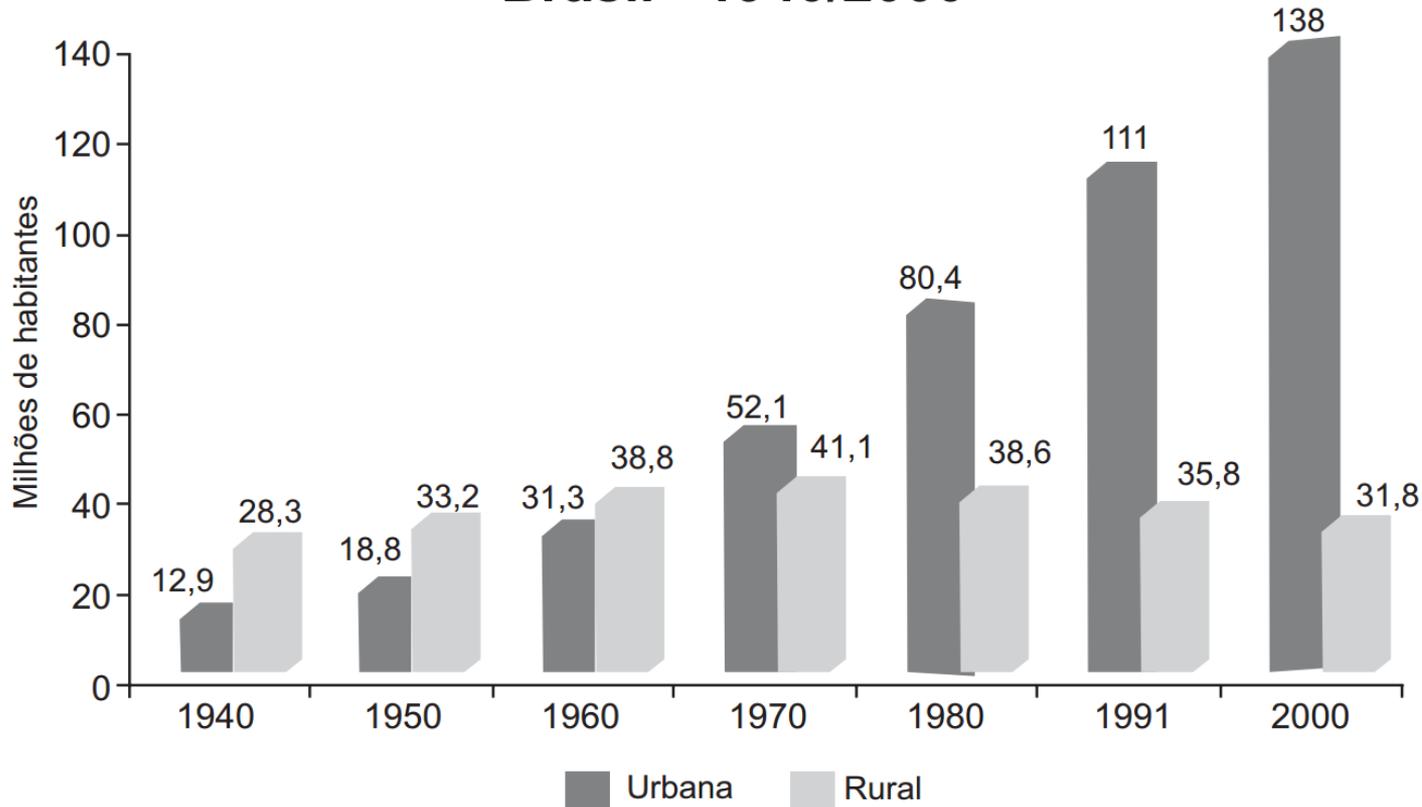
2000



History of the US Farm Sector



População residente, por situação do domicílio Brasil - 1940/2000



2010
Urbana
84,4 mi (87,5%)

Rural
15,6 mi (18,5%)

IBGE. **Tendências demográficas**: uma análise da sinopse preliminar do censo demográfico 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.

