

LEB244 – Recursos Energéticos e Ambiente

Fluxos de energia

Prof. Thiago Romanelli

Fluxos de energia
ou
Balanço de energia?

Balanço de energia

- Visa estabelecer os fluxos de energia, identificando sua demanda total, a eficiência energética refletida pelo ganho líquido de energia e pela relação entre energia produzida pela energia empregada. (Hetz, 1994)

Fluxos de energia

- a) Fluxo externo ou energia inserida num sistema

Energia direta (E Dir):

Energia biológica (E Bio): trabalho humano e animal.

Energia fóssil (E Fos): combustíveis, lubrificantes etc.

Energia hidroelétrica (E EI)

Energia Indireta (E Ind): energia para construção de imóveis, equipamentos, e é estimada pela depreciação energética.

Fluxos de energia

- b) Fluxo interno ou energia convertida em processos

Energia origem agrícola (E Agric) e contida nas pastagens (E Past):

Energia alimentar à alimentação humana (EAH)

Energia alimentar à alimentação animal (EAAa)

Energia destinada à combustíveis sólidos (ECS)

Energia destinada à combustíveis líquidos (ECL)

Energia contida nas fibras têxteis (E Fi)

Energia contida nos resíduos agrícolas (ERA)

Fluxos de energia

- Energia solar

Não entra no cálculo do balanço energético, pois se não utilizada é desperdiçada, além de ser gratuita.

IFIAS (1974), citado por Pellizzi (1992)

Cana-de-açúcar -> eficiência fotossintética de 1,6%

Recebe 3250 EBP/km².dia

Fixa 52 EBP/km².dia

Somente 6,8 EBP/km².dia em açúcar ou álcool

Rosa (1977)

Fonte: Castanho F^o & Chabariberi (1983)

Metodologia de conversão energética

Energia incorporada de insumos agrícolas		
Tipo de insumo (unidade)	MJ unidade ⁻¹	Fonte
Fertilizantes (kg)		
N	56,3	IPT (1985)
P ₂ O ₅	7,5	IPT (1985)
K ₂ O	7,0	Lockeretz (1980)
Calcário (kg)	1,7	Pimentel (1980)
Defensivos* (kg)		
Herbicida	355,6	Seabra (2008)
Inseticida	358,0	Seabra (2008)
Fungicida	115,1	Pimentel (1980)
Sementes (kg)	10,5	Pelizzi (1992)
Diesel (L)	45,7	Boustead e Hancock (1979)
Maquinário (kg)		
Tratores	14,6	Doering III (1980)
Colhedora de forragem	13,0	Doering III (1980)
Arado	8,6	Doering III (1980)
Grade	8,3	Doering III (1980)
Semeadora	8,6	Doering III (1980)

Energia incorporada em máquinas

Indicador	Unidade	Com pneus	Com esteira metálica
EEIL ¹	MJ h ⁻¹	138.8	159.8
EEIM ²	MJ kg ⁻¹	202.6	204.3
EEIE ³	MJ kW ⁻¹	11,584.2	13,336.5

Dados usuais: 75-81 MJ/kg

Metodologia de conversão energética

FATORES DE CONVERSÃO PARA DEFENSIVOS	
Princípio	kcal/kg
Diuron	65607,1
Atrazina	45004,8
Trifluralina	36065,9
Paraquat	109799,2
2,4 – D	20793,5
2,4,5 – T	32265,8
Dicamba	70506,7
Glifosate	108508,6
Diquat	95602,3
Captan	27485,7
Carbofuran	108508,6

Balanço energético da cultura do milho para diferentes tipos de tração, Estado de São Paulo, 1981/82.

Item	Tração					
	Tração animal		mecanizada-animal		Tração mecanizada	
	kcal/ha	%	kcal/ha	%	kcal/ha	%
Mão-de-obra	69.888,0	6,0	51.324,0	3,7	11.802,0	0,8
Alimentação Animal	233.160,0	19,2	27.440,0	2,0	-	-
Semente	68.012,4	5,8	71.008,0	5,1	72.632,2	4,6
Adubo cobertura (SA)	693.750,0	59,6	333.000,0	23,9	333.000,0	21,0
Formulado (04-14-08)	105.228,0	9,0	192.918,0	13,8	236.763,0	14,9
Combustível e lubrificantes	-	-	693.120,0	49,9	904.305,0	57,1
Depreciação máquinas e equipamentos	4.505,75	0,4	21.757,9	1,6	25.416,6	1,6
Total Energia Injetada	1.164.544,2		1.390.568,7		1.583.918,8	
Energia Produzida	7.364.400,0		9.747.000,0		10.830.000,0	
Balanço Energético	6.199.855,8	5,32	8.356.431,3	6,01	9.246.081,2	5,84

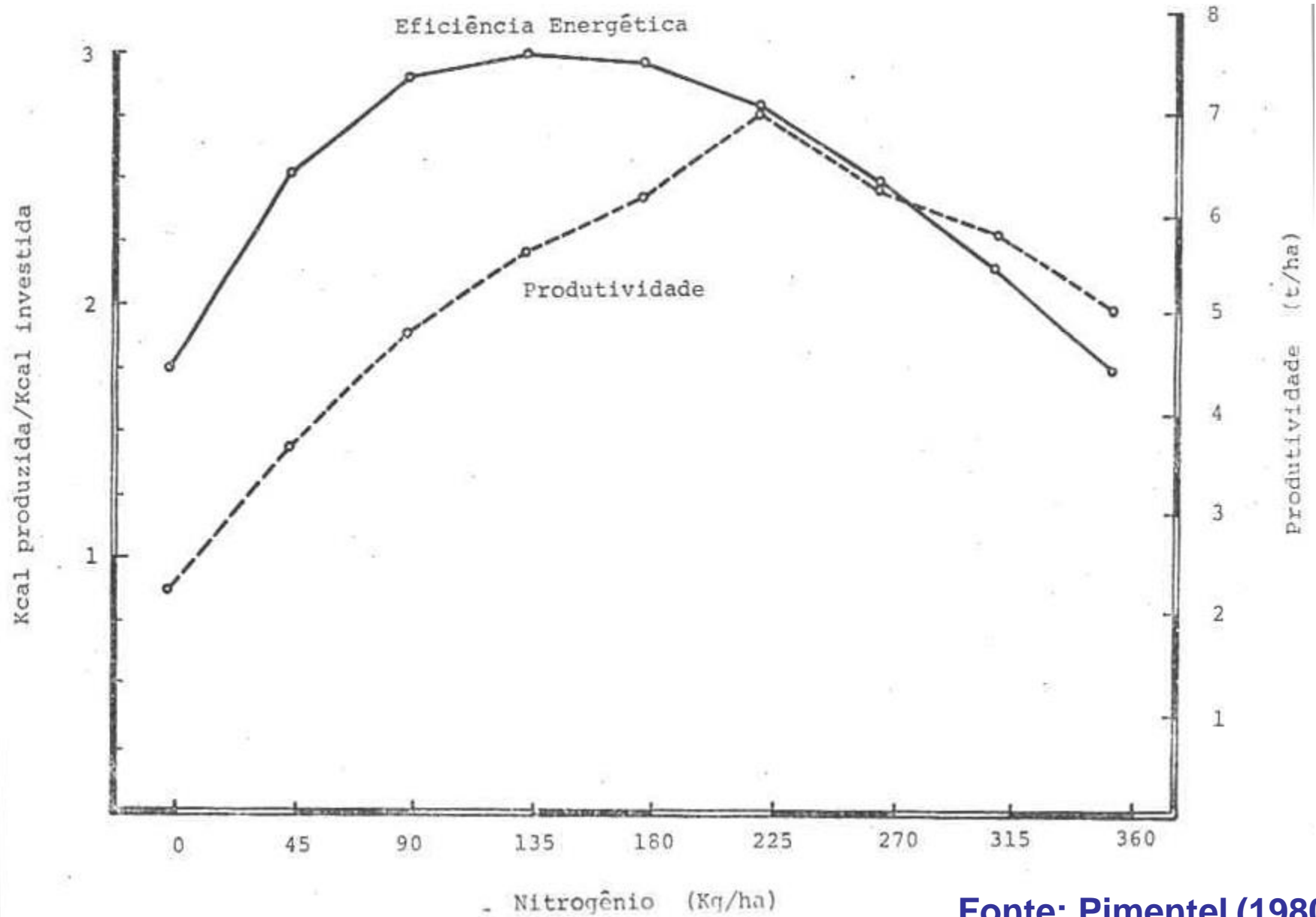
Fonte: Silva et al. (1987)

Balanço energético da cultura de feijão guandú em diferentes épocas em Hong Kong.

	1930	1950	1970
Item	Input (GJ/ha)		
Defensivos	-	-	20.95
Trabalho animal	2.33	-	-
Trabalho humano	1.39	8.96	2.37
Irrigação	-	6.09	6.09
Administração e extensão	-	2.51	2.51
Ferramentas	0.12	0.12	0.12
Transporte	-	4.56	9.43
Fertilizantes	-	-	68.08
Sementes	0.66	0.66	0.66
Input total	4.50	22.90	110.21
Output líquido	2.88	16.80	13.33
Balanço energético	0.64	0.79	0.12

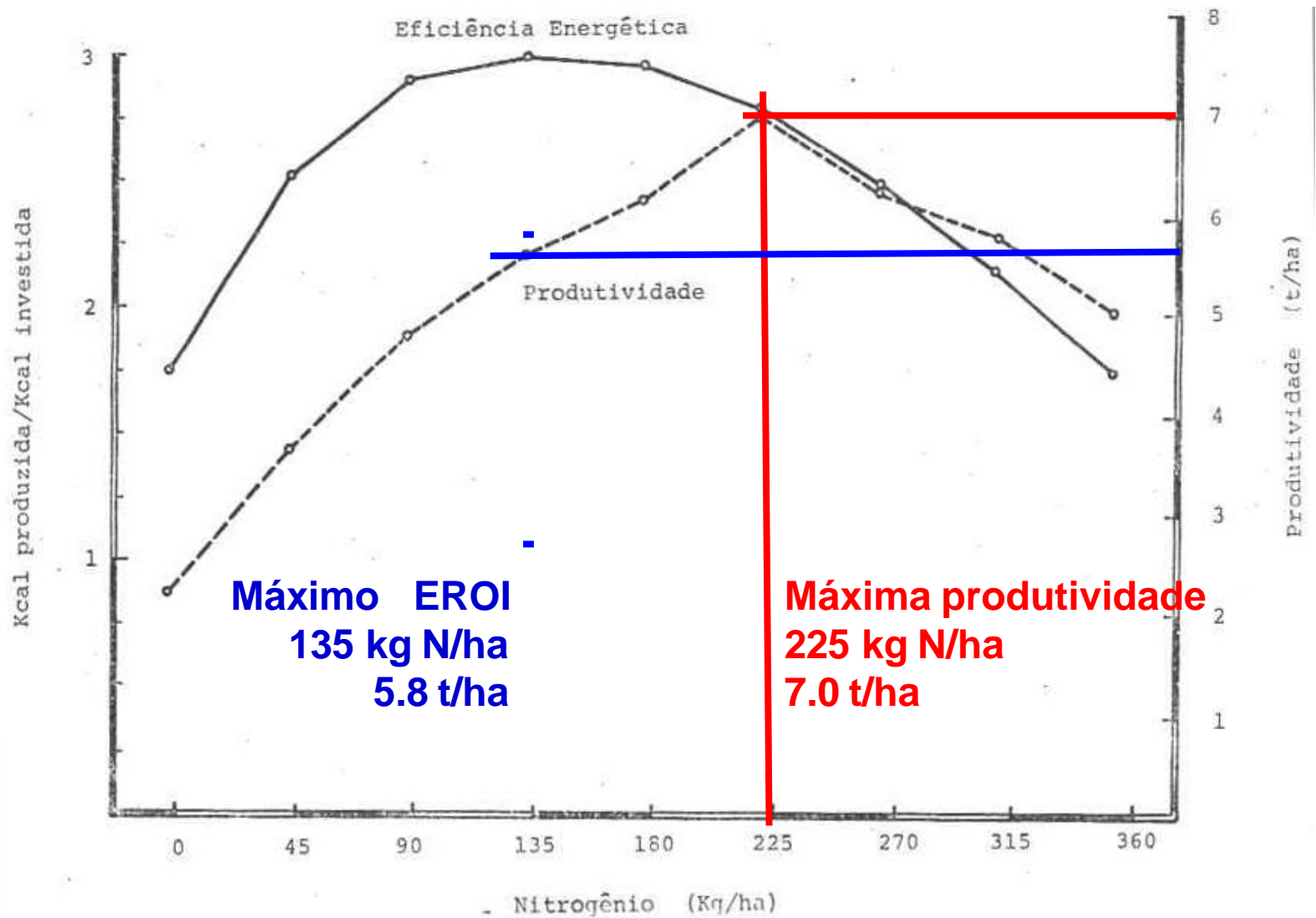
Fonte: Newcombe (1976)

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E PRODUTIVIDADE



Fonte: Pimentel (1980)

Fonte de energia vs Fonte de alimento



Fonte: Pimentel (1980)

Como avaliar a eficiência energética da fonte de energia do seu grupo?

O que é a incorporação de energia?

Cadeia do biodiesel

Tabela 6.4 - Fluxos de materiais e de energia da extração do óleo com hexano e etanol

Item	Entrada	Unid.	Fluxo de materiais		EI	Fluxo de energia	
			Extração Hexano	Extração Etanol		Extração Hexano	Extração Etanol
			Quant.	Quant.		MJ	MJ
6	Soja laminada	kg	4944,00	4979,00	9,72 ^d	48056,00	48396,00
7	Eletricidade	kWh	130,70 ^a	15,70	15,00 ^c	1960,50	235,50
8	Vapor	kg	1639,92 ^a		4,49 ^c	7363,24	
9	Hexano	kg	9,99 ^a		48,60 ^c	485,41	
10	Etanol	L		9957,20	2,44 ^e		24295,52
11	Água	m ³	0,02 ^a	0,12	2,37 ^c	0,05	0,28
12	Filtro	kg		19,92	29,00		577,19
	Energia total					57865,30	73504,49
	Saída						
13	Óleo degomado	kg	1000,00				
14	Miscela	kg		1000,00			
15	Farelo	kg	3911,00 [*]	3938,00 ^{**}	15,4 ^b	60229,40	60645,20
	Energia de saída					60229,40	60645,20

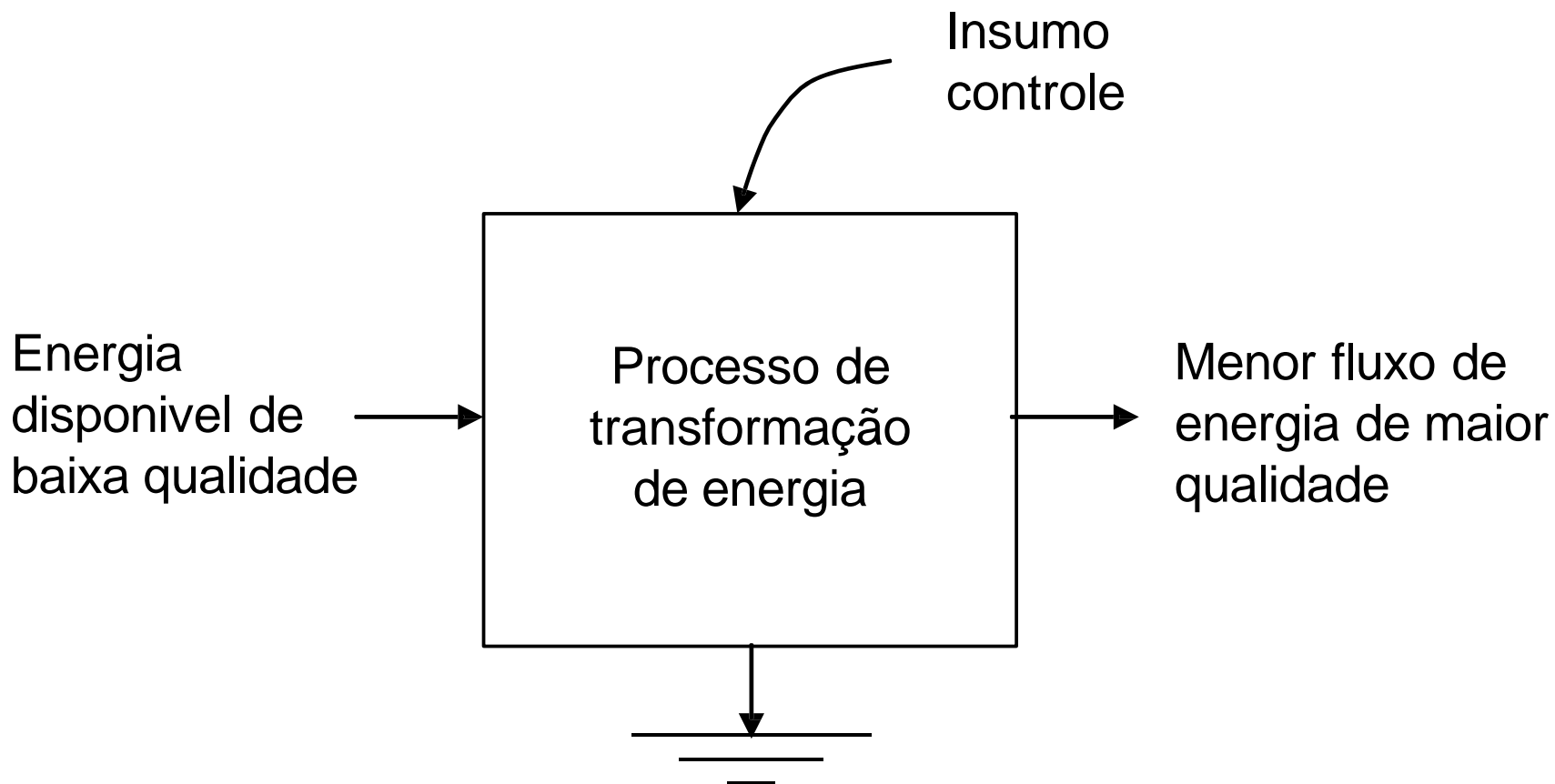
*. Fonte: Sangaletti (2012).

Biomassa de eucalipto

Table 1. Material flow of the base scenario and its energy evaluation

Inputs	Material flow		$E_E^{\text{MJ unit}^{-1}}$	Energy flows GJ ha^{-1}		%
	unit ha^{-1}	unit		yr^{-1}		
Fuel	529.2	L	38.6^1	20.4	2.92	56.3
Fertilizer*	810.0	kg	28.5^2	8.3	1.19	23.0
Herbicide	7.6	L	327.0^3	2.5	0.35	6.9
Lime	1000.0	kg	1.7^2	1.7	0.24	4.6
Machines	14.8	kg	68.9^1	1.0	0.15	2.8
Lubricant	22.8	L	38.6^1	0.9	0.13	2.4
Seedling	922.5	unit	0.8^4	0.7	0.10	2.0
Labor	231.4	h	2.2^5	0.5	0.07	1.4
Formicide	1.0	kg	184.7^3	0.2	0.03	0.5
Water	5556.0	kg	0.0^6	0.0	0.00	0.1
Total input				36.2	5.17	100.0
Output						
Biomass	290.5	m^3	7425.0	2157.0	308.1	

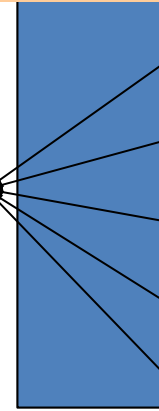
Processos





- Aço

Siderurgica



- Carvão

- Minério de Fe

- Infraestrutura

- Transporte

- Mão-de-obra

- Fe gusa



- Aço

- Plástico

- Eletricidade



- Alimentação

- Transporte

- Moradia

Indicadores

$$\text{EROI} = \frac{(\text{ES} - \text{EE})}{\text{EE}} \quad \longrightarrow \text{Lucratividade}$$

$$\text{BE} = \text{ES} - \text{EE} \quad \longrightarrow \text{Ganho líquido}$$

$$\text{IE} = \frac{\text{EE}}{\text{Prod}} \quad \longrightarrow \text{Composição}$$

EROI x BE

ELSEVIER

Europ. J. Agronomy 22 (2005) 375–389

www.elsevier.com/locate/eja

Biomass yield and energy balance of giant reed (*Arundo donax* L.) cropped in central Italy as related to different management practices

L.G. Angelini^{a,*}, L. Ceccarini^a, E. Bonari^b

Global energy balance for giant reed. Mean values of fertilised and non-fertilised crop with 20,000 and 40,000 plant densities

<i>Arundo donax</i> L.	Dry yield (t ha ⁻¹)	Energy input (GJ ha ⁻¹)	Energy output (GJ ha ⁻¹)	Efficiency of energy output/input	Net energy yield output–input (GJ ha ⁻¹)
Years 1–6 crop					
Fertilised <i>D</i> 2	29.15a	17.93	496a	28	478.1
Fertilised <i>D</i> 4	24.71b	17.97	421b	23	403.0
Unfertilised <i>D</i> 2	23.24b	3.89	395b	102	391.1
Unfertilised <i>D</i> 4	22.77b	3.94	387b	98	383.1
Mean	25.0	10.9	425.0	63	413.8

Deficiências do Balanço Energético

- **Atemporal**

Balanço energético de algumas culturas nos EUA

Cultura	Output/Input	Cultura	Output/Input
Milho	3.5	Amendoim	1.4
Trigo	2.7	Maçã	0.9
Aveia	5.1	Laranja	1.7
Arroz	1.1	Batata	1.4
Sorgo	4.0	Alface	0.2
Soja	4.5	Tomate	0.6
Feijão	1.3	Alfafa	13.1

Fonte: Pimentel (1984)

Alternativas ao Balanço Energético

- Considerar tempo =

$$\frac{\left(\frac{\text{Output} - \text{Input}}{\text{Input}} \right)}{\text{Tempo}}$$

Deficiências do Balanço Energético

- **Atemporal**
- **Não distingue energia renovável de não-renovável**

Hipótese

- A** { **Balanço energético = 10:1**
Energia renovável = 15% do total
- B** { **Balanço energético = 8:1**
Energia renovável = 50% do total

Alternativas ao Balanço Energético

- Considerar Balanço Energético =

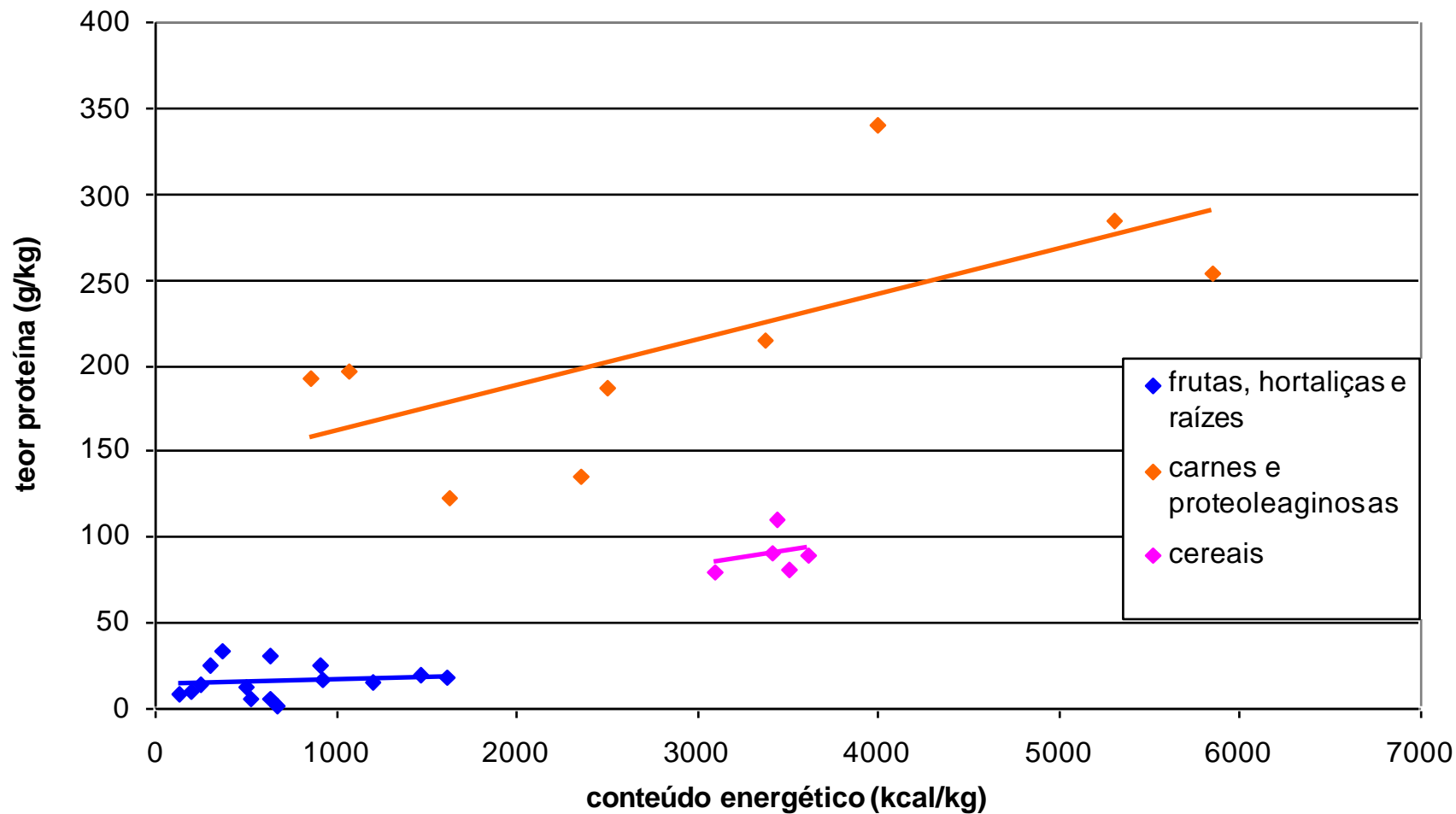
$$\frac{\left(\frac{\text{Output} - \text{Input}}{\text{Input}} \right)}{\text{Tempo}}$$

- Desenvolver metodologias para um balanço energético qualitativo

Deficiências do Balanço Energético

- **Atemporal**
- **Não distingue energia renovável de não-renovável**
- **Não considera finalidade de certas culturas**

teor de proteína em função do conteúdo energético



Fonte: Franco (1989)

Alternativas ao Balanço Energético

- Considerar Balanço Energético =

$$\frac{\left(\frac{\text{Output} - \text{Input}}{\text{Input}} \right)}{\text{Tempo}}$$

- Desenvolver metodologias para um balanço energético qualitativo
- Determinar índices energéticos para componentes de interesse em alimentos

Deficiências do Balanço Energético

- **Atemporal**
- **Não distingue energia renovável de não-renovável**
- **Não considera finalidade de certas culturas**
- **Não retrata benefícios indiretos**

Exemplos

Plantio Direto em milho

Tratamento	Produtividade (kg/ha)	Output/Input
Gradagem e adubação EG	5823,3	3,03
PD e adubação EG	5928,0	3,19 ↑ 5,28%
Gradagem e adubação T	5729,3	3,55
PD e adubação T	5893,0	3,81 ↑ 7,32%

	uréia	sulfato amônio	superfosfato simples	KCl	FTE BR-12
T	30	30 + 90	0	0	30
EG	30	30 + 90	83	55	30

Fonte: Ferraro Junior (1999)

Alternativas ao Balanço Energético

- Considerar Balanço Energético =

$$\frac{\left(\frac{\text{Output} - \text{Input}}{\text{Input}} \right)}{\text{Tempo}}$$

- Desenvolver metodologias para um balanço energético qualitativo
- Determinar índices energéticos para componentes de interesse em alimentos
- Pesquisas a longo prazo