



**1º Congresso Brasileiro sobre Florestas Energéticas, 02 a 05 de junho, Belo Horizonte, Minas Gerais**

## **INFLUÊNCIA DA IDADE DA ÁRVORE NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DOS RESÍDUOS<sup>1</sup>**

Thielly S. Furtado<sup>1</sup>; Juliana C. Ferreira<sup>1</sup>; Márcio Daian Neves; Martha A. Brand<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Avenida Luís de Camões 2090, Bairro Conta Dinheiro, 88520-000, Lages, SC

e- mail: [thielysf@hotmail.com](mailto:thielysf@hotmail.com)

## **INFLUENCE OF TREE'S AGE ON THE ENERGETIC EFICIENCE OF THE RESIDUES**

### **Resumo**

Mudanças na composição química da madeira bem como nas características físicas desta devido a idade da árvore influenciam de maneira significativa nas propriedades energéticas dos resíduos gerados. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi estudar a influência da idade da árvore nas características energéticas dos resíduos da madeira. Foram realizadas análises nos constituintes de árvores (folhas, galhos copa e casca), em quatro idades de *Pinus taeda* em delineamento experimental completamente casualizado sob esquema fatorial. Os resultados demonstraram que a idade de 24 anos obteve os melhores valores de teor de umidade nos galhos, teor de cinzas nas acículas e poder calorífico líquido nos galhos. Houve também interação significativa entre idade de plantas e parte constituinte para poder calorífico líquido.

### **Abstract**

Changes in the chemical composition of the wood as well as in the physical characteristics of this had age of the tree influence in significant way energy properties them generated residues. In this direction, the objective of this work is to study the influence of the age of the tree on energy characteristics of the residues of the wood. They had been carried through you analyze in four constituent parts of trees of four ages of *Pinus taeda* in experimental design completely casualized under factorial design. The results demonstrate that the age of 24 years got the best values of text of humidity in the twigs, leached ashes text in acículas and liquid calorific power in the twigs. It also had significant interaction between age of plants and constituent part liquid calorific power.

### **Introdução**

A madeira é um material orgânico, e os seus constituintes químicos estão diretamente relacionados com as suas propriedades (Silva *et. al*, 2005). A madeira é considerada um biopolímero natural, formado essencialmente por celulose, polioses, as quais, com a celulose formam a holocelulose, e lignina, um polímero aromático natural e de alto peso molecular responsável pela dureza e rigidez da parede celular, além dos extrativos, chamados componentes acidentais que não fazem parte da parede celular, mas que, muitas vezes determinam o uso comercial da madeira. Existem também, os componentes inorgânicos, denominados cinzas, as quais são compostas por potássio, cálcio, magnésio, pequenas quantidades de sódio, manganês, ferro, alumínio, além de radicais como carbonatos, silicatos, cloretos, sulfatos e traços de zinco, cobre e cromo, dentre outros. (Cardoso *et. al*, 2001).

As composições física, mecânica e anatômica da madeira variam de maneira significativa, especialmente devido à idade da árvore, fatores genéticos e ambientais dentro de

---

<sup>1</sup> Trabalho de pesquisa pertencente ao Projeto de Pesquisa “Avaliação da potencialidade de uso da biomassa florestal para a geração de energia como contribuição para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL”, patrocinado pela Empresa Tractebel Energia S.A. e apoio da Empresa Flobasa S.A (Projeto Aneel -0403 - 003-2007).



## 1º Congresso Brasileiro sobre Florestas Energéticas, 02 a 05 de junho, Belo Horizonte, Minas Gerais

uma mesma espécie. Estas variações ocorrem também dentro de um mesmo indivíduo quando considera-se cerne e alburno, lenho tardio e inicial, por exemplo. (Trugilho *et. al*,1996).

As variações na composição química da madeira, assim como as mudanças na conformação anatômica e nas características físicas, especialmente na densidade influenciam sobremaneira as propriedades energéticas dos resíduos gerados ao longo do processo de industrialização das toras.

