

Análise da qualidade energética de resíduos madeiráveis ao longo de seis meses de armazenamento

Analysis of energetic quality of wood residues on a six-month storage

Martha Andreia Brand¹

Graciela Inês Bolzon de Muñiz²

Matheus Amorin³

José Valdeci da Costa¹

Eduardo Bittencourt¹

Em 2001 começaram a ser feitos estudos da quantificação e qualificação dos resíduos gerados nas indústrias do setor madeireiro, na região de Lages. Em um raio de 120 km, existiam 283 empresas de transformação primária, secundária e terciária, excetuando as fábricas de celulose e papel. O volume de resíduos gerados foi 26376,13 toneladas/mês, correspondendo a 33,57% da população amostrada. Assim, pode-se afirmar que a quantidade gerada é muito maior (BRAND *et al*, 2001). Este estudo subsidiou a instalação de uma cogeneradora em Lages, que entrou em operação a partir do início do ano de 2004. Assim, surgiu a necessidade de analisar a qualidade de resíduos armazenados na forma de toretes ou original de produção na indústria. Resíduos das florestas e indústria foram armazenados durante seis meses, analisando-se após sua chegada e a cada dois meses o teor de umidade e poder calorífico. Constatou-se que o teor de umidade dos resíduos variou de 29,5 a 67,3% na base verde, quando recém chegados no pátio. Os resíduos com melhor desempenho foram as costaneiras de *Pinus* e madeira de *Eucalyptus*. A posição do material na pilha, sua compactação, densidade e granulometria influenciam no comportamento dos resíduos ao longo do armazenamento. O poder calorífico líquido dos resíduos recém produzidos variou de

¹ Professor da Universidade do Planalto Catarinense. Av. Castelo Branco, 170, Lages, Santa Catarina. E-mail: martha@uniplac.net; valdeci@uniplac.net; eduardo@uniplac.net

² Professor do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestais da Universidade Federal do Paraná. Rua Lothário Meissner, 3400, Jardim Botânico, Curitiba, Paraná. E-mail: gbmunize@floresta.ufpr.br

³ Gerente de Projetos da Empresa Tractebel Energia. Rua Antônio Dib Mussi, 366, Centro - Florianópolis – SC. E-mail: matheus@tractebelenergia.com.br

1500 a 2500 Kcal/Kg e os resíduos com melhor desempenho no armazenamento foram casca de eucalipto, eucalipto sem casca e costaneira. O tempo de armazenamento mais adequado foi dois a quatro meses para o teor de umidade e poder calorífico.

Palavras chave: resíduos florestais, resíduos industriais, teor de umidade, poder calorífico.

In 2001 studies about quantification and qualification of residues from wood industries of Lages Region were started. In a 120 km area, there were 283 primary, secondary and tertiary transformation companies, not including the pulp and paper industries. The residue volume was 26376,13 ton/month, which corresponds to 33.57% of the determined population. Thus, it can be affirmed that the quantity produced is much bigger (BRAND *et al.*, 2001). Because of this study an energy cogenerator was installed in Lages, beginning its activities in 2004. This way, it was important to analyse the quality of residues stored as shortwood or in the original form of production at the industry. Forest and wood waste were stored for six months, and the moisture content and calorific power were analyzed after the residues arrival and after each two months. The moisture content varied from 29.5 to 67.3% on green basis, when recently arrived to the storage yard. The residues with best results were the *Pinus* side boards and the *Eucalyptus* wood. The material position on the pile, its compaction, density and granulometry influenced on the residues behavior during the storage. The net calorific power of the residues recently produced varied from 1500 to 2500 kcal/kg and the ones with best storage performance were bark of *Eucalyptus*, *Pinus* side board and *Eucalyptus* wood without bark. The best storage period, considering the moisture content and the calorific power, was between two and four months.

Key-words: forest residues, wood waste, moisture content, calorific power.

1 INTRODUÇÃO

Segundo BRAND *et al.* (2001), na região dos campos de Lages, em um raio de 120 km, via transporte rodoviário desta cidade, existem 283 empresas de transformação primária (serrarias e laminadoras), transformação secundária (fábricas

de painéis de madeira, fósforos, elementos de construção civil, etc), e transformação terceária (fábricas de móveis, artefatos de madeira, etc), excetuando as fábricas de celulose e papel. O município com maior número de empresas é Lages com 56% das empresas cadastradas na região, seguido dos municípios de Bom Retiro, Curitiba e São Joaquim.