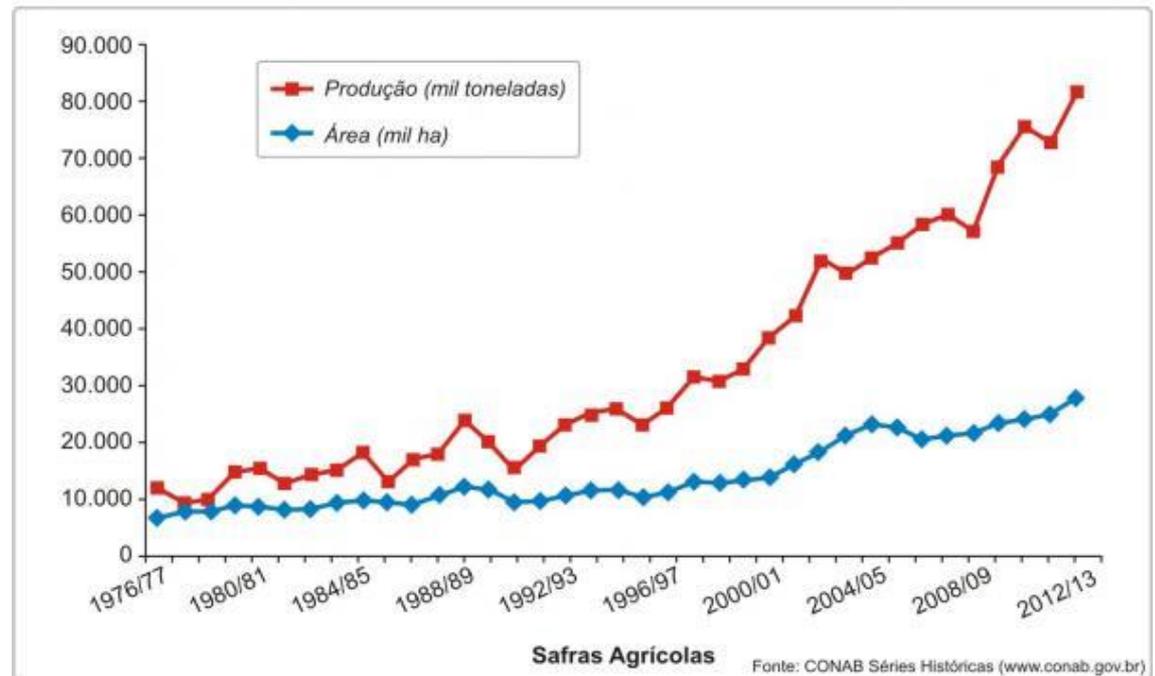
Brasil

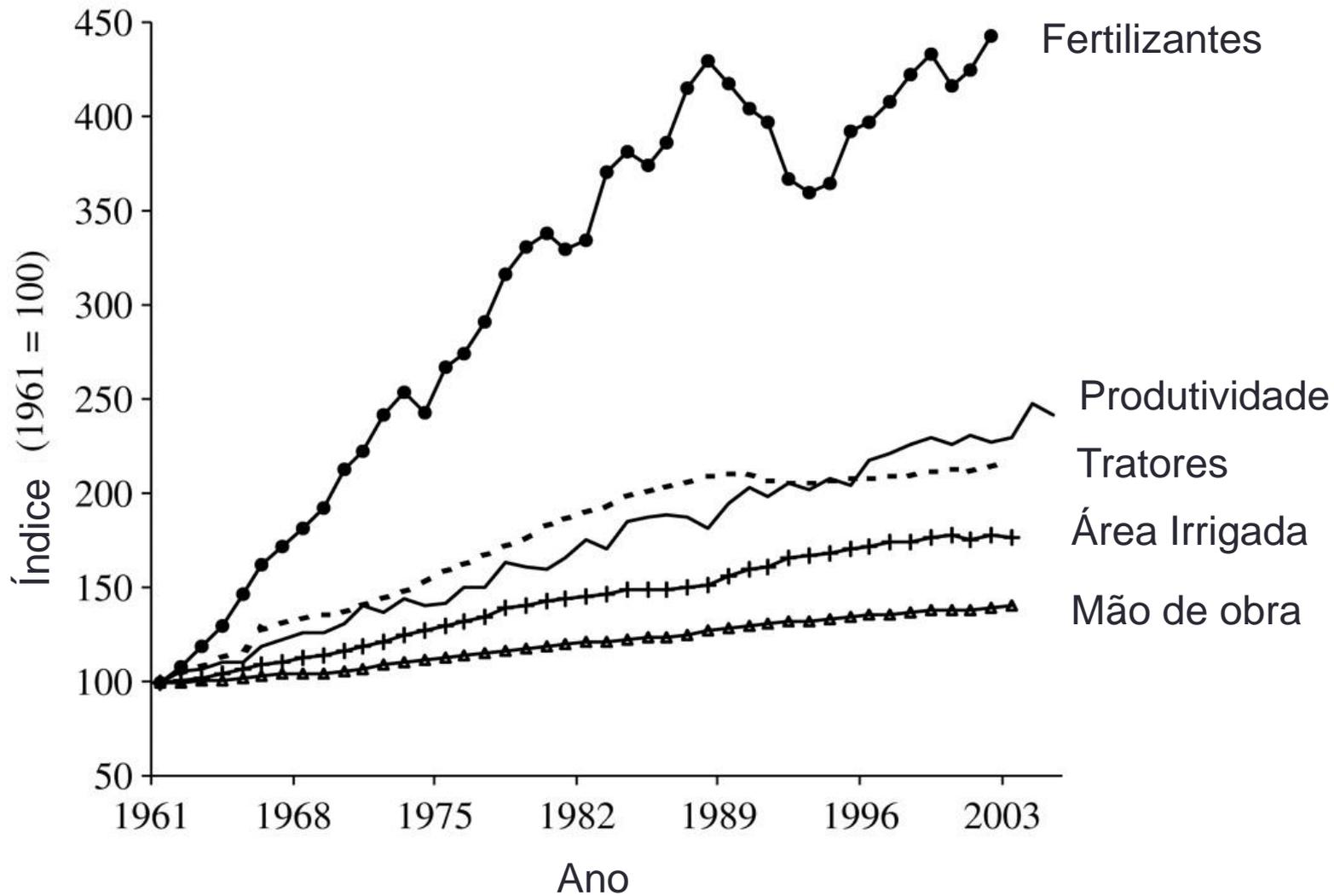
- O uso de máquinas é um importante fator impulsionador da produção agrícola brasileira nos últimos anos