As características utilizadas para qualificar energeticamente um material são teor de umidade (TU), teor de cinzas (TC) e poder calorífico superior (PCS). O TU, dado em percentagem (%) expressa a quantidade de água presente no material em relação a seu peso total. Por fim, o TC, também expresso em percentagem, representa o conteúdo de material inorgânico presente na madeira. O PCS é dado em calorias por grama (cal/g) ou quilocalorias por quilo e expressa a quantidade de energia liberada por unidade de massa do combustível, considerando que o material está completamente seco e as condições de queima são ideais, sendo influenciado exclusivamente pela composição química do material.

O objetivo deste trabalho foi verificar a influência da idade da árvore e das mudanças por ela causadas nas características da madeira e nas propriedades energéticas de seus resíduos.

### Material e Métodos

O material utilizado foi coletado em povoamentos de *Pinus taeda* com idades de 10, 12 14 e 24 anos pertencentes à empresa Flobasa, pertencente ao grupo Battistella, na cidade Bocaina do Sul. Cinco árvores foram derrubadas em cada povoamento dentro de uma parcela de 10x10 metros. De cada uma das árvores foram coletados, separadamente, galhos, acículas, copa (parte do tronco com diâmetro inferior a oito centímetros) e discos na base e aos 25, 50, 75 e 100% da altura comercial (até o diâmetro mínimo de 8 cm) para a retirada da casca e para outros experimentos não tratados neste trabalho.

No laboratório, o material foi devidamente preparado para as análises subseqüentes, as quais foram realizadas seguindo as normas: NBR 13999 para teor de cinzas, NBR 14660 para teor de umidade e DIN 51900 para poder calorífico. Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4 (4 idades x 4 componentes das árvores) com vinte repetições.

Os dados foram submetidos à análise de variância e posteriormente teste de médias para determinação das melhores idades para as variáveis em estudo. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SAS.

### Resultados e Discussão

Na Tabela 1 é apresentada a análise de variância global para o experimento. Nela podem ser constatados efeitos significativos para todos os fatores dentro das fontes de variação Idade e Componente. Todas as variáveis, excetuando-se o TC, apresentaram coeficiente de variação baixo, refletindo a precisão na realização do experimento. Explica-se a maior variação nos valores de TC pelo fato de a composição química da madeira (copa, galhos e casca) e das acículas ser bastante diferente. As acículas acumulam maior quantidade de nutrientes, os quais são componentes inorgânicos, ou seja, compõem as cinzas.

Tabela 1 – Análise de variância para poder calorífico superior (PCS), poder calorífico líquido (PCL), teor de cinzas (TC) e teor de umidade (TU) em arvores de *Pinus taeda* em diferentes idades considerando as diferentes partes constituintes da árvore. Lages, SC – 2008/2009.

FV	QUADRADOS MÉDIOS			
	PCS	PCL	TC	TU
IDADE (I)	140550,4*	273597,1*	2,2*	574,8*
COMPONENTE (C)	982718,8*	1787024,1*	20,0*	68,3*
RESIDUO	469182,9	73615,5	0,51	24,2
CV (%)	2,0	16,7	46,5	8,4



## 1º Congresso Brasileiro sobre Florestas Energéticas, 02 a 05 de junho, Belo Horizonte, Minas Gerais

\* significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F  
 NS Não significativo

Na Tabela 2 são apresentadas as comparações múltiplas de médias pelo teste de Tukey – Kramer considerando as situações estudadas.

Tabela 2 – Comparação de médias em diferentes idades dentro de cada componenteconstituente de plantas de *Pinus taeda* para características de poder calorífico superior (PCS), poder calorífico líquido (PCL), teor de cinzas (TC) e teor de umidade (TU). Lages, SC – 2008/2009

