

# Avaliação Energética de Resíduos de Madeira Estocados nas Indústrias da Região de Lages, Santa Catarina

M. A. Brand, UNIPLAC; V. J. da Costa, UNIPLAC; E. Bittencourt, UNIPLAC e M. D. Neves, TRACTEBEL ENERGIA

**Resumo-** As primeiras indústrias madeireiras instaladas na região de Lages dispunham os resíduos em pilhas a céu aberto, e que permaneciam nesta condição sem nenhum tratamento, causando problemas ambientais e ocupando espaço. Assim, este trabalho teve o objetivo de analisar o material oriundo destes estoques visando o uso energético. Constatou-se que o teor de umidade se mantém alto independente do período de armazenamento. O tempo de armazenamento diminui o tamanho das partículas do resíduo (biodegradação e inclusão de material inerte nas pilhas para diminuir o risco de incêndios). A densidade básica aumenta com a profundidade de coleta (contaminação) e diminui com o tempo de armazenamento (biodegradação). O teor de cinzas aumenta com o tempo de armazenamento (contaminação). A solubilidade da madeira em hidróxido de sódio indica degradação superficial do material das pilhas. Os principais problemas para o uso estão no aumento do teor de cinzas e pela perda de massa devido à biodegradação.

*Palavras-chave*— biodegradação, madeira, resíduos.

## I. INTRODUÇÃO

Segundo [5], algumas definições para a palavra resíduos não carregavam um significado positivo até pouco tempo. Segundo alguns ambientalistas, resíduo pode ser definido com qualquer sobra após uma ação ou processo produtivo. Esses materiais passam a ser descartados e acumulados no meio ambiente, causando não somente problemas de poluição, como caracterizando um desperdício da matéria-prima originalmente utilizada. Mas empresários brasileiros que utilizam este material para movimentar a economia e gerar empregos, estão mudando esta definição.

Antigamente, o local preferido para montar uma serraria era ao lado de um rio. Isto, porque os resíduos do processamento das toras e tábuas eram atirados na água, gerando poluição e matando boa parte da vida aquática. Atualmente este tipo de prática é considerada puro desperdício. Os proprietários das empresas preferem utilizar o "lixo" de seu trabalho como combustível [4].

Além disso, nos últimos anos, tem sido chamada a atenção para o uso deste tipo de fonte energética como favorável ambientalmente, pois polui menos que os combustíveis fósseis. Sendo que, esta mudança de visão do uso da madeira para a geração de energia têm promovido a criação de políticas setoriais para o incentivo do desenvolvimento de tecnologias mais eficientes para a conversão da biomassa em energia térmica e elétrica [3].

O rendimento propiciado pela sobra, já é um dos motivos para o empresário estar observando com bons olhos o aproveitamento dos resíduos de madeira. Segundo [5], esta atividade não serve somente para diminuir o lixo das madeireiras, mas diminuir o consumo da matéria-prima e o impacto ambiental.

Revistas do setor, como a Revista da Madeira e Revista Referência, mais importantes atualmente, estão dedicando números especiais para este tema. Um exemplo disso, é o número 24 da Revista Referência, de julho de 2003, que traz uma reportagem mencionando o empreendimento realizado pela TRACTEBEL Energia em Lages. A reportagem cita os benefícios que a implantação do primeiro projeto de termelétrica utilizando biomassa (resíduos de madeira), como combustível trará. Pode-se ler que o projeto beneficiará cerca de 178 mil residências com a energia elétrica produzida, trazendo benefícios para o meio ambiente, já que evita que o subproduto das indústrias madeireiras seja entulhado ou queimado a céu aberto. Já existem parcerias entre empresários e governo para colocar em prática o trabalho de geração de energia alternativa principalmente nas áreas que sofrem com a falta de luz, como no norte do Brasil. Assim, o que já foi por muitos anos considerado lixo, o resíduo de madeira, agora é uma grande alternativa na geração de energia e na diminuição do ônus que a falta de usinas elétricas causa a todos os consumidores [4].