De maneira geral, o volume total de resíduos gerados nas indústrias pesquisadas é de 26376,13 toneladas/mês, sendo que deste volume 20789,32 toneladas/mês são vendidas para alguma finalidade, restando portanto uma média de 5586,81 toneladas/mês. Vale lembrar porém, que este montante de resíduos gerados corresponde a 33,57% da população amostrada (283 empresas cadastradas).

Lages, além de ser o maior polo gerador de resíduos é também o município que tem maior disponibilidade dos mesmos. Curitiba, que é o segundo maior polo produtor vende mais de 80%, Bom Retiro vende praticamente 100% do que produz e São Cristovão do Sul em torno de 80%.

Os resíduos gerados em maior quantidade são a serragem verde, cavacos com e sem casca, maravalha seca, costaneira e refilo verde. Destes porém, o resíduo que se encontra normalmente disponível para comercialização é a serragem verde. Este resíduo tem alto teor de umidade, utilização limitada para fins mais nobres que a queima e apresenta problemas em queimadores que não forem adaptados para o uso deste material.

Outros materiais que podem ser encontrados disponíveis são as costaneiras, refilos verdes, cavacos com casca e material proveniente de tratamentos silviculturais como podas e desbastes. Destes, os dois primeiros tem dimensões maiores e quando vendidos são normalmente picados para a queima. O cavaco com casca é oriundo dos resíduos anteriormente citados, porém se a empresa já possui o picador, este é usado para produzir material para sua própria caldeira ou para a venda. Com relação ao material proveniente de podas e desbastes, estes se encontram normalmente na forma de toretes e são vendidos assim para serrarias de pequeno porte ou outras finalidades, ou deixados na floresta para reincorporação da matéria orgânica.

Quando a empresa produz cavacos descascados este já tem destino certo, a produção de celulose e papel, sendo que a maioria das empresas não possui descascadores de toras instalados.

O resíduo denominado maravalha seca é o mais nobre dos resíduos gerados em maior quantidade na região. Este também, normalmente é vendido para produtores de aves, suínos e bovinos para a confecção de camas de aviário ou estábulos.

Os resíduos gerados em menor quantidade estão normalmente disponíveis nas indústrias e muitas vezes se constituem em problemas ambientais devido ao armazenamento inadequado.

Outro fator importante na análise da quantificação e disponibilização dos resíduos é a existência de um mercado consumidor dos mesmos e os preços médios pagos por eles. O preço do resíduo é influenciado grandemente pela sua utilização. Assim, pode-se perceber que a maravalha seca e o cavaco descascado que tem os maiores valores de mercado são os que tem a utilização mais nobre, que são cama de aviário e celulose e papel, respectivamente.

O esquadramento de painel também tem um valor alto por ser um material seco, passível de utilização em pequenos objetos e para geração de energia, com ganhos no poder calorífico. O cavaco com casca acompanha os anteriores por já ter um mercado estabelecido, o da geração de energia.

A serragem verde, por sua vez, apesar de existir em maior volume de disponibilização tem um valor baixo por apresentar inconvenientes na queima, devido a sua pequena granulometria.

Assim, a região de Lages é uma região com grande potencial gerador de resíduos, que não são utilizados nos locais onde são gerados, causando problemas ambientais sérios como poluição e assoreamento dos rios, poluição do ar pela queima a céu aberto e uso de locais na indústria que poderiam ser melhor utilizados no processo produtivo.

Aliado a esta informação, a atual crise energética está levando os órgãos públicos e privados a investir em fontes energéticas alternativas, preferencialmente renováveis e ambientalmente menos agressivas, o que leva a utilização de resíduos de madeira, principalmente em processos de cogeração, onde o ganho energético é

aumentado devido à produção de duas formas de energia, a energia térmica (vapor) e elétrica.

Além disso, a partir do ano de 2004, entrou em operação uma cogeneradora em Lages que está utilizando resíduos madeiráveis para a geração de energia elétrica e vapor e como demonstrado, o potencial gerador de resíduos é muito grande e não deve ser menosprezado.

Assim, apesar destes resultados preliminares outros estudos precisavam ser feitos para determinar a qualidade dos resíduos gerados na região. Portanto, este trabalho teve o objetivo de qualificar vários tipos de resíduos oriundos da floresta e indústria, com relação ao teor de umidade e poder calorífico, ao longo de seis meses de armazenamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Segundo a REVISTA REFERÊNCIA (2003b) 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 (REVISTA REFERÊNCIA, 2003 (a)).