FONTE DE VARIAÇÃO		MÉDIAS			
IDADE	COMPONENTE	TU	TC	PCS	PCL
10 anos	ACÍCULA	63 a	3,1 ab	5096 a	1424 a
12 anos	ACÍCULA	59 a	3,2 ab	5121 a	1592 a
14 anos	ACÍCULA	60 a	3,9 a	5116 a	1728 a
24 anos	ACÍCULA	56 a	1,7 b	5258 a	1749 a
10 anos	CASCA	46 a	1,0 a	5112 a	2323 a
12 anos	CASCA	43 a	0,4 a	5116 a	2487 a
14 anos	CASCA	41 a	0,7 a	5263 a	2502 a
24 anos	CASCA	40 a	0,3 a	5369 a	2801 a
10 anos	COPA	62 a	1,1 a	4898 a	1360 a
12 anos	COPA	63 a	0,6 a	4931 a	1305 a
14 anos	COPA	65 a	1,4 a	4804 a	1266 a
24 anos	COPA	62 a	0,5 a	4935 a	1374 a
10 anos	GALHO	61 a	0,7 a	4812 a	1427 ab
12 anos	GALHO	50 b	0,9 a	4976 a	2029 a
14 anos	GALHO	59 ab	1,6 a	4809 a	1409 b
24 anos	GALHO	50 b	0,6 a	4977 a	2138 a

Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada componente não diferem significativamente pelo teste de Tukey-Kramer.

Para acícula foram detectadas diferenças apenas para a variável TC, sendo a idade de 24 anos a que apresentou o menor valor, não diferindo significativamente a 5% de probabilidade de erro das idades 10 e 12 anos e sendo inferior à idade de 14 anos. Este resultado demonstra que as árvores com idade mais avançada não acumulam tantos nutrientes nas acículas. Desta forma, quando as acículas são retiradas para a geração de energia não carrega consigo os nutrientes anteriormente fornecidos pelo solo evitando a sua exaustão.

A casca não demonstrou diferenças significativas, para os contrastes de médias efetuados, para nenhuma característica nas diversas idades estudadas, indicando que não ocorrem alterações na composição química da casca ao longo da vida da árvore.

O fator copa demonstrou não diferenças significativas para nenhuma das características em estudo.

No fator galhos diferenças foram encontradas para as variáveis TU e PCL, sendo que para TU as idades a partir de 14 anos obtiveram os melhores valores (menores umidades). Já para PCL a idade de 24 anos obteve a melhor média, fato explicado pelos menores TU e TC do material de 24 anos. O TC reduz o PCL já que é material inorgânico e não é queimado, não gerando energia e um TU elevado leva a gastos de energia para a evaporação da água presente. Vale ressaltar que o PCL é a quantidade de energia útil gerada na combustão do material, sendo influenciado pelo TC e pelo TU do material no momento da queima.

Em todas as interações apresentadas percebe-se uma tendência linear ou quadrática dos dados, muito embora esta tendência não tenha sido estatisticamente testada neste trabalho. Silva et al. (2005) e Trugilho et al. (1996) trabalhando com diferentes espécies de



## 1º Congresso Brasileiro sobre Florestas Energéticas, 02 a 05 de junho, Belo Horizonte, Minas Gerais

eucalipto constataram tendências semelhantes na composição química da madeira, o que pode influenciar nas características em estudo neste trabalho.

Na prática, a melhor idade para utilização em cogeração é 24 anos, pois nesta a árvore tem sua atividade fisiológica reduzida, o que leva a um TU mais baixo, menor acúmulo de inorgânicos e, conseqüentemente, um PCL superior.

### Conclusões

- A idade de 24 anos foi a que obteve os melhores valores para teor de umidade nos galhos, teor de cinzas nas acículas e poder calorífico líquido para todos os materiais, sendo então a que apresenta melhor eficiência energética dentre as idades avaliadas.

### Referências

CARDOSO G. V. et. al. 2001. Adequação de metodologia amostral de madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus globulus* para determinação do teor de cinzas. **34º Congresso Anual de Celulose e Papel, São Paulo, Brasil**. Disponível em:

SLVA, J., de C. et. al. Influência da idade e da posição ao longo do tronco na composição química da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill. ex. Maidem. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.29, n.3, p.455-460, 2005. Disponível em: < [www.scielo.br/pdf/rarv/v29n3/a13v29n3.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rarv/v29n3/a13v29n3.pdf) >

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. **Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna***. Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG. Disponível em: <[www.dcf.ufla.br/cerne/artigos/16-02-20099844v2\\_n1\\_artigo%2009.pdf](http://www.dcf.ufla.br/cerne/artigos/16-02-20099844v2_n1_artigo%2009.pdf)>