Largamente no mundo, a biomassa é o combustível não fóssil mais usado, além de ser expandido desde aplicações térmicas tradicionais até o mais usado para combustíveis líquidos e eletricidade [1]. Além disso, a energia da madeira é um recurso natural e renovável capaz de prover energia em bases sustentáveis por longo período de tempo [2].

No entanto, a seleção da tecnologia de produção de um combustível com a utilização de uma categoria específica de resíduo segue certas diretrizes simples. As duas maiores decisões interdependentes que devem ser tomadas em um empreendimento, ao se decidir se vai ou não ser investido na geração de energia a partir de resíduos são: a escolha da tecnologia de utilização do resíduo e avaliação da possibilidade de utilização dos resíduos no local de produção ou necessidade de transporte dos mesmos para a planta. Estas

---

Este trabalho foi apoiado financeiramente pela empresa Tractebel Energia, Universidade do Planalto Catarinense – UNIPLAC e Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado de Santa Catarina - FAPESC.

M.A. Brand, trabalha na UNIPLAC (e-mail: [martha@uniplac.net](mailto:martha@uniplac.net))

J.V.Costa, trabalha na UNIPLAC (e-mail: [valdeci@uniplac.net](mailto:valdeci@uniplac.net))

E. Bittencourt, trabalha na UNIPLAC (e-mail: [eduardo@uniplac.net](mailto:eduardo@uniplac.net))

M. D. Neves, trabalha na Tractebel Energia (e-mail: [mneves@tractebelenergia.com.br](mailto:mneves@tractebelenergia.com.br))

decisões são influenciadas por informações a respeito da variabilidade, quantidade, concentração, disponibilidade, conteúdo de umidade e competição de mercado no uso dos resíduos, bem como por requerimentos de energia em residências [6].

Além disso, o desenvolvimento e adoção de novas tecnologias para a produção, transporte, manuseio e estocagem da madeira para combustível, com combustão mais eficiente e melhoria dos sistemas de planejamento, gerenciamento e organização dos sistemas de energia tem ajudado a tornar a madeira consideravelmente mais competitiva em termos de custos com outros recursos energéticos [3]. Porém, qualquer que seja a tecnologia a ser utilizada, a sua seleção deve ser feita com base nas características dos resíduos disponíveis [6].

Neste sentido, este trabalho objetivou a caracterização energética de resíduos estocados por longos períodos de tempo em pátios de indústrias do setor madeireiro da região de Lages, em Santa Catarina.

## II. MATERIAL E MÉTODOS

O material coletado e analisado constituiu-se de:

- Cavaco e serragem recém gerados. Foram utilizados os dados de 14 coletas de resíduos feitos entre outubro de 2003 e fevereiro de 2005.
- Cavacos de pilhas com 9 meses de armazenamento.
- Cavacos de pilhas com 1 ano e meio de armazenamento.
- Cavacos de pilhas com 1 a 3 anos de armazenamento.
- Cavacos de pilhas com 5 a 7 anos de armazenamento.
- Serragem de pilhas com 10 anos de armazenamento.
- Cavacos de pilhas com 20 anos de armazenamento.

Todas as coletas com exceção do material recém gerado e do material com 1 ano e meio de armazenamento foram coletados em diferentes profundidades. As profundidades foram de 0,4 m; 1,0 m; 1,5 m; e 2,0 m a partir da superfície da pilha.

As propriedades energéticas avaliadas foram o teor de umidade, granulometria, densidade, teor de cinzas e solubilidade em NaOH. Todas as variáveis analisadas em laboratório obedeceram normas internacionais [7, 8 e 9].

## III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### A. Teor de Umidade

Os resultados obtidos para o teor de umidade dos resíduos avaliados podem ser visualizados na Tabela I.

TABELA I

VARIAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE AO LONGO DA PROFUNDIDADE DA PILHA DE RESÍDUOS ARMAZENADOS EM DIFERENTES PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO

Profundidade (m)	Teor de umidade na Base Verde (%)				
	Cavaco		Serra-gem		
	9 meses	1 a 3 anos	5 a 7 anos	10 anos	20 anos
0,4	70	72	68	82	68
1	64	62	67	75	69
1,5	64	67	65	82	66
2	63	70	65	74	-

Através da Tabela I pode-se perceber que o teor de umidade dos resíduos coletados é alto e que não existe variação significativa do teor de umidade entre os pontos de coleta ao longo da profundidade da pilha.