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 DORIVAL ZOTZ, citado por REVISTA REFERÊNCIA (2003b), esta atividade não serve somente para diminuir o lixo das madeireiras, mas diminuir o consumo da matéria-prima e o impacto ambiental.

Além disso, nos últimos anos, tem sido chamada à 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 (FAO, 1999).

Em muitas localidades espalhadas pelo Brasil, a falta de energia elétrica é a principal preocupação. Entre os motivos para o problema está a falta de infra-estrutura e de recursos naturais para a geração de energia. Para evitar que parte da população ainda enfrente a dura rotina de recorrer às velas para obter luz, entre inúmeros transtornos, o governo e indústrias privadas estão elaborando projetos para a criação de centrais elétricas que funcionem a base de resíduo de madeira e restos de vegetais (REVISTA REFERÊNCIA, 2003 (a)).

Porém, o problema de suprimento energético não atinge somente áreas remotas do país. O apagão ocorrido nos anos de 2001 e 2002 foi um exemplo disso. Este fator fez com que os empresários e governo despertassem para o uso de outras fontes renováveis de energia, o que está fazendo com que a cogeração de energia esteja em alta nos meios de divulgação do setor madeireiro brasileiro.

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. O município de Ulianópolis (PA), por exemplo, chega a ficar 24 horas sem energia. A queima de resíduos de madeira tem sido um problema para a

população que sofre com um número elevado de doenças respiratórias. Para reverter o quadro, o Cenbio (Centro Nacional de Referência em Biomassa), entidade vinculada ao MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia), recomendou a implantação de um projeto alternativo para geração de energia a partir de resíduos de serrarias.

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 (REVISTA REFERÊNCIA, 2003 (a)).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O material que foi analisado constituiu-se de:

- ✓ Madeira de *Pinus* com dimensões de 2,4 m de comprimento médio ou comprimento variável.
- ✓ Madeira de *Eucalyptus* com comprimento médio de 2,4 m e com diâmetros variados.
- ✓ Costaneira de *Pinus*, proveniente da transformação de toras em serrarias, com comprimento de 2,0 m, normalmente contendo casca.
- ✓ Lâminas verdes provenientes de laminadora de *Pinus*.
- ✓ Madeira atacada por vespa da madeira, com comprimento de 2,40 m e que não tem utilização no processo de celulose e papel ou na transformação mecânica.

Foi realizada 1 coleta de material vindo da floresta e da indústria, cujo destino foi o armazenamento em pátio. A partir do momento que o material chegou no pátio, foram realizadas 4 coletas de material para análise. A primeira coleta foi feita no material recém chegado ao pátio. A segunda coleta no material com um mês de armazenamento, a terceira com quatro meses de armazenamento e a quarta com seis meses de armazenamento.

As coletas foram iniciadas em outubro de 2003 e se estenderam até maio de 2004. O volume trazido para o pátio de armazenamento para cada tipo de resíduo foi de aproximadamente 10 m³. Todo o material coletado foi disposto em pilhas no pátio cedido pela Battistella Indústria e Comércio Ltda., localizada na área industrial da cidade de Lages, próxima da planta de cogeração da empresa TRACTEBEL Energia.

Foram coletadas 2 toras de cada tipo de material na base das pilhas, 2 toras no meio da pilha e 2 toras no topo da pilha, para a verificação da variação das propriedades energéticas em função da posição do material na pilha. Do material que não se apresentou na forma de toras (lâminas e costaneiras) foi coletado um volume equivalente ao das toras. Para facilitar a retirada do material foram utilizados separadores.

Todo o material disposto no pátio foi empilhado. A primeira coleta, com exceção da serragem e cavaco para energia, foram às testemunhas, para a avaliação da variação da qualidade energética ao longo do tempo.

Assim que o material coletado em campo chegava ao laboratório, o mesmo era preparado para as análises. De cada posição de coleta metade do material era mantido com casca e a outra metade era descascada. O material descascado foi à madeira de Pinus de 2,4 m e o *Eucalyptus*.

Todo o material coletado foi passado no picador, para a redução em cavacos. Mesmo a casca retirada das toras, também foi passada no picador. De todo material obtido no picador, foi feita uma amostragem, sendo recolhido em um saco de lixo, com capacidade para 50 litros, cavacos de cada tipo de material picado (um saco para cada tipo de resíduo).

Estando o material preparado foram iniciadas as análises de laboratório, relacionadas ao teor de umidade e poder calorífico.

