



INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE MECÂNICA E MÁQUINAS MOTORAS

LEB0332 – Mecânica e Máquinas Motoras

Prof. Leandro M. Gimenez



2016

Apresentação

Disciplinas oferecidas na área:

- **LEB 332 – Mecânica e Máquinas Motoras, Obrigatória/Todos**
- **LEB 432 – Máquinas e Implementos Agrícolas, Obrigatória/Todos**
- LEB 447 – Agricultura de Precisão, Prof. Molin
- LEB 466 – Avaliação do Desempenho de Máquinas Agrícolas, Prof. Molina
- LEB 428 – Fundamentos da Aplicação de Produtos Fitossanitários, Prof. Casimiro
- LEB 589 – Gerenciamento de Sistemas Mecanizados, Prof. Milan
- LEB 490 – Sustentabilidade Energética de Sistemas Agrícolas, Prof. Thiago
- LEB 566 – Sistemas Mecanizados Agrícolas, Profs. Leandro e Thiago

LEB 332 – Mecânica e Máquinas Motoras

• 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.

3

LEB 332 – Mecânica e Máquinas Motoras

Programação Prevista das Aulas				
Data	Aula	Prova	Assunto	Professor
15 e 16/02	1		Introdução ao Estudo de Mecânica e Máquinas Motoras	Leandro
22 e 23/02	2	1	Conceitos Fundamentais de Mecânica	Molina
29/02 e 01/03	3	2	Elementos de Máquinas e Mecanismos	Molin
07 e 08/03	4	3	Introdução ao Estudo de Tratores	Molin
14 e 15/03	5	4	Motores de Combustão Interna I	Thiago
21 e 22/03			<i>Semana Santa - Não haverá Aula</i>	
28 e 29/03	6	5	Motores de Combustão Interna II	Thiago
04 e 05/04	7	6	Motores de Combustão Interna III	Molina
11 e 12/04	8	7	Transmissão I	Casimiro
18 e 19/04	9	8	Transmissão II	Casimiro
25 e 26/04	10	9	Sistemas Hidráulicos	Molina
02 e 03/05	11	10	Ergonomia e Segurança de Máquinas Agrícolas	Leandro
09 e 10/05	12	11	Automação em tratores	Molin
16 e 17/05	13	12	Características de Desempenho de Tratores Agrícolas	Molina
23 e 24/05	14	13	Manutenção de Máquinas Agrícolas	Leandro
30 e 31/05	15	14	Preparo do Trator	Casimiro
06 e 07/06	16	15	Manejo de Tratores Agrícolas	Casimiro
13 e 14/06	17	16	Prova referente ao conteúdo da 16ª aula	Leandro

4

LEB 332 – Mecânica e Máquinas Motoras

- Sistema de Avaliação
 - PROVAS SEMANAIS na aula seguinte ao tema dado com duração máxima de 20 minutos;
 - DESCARTE DE 20% (vinte por cento) das piores notas, obtendo-se a média aritmética das notas restantes, incluindo-se nesse percentual as notas atribuídas às ausências nas avaliações;
 - Será aprovado, com direito aos créditos correspondentes, o aluno que obtiver nota final igual ou superior a cinco (5,0) e tenha, no mínimo, setenta por cento (70%) de frequência na disciplina (art. 84, RG);
 - A verificação da presença será realizada por meio de lista e/ou chamada oral e/ou outro método, a critério do professor. Não existe abono de faltas.

5

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. PRAZO MÁXIMO PARA A TROCA: 8 DE MARÇO de 2016 (Segunda feira)
- Será atribuída a falta na aula e a nota 0,0 (zero) na avaliação ao aluno que não estiver na sua respectiva turma.
- Coord: Prof. Leandro Gimenez, Imgimenez@usp.br

6

Material para Estudo

- <http://www.leb.esalq.usp.br/aulas.html>
- Na pasta LEB 332 há pastas de cada professor

7

Porque esta disciplina é obrigatória...

- Porque utilizar máquinas?
- Como as máquinas funcionam?
- Quais são os principais tipos de máquinas agrícolas?
- As máquinas estão sendo utilizadas adequadamente?
- Qual o número e tipos de máquinas adequado à determinado sistema de produção?
- Como mensurar o desempenho dos tratores?
- Quais manutenções devem ser realizadas?
- Que características das máquinas são importantes para o operador?
- O investimento em uma nova máquina se justifica?

8

Mecanização Agrícola

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

Objetivos

Redução do desgaste do trabalhador
Elevação da produtividade do trabalhador
Melhora na qualidade das operações
Completar tarefas em curto período

Operação Agrícola

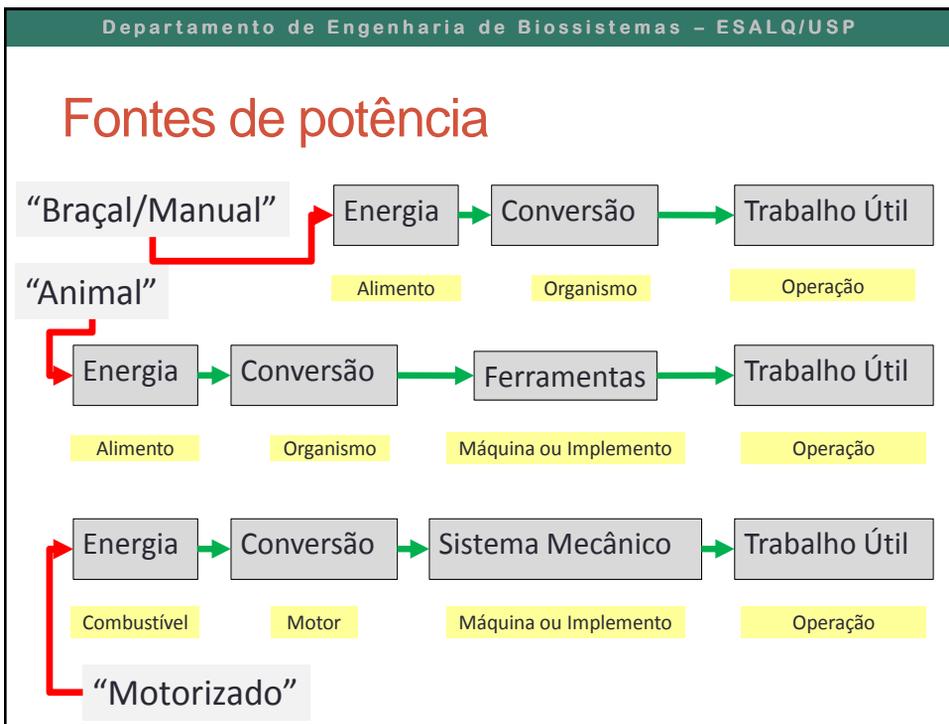
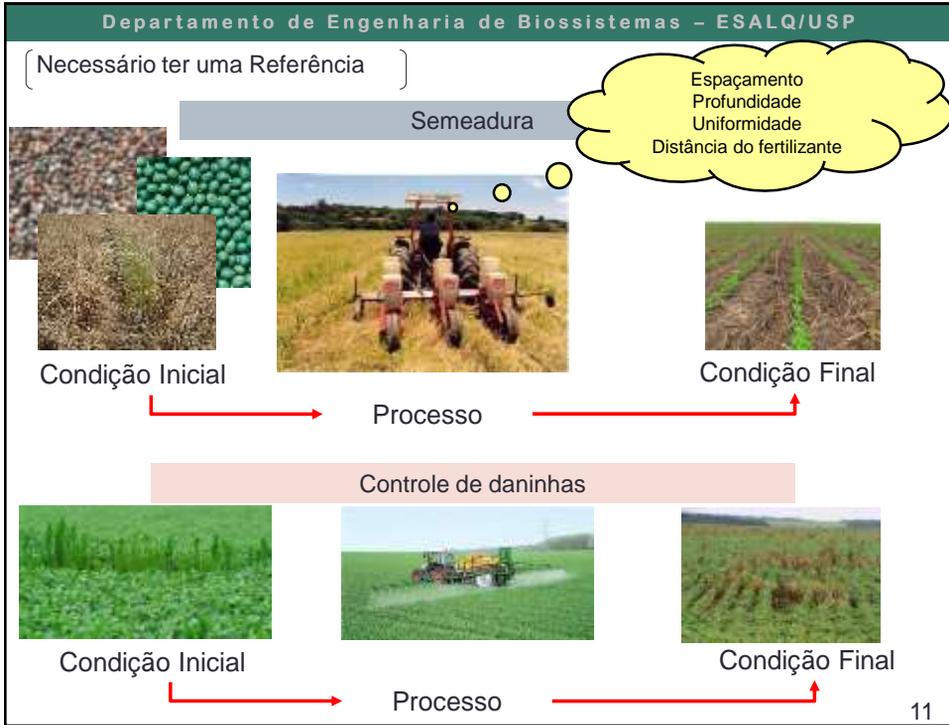
Etapa do processo de produção composta por um conjunto de atividades ou sub processos que se desencadeiam desde uma **condição inicial** para atingir uma **condição final desejada**

Necessário ter uma Referência



Semeadura → Controle de daninhas → Adubação → Colheita





Uso da energia mecânica

OPERAÇÃO
MANUAL



OPERAÇÃO
SEMI-MECANIZADA



OPERAÇÃO
MECANIZADA



13



Departamento de Engenharia de Biosistemas – ESALQ/USP



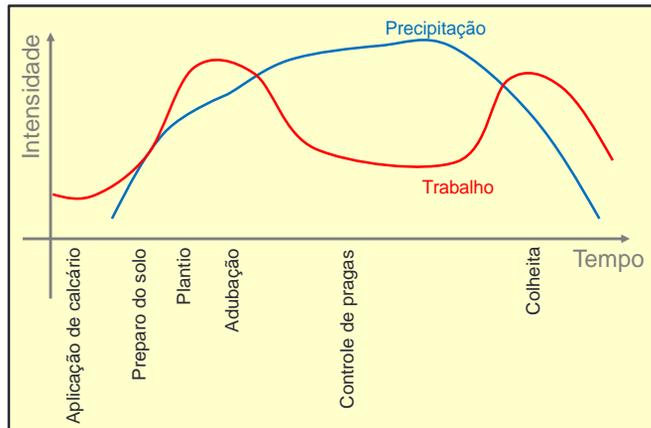
15

Departamento de Engenharia de Biosistemas – ESALQ/USP



16

Intensidade de trabalho e pontualidade



Intensidade de trabalho

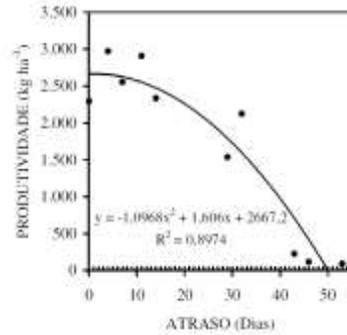
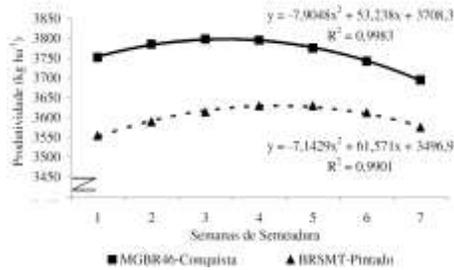
Meses e área a ser trabalhada em hectares

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cultura A - 100% da área*	50	50	100	100	50	50	100					
Cultura B - 100% da área								100	100	100	100	100
Rotação de Culturas: A 50% + B 50%	25	25	50	50	25	25	50	50	50	50	50	50

*Área total = 100 ha



Pontualidade



MATOS, M. A.; SALVI, J.V.; MILAN, M. Pontualidade na operação de semeadura e a antecipação da adubação e suas influências na receita líquida da cultura da soja. *Eng. Agric.* [online]. 2006, vol.26, n.2 [cited 2016-02-12], pp. 493-501. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162006000200018&lng=en&nrm=iso

BORGES, I. O.; MACIEL, A. J. S.; MILAN, M. Programa computacional para o dimensionamento de colhedoras considerando a pontualidade na colheita de soja. *Eng. Agric.* [online]. 2006, vol.26, n.1 [cited 2016-02-12], pp. 131-141. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162006000100015&lng=en&nrm=iso

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

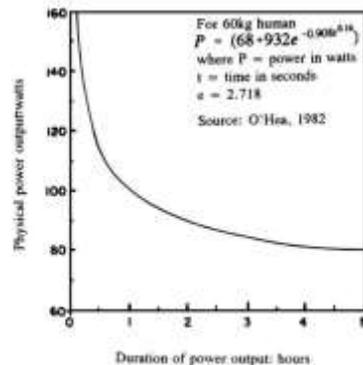


Figure 1.1. Sustainable Physical or Power Output by Human (from, p. 2).

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.



Homem
75 W



Microtrator
13.000 W

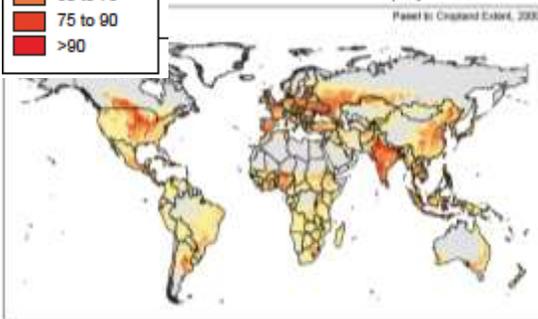
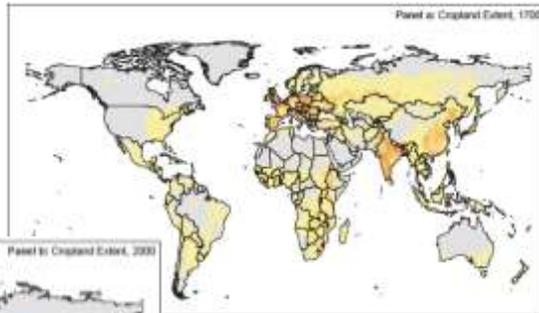
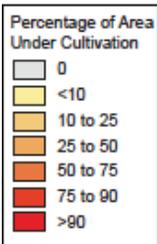


Cavalo
300 W



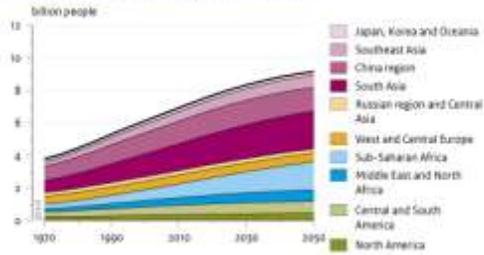
Trator
368.000 W

Área cultivada

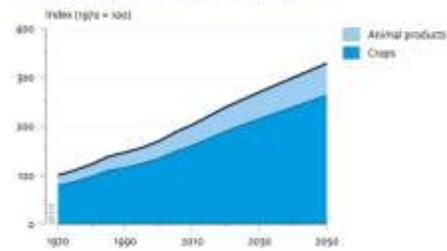


The changing global landscape of crop production, 1700 to 2000, Alston, Babcock, and Pardey ,(2010)
http://www.card.iastate.edu/books/shifting_patterns/

Global population per region in the Trend scenario



Global agricultural production in the Trend scenario



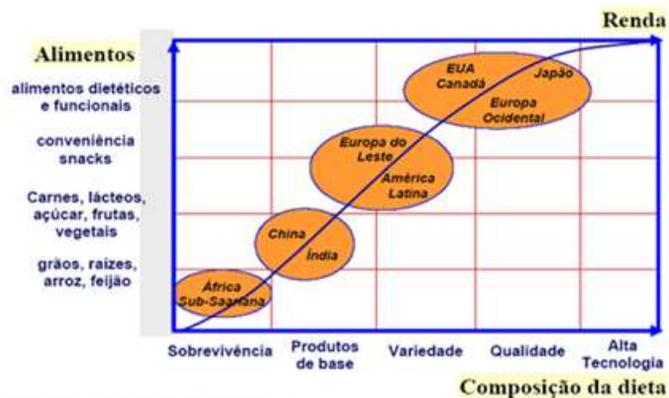
Perspectivas do crescimento da população

	2005 bilhões	2030 bilhões	Dif. %
Ásia	3,868	4,887	26,3
África	0,838	1,398	66,8
América Latina	0,565	0,711	25,8
América Norte	0,337	0,408	21,0
Europa	0,773	0,685	- 11,3
Oceania	0,065	0,041	- 36,9
MUNDO	6,446	8,130	26,1

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

25



26

Histórico

1800



Pré 1800



27

Histórico

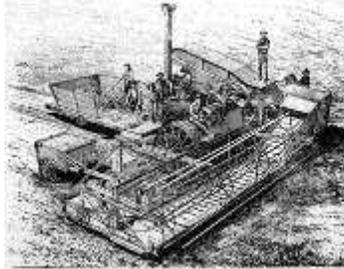
1820 - 1850



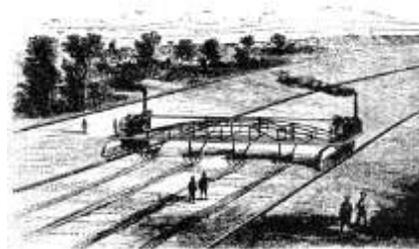
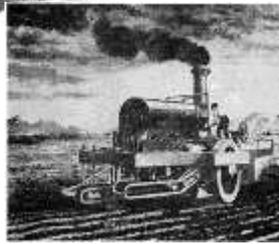
28

Histórico

1860



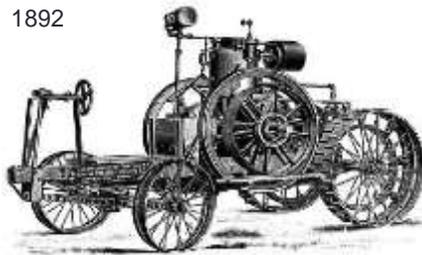
George Stockton Berry's "Believe-It-Or-Not" 1886-91 straw-burning self-propelled steam combine.



29

Histórico

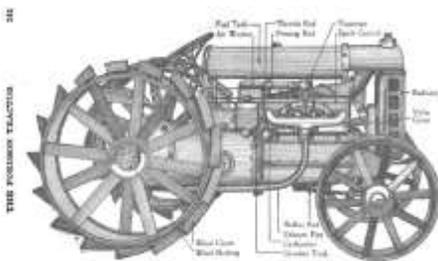
1892



1930



1940



1916



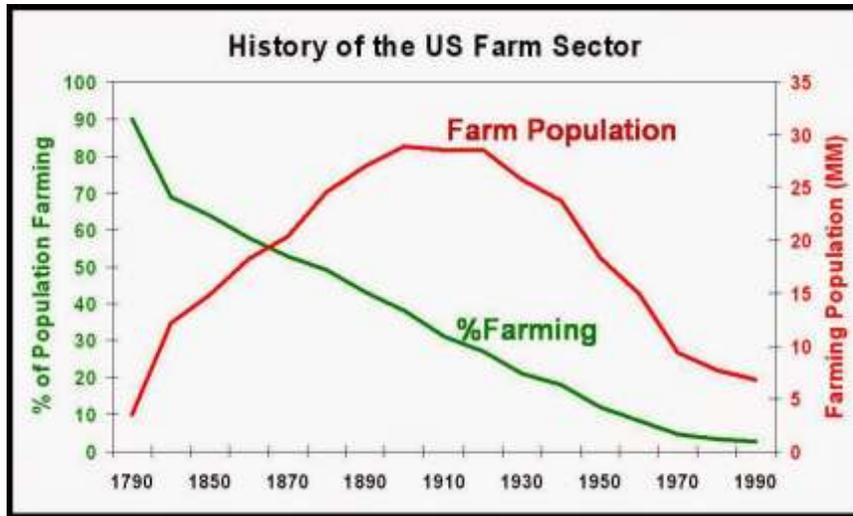
Figure 322—The Portable Tractor.

Histórico

2000

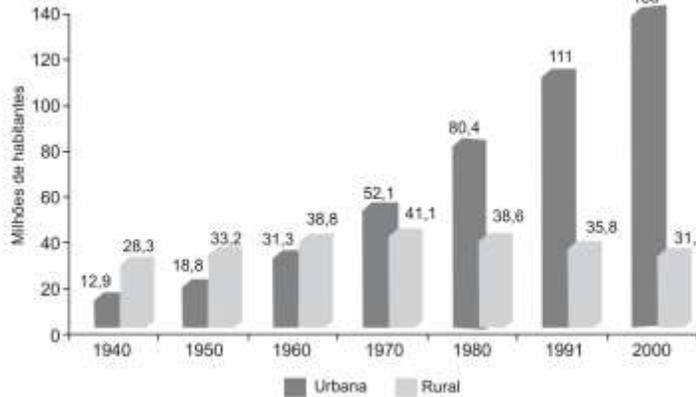


31



32

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.

33

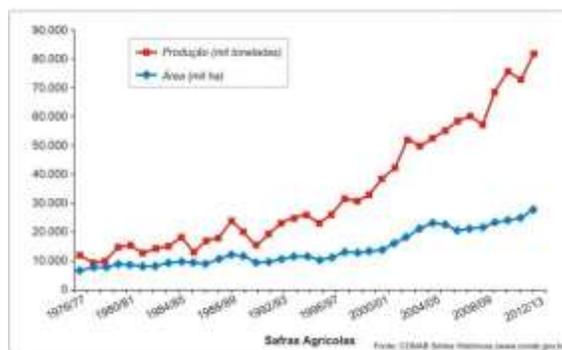
Brasil

- O uso de máquinas é um dos principais fatores que ajudaram a impulsionar a produção agrícola brasileira nos últimos anos

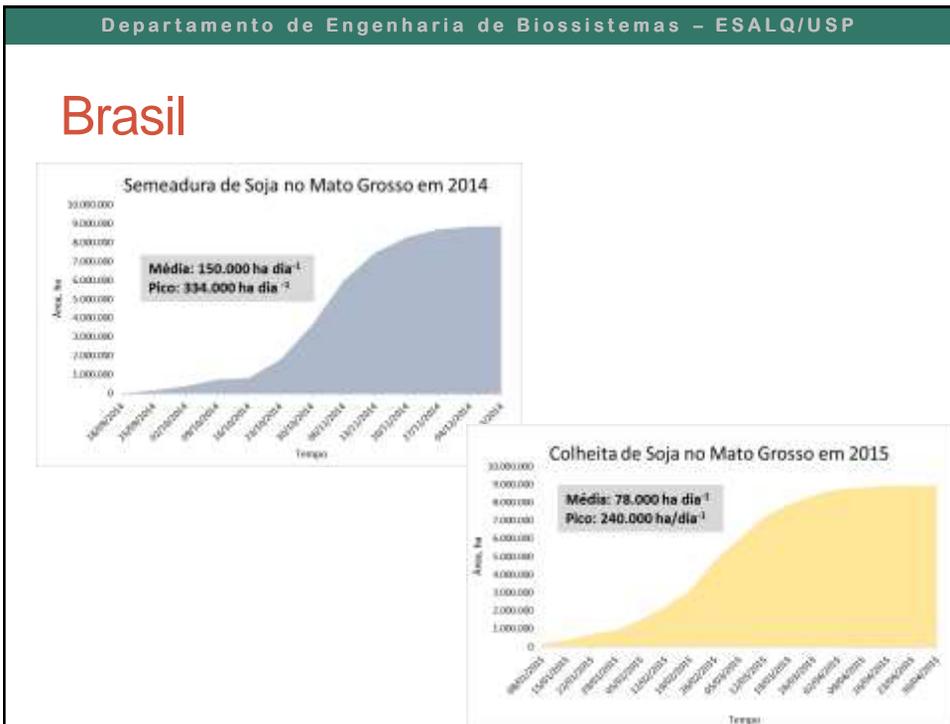
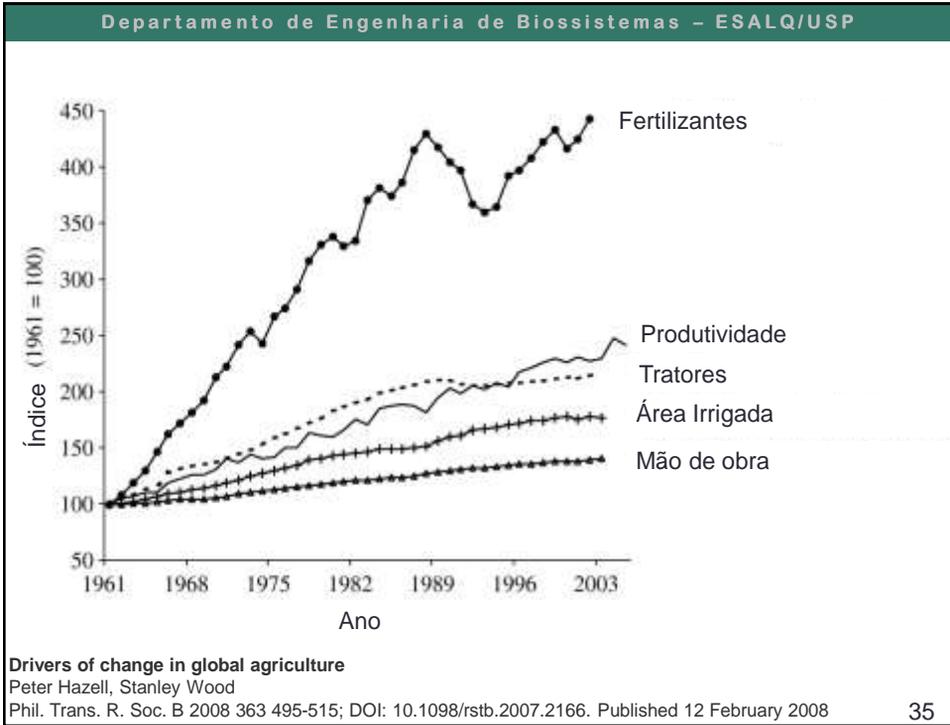
Cultivo em larga escala

Produção de mais de uma safra por ano

Compensação da redução de trabalhadores rurais



34

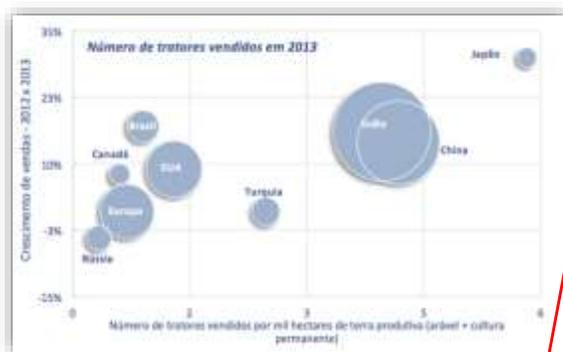


Brasil



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

Brasil



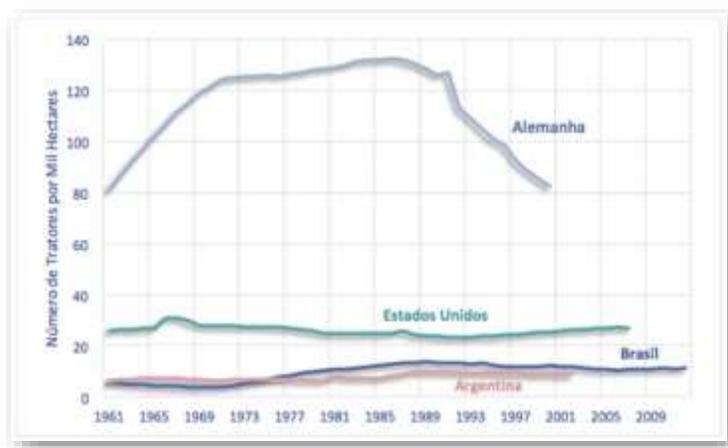
Em 2013 o Brasil foi o quarto país com maior mercado de tratores agrícolas no mundo, 65 mil unidades

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

Microtratores

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

Brasil



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

39

Índice de mecanização de propriedades orizícolas no Rio Grande do Sul, Brasil.

793

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)

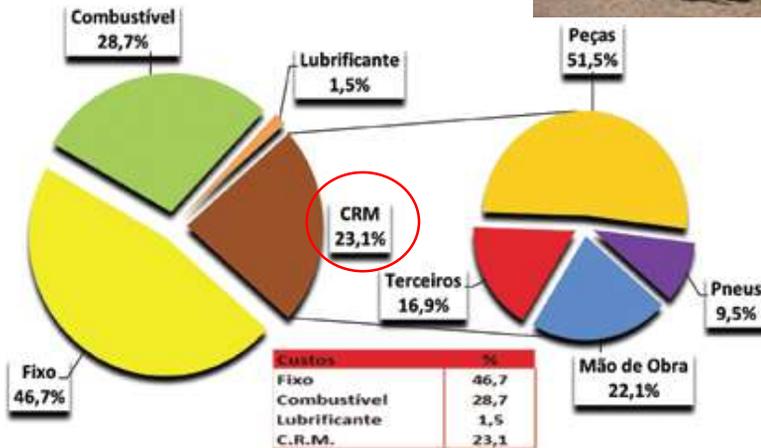
* Participação relativa da área cultivada com arroz, em função da área agrícola total do estrato.

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

SCHLOSSER, et al. Índice de mecanização de propriedades orizícolas no Rio Grande do Sul, Brasil. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 791-794, June 2004. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782004000300021&lng=en&nrm=iso

40

Componentes do custo



Participação de parcelas do custo da frota

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

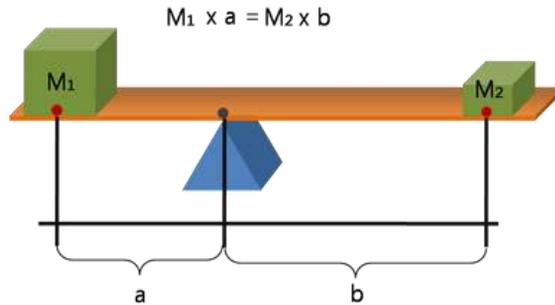
41

Mecânica

42

Mecânica

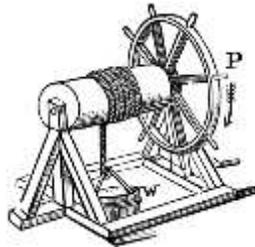
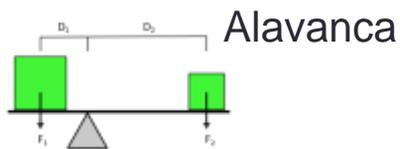
- Em latim *mechanica*: a arte de construir uma máquina



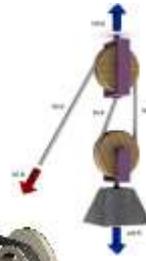
Parte da física que estuda o comportamento de sistemas submetidos à ação de uma ou mais forças

43

Mecânica



Roda com eixo



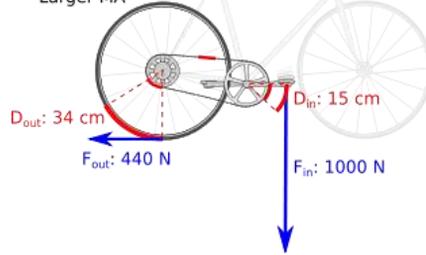
Polia e Engrenagens

44

Mecânica

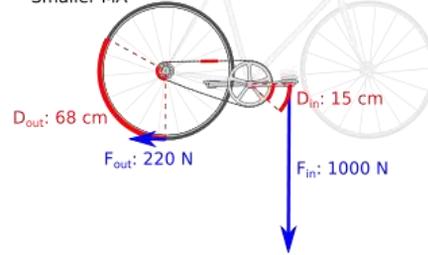
Low gear

Smaller $R_{\text{front gear}}/R_{\text{back gear}}$
Larger $F_{\text{out}}/F_{\text{in}}$
Smaller $D_{\text{out}}/D_{\text{in}}$
Larger MA



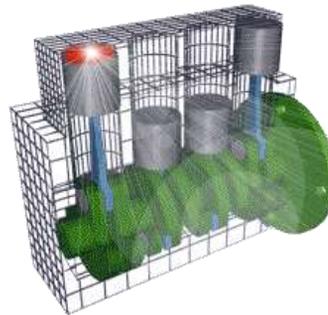
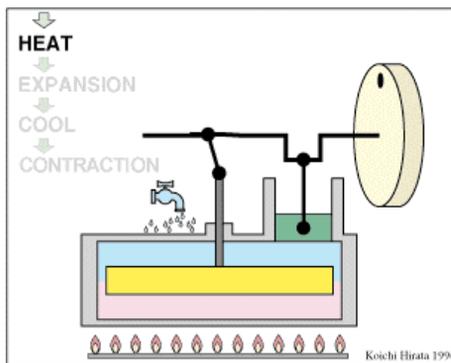
High gear

Larger $R_{\text{front gear}}/R_{\text{back gear}}$
Smaller $F_{\text{out}}/F_{\text{in}}$
Larger $D_{\text{out}}/D_{\text{in}}$
Smaller MA



45

Motor



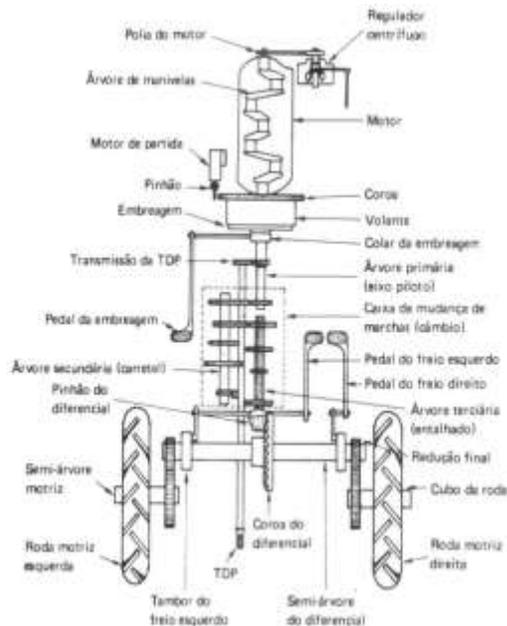
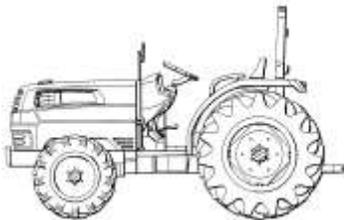
46

Análise funcional das máquinas

- Máquina → coleção ou sistema composto por diversos subsistemas
- As máquinas agrícolas podem ser subdivididas em dois subsistemas
 - Sistema de apoio
 - Subssistemas: suporte, fonte de potência, transmissão
 - *Auxiliam o sistema de processamento*
 - Sistema de processamento
 - *Efetivamente realizam as funções para as quais a máquina se faz necessária*

47

Máquina Motora



48

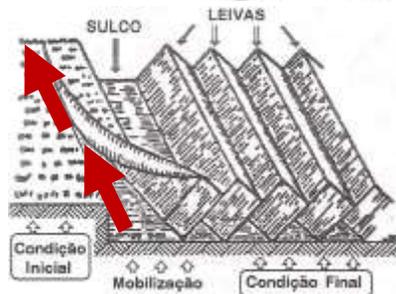
Máquina Motora

Acionamento e tracionamento com trator



49

Processos



50



Arado de Aivecas

Corte

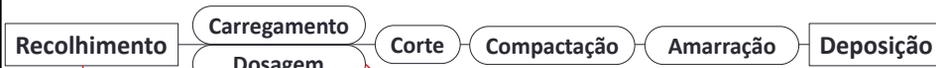
Elevação
Rotação

Deposição





Enfardadora de Feno

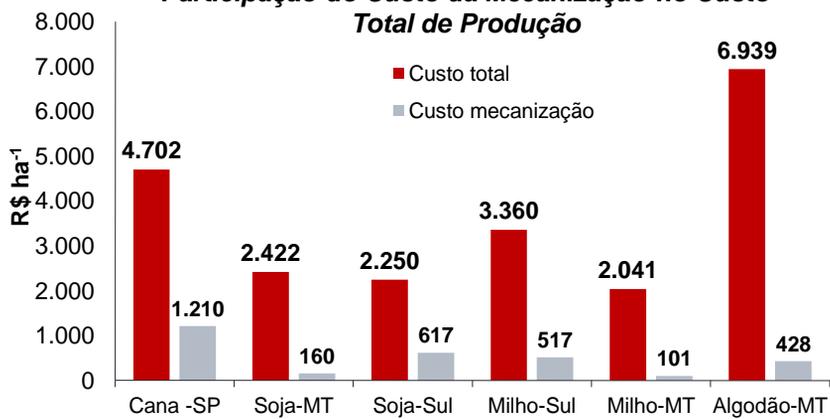


Fora da máquina

No interior da máquina

53

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

54

Porque é necessária a 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



55

Porque é necessária a 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.



56

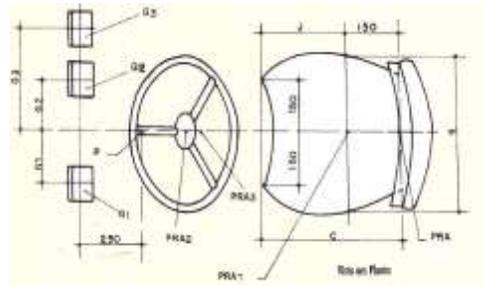
Posto de Trabalho do Operador

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	300	450
G	Largura do assento	450	-
G1	Distância do pedal de embreagem à linha central longitudinal do trator	75	300
G2	Distância do pedal superior de freio à linha central longitudinal do trator	75	-
G3	Distância do pedal inferior de freio à linha central longitudinal do trator	-	300

57





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.
- 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 no uso e eficiência no uso da energia.
- No estudo das máquinas agrícolas é conveniente que se subdividam as mesmas em subsistemas, que operam em conjunto para a realização da ação desejada.
- A compreensão da mecânica envolvida no funcionamento das máquinas é necessária à plena utilização destes recursos de produção



FIM

Leandro M. Gimenez

lmgimenez@usp.br