Em função do material componente dos resíduos ser constituído de pequenas partículas, a permeabilidade é alta, indicando que o teor de umidade será fortemente influenciado pelas condições de precipitação e temperaturas do local onde as mesmas estão alocadas.

### B. Granulometria

Os resultados obtidos para a granulometria são apresentados na Tabela II.

TABELA II

DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DA GRANULOMETRIA EM RELAÇÃO AO TEMPO DE ARMAZENAMENTO PARA MATERIAL COM PREDOMINÂNCIA DE CAVACOS

Distribuição granulométrica	Tempo de armazenamento				
	Recém Produzidos	9 meses	1 a 3 anos	5 a 7 anos	20 anos
50 mm ou mais	12	1	1	3	0
37,5 a 50 mm	6	2	1	3	3
25 a 37,5 mm	13	14	5	11	12
12,5 a 25 mm	24	29	21	18	13
6,3 a 12,5 mm	17	12	23	21	18
3,35 a 6,3 mm	6	7	23	23	14
2,00 a 3,35 mm	3	17	21	19	31
0,85 a 2,00 mm	11	17	6	3	10
0,60 a 0,85 mm	4	0	0	0	0
0,425 a 0,60 mm	2	0	0	0	0
0,25 a 0,425 mm	1	0	0	0	0
Abaixo 0,25 mm	0	0	0	0	0

Através da Tabela II pode-se perceber que o tamanho do material constituinte do resíduo diminui ao longo do período de armazenamento, indicando biodegradação do material e conseqüente com perda de massa. Esta, por sua vez afetará o poder calorífico através da sua redução. Além da biodegradação outro fator que contribui para a diminuição da granulometria do material é a contaminação deste por terra, areia e pedras, agregadas às pilhas para diminuir o risco de incêndios.

### C. Densidade

Os resultados obtidos para a densidade são apresentados nas Tabela III e Figura I.

TABELA III

VARIAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA DOS RESÍDUOS DE MADEIRA AO LONGO DA PROFUNDIDADE, EM DIFERENTES PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO

Profundidade de coleta	Densidade (Kg/m <sup>3</sup> )				
	9 meses	1 a 3 anos	5 a 7 anos	10 anos	20 anos
0,4 m	174	187	209	85	201
1,0 m	243	286	216	143	162
1,5 m	314	326	251	112	207
2,0 m	239	165	200	151	-

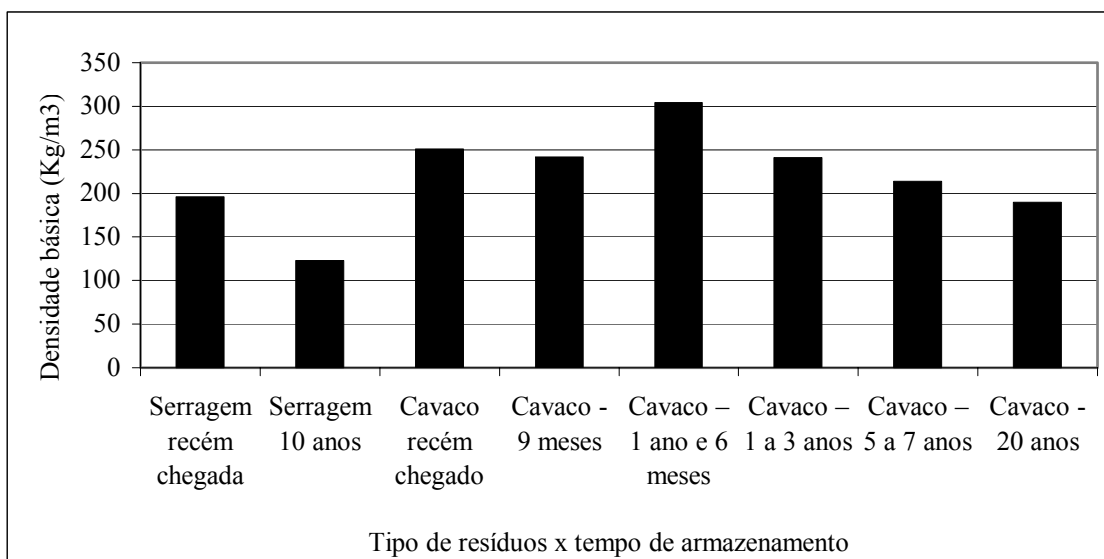


FIGURA I

COMPARAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA MÉDIA DOS RESÍDUOS DE MADEIRA EM DIFERENTES PERÍODOS DE AMRAZENAMENTO

A densidade básica é a relação entre o peso absolutamente seco da amostra e o volume saturado. Apesar de ser um valor teórico, é utilizado para a análise da madeira para comparação entre material. Assim, através dos resultados obtidos, pode-se perceber que ao longo da profundidade a densidade básica em a tendência de apresentar valores menores na superfície da pilha, aumentado até 1,5 m de profundidade. Isto deve-se ao fato da inclusão de material inerte para evitar incêndio. Este material é lixiviado da superfície para camadas mais internas da pilha.

Quando comparados os valores médios da densidade básica entre os tipos de resíduos avaliados e sua variação em relação ao tempo de armazenamento, pode-se constatar que existe perda de massa ao longo do armazenamento, consequência da biodegradação do material.

#### D. Solubilidade em hidróxido de sódio

Os resultados da solubilidade em hidróxido de sódio estão apresentados na Tabela IV e Figura II.

TABELA IV  
VARIAÇÃO DA SOLUBILIDADE EM HIDRÓXIDO DE SÓDIO DOS RESÍDUOS DE MADEIRA AO LONGO DA PROFUNDIDADE, EM DIFERENTES PERÍODOS DE AMRAZENAMENTO

Profundidade de coleta	Solubilidade da madeira em hidróxido de sódio (%)				
	9 meses	1 a 3 anos	5 a 7 anos	10 anos	20 anos
0,4 m	11	23	24	35	31
1,0 m	13	6	23	29	24
1,5 m	12	14	20	35	16
2,0 m	13	19	17	17	