3.1 Teor de umidade

O teor de umidade foi obtido por diferença de peso antes e após a secagem do material em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, utilizando-se a fórmula:

$$\text{TU Base verde (\%)} = \frac{\text{Peso verde} - \text{Peso seco}}{\text{Peso verde}} \times 100$$

3.2 Poder calorífico

O poder calorífico superior foi determinado em calorímetro (Norma DIN 51 749). A partir desta informação foram obtidos os poderes caloríficos inferior e líquido de cada resíduo avaliado.

O poder calorífico inferior foi obtido através da fórmula:

$$\text{Poder calorífico inferior (PCI)} = \text{Poder calorífico superior (PCS)} - 324$$

O poder calorífico líquido foi calculado pela fórmula:

Poder calorífico líquido (PCL) = PCI x (100-teor de umidade na base verde (TU))/100)-6*TU.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Teor de umidade

Os resultados relativos ao teor de umidade do material obtidos nas quatro coletas realizadas são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Valores de teor de umidade, na base verde, dos resíduos ao longo de seis meses de armazenamento.

Amostra	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 4	Coleta 6
	Recém coletado	1 mês armazenamento	4 meses armazenamento	6 meses armazenamento
C	48,98	25,49	14,08	23,12
CE	56,23	30,98	15,02	21,83
CP	44,11	49,77	43,49	48,43
ECC	52,73	43,72	32,54	28,15
ESC	47,39	43,59	9,55	26,38
L	52,30	54,32	31,62	40,04
PCC	55,80	62,11	25,20	50,19
PSC	60,00	56,37	47,64	50,92
PV	29,49	38,46	32,84	35,11

Legenda: C – costaneira; CE – casca de eucalipto; CP – casca de pinus; ECC – eucalipto com casca; ESC – eucalipto sem casca; L – lâmina; PCC – pinus com casca; PSC – pinus sem casca e PV – pinus vespa.

Para melhor visualização dos resultados, os mesmos serão apresentados na forma de Figuras. Desta forma, para visualizar a variação do teor de umidade ao longo de seis meses de armazenamento é apresentada a Figura 1.

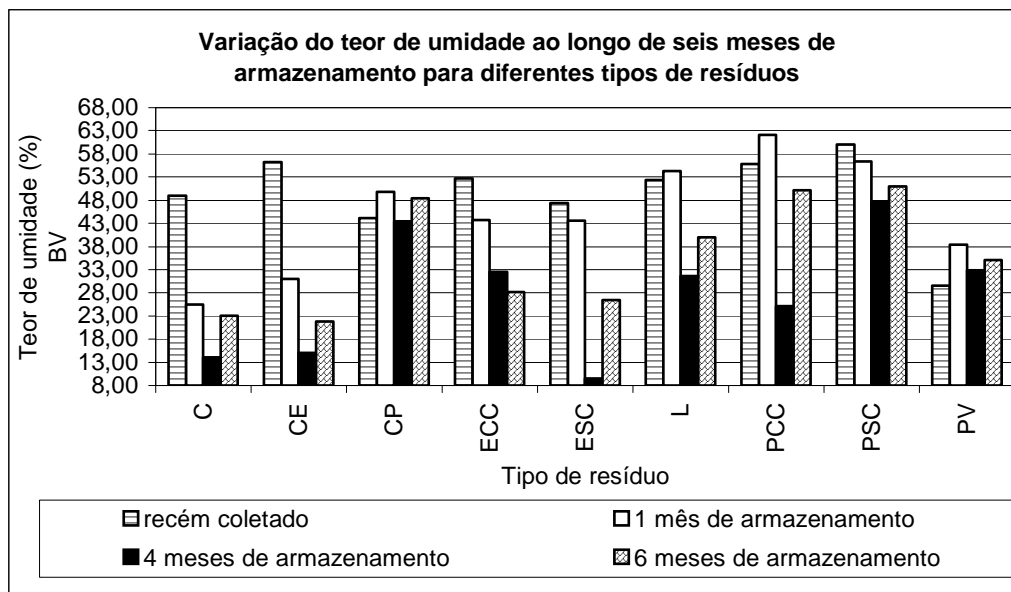


Figura 1 – Variação do teor de umidade ao longo de seis meses de armazenamento para diferentes tipos de resíduos

Analisando-se a Figura 1 pode-se concluir que os materiais armazenados com melhor comportamento durante a armazenagem foram a costaneira, e a casca de eucalipto, seguidos do eucalipto sem casca. Os piores comportamentos foram para os materiais pinus sem casca, pinus atacado por vespa de madeira e casca de pinus.