Cultivo em larga escala

Produção de mais de uma safra por ano

Compensação da redução de trabalhadores rurais





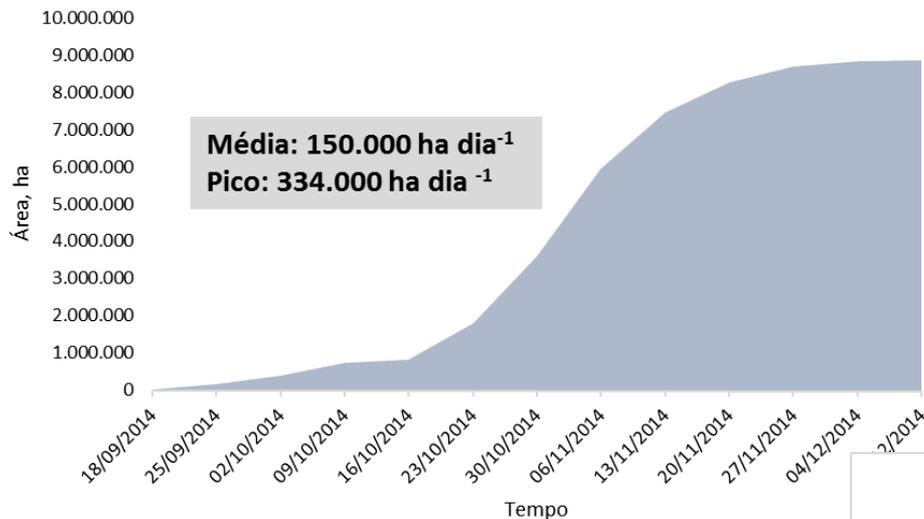
Drivers of change in global agriculture

Peter Hazell, Stanley Wood

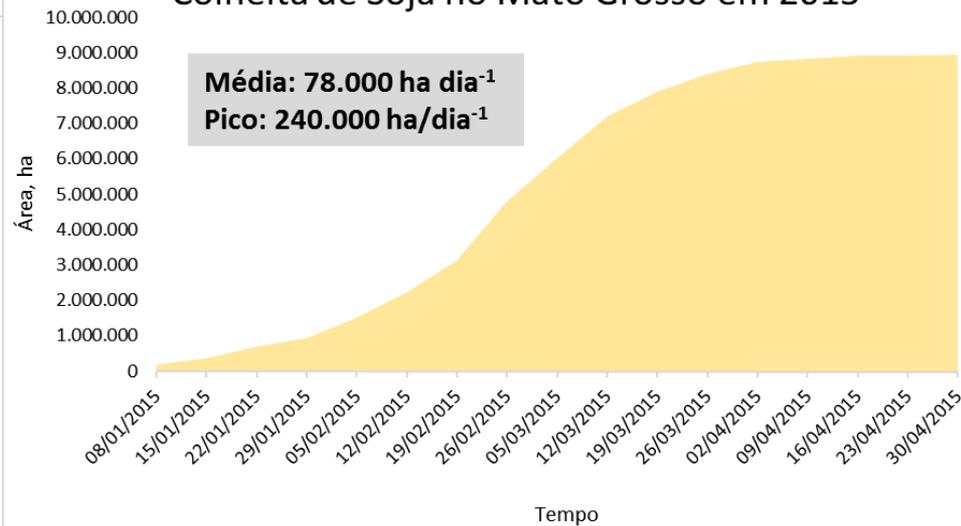
Phil. Trans. R. Soc. B 2008 363 495-515; DOI: 10.1098/rstb.2007.2166. Published 12 February 2008

Brasil

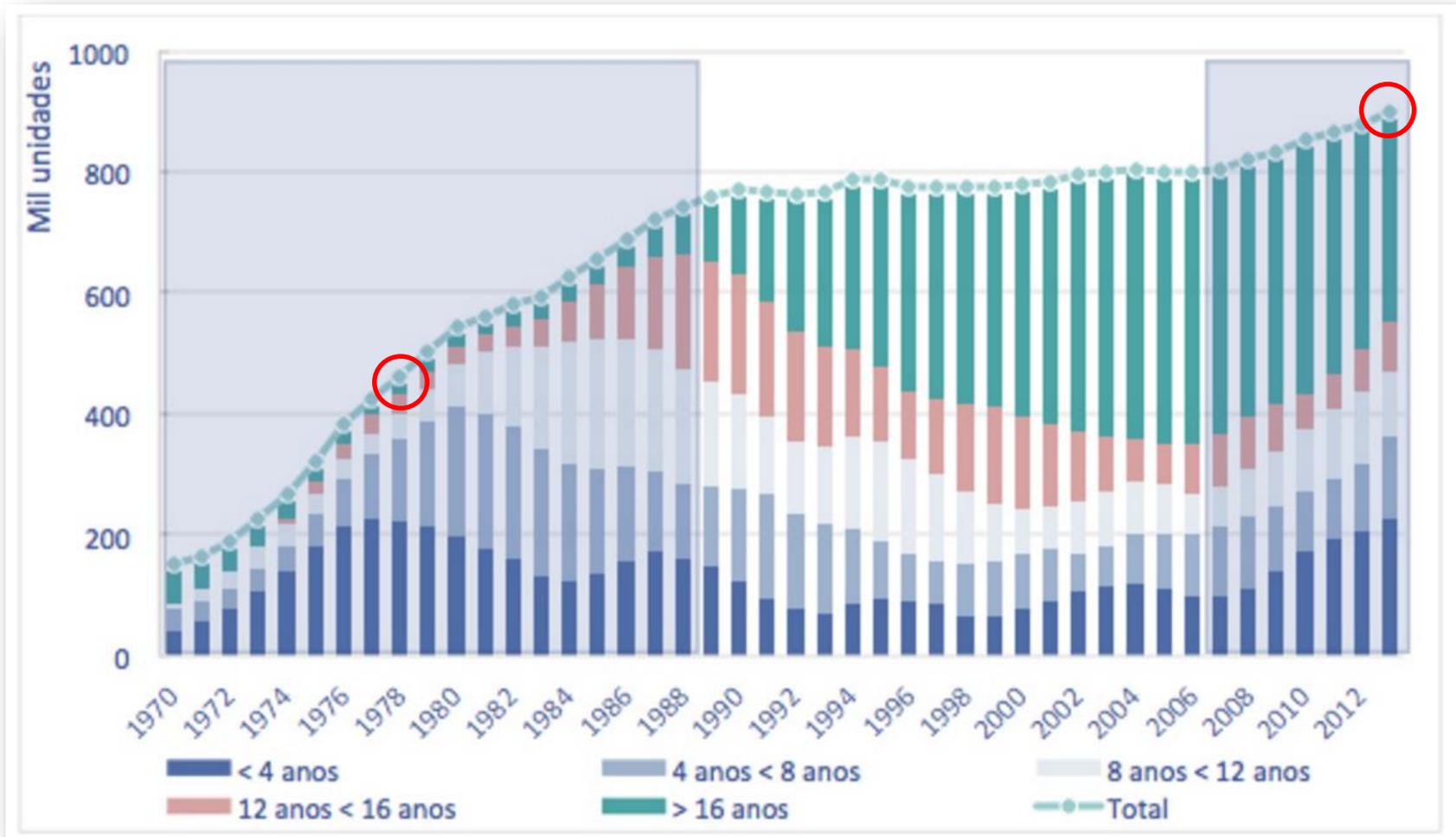
Semeadura de Soja no Mato Grosso em 2014



Colheita de Soja no Mato Grosso em 2015

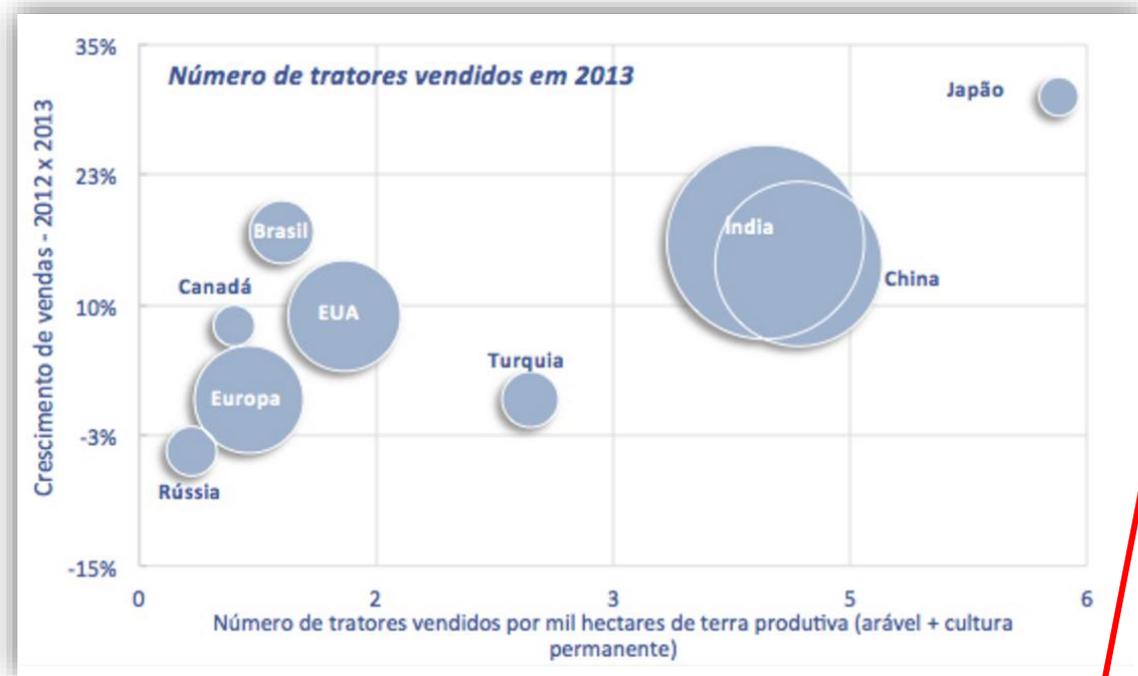


Brasil



Fonte: Céleres®, Anfavea. Elaboração: Céleres®. <http://celeres.com.br/o-setor-de-maquinas-agricolas-no-brasil-evolucao-nos-ultimos-anos-e-perspectivas/>

Brasil



Em 2013 o Brasil foi o quarto país com maior mercado de tratores agrícolas no mundo, 65 mil unidades

- 1° Índia, 619 mil unidades
- 2° China, 445 mil unidades
- 3° EUA, 202 mil unidades

Microtratores

Brasil

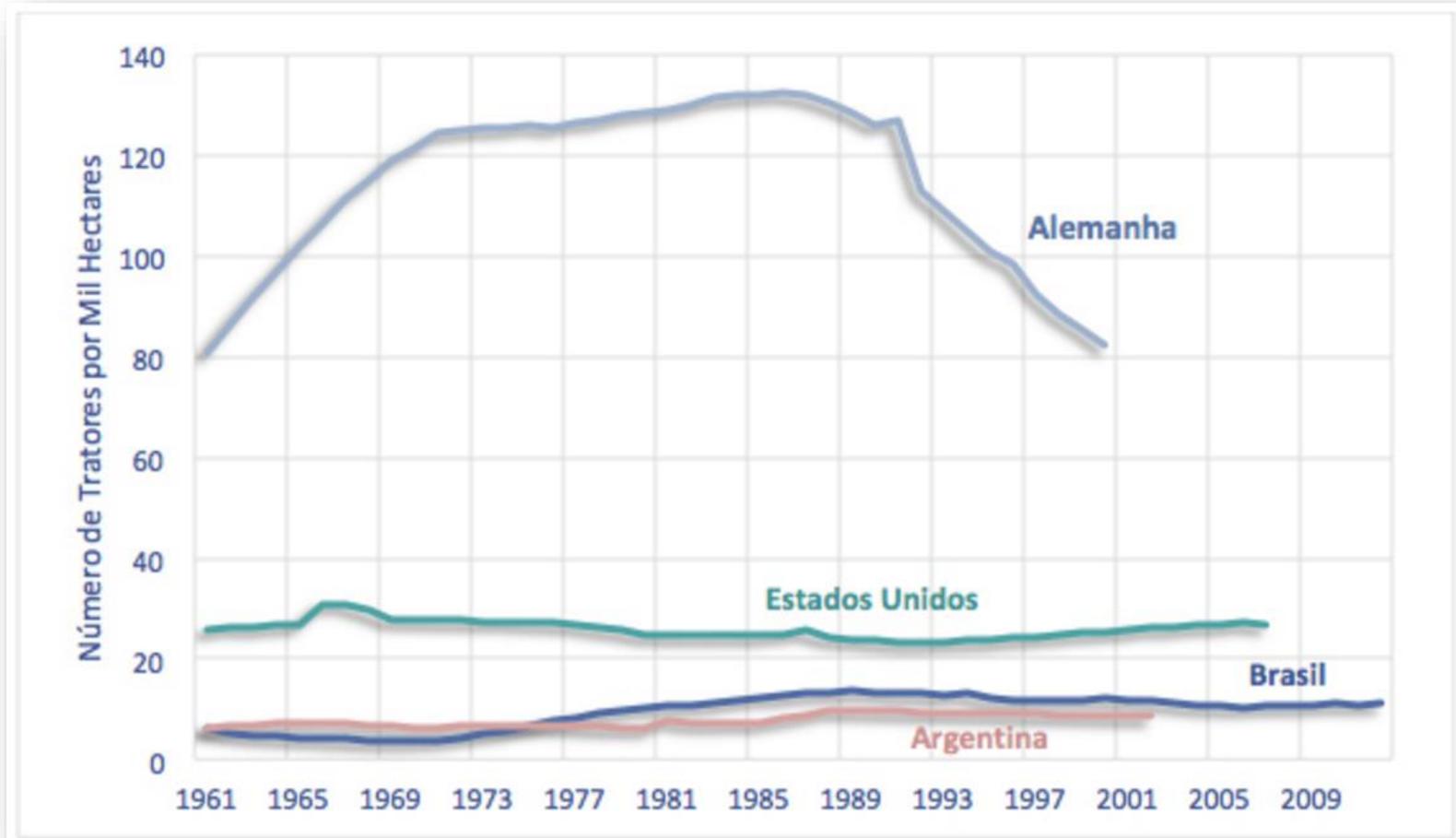


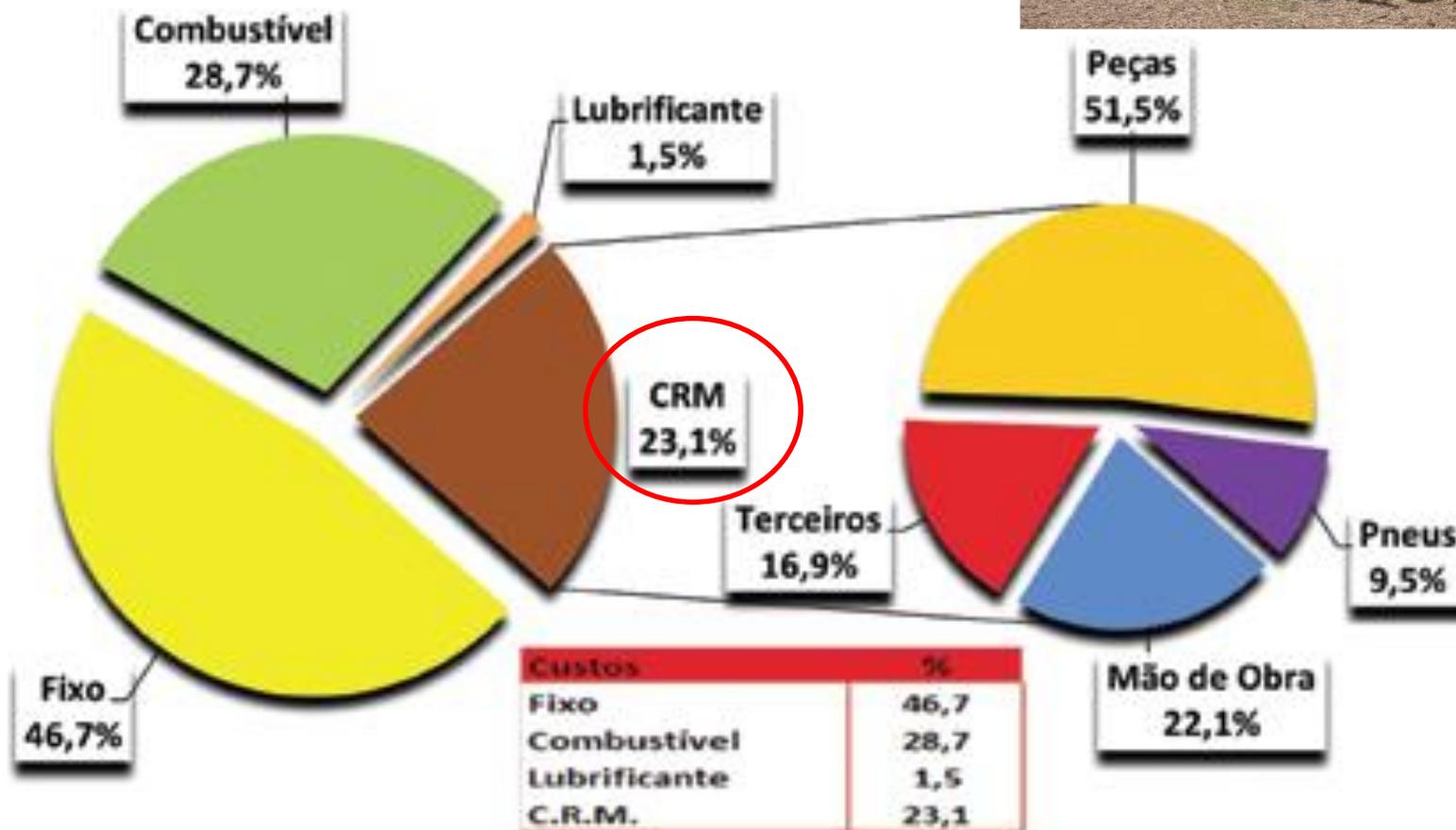
Tabela 1 – Número de amostras, área média e índice de mecanização da área agrícola total das propriedades analisadas e da cultivada com arroz, em função dos estratos aplicados.

Nº	Estratos Limites (ha)	Número de amostras	Área de arroz (AARR)			Área agrícola total (AAGT)	
			Área média (ha)	Partici- pação (%)*	Índice de mecanização (kW/ha)**	Área média (ha)	Índice de mecanização (kW/ha)**
1	1 a 15	16	8,88	75	7,82 a	11,81	5,32 a
2	16 a 30	11	17,18	73	6,18 b	23,55	4,14 b
3	31 a 45	11	28,91	74	4,47 c	39,00	3,12 c
4	46 a 90	11	56,18	90	3,97 c	62,36	3,55 d
5	91 a 130	8	77,13	67	3,55 d	115,50	2,31 e
6	131 a 180	10	94,50	64	3,34 e	147,50	1,83 f
7	181 a 400	10	136,70	59	4,97 e	233,00	1,29 g
8	>400	10	421,80	62	1,96 f	684,20	0,66 h
Total (média)		87	(105,16)	(70)	(4,53)	(164,62)	(2,78)

* Participação relativa da área cultivada com arroz, em função da área agrícola total do estrato.

** Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de comparações múltiplas de Kruskal-Wallis, ao nível de 5 % de probabilidade.

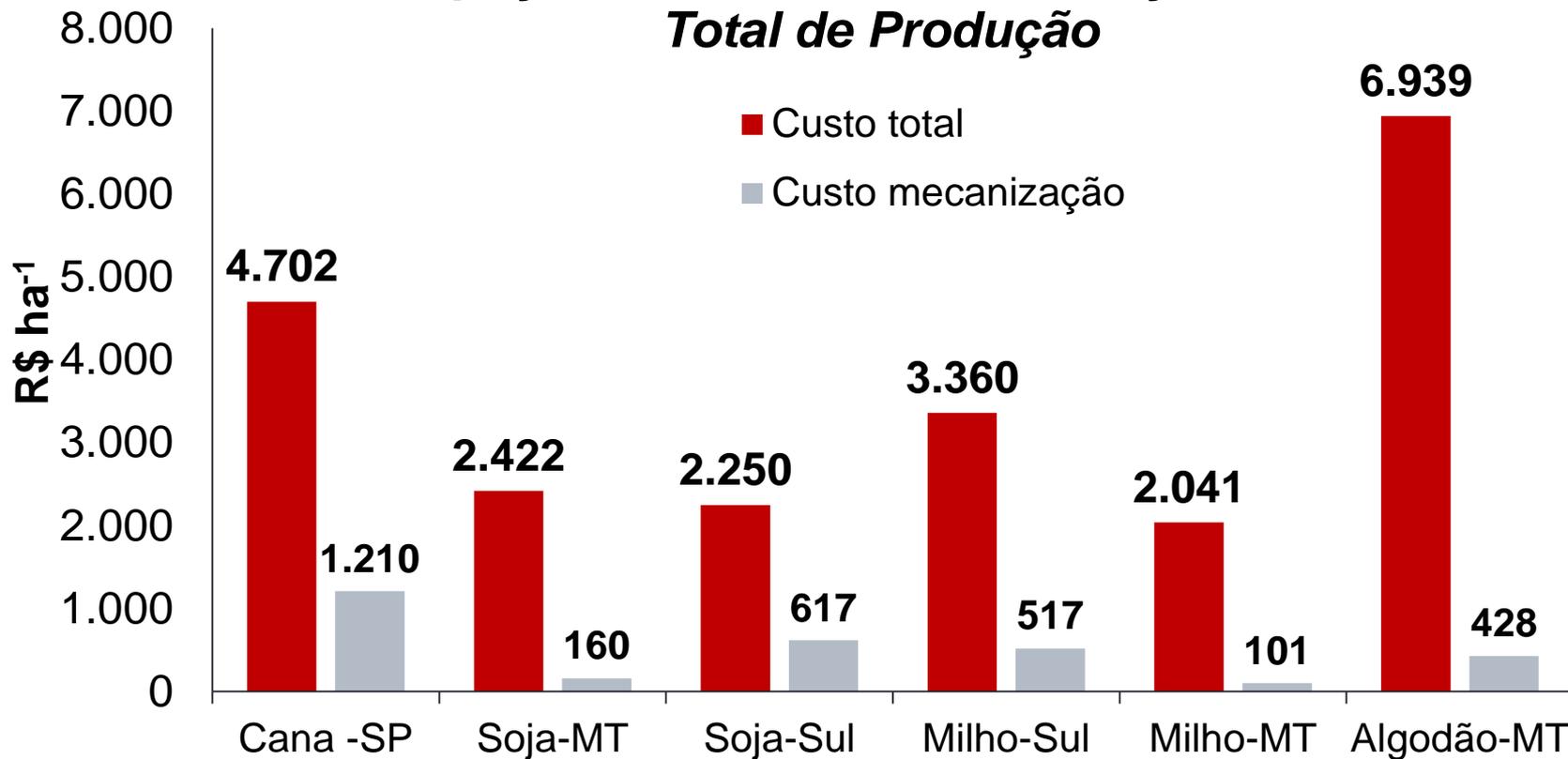
Componentes do custo



Participação de parcelas do custo da frota

Banchi et al., Revista AgriMotor - Abril/Maio 2012

Participação do Custo da Mecanização no Custo Total de Produção



Fontes: Cana-CEPEA 2013; Soja/Milho/Algodão MT - IMEA 2014; Soja/Milho Sul Epagri, 2014

Máquinas necessitam de manutenção!

- DESGASTE – o atrito entre as partes componentes do podem causar o aquecimento e o desgaste prematuro. **Lubrificantes** devem ser utilizados para proteger os componentes do desgaste e evitar o aquecimento excessivo



Máquinas necessitam de manutenção!

- PRESENÇA DE IMPUREZAS – no ar, combustível e óleo lubrificante. Levam ao mal funcionamento: entupimentos, abrasão, desgaste acentuado. **Filtros** são utilizados para evitar que impurezas atinjam componentes internos.
- CALOR – o processo de combustão gera calor que precisa ser mantido em níveis adequados para evitar quebra de componentes. O sistema de arrefecimento mantém a temperatura ótima de trabalho.



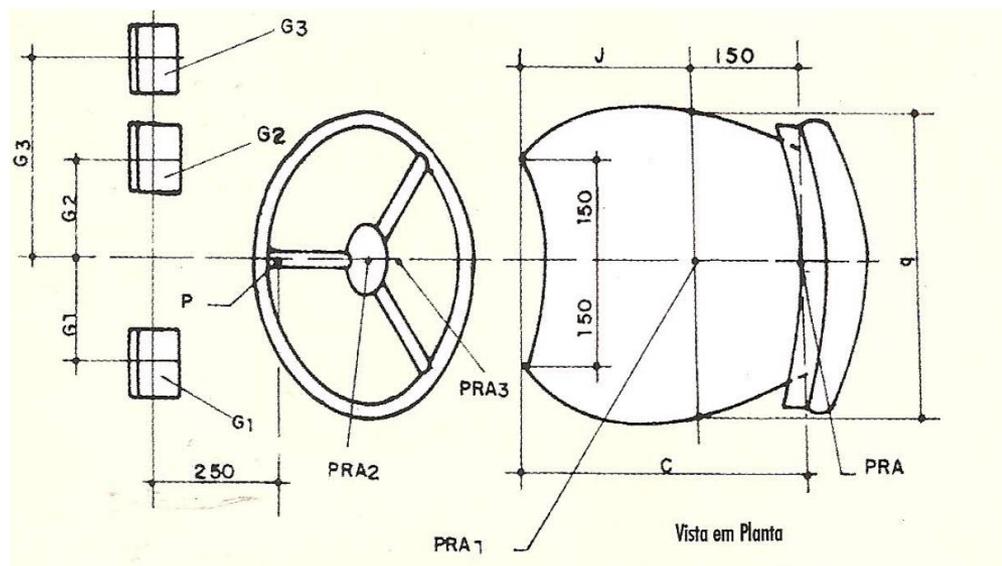
Ergonomia: Posto de Trabalho do Operador

Dimensões no posto de operação

Distância mínima entre assento e teto → 1000 mm

Distância mínima entre plano médio do assento e paredes laterais 400mm

Separação de pelo menos 50 mm entre comandos e parede lateral



Medida	Descrição	Valor (mm)	
		Mínimo	Máximo
C	Comprimento do assento	350	450
Q	Largura do assento	450	-
G1	Distância do pedal da embreagem à linha central longitudinal do trator	75	300
G2	Distância do pedal esquerdo do freio à linha central longitudinal do trator	75	-
G3	Distância do pedal direito do freio à linha central longitudinal do trator	-	300





Sintetizando

- Em pouco mais de um século, através do emprego das máquinas e de outros avanços a população global deixou de ser predominantemente rural para ser urbana e em muitos países menos de 5% da população é responsável pela produção de alimentos.
- A compreensão da mecânica envolvida no funcionamento das máquinas é necessária à plena utilização destes recursos de produção.
- As máquinas são desenvolvidas para se ajustar às condições exigidas pelas culturas mas para que seu uso seja econômico devem apresentar dimensões adequadas, opções de regulagens que permitam versatilidade e eficiência no uso da energia.
- Manutenção, ergonomia, segurança, automação... são alguns dos campos do conhecimento necessários à utilização racional das máquinas agrícolas.



FIM

Thiago L Romanelli
romanelli@usp.br