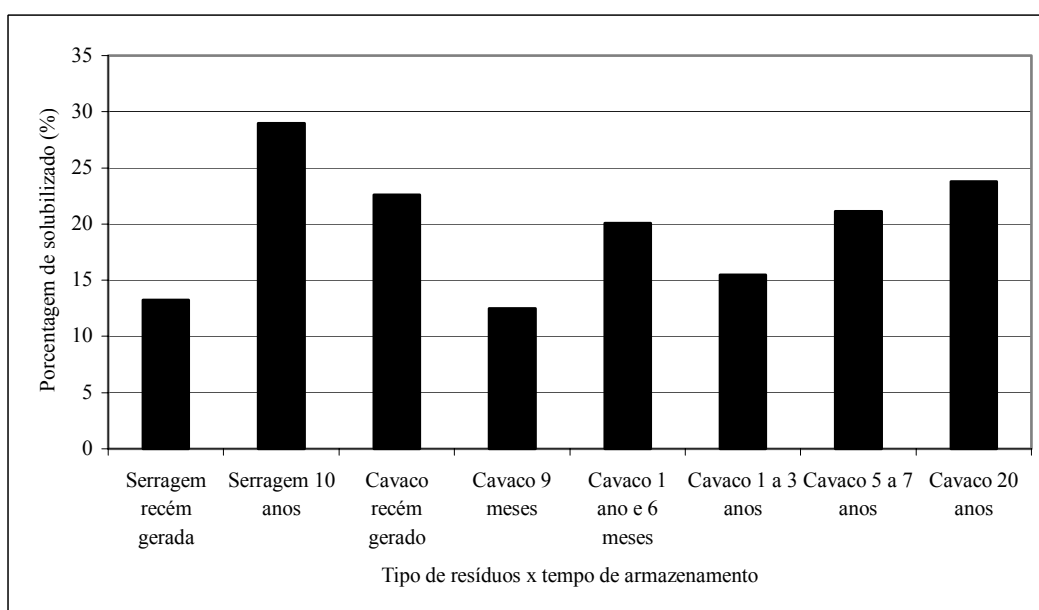


FIGURA II

COMPARAÇÃO DA SOLUBILIDADE MÉDIA EM HIDRÓXIDO DE SÓDIO DOS RESÍDUOS DE MADEIRA EM DIFERENTES PERÍODOS DE AMRAZENAMENTO

A análise de solubilidade da madeira em hidróxido de sódio, juntamente com a densidade básica, são parâmetros que podem ser utilizados para verificar a biodegradação do material. A biodegradação como afeta a quantidade da massa contida no combustível afeta diretamente o desempenho energético do material.

Assim, através dos resultados obtidos pode-se perceber que existe degradação mais intensa do material na superfície da pilhas, diminuindo a medida que a profundidade aumenta.

Esta diferença é maior, quanto maior é o tempo de armazenamento. Além disso, os valores médios de solubilidade da

madeira em hidróxido de sódio indicam que a solubilidade aumenta com o aumento do tempo de armazenamento, confirmando a teoria de aumento gradativo da biodegradação e perda de massa do material.

#### E. Teor de Cinzas

Os resultados do teor de cinzas do material analisado estão apresentados na Figura III.

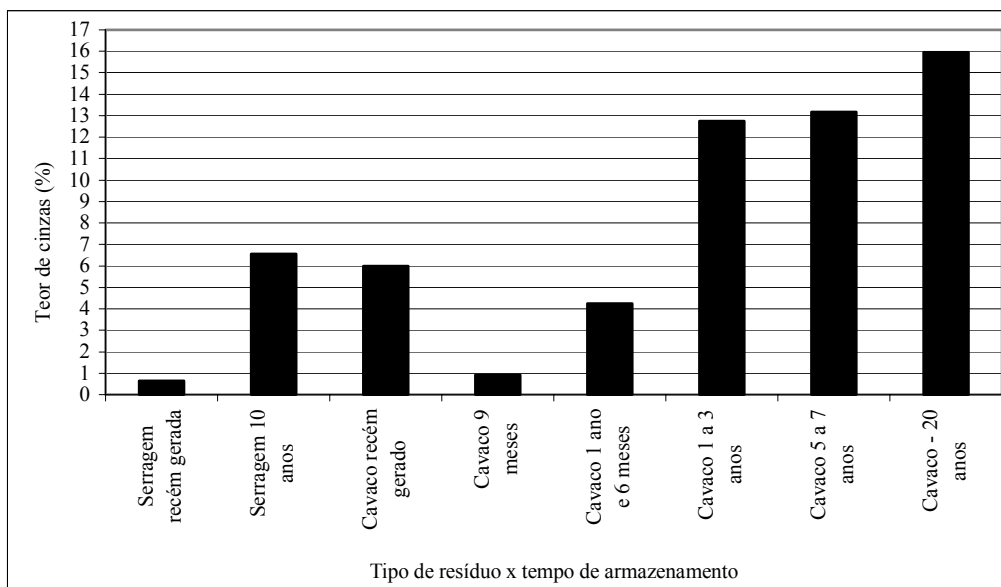


FIGURA III  
VARIACÃO DO TEOR DE CINZAS NOS RESÍDUOS DE MADEIRA AO LONGO DO TEMPO DE ARMAZENAMENTO

Os valores obtidos para o teor de cinzas foi muito variável entre as posições de coleta e entre os tipos de material avaliado. Esta variação deve-se à contaminação das pilhas por material inerte constituído basicamente de areia, terra e pedras.

O teor de cinzas, neste caso, não refere-se somente ao material mineral presente na madeira. Assim, o teor de cinzas é a somatória deste material mais o material contaminante. Portanto, a tendência de aumento do teor de cinzas ao longo do tempo de armazenamento deve-se ao aumento da contaminação das pilhas por material inerte.

## IV. CONCLUSÕES

### A. Quanto ao Teor de Umidade

O teor de umidade se mantém alto independente do período de armazenamento e com pequena variação em relação a profundidade da pilha.

Além disso, quanto menor o tamanho da partícula, maior a capacidade de absorver umidade.

### B. Quanto à Granulometria

O tempo de armazenamento diminui o tamanho das partículas componentes do material, aumentando a quantidade de partículas menores no material, por dois motivos, pela biodegradação e pela inclusão de material inerte nas pilhas para

diminuição do risco de incêndios.

Em curtos períodos de armazenamento existe o aumento da quantidade de partículas menores, sem perda de partículas maiores, devido a contaminação do material por terra, areia e outros.

Porém, com o aumento do período de armazenamento ocorre a diminuição do tamanho das partículas e perda de partículas maiores, devido a contaminação e biodegradação do material (perda de massa).

### C. Quanto à Densidade Básica

A densidade básica aumenta com profundidade de coleta, principalmente devido à contaminação com material inerte, sendo que diminui com o tempo de armazenamento pela perda de massa (biodegradação).

### D. Quanto à Solubilidade em hidróxido de sódio

Em curtos períodos de armazenamento, até 3 anos, ocorre pequena variação na solubilidade da madeira em hidróxido de sódio, indicando pequena biodegradação do material.

Porém após 5 anos, a solubilidade aumenta, indicando aumento da degradação, principalmente na superfície da pilha.

### E. Quanto ao Teor de Cinzas

Ocorre aumento do teor de cinzas ao longo da profundidade da pilha, devido a contaminação por material inerte e lixiviação desta para as camadas mais profundas. Além disso, o teor de cinzas também aumenta ao longo do tempo de armazenamento, pelo mesmo motivo mencionado anteriormente.

#### F. Quanto ao Uso do Resíduo para a Geração de Energia

Pode-se concluir que o principal problema do uso de resíduos com longo período de armazenamento para geração de energia está relacionado ao teor de cinzas. Pois, devido a contaminação da pilhas por terra, areia e pedras existe aumento considerável do teor de cinzas. Aliado a isso existe a perda de massa devido a biodegradação. No entanto, a influência da perda de massa precisa ser verificada por análises de poder calorífico, que neste trabalho não foram realizadas.

Porém, como principal vantagem do uso deste material, está a questão ambiental, pois a remoção e uso destes resíduos propiciará a limpeza de grande áreas com biomassa sem uso na região.

#### V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] RL. Bain, KC. Craig. and RP. Overend. *Biomass Gasification - Commercialization and Development: The Combined Heat and Power (CHP) Option*. National Renewable Energy Laboratory, 1999.
- [2] C.T.DONOVAN ASSOCIATES INC. *Opportunities and Constraints Associated with Using Wood Waste for Fuel in Connecticut*. Connecticut. Office of Policy and Management, Energy Division, 1990.
- [3] FAO. Contribution of woodfuels to energy sector. State of the world's forests. *Editorial Group FAO Information Division FAO*. Rome. p 37-40.1999.
- [4] REVISTA REFERÊNCIA. *Resíduos de madeira: Parte 2. A "sobra" que vale ouro*. Revista Referência. Ano V. Edição n 25, Agosto 2003 (a). pg 28-38.
- [5] REVISTA REFERÊNCIA. *Resíduos de madeira: Parte 1. A "sobra" que vale ouro*. Revista Referência. Ano V. Edição n 24, Julho 2003 (b). capturado em 16 de setembro de 2003. [www.revistareferencia@revistareferencia.com.br](mailto:www.revistareferencia@revistareferencia.com.br).
- [6] P. J. Weathers. *Fuels from industrial biomass processing wastes*. *Biomass Handbook*. Editors KITANI, O. & HALL, CW. New York: Gordon and Breach Science Publishers. USA, 1989. p.175-191.
- [7] TAPPI. *The leading technical association for the worldwide pulp, paper and converting industry*. T 264 om-88, 1998.
- [8] TAPPI. *The leading technical association for the worldwide pulp, paper and converting industry*. T211, 1998.
- [9] TAPPI. *The leading technical association for the worldwide pulp, paper and converting industry*. T4 m-59, 1998.