O comportamento destes materiais podem ser explicados. A costaneira perde maior quantidade de umidade por ser um material com menores dimensões, mas maior área superficial para a perda de umidade. O pinus se mostrou com pior comportamento provavelmente devido a maior susceptibilidade a biodegradação, o que torna o material mais poroso, aumentando sua permeabilidade.

A madeira atacada por vespa da madeira não tem bom desempenho durante o armazenamento, devido ao aumento da permeabilidade da madeira pelo ataque do inseto e fungos associados, o que permite que a madeira adquiria umidade do ambiente com grande facilidade. Assim o teste demonstrou que a secagem não é diretamente proporcional à absorção de umidade, e portanto é preferível que este tipo de material seja trazido para a indústria e utilizado sem que ocorra armazenamento.

O tempo de armazenamento mais adequado é entre um e quatro meses, sendo que o período de um mês é muito reduzido e o de seis meses é muito elevado. Com um mês o material não perdeu a quantidade de umidade necessária para o uso em energia e

com seis meses a madeira já está entrando em processo de degradação e portanto, tornando-se mais permeável.

Todos os resíduos utilizados na análise chegam ao local de experimento com alto teor de umidade, em média 50%, com exceção do pinus atacado por vespa da madeira, com em torno de 30% de umidade.

Como foram realizadas coletas em três posições nas pilhas (base, meio e topo), os resultados obtidos podem ser visualizados nas Figuras 2, 3 e 4.

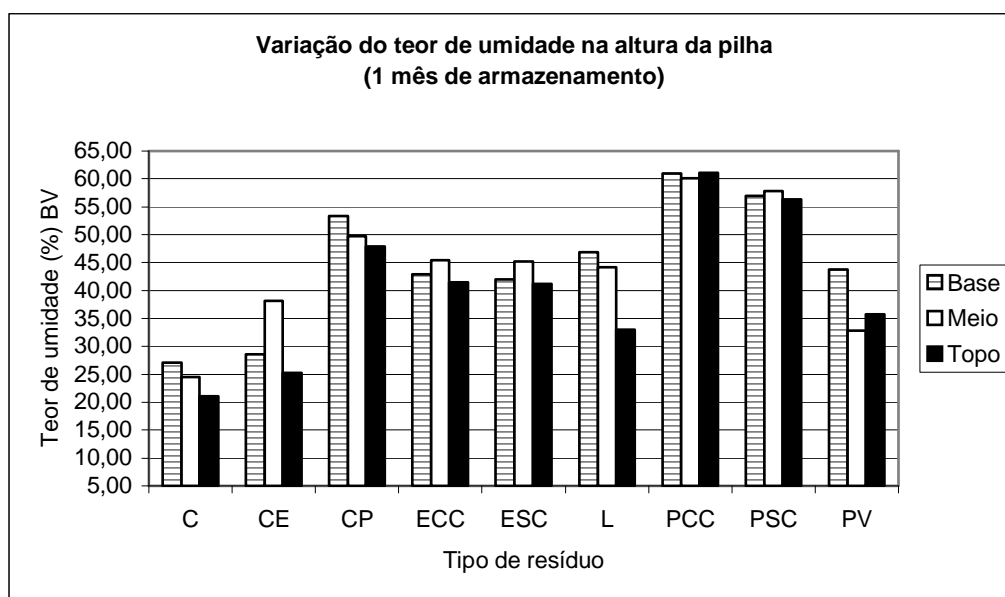


Figura 2 - Variação do teor de umidade na altura da pilha (1 mês de armazenamento)

Através da Figura 2 pode-se concluir que os resíduos que apresentam variação no teor de umidade ao longo da altura da pilha são a costaneira, casca de pinus, casca de eucalipto, pinus atacado por vespa e lâmina. Este comportamento é explicado pelos mesmos fatores que explicam a variação de umidade ao longo do tempo, sendo que aqui se inclui a lâmina, que por se constituir em uma pilha compacta terá teor de umidade menor no topo e maior no interior da pilha.

Apesar de haver variação do teor de umidade ao longo da altura, esta variação é pequena, para um mês de armazenamento. Resultados obtidos para dois meses de armazenamento se aproximam mais do comportamento de um mês de armazenamento que de quatro meses.

Para um mês de armazenamento percebe-se que existe a tendência do teor de umidade na base e meio da pilha serem maiores que no topo.

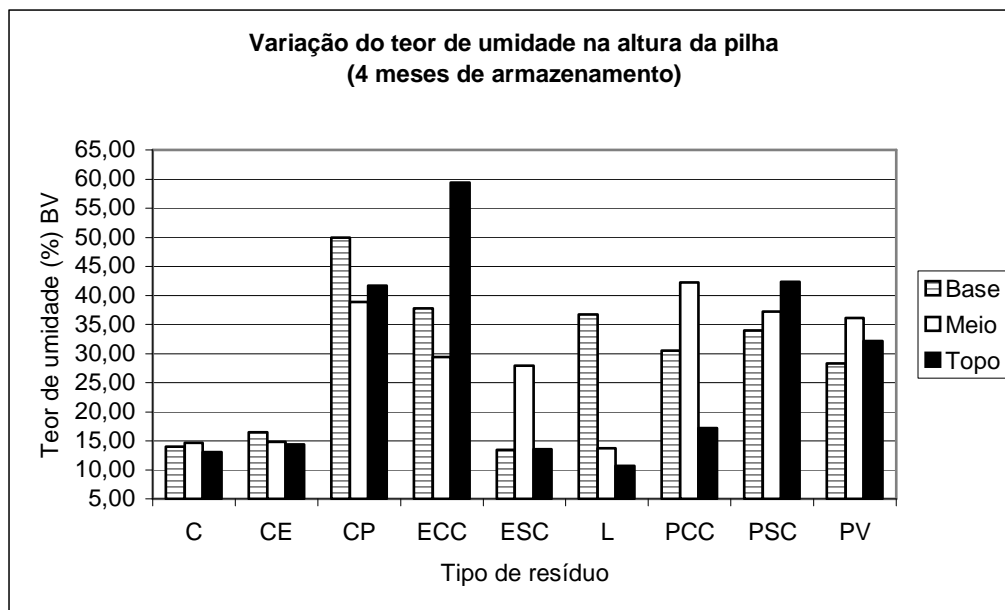


Figura 3 - Variação do teor de umidade na altura da pilha (4 meses de armazenamento)

Com quatro meses de armazenamento, percebe-se que os resíduos costaneira e casca de eucalipto não apresentam mais variação em relação à altura. No caso da costaneira isso é devido ao tipo de empilhamento, que permite maior aeração no interior da pilha.

O resíduo com comportamento mais diferenciado é a costaneira, pois a base da pilha fica muito compacta, o que acarreta maior acúmulo no teor de umidade nesta posição.

Os demais resíduos não apresentaram um comportamento padrão, mas tiveram grande variação no teor de umidade em relação à altura da pilha.

Com seis meses de armazenamento, os resíduos com melhor comportamento foram a costaneira e eucalipto (casca de eucalipto, eucalipto com casca e sem casca), tendo em termos de manutenção de teores de umidade baixos como menor variação ao longo da altura. Os demais tipos de resíduos tiveram variação considerável em termos de altura da pilha.

De forma geral, pode-se constatar que existe variação no teor de umidade dentro de uma pilha de madeira ao longo do tempo de armazenamento. Além disso, quanto mais compacta for a pilha, maior será a diferença de teor de umidade entre as posições.

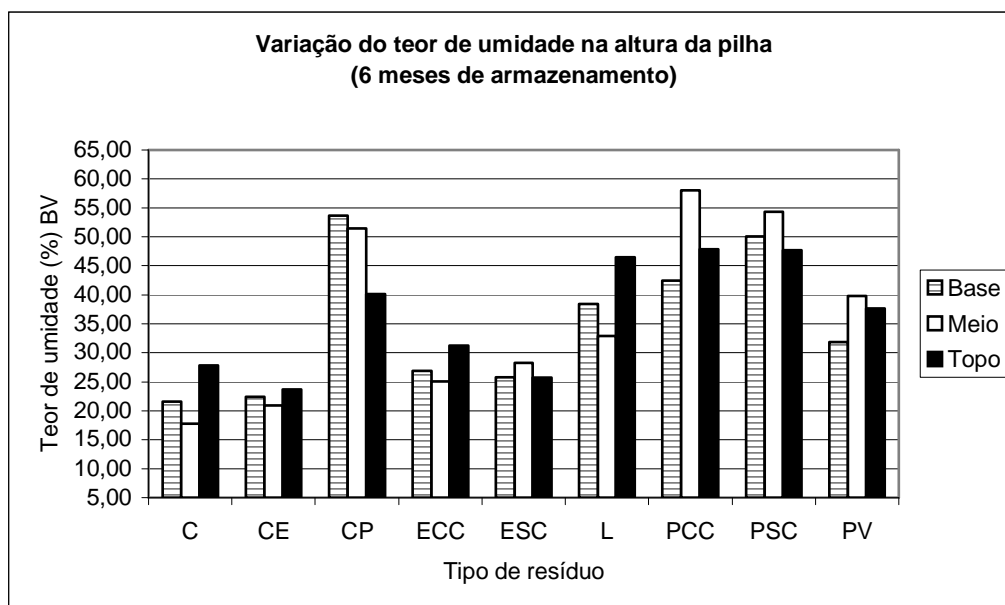


Figura 4 - Variação do teor de umidade na altura da pilha (6 meses de armazenamento)

4.2 Poder calorífico

Os resultados do poder calorífico superior podem ser visualizados no Quadro 2.

Quadro 2 – Poder calorífico superior dos resíduos, em função do tempo de armazenamento.

Tipo de resíduo	Poder calorífico superior (Kcal/Kg)		
	Recém chegado	1 mês de armazenamento	4 meses de armazenamento
C	4753	4663	4634
CE	4636	4662	4728
CP	4773	4654	4591
ECC	4749	4560	4651
ESC	4750	4639	4691
L	4412	4670	4633
PCC	4843	4517	4607
PSC	4735	4641	4526
PV	4145	4672	4620

Os resíduos que tiveram menores valores de poder calorífico foram a lâmina e o pinus atacado por vespa da madeira, quando recém chegados. Isto é devido ao cozimento das toras para a obtenção das lâminas, o que causa a perda dos extrativos e

a biodegradação no caso do pinus atacado por vespa da madeira. Após um ou quatro meses de armazenamento a variação entre os tipos de resíduo tornou-se insignificante.

De maneira geral, não houve grande variação do poder calorífico entre os quatro meses de armazenamento realizado. O único resíduo que apresentou variação significativa (mais de 300 Kcal/Kg) foi a madeira atacada por vespa, sendo que houve um aumento no poder calorífico superior ao longo do armazenamento.

Calculando-se o poder calorífico líquido foram obtidos os resultados apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Poder calorífico líquido (PCL) de resíduos armazenados por quatro meses

Tipo de resíduo	Recém chegado		1 mês de armazenamento		4 meses de armazenamento	
	PCL (Kcal/Kg)	TU BV (%)	PCL (Kcal/Kg)	TU BV (%)	PCL (Kcal/Kg)	TU BV (%)
C	1966	49	3080	25	3618	14
CE	1550	56	2808	31	3653	15
CP	2222	44	1876	50	2150	43
ECC	1776	53	2122	44	2724	33
ESC	2044	47	2172	44	3893	10
L	1636	52	1659	54	2757	32
PCC	1663	56	1216	62	3052	25
PSC	1404	60	1545	56	1914	48
PV	2517	29	2445	38	2688	33

TU BV = teor de umidade na base verde

O poder calorífico superior dos resíduos variou de 4100 a 4800 Kcal/Kg, e o poder calorífico líquido de 1500 a 2500 Kcal/Kg para o material recém produzido, normalmente com alto teor de umidade.

Com um mês de armazenamento, o poder calorífico líquido variou de 1200 a 3000 Kcal/Kcal, e com quatro meses de 2100 a 3900 Kcal/Kg, significando que o período de armazenamento propiciou um ganho significativo no poder calorífico líquido do material.

Como esperado, a medida que o teor de umidade do resíduo diminui, seu poder calorífico disponível aumenta.

Como o poder calorífico líquido considera o teor de umidade da madeira, a variação do poder calorífico disponível nos resíduos é bastante grande, como pode ser visto na Figura 5.

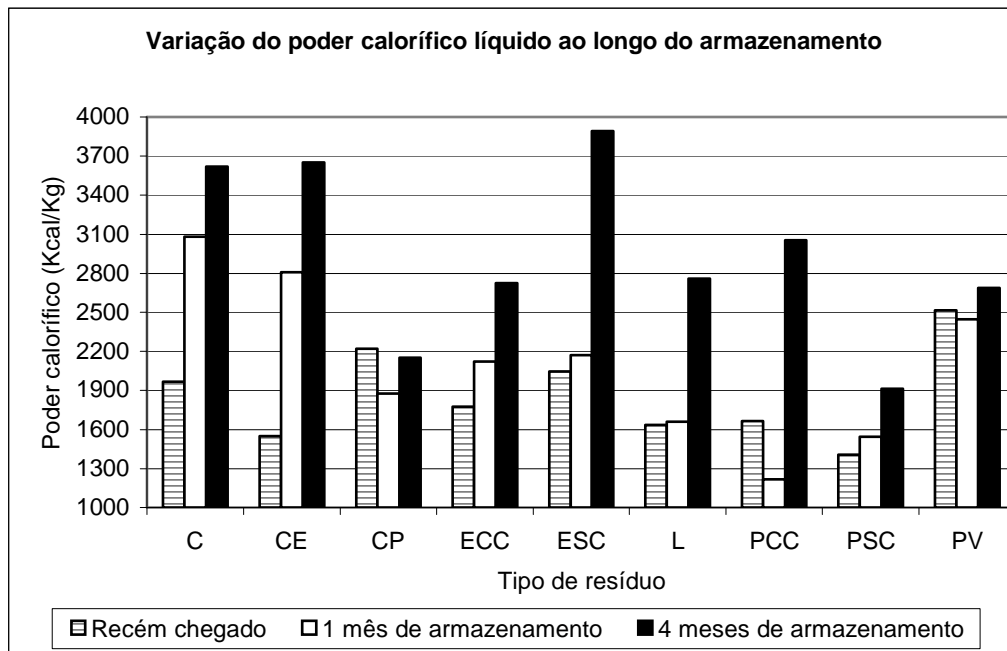


Figura 5 - Variação do poder calorífico líquido ao longo do tempo de armazenamento

5 CONCLUSÕES

5.1 Quanto ao teor de umidade

- ✓ Todos os resíduos apresentam teor de umidade alto quando recém produzidos, com exceção da madeira atacada por vespa da madeira. O teor de umidade dos resíduos varia de 29,5 a 67,3% de umidade na base verde, quando recém chegado no pátio.
- ✓ Após um mês de armazenamento o teor de umidade varia de 25,5 a 62,1 % e após quatro meses de 9,5 a 47,6% de umidade.
- ✓ A madeira atacada por vespa da madeira terá melhor desempenho energético se utilizada logo após o abate das árvores, se as mesmas já estiverem mortas em pé. Este resíduo não tem bom desempenho no armazenamento devido a biodegradação prévia do material vivo.
- ✓ Os resíduos com melhor desempenho no armazenamento foram as costaneiras e a madeira de eucalipto

- ✓ Os resíduos com maior densidade e menor granulometria (dimensões) apresentam variação do teor de umidade em função da posição na pilha, diminuindo o teor de umidade da base para o topo.
- ✓ O tipo de empilhamento também influencia na variação do teor de umidade na altura da pilha, sendo que quanto mais compacta a pilha, maior a variação do teor de umidade.

5.4 Quanto ao poder calorífico

- ✓ Quando recém produzido, os resíduos com maior poder calorífico líquido foram pinus atacado por vespa da madeira, casca de pinus e eucalipto sem casca.
- ✓ Com um mês de armazenamento, os resíduos com maior poder calorífico líquido foram a costaneira, a casca de eucalipto, o pinus vespa. Com quatro meses, o eucalipto sem casca, casca de eucalipto e costaneira.
- ✓ O poder calorífico tem relação inversamente proporcional ao teor de umidade do resíduo, sendo mais importante que o tipo de resíduo ou material analisado.
- ✓ De maneira geral, os resíduos com melhor desempenho durante o armazenamento foram o eucalipto sem casca, a casca de eucalipto e a costaneira. Os resíduos com pior desempenho foram o pinus sem casca e a casca de pinus.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAND, M.A.; SIMIONI, F.J.; ROTTA, D.N.H; ARRUDA, L.G.P. **Caracterização da produção e uso dos resíduos madeiráveis gerados na indústria de base florestal da região serrana catarinense**. 2001. Relatório técnico. Universidade do Planalto Catarinense, Lages, 2001.23 p.

FAO. **Contribution of woodfuels to energy sector. State of the world's forests**. Editorial Group FAO Information Division. Rome: FAO, 1999. p 37-40.

REVISTA REFERÊNCIA. Resíduos de madeira: Parte 2. A "sobra" que vale ouro. **Revista Referência**, Curitiba, Ano V, n. 25, pg. 28-38, 2003 (a).

REVISTA REFERÊNCIA. Resíduos de madeira: Parte 1. A "sobra" que vale ouro. **Revista Referência**, Curitiba, Ano V, n. 24, 2003 (b). Disponível em <html://www.revistareferencia@revistareferencia.com.br>. Acesso em 16 de set. 2003.