

PESQUISA SOBRE MECANIZAÇÃO FLORESTAL PARA ABASTECIMENTO INDUSTRIAL DE RESÍDUO VISANDO A PRODUÇÃO DE ENERGIA

Arnaldo Salmeron*

1. INTRODUÇÃO

A madeira é, certamente, a fonte de energia mais antiga que se conhece, e ainda hoje e responsável por uma parcela considerável de energia consumida, principalmente em países em desenvolvimento. Estima-se que atualmente no Brasil, são consumidos cerca de 120 milhões de m³ de madeira como lenha, representando êsse valor, 65% da produção total de madeira do país (MUTHOO, 1977).

Porem, embora esses valores sejam de impacto, eles apenas exprimem uma parcela do que realmente pode ser retirado da floresta, principalmente, quando considera-se o uso integrado da floresta. Assim, o material referente aos galhos, copas e ponteiros, são tradicionalmente descartados, justificando-se esse procedimento pela facilidade de obtenção de outras fontes de energia ou pela falta de uma tecnologia para utilizá-los.

A pressão sofrida pelas empresas, para reduzir o consumo de combustíveis derivados do petróleo, levou-as a adotar uma posição favorável à utilização dos resíduos, principalmente as indústrias que utilizam a madeira como matéria-prima, sendo que na atualidade, muitas delas já utilizam esse recurso como fonte de energia.

O conceito de resíduos florestais engloba todo o material resultante da exploração comercial da madeira e que permanece sem utilização industrial definida. Normalmente são considerados resíduos da exploração florestal, os seguintes materiais:

- casca
- galhos
- copa
- árvores cujo diâmetro é inferior ao diâmetro comercial mínimo
- árvores doentes
- árvores mortas
- tocos e raízes

Quanto às raízes das árvores, pouca ou nenhuma importância tem-se dado atualmente, já que grande parte de nossas florestas são regeneradas por talhadia. Porém, para florestas de *Pinus*, a utilização desse material deve ser também estudada, pois, além de representar um volume considerável, e por tanto uma fonte a mais de energia, a utilização das raízes facilita os trabalhos posteriores de implantação de uma nova floresta.

Por outro lado, se esses resíduos representam uma fonte considerável de energia, o seu aproveitamento implica no desenvolvimento de técnicas apropriadas de exploração, inclusive forçando o desenvolvimento de novos sistemas de coleta, já que as características dos materiais são diferentes.

O resíduo da exploração florestal, é um material que apresenta as seguintes características:

- pequeno peso

* Prof. do Departamento de Silvicultura – ESALQ-USP – Setor Mecanização Florestal

- grande volume
- grande dispersão na área florestal

Devido a essas características, a exploração será econômica se forem utilizados sistemas mecanizados, que minimizem a participação da mão-de-obra e concentrem as operações num determinado ponto da floresta. As alternativas para coleta e processamento do resíduo são o objetivo desse trabalho.

2. SISTEMAS DE COLETA DO RESÍDUO

De um modo geral, o aproveitamento do resíduo envolve duas fases distintas:

- a) fase de campo
- b) fase industrial

Na primeira etapa pode-se definir as seguintes operações:

- corte da árvore
- separação do resíduo
- picagem do resíduo
- carregamento
- transporte

Já para a fase industrial pode-se considerar as atividades de:

- descarregamento
- secagem do material
- armazenamento
- abastecimento da caldeira

A coleta dos resíduos da exploração, está diretamente ligada ao sistema de exploração da madeira, e, também, ao tipo de resíduo que se deseja obter.

2.1. Exploração de *Eucalyptus*

2.1.1. Aproveitamento da lenha fina

Em florestas de *Eucalyptus*, exploradas sob corte raso e cujo objetivo é o aproveitamento apenas da "lenha fina", o sistema básico de exploração não necessitará sofrer grandes alterações, bastando incluir no sistema o desgalhamento, a picagem e o amontoamento desse material, cujo diâmetro vai até o limite comercial mínimo. Visando um melhor aproveitamento, o comprimento dessa madeira deverá ser ao redor de 1,00 - 1,20 m, o que certamente acarretará problemas no sistema de carregamento e transporte, pois, serão necessárias duas pilhas no caminhão. Além do mais, a garra das gruas atualmente em uso, apresentam dificuldades no manejo de madeira de comprimento reduzido. Portanto, um dos pontos a serem estudados e o desenvolvimento de uma garra

especial para madeira curta, cuja área poderá ser bastante aumentada, desde que a sua capacidade se mantenha dentro dos limites de carga do carregador.

2.1.2 Aproveitamento total do resíduo

O aproveitamento integral da árvore, é objeto de estudos à vários anos, principalmente nos U.S.A. *ERICKSON* (1973), argumenta que o aproveitamento do resíduo é econômico quando o seu processamento (picagem) é realizado no campo, principalmente quando se tem pátios de trabalho onde todas as atividades de exploração estão concentradas, salientando que essa é uma das maneiras de mecanizar totalmente o aproveitamento do resíduo.

Fundamentalmente, para aproveitamento da árvore inteira (resíduo e madeira industrial), existem 2 sistemas básicos:

a) Coleta do resíduo diretamente no campo

Consiste em explorar o resíduo após a retirada da madeira industrial, através de picadores móveis que transformam o material na forma de cavacos e, ao mesmo tempo, transporta-o até os limites do talhão.

A condição para o funcionamento desse sistema, é a topografia plana, que permita a entrada do equipamento diretamente no canteiro de corte. Porém, em termos de mecanização, o sistema exige uma alta participação de mão-de-obra, pois, a alimentação do equipamento geralmente é manual. Qualquer tentativa em promover a alimentação mecânica de picadores móveis, pode comprometer as características principais desse equipamento que são versatilidade e mobilidade.

Mesmo com alimentação manual, o rendimento dos picadores móveis pode ser melhorado se o equipamento trabalhar em pátios de processamento, onde não há tempos perdidos com movimentação, e o material concentrado permite uma alimentação contínua da máquina.

Porém a utilização do picador móvel permite que o material perca umidade no próprio canteiro de corte, sendo transportado para as cadeiras com uma umidade bem próxima da umidade de utilização.

Esquemáticamente o sistema pode ser representado como é visto na Figura 1.

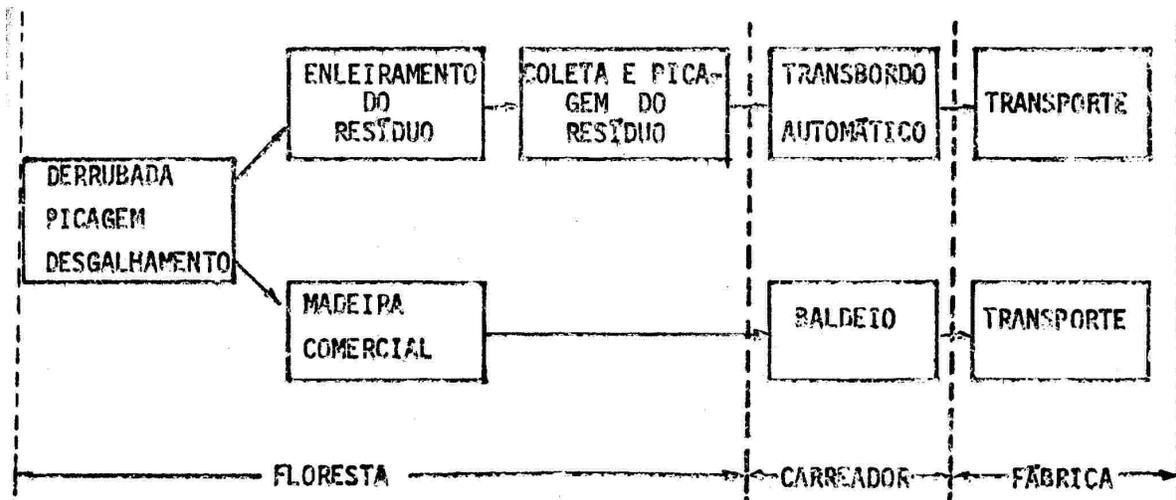


Figura 1. Esquema da exploração do resíduo com coleta direta no canteiro de corte.

b) Arraste da árvore inteira para pátios de processamento

Executando-se o sistema em que a árvore é picada integralmente, é o sistema de coleta que permite maior grau de mecanização.

O equipamento básico para esse sistema é o arrastador de pinças (grapple-skidder), cujo raio econômico delimita a área de exploração para cada pátio de processamento.

Hypes (1974), trabalhando no sul dos U.S.A., mostra que o rendimento do desgalhamento e da picagem com moto-serra, aumenta bastante quando feito com árvores amontoadas, podendo dobrar conforme o tipo de floresta. O mesmo autor salienta que o uso de grades desganhadoras colocadas nos pátios de processamento, aumenta ainda mais o rendimento do desgalhamento, principalmente se trabalha com árvores de diâmetro reduzido.

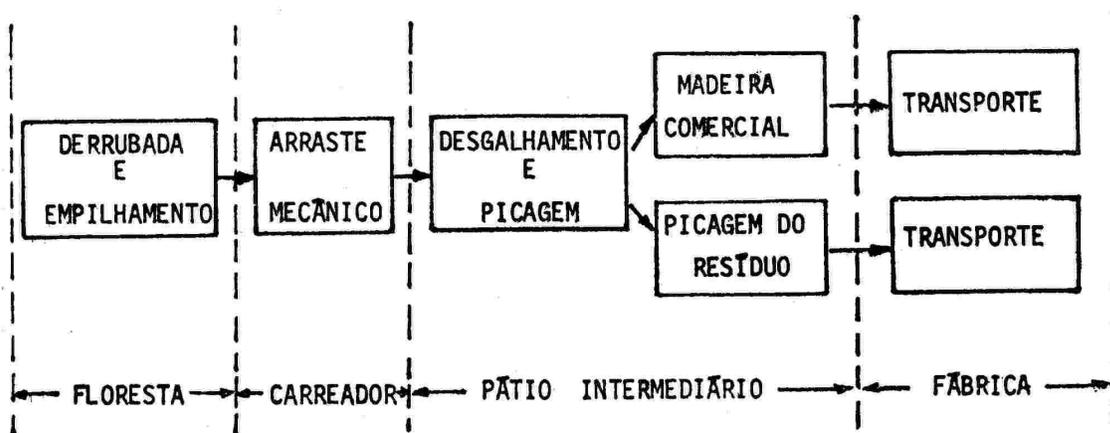


Figura 2. Exploração da árvore inteira com processamento em pátios.

A utilização desse sistema, permite trabalhar em terrenos mais acidentados, pela própria característica do arrastador, além de concentrar todo o trabalho num determinado local, facilitando o trabalho tanto dos picadores como das guas de carregamento da madeira. Porém, as árvores devem ser retiradas do talhão antes do início da brotação, para que não haja prejuízo à continuidade da floresta. O sistema pode ser melhorados com a inclusão de um cortador mecânico que deixa as pilhas prontas o arrastador.

2.2. Exploração de resíduos de florestas de *Pinus*

Para florestas de *Pinus*, exploradas sob o regime de desbastes, a coleta do resíduo apresenta maiores dificuldades, pelas seguintes razões:

- pequeno espaço para a movimentação de equipamentos;
- praticamente impossível entrar com um picador diretamente para alcançar o resíduo das árvores cortadas;
- resíduo disperso, permitindo somente um amontoamento manual;
- menor volume de resíduo por unidade de área.

A única possibilidade de recolher o resíduo diretamente, é quando o sistema de desbaste é sistemático, onde todo o material fica concentrado no ramal, permitindo que uma carreta ou mesmo um picador compacto possa realizar o trabalho dentro da floresta.

Porém, para desbastes seletivos ou mesmo combinados, será necessário desenvolver um sistema que atenda tanto a retirada da madeira, como dos resíduos de exploração.

2.2.1. Enfardamento manual do resíduo

Consiste em realizar fardos de 1 a 2 m³ de resíduo, mantidos compactos através de um arame ou fita de aço. Esse método foi utilizado no passado por muitas empresas dos U.S.A., para explorar florestas de baixo rendimento com madeira fina e em locais acidentados. Esses fardos contêm apenas pontas e galhos, não servindo para retirada de casca ou outros materiais de forma fragmentada.

A retirada do fardo do interior da floresta, é feita por arraste, através de animais, guinchos ou tratores de pinça.

As vantagens da utilização desse sistema e o baixo investimento e uma pequena redução de volume do resíduo (compactação) que facilita a operação subsequente do transporte.

Como desvantagem pode-se citar a alta participação de mão-de-obra exigida, embora sendo um trabalho relativamente leve, e mais fácil arregimentar pessoal para executá-lo.

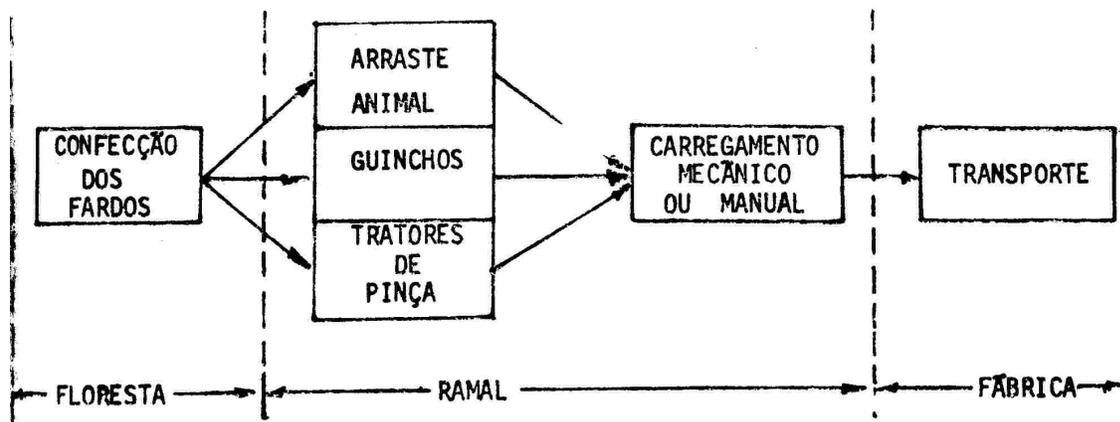


Figura 3. Exploração da árvore inteira com coleta e processamento do resíduo no ramal

2.2.2. Exploração da árvore inteira com coleta e processamento do resíduo no ramal

Embora seja um dos sistemas de maior investimento em termos de equipamentos e planejamento, permite que o resíduo seja coletado e processado com um mínimo de participação de mão-de-obra.

A árvore tem que ser levada inteira para o ramal para então ser picada e desgalhada com moto-serras. A derrubada pode ser feita com moto-serras, acarretando, então, o arraste através de guinchos móveis, como opção única de retirada. A desvantagem, nesse caso, refere-se à utilização do guincho, que, como é sabido, apresenta bons rendimentos quando se trabalha com árvores de grande porte ou com feixes de árvores finas. Nesse caso, fica difícil a formação dos feixes pelo trabalhador, e certamente, o rendimento do guincho deverá cair.

Quando a distância entre ramais não excede 50-60 metros, o uso do cortador-acumulador é uma boa opção. SALMERON (1980), trabalhando com o "Feller-Buncher" na exploração de florestas de *Pinus*, mostra que a utilização do equipamento cortando e transportando a árvore até o ramal, é viável. Porém, as operações sub-sequentes de picagem e desgalhamento devem apresentar uma produção elevada, para poder acompanhar o alto rendimento do equipamento. Caso contrário, há um grande acúmulo de material no ramal e o sistema apresenta facilidade de estrangulamento.

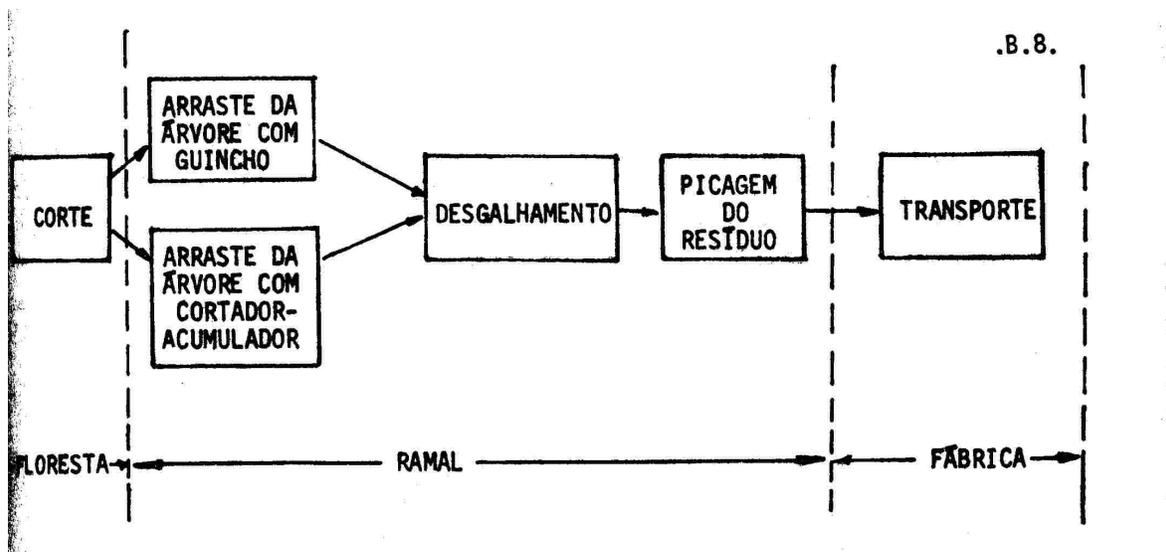


Figura 4. Coleta e processamento do resíduo no ramal

Após a retirada da madeira, o resíduo pode ser picado através de picadores portáteis, carregando-se o cavaco diretamente em carretas ou caminhões.

2.2.3. Exploração da árvore inteira com processamento do resíduo em pátios intermediários

Fundamentalmente o sistema apenas difere do anterior pelo local do processamento do resíduo. Quando se utiliza o cortador-amontoador, cada equipe de trabalho é formada apenas por 3 homens, mais um cortador-acumulador e dois arrastadores de pinça, conforme a distância média da floresta ao pátio de processamento.

Em testes desenvolvidos no Brasil com um cortador-acumulador de 2,33 m de largura, 3,82 m de comprimento, raio de giro de 2m e direção deslizante, foi possível operar em povoamentos de *Pinus* com espaçamento de plantio (3 x 1,5 m) e desbaste seletivo de 50%. Em espaçamentos mais apertados, (2 x 2 ou 2 x 2,5 m), o comportamento da máquina foi prejudicado.

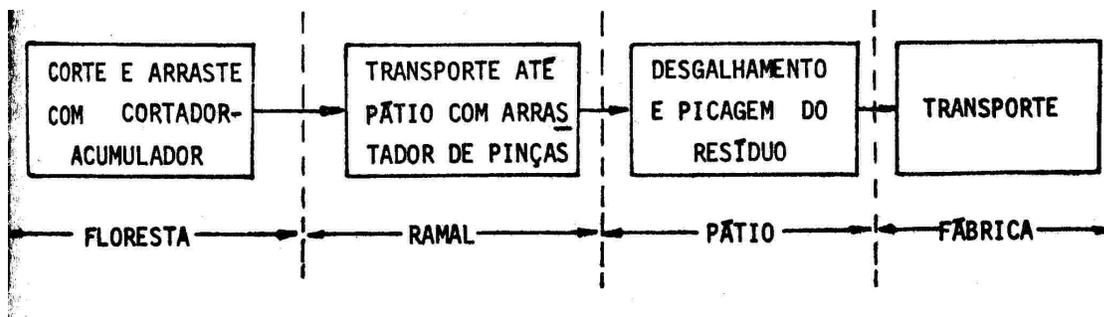


Figura 5. Exploração da árvore inteira com processamento em pátios intermediários.

Na realidade, para que se consigam sistemas econômicos e altamente produtivos para o aproveitamento do resíduo, será necessário alterar em alguns pontos, tanto as técnicas de manejo como de exploração da floresta. Assim, alterações na intensidade de desbaste, aumento do grau de sistematização, espaçamentos de plantio mais amplos, são providências que certamente deverão facilitar bastante a coleta e o aproveitamento dos resíduos da exploração florestal.

3. PROCESSAMENTO E TRANSPORTE DOS RESÍDUOS

Das diversas formas de se transportar o resíduo, 3 delas chamam a atenção pelo fato de serem as mais simples, não exigindo equipamentos muito sofisticados, e podendo operar dentro da própria floresta. Assim, o grau de tratamento do resíduo deve levar em consideração os seguintes aspectos:

- custo do processamento;
- custo do transporte;
- forma de resíduo requerido pelas caldeiras.

Embora o processamento do resíduo tenha influência nesses três pontos, e durante o transporte que é mais notado, podendo inclusive, decidir pela viabilidade ou não da utilização do material. Assim, dentro das formas mais simples de transportar o resíduo, tem-se:

a) Transporte do resíduo sem processamento

Nesse caso o material é coletado no campo e levado diretamente para a unidade de transformação.

b) Resíduo picado (a granel)

Visa, além de uniformizar o material para queima, facilitar o transporte e acelerar a secagem.

c) Resíduo compactado

Visa notadamente facilitar o transporte, além de facilitar o manuseio para alimentação das caldeiras.

Para melhor ilustrar, vamos colocar um exemplo numérico para comparar os sistemas.

Em média, 1 m³ de resíduo picado de *Eucalyptus* pesa ao redor de 150 kg, ao passo que 1 m³ de resíduo sem processamento pesa apenas 50 kg. Utilizando-se um compactador de relação 2:1 (existem máquinas para compactar até 5:1), 1m³ desse resíduo pesa ao redor de 280 kg.

Imaginando o transporte com um “container” de 12 x 3 x 2,5 m, ou seja 90 m³, que teoricamente tem uma capacidade de carga ao redor de 30 t., teremos as seguintes toneladas transportadas por viagem.

| | |
|-----------------|-----------|
| Resíduo natura: | 5000 kg |
| Resíduo picado: | 13.000 kg |

Resíduo compactado: 25.000 kg

Supondo uma distância de transporte de 100 km, a um custo de Cr\$ 29,10/km, e o poder calorífico do resíduo de 3.500 kcal/kg, para uma produção de 105×10^6 kcal, ou seja, a energia referente a 30 toneladas de resíduo, tem-se os seguintes resultados:

| | Carga (t.) | Km rodados | Custo Total (Cr\$) | Custo/t. (Cr\$) |
|--------------------|---------------|---------------|-----------------------|--------------------|
| Resíduo natural | 5,00 | 600 | 17.460,00 | 582,00 |
| Resíduo picado | 13,00 | 230 | 6.693,00 | 223,00 |
| Resíduo compactado | 25,00 | 120 | 3.492,00 | 116,00 |

Mesmo sem considerar a influência dos custos terminais, que deve alterar devido o manuseio de materiais diferentes, a diferença no custo do transporte desses 3 tipos de resíduo é bastante elevada.

Comparando-se os valores de custo/tonelada, é vantagem picar o resíduo, desde que esse processamento não ultrapasse Cr\$ 359,00 por tonelada. No caso de picar e compactar o resíduo, pode-se investir até Cr\$ 466,00 por tonelada de resíduo, que compensa processá-lo, ao invés de transportá-lo na sua forma natural.

Portanto, é evidente, que qualquer sistema de exploração deve prever o processamento do material, tanto para facilidade de manuseio, como principalmente para viabilizar o sistema de transporte.

4. CONCLUSÕES

Julgamos que pela necessidade urgente de obter novas formas de energia, o resíduo da exploração é uma fonte inesgotável e economicamente viável. Porém, para sua utilização, é necessário desenvolver pesquisas que procurem soluções nos seguintes aspectos:

- a) sistemas mecanizados e equipamentos para coleta do resíduo na floresta.
- b) métodos de adensamento do resíduo.
- c) forma mais adequada que o material deve chegar na caldeira (dimensões e umidade).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENSON, E.R. & JOHNSTON, C.M. – Logging residues under different stand and harvesting conditions, Rocky Mountains. U.S.D.A. Forest Service. INT research paper, Ogden (181), 1976.

BRITO, J.O., BARRICHELO, L.E.G. & SALMERON, A. Programa de pesquisa sobre briquetagem de resíduos florestais e outros combustíveis. Seminário sobre combustíveis alternativos sólidos. ABCP, São Paulo, 1979.

ERICKSON, J.R. – Hawesting of Forest residues. Aiche Symposium Series. U.S.D.A. Forest Service, (71): 146, 1973.

HYPES, L.T. Relationship between tree size, harvesting costs and productivity. American Pulpwood Association, 1979.

JOHNSTON, B.D. – Fuel and energy use in a coastal logging operation. FERIC. Technical Note, Portland (32), 1979.

MATTSON, J.A. & CARPENTER, E.M. Logging residue in a northern hardwood timber sale. North logger, 24(7): 16-7, 29, 1976.

MATTSON, J.A.; BREDELEY, D.P. