

# BRIQUETAGEM DE RESÍDUOS LIGNO - CELULÓSICOS

Waldir Ferreira Quirino  
Eng<sup>o</sup> Florestal - M.Sc.  
Laboratório de Produtos Florestais

## RESUMO

Este trabalho descreve os processos mecânicos usados para compactação de resíduos ligno-celulósicos e menciona os equipamentos disponíveis, no Brasil e no exterior, com suas características de produção. Finalmente, analisa o custo do briquete de resíduo, por meio da equivalência energética com o óleo combustível.

**PALAVRAS-CHAVE:** energia de biomassa, lenha, compactação.

## ABSTRACT

This paper deals with the mechanical process utilized for lignin-celulosic residues compactation. It compares the production characteristics of the available equipment in Brazil and also abroad. The residue briquettes prices is analyzed against the energetic equivalence of a fuel oil.

**KEY WORDS:** energy biomass, wood waste, log, fire wood.

## INTRODUÇÃO

Em 1981, a FAO - Food Agriculture Organization of United Nation diagnosticava que aproximadamente 30% do território brasileiro se encontrava em situação de crise com relação à disponibilidade de lenha. Isto significa que os recursos desse material eram inferiores às necessidades, obrigando a sociedade a uma exploração florestal excessiva. Esta exploração, superior à capacidade de reposição da floresta, faz com que a lenha não seja uma fonte energética renovável. Segundo ainda a FAO, 25 a 30% do território brasileiro evoluem para a mesma situação no ano 2000.

Nesta última, década o quadro só se agravou. O Governo Brasileiro vem incentivando a substituição de derivados de petróleo por fontes alternativas de energia, como a lenha. Entretanto, a sua produção não está sendo estimulada na mesma proporção.

A produção de carvão vegetal em 1989, segundo o Balanço Energético Nacional de 1990, foi de 12.268 milhões de toneladas, enquanto o consumo de lenha no Brasil em 1989 atingiu 105,5 milhões de toneladas. Se considerarmos que de todas as tipologias florestais de onde provém esta lenha ocorra um rendimento médio de 200 estéreos por hectare, a que cada estéreo tenha 300kg, este consumo de lenha corresponderia a uma área de 1.758 milhões de hectares de florestas.

Uma das formas de preservar melhor nossos mananciais silviculturais é utilizá-los mais racionalmente, aproveitando-os com um índice de rendimento cada vez maior.

Outra forma seria substituir a lenha por um produto equivalente. Podemos compactar resíduos ligno-celulósicos em geral (pó de serra, maravalhas, casca de arroz, palha de milho, sabugo, bagaço de cana, etc.) a obter briquetes com qualidade superior a qualquer lenha.

“A briquetagem é uma forma bastante eficiente para concentrar a energia disponível da biomassa. 1,00m<sup>3</sup> de briquetes contém pelo menos 5 vezes mais energia que 1,00m<sup>3</sup> de resíduos. Isso, levando-se em consideração a densidade a granel e o poder calorífico médio desses materiais. Devido à dimensão a às grandes distâncias internas do país, o aspecto concentração energética assume também grande importância” (QUIRINO, 5).

Podemos citar exemplos da exuberância dos resíduos agroindustriais no Brasil. Nos estados de Santa Catarina a Paraná, em 1980, atingiu-se uma produção de resíduos de beneficiamento de madeira equivalentes

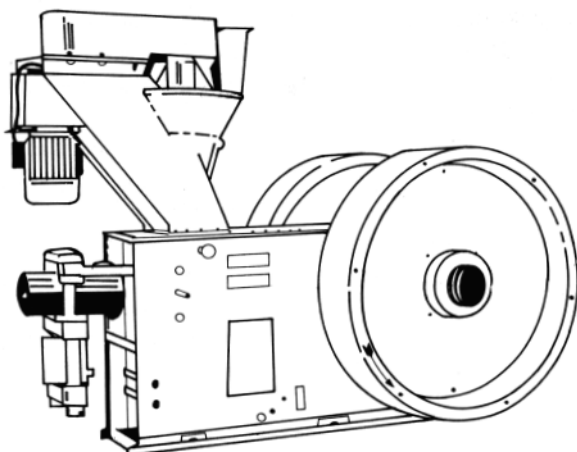
a 924 mil toneladas de óleo combustível, superior às necessidades energéticas daqueles estados no mesmo período (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 3). Segundo esta mesma fonte, em 1980, a biomassa gerada no beneficiamento do arroz e da cana-de-açúcar, em nível nacional, atingiu um equivalente a 467 mil hectares de floresta de eucalipto de cinco anos de idade. E o resíduo dessas culturas, que não possuíam nenhuma utilização em 1984, seria equivalente a 158 mil hectares de eucalipto por safra.

“... a viabilidade técnica e econômica do acondicionamento desses resíduos, comprovada..., justifica a alocação de recursos de financiamento para apoiar o aproveitamento desses resíduos como atividade econômica, bem como outras medidas que se fizerem necessárias para estruturar o mercado desse produto.” (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 3).

## PROCESSOS DE COMPACTAÇÃO

Existem cinco tipos de equipamentos ou princípios básicos de compactação de resíduos ligno-celulósicos:

1. Prensa extrusora de pistão mecânico - tecnologia desenvolvida desde o princípio do século a bastante conhecida no mundo. Um pistão ligado excentricamente a um grande volante força o material a ser compactado por meio de um tronco de cone.

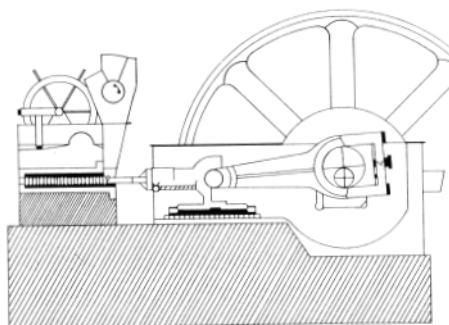


No Rio Grande do Sul existe fábrica deste equipamento, a única do país. Pela Fig. 1 pode-se observar as características do equipamento e do processo de produção.

2. Prensa extrusora de rosca sem fim - processo muito usado para resíduos, no exterior. Apresenta excelentes resultados. Seu princípio mecânico é semelhante às marombas da indústria cerâmica. É um equipamento de fácil manutenção e de investimento favorável se comparado aos outros tipos também produzidos no exterior (KUBINSKI, 4).
3. Prensa hidráulica - equipamento que usa um pistão acionado hidráulicamente. O material a ser compactado é alimentado lateralmente

por uma rosca sem fim. Uma peça frontal ao embolo abre e expulsa o briquete quando se atinge a pressão desejada.

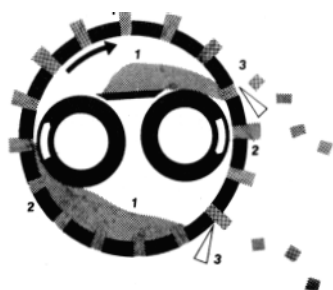
Especificações/Tipo	H 50/750c	H 90/200c	H 100/200c	H 120/200c
Capacidade - kg/h	400	1500	1850	2700
Peso específico em torno de 180 kg/m <sup>3</sup> - m <sup>3</sup> /h	2,2	8,0	10,0	15,0
Tamanho dos briquetes				
Diâmetro - mm	50	90	100	120
Comprimento - mm	15-200	15-300	15-300	15-400
Potência do motor de acionamento - CV	30	75	100	125
Rotação - RPM	1200	1200	1200	1200
Potência do motor da transportador vertical CV	4/2,5	7,5	7,5	10
Rotação - RPM	160/80	40-260	40-260	40-260
Dimensões-Altura-mm	2000	2200	2200	2400
Comprimento - mm	2500	2850	2850	3000
Largura - mm	800	1400	1400	1800
Peso líquido - kg	2600	6900	7200	9600
Peso Bruto - kg	3000	7900	8200	10600
Volume para frets-m <sup>3</sup>	6	13	14	16
Silo de armazenagem com regulador de vazão-m	3	5	5	8



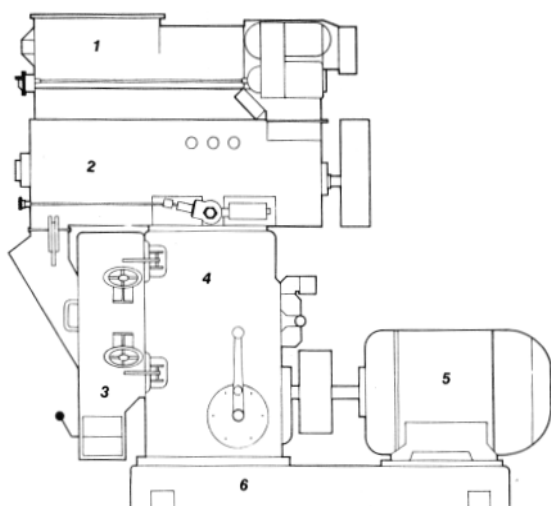
**Figura 1-** Extrusora de pistão mecânico e suas características de produção.

Não é um processo extrusivo e a pressão aplicada geralmente é menor que em outros métodos, produzindo briquetes de menor densidade. No entanto, é o processo com maior número de fabricantes na Europa. Não existe no Brasil este tipo de equipamento para compactar resíduos, que seria semelhante às máquinas de produzir comprimidos a pastilhas.

- 4- Peletizadora - é um equipamento que opera pelo processo extrusivo. Seu funcionamento é mostrado na Figura 2. É o princípio dos equipamentos de produção de ração animal, onde há necessidade de injeção de vapor para aquecer a corrigir a umidade. No Brasil existem três fabricantes Jesse equipamento para ração, conforme mostrado na Tabela 1. Estes equipamentos vêm sendo experimentados para compactação de resíduos com resultados razoáveis. Operando com bagaço, produz peletes de diâmetro igual a 10mmX30 a 40mm de comprimento, densidade relativa de 1,2g/cm<sup>3</sup> a densidade a granel de 550 kg/m<sup>3</sup>. (COPERSUCAR, 1).



1. Alimentação de material
2. Compactação a extrusão do pelete
3. Facas



Componentes de peletizadora moderna

1. Alimentador
2. Câmara de condicionamento

4. Redutor velocidade
5. Motor principal

**Figura 2-** Peletizadora de ração animal testada para resíduos.

5 - Enfardadeira - como o próprio nome indica, o equipamento comprime a amassa o resíduo, elevando a densidade do bagaço de cana com 20% de umidade a 500kg/m<sup>3</sup>. Não exige pré-secagem do material, o que permite a secagem posterior. Nó entanto, é aconselhável o enfardamento após a secagem. É um equipamento já produzido no Brasil, usado para ração a enfardamento de bagaço de cana (Tabela 1).

**Tabela 1 - Características dos equipamentos brasileiros**

**Extrusão Pistão Mecânico**

Fabricante	Modelo	Ø Briquete (mm)	Produção (kg/h)	Motor (CV) Principal	+ Transportador Vertical (CV)
3iomax	B 45/110	46	250	20	2,5/1,0
	B 55/160	56	450	30	4/2,5
	B 65/160	66	600	40	4/2,5
	B 85/210	82	1100	60	8/6,5
	B 95/210	93	1550	75	8/6,5
	B 105/210	103	1750	75/100	8/6,5
	B 120/250	124	2200	125	10/5,0
	B 130/280	133	2700	150	14/8,0

**Enfardadeiras**

Fabricante	Dimensão do fardo (mm)	Produção (Uh)	Densidade (Um <sup>3</sup> )	Potencial Instalado (CV)
1	45x45x60	2	0,49	22,5
2	45x45x60	2	0,49	22,5
	45x45x60	4	-	-
3	45x45x60	3,5 a 5,6	0,25	11

**Peletizadoras**

Fabricante	Modelo	Produção	Potência Instalada CV
Koppers	21 - VW - 200 18" x 56"	4	208
	21 - WV - 200 18" x 56"	-	210,5
C. P. M.	7 . 122 . 2 1 veloc.	-	250 + 2 + 20
	7 . 122 . 2 1 veloc.	-	300 + 2 + 20
Urso Branco	UB - 125	3,5	125

É importante comparar estes processos com relação à exigência de umidade do resíduo, em função do consumo de energia na secagem. As extrusoras de rosca a de pistão mecânico trabalham com material a 10-12% de umidade. As de pistão hidráulico aceitam material com 18-20% de conteúdo de umidade. As peletizadoras trabalham com resíduos com até 20% de conteúdo de umidade, usando pressões de 80 a 320kg/cm<sup>2</sup>. De qualquer maneira, a umidade que permanece no briquete após a prensagem virá a reduzir seu poder calorífico.



Tabela 3 - Características de extrusoras de rosca sem fim (estrangeiras).

## BRIQUETADEIRAS DE ROSCA-SEM-FIM.

Fabricante	Modelo	Diâmetro do briquete(mm)	Densidade do briquete (g/cm <sup>3</sup> )	Produção equipamento(Kg/h)	Consumo max. De energia (kw/h)	Consumo médio de energia (kw/h)	Custo de investimento (\$/kw)	Características especiais
BASTIAN	Bastimal 60	60	1.18	50	4	56	133	Briquete sólido escuro
BMD	Pres-to-L	95	1.07	800	75	65.6	81.7	Pedaços combustíveis marrom escuro.
EUROPE	Stoker	28	1.11	800	75	64.2	79.5	Combustível para acendimento marrom.
PINT & KAY	Briquet extruder FG 600	62	1.22	600	55	64.2	48.5	Briquete sólido bastante lignificado superfície xadrez

Tabela 4 - Pressas de pistão mecânico estrangeiro

## BRIQUETADEIRAS TIPO PISTÃOX

Fabricante	Modelo	Diâmetro do briquete	Densidade do briquete (g/cm <sup>3</sup> )	Produção equipamento (kg/h)	Consumo max. De energia (kw/h)	Consumo méd. De energia (kw/h)	CARACTE RÍSTICAS ESPECIAIS
AMI	BP 500 VH	50	1.2	250	18.7	52.4	124.5 escuro
	BP 600 VH	60		475	35.7	52.6	90
BOGMA mar	M 60	60	1.2	600	38.5	44.9	72.2 Briquete compacto a
	M 75	75		1000	58.0	40.6	55.7 rom claro
COMAFER resiten	60/500	60		375	31.7	59.1	81.5 Briquetes pouco
	70/700	70	1.05	525	47.5	63.3	68.8 tes
	80/1000	80		750	58.0	54.2	63.0

(continua)

(continuação)

BRIQUETADEIRAS TIPO PISTÃO X								
Fabricante	Modelo	Diâmetro do brique (mm)	Densidade do brique (g/cm <sup>3</sup> )	Produção equipamento (kg/h)	Consumo max. De energia	Cons. Méd. de energia (w/kg)	Consumo de investimento (\$/kg)	Características especiais
COSIA/	1.55/150	56	285	31.7	77.7	724		Briquete escuro com superfície em xadrez
VALMAC	1.65/150	67	1.17	450	39.0	60.7	76.4	
	1.75/150	77		600	58.0	67.7	70.0	
	1.85/200	87		900	58.0	45.1	71.0	
DISIEC	FP 150	55	0.92	675	20.9	21.7	37.5	Briquete fraco facilmente desintegrável
	FP 3 -	55		1450	53.1	25.6	30.8	
KRUPP	4-1 pistão	50x130		750	22-30	28.0	829	Briquete quadrado
	5-2 pistão	55x140	1.07	2000	35-55	19.3	53.5	
	9-1 pistão	120x300		6000	110-132	15.4	28.5	
NESTRO			1.13	600	38.9	45.3	83.0	Briquete marrom pouco friável
				1125	58.0	36.1	58.4	
PAWERT	I-40/85	40		112.5	11.6	54.1	123.5	Briquete resistente a marrom claro
	I-60/150	60		337.5	31.7	49.2	1029	
	I-75/200	75	1.19	675	47.5	36.9	120.0	
	I-90/200	90		900	58.0	33.8	926	
	II-75/200	75		1350	79.1	30.8	1029	
	II-125/300	125		3450	116.1	17.7	60.4	
SPANEX	S50 RE			263	17.2	45.8	59.6	
	S60 GS			413	27.0	45.8	56.5	
WIRIH	BLIZ	50	1.03	355	15.8	31.2	53.7	Briquete marrom escuro
ZENO		50		150	10.5	86.3	84.1	
	Z 501200	60		450	30.0	46.7	87.6	
		70		750	45.0	420	61.5	
		90		900	55.0	428	59.2	

## EFEITOS DA COMPACTAÇÃO – PRODUTO

Excetuando-se as máquinas de enfardamento a as prensas de pistão hidráulico, as demais trabalham com altas pressões (acima de 1.000 kg/cm<sup>2</sup>), produzindo calor pela fricção da extrusão. Esses dois fatores são essenciais para vencer a flexibilidade das fibras dos resíduos ligno-celulósicos, conseguindo promover a manter o empacotamento do material. Com essas prensas obtêm-se, em geral, densidades acima de 1,0g/cm<sup>2</sup> a maioria dos briquetes produzidos de resíduos, principalmente se estes contêm o teor de umidade adequado ao processo. Este teor deve estar em uma estreita faixa. O resíduo muito seco e o acima da umidade indicada prejudicam o empacotamento do material, ou produzem um briquete que não tem estabilidade, desfazendo-se quanto estocado ou transportado.

**Tabela 5** - Característica de Resíduos antes a após compactação

Tipo de Resíduo	Umidade (%)	Densidade Natural (kg/m <sup>3</sup> )	Densidade Triturada (kg/m <sup>3</sup> )	Densidade Briquete (g/cm <sup>3</sup> )	Densidade Granel (kg/m <sup>3</sup> )	PC (kcal/kg)
Palha de milho	9,8	33	m 263 t 72	0,91	-	3.570 <sup>s</sup>
Pó de serra	11,5	274	-	1,22	570	4.880
Fábrica de compensado	13,5	132	-	0,83	-	4.424
Casca de arroz	11,6	150	-	1,28	610	3.730 <sup>s</sup> 3.500 <sup>l</sup>
Bagaço 1	12,7	46	197	1,10	-	3.700 <sup>s</sup>
2	50,0	180	-	-	-	1.700 <sup>l</sup>
3			-	-	-	4.764 <sup>s</sup>
Cepilho	9,0	112	-	1,16	589	-

1 - LPF (engenhoca). 2 -CEARG. 3 - Copersucar -CTC.

- Fibra seca a sem cinzas. I -Inferior de PCI. S - Superior de PCS.

Com a densidade relativa aparente dos briquetes em torno de 1,1g/cm<sup>3</sup>, a densidade a granel (dependendo naturalmente da granulometria do briquete) situa-se por volta de 500 a 600kg/m<sup>3</sup>, bastante superior à lenha. Isto confere uma redução de volume aos resíduos de 4 a 6 vezes.

Os resíduos briquetados, pela exigência da baixa umidade do processo a pela elevada densidade relativa aparente, são menos higroscópicos a muito mais resistentes ao apodrecimento ou à fermentação do que os resíduos na condição natural, facilitando a estocagem e muito mais ainda o transporte, porque amplia o raio econômico de seu aproveitamento.

Comparado à lenha, o briquete apresenta muitas vantagens. O seu poder calorífico e o baixo teor de umidade (10 a 12%) o farão sempre superar à lenha (25 a 35% de teor de umidade). Tanto pela maior densidade como pelo maior poder calorífico ter-se-á na estocagem sempre mais energia por unidade de volume, reduzindo-se pátios de estocagem a dimensão de equipamentos de queima.

A homogeneidade de forma e a granulometria regularizam a melhoram a eficiência de queima. Por outro lado, facilitam as operações de manuseio, transporte e alimentação de caldeiras, possibilitando a mecanização. Em alguns casos podem-se duplicar o rendimento de caldeiras.

No entanto, é com relação ao transporte que ocorre um favorecimento significativo. As cargas são limitadas por peso a não por volume, utilizando-se a capacidade integral dos meios de transporte.

#### CUSTO DO BRIQUETE

É difícil fazer um cálculo preciso do custo do briquete. No entanto pode-se utilizar o princípio da equivalência energética do óleo combustível ou da lenha, que são substituídos geralmente pelo briquete de



resíduo (COPERSUCAR, 1983). Basta considerar o poder calorífico inferior do briquete a sua eficiência de queima em caldeiras a relacionar estes valores ao óleo combustível.

Exemplo:

PCI óleo comb. = 9.800kcal/kg

PCI briquette = 3.800kcal/kg

Considerando a eficiência em caldeiras (n)

n óleo comb. = 92%

n briquete = 80%

Em consequência, teremos uma equivalência energética ao óleo combustível igual a 0,337:

$leq = 0,337$  (índice de equivalência ao óleo).

Calculando-se o custo do transporte (CT) pelo

$CT = CTt \times D$ ,

onde  $CTt$  = custo de transporte por tonelada por km

$D$  = distância em km

**Assim teremos o custo do briquete ( $C_b$ ):**

$C_b = C_{oc} \times 0,337 - CT$ ,

onde  $C_{oc}$  = custo do óleo combustível

Circ. Téc. LPF, Brasília. vnl. 1. n° 2 o. 89-80. (1991)

Caso se tenha mais alguns custos, como o transporte do resíduo ou de sua coleta, basta abater como feito com CT.

## CONCLUSÕES E SUGESTÕES

No Brasil existe grande volume de resíduos agroindustriais de natureza ligno-celulósicos, mas ainda com baixo índice de aproveitamento.

Esses resíduos estão concentrados nas regiões mais populosas do país, as quais também apresentam a maior demanda de energia. Além disso, é igualmente nessas regiões onde ocorre deficiência de lenha. Apesar de o Brasil ser um grande produtor de biomassa, a sua distribuição no território nacional é irregular.

A técnica de compactação de resíduos para use energético ainda é pouco conhecida e pouco utilizada no Brasil. Os empresários ao tomarem conhecimento desta técnica mostram-se bastante surpresos e interessados. Baseado neste fato, o Laboratório de Produtos Florestais LPF/DIRPED/IBAMA desenvolveu um núcleo de pesquisa a difusão de técnicas de compactação de energéticos sólidos, contando com equipamentos que atendem tanto a difusão da tecnologia com o treinamento de mão-de-obra especializada.

Uma prova da eficiência desta técnica está demonstrada na participação de 30 fabricantes de prensas (correspondendo a 79 diferentes modelos) em uma feira industrial na Europa, em 1986, a "Ligna Hannover". (KUBINSKY, 4).

A importância do assunto evidencia a necessidade de maior atenção para o aproveitamento de resíduos a para o incentivo da produção a desenvolvimento de equipamentos nacionais. Além da difusão desta tecnologia, o Laboratório de Produtos Florestais do IBAMA mostra às empresas que possuem resíduos disponíveis a às que consomem lenha como podem substitua-la por resíduos compactados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - COPERSUCAR -Seminário sobre bagaço-de-cana. Piracicaba, 1983. 30 pág.
- 2 - FOOD - AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATION - FAO - Map of the fuelwood situation in the developing countries. Roma, 1981
- 3 - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - Proposta de utilização energética de florestas a resíduos agrícolas. Brasília, 1984. 132 páginas.
- 4 - KUBINSKY, E. J. - Densifying wood waste, a machinery comparison. World Wood, June, 1986.
- 5 - QUIRINO, W. F. - Características de briquetes de carvão vegetal a seu comportamento na combustão. Piracicaba, janeiro, 1991. 80 páginas (Dissertação de Mestrado apresentada à ESALQ/LISP para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais).
- 6 - QUIRINO, W. F. - Compactação de resíduos para use energético. In: Ciclo de Seminários "Situação da Lenha no Brasil" promovido peia COPPE-UFRJ, 30-31 de março de 1987, no Rio de Janeiro. 16 páginas.
- 7 - QUIRINO, W. F. & FONTES, P. J. P. - Gaseificação de madeira a resíduos agrícolas para substituição do óleo combustível no meio rural (Trabalho enviado ao III Congresso Brasileiro de Energia). Rio de Janeiro, outubro de 1984. 8 páginas.
- 8 - QUIRINO, W. F. et alii. - Briquetagem de carvão vegetal a resíduos. In: IV Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro, agosto, 1987. 9 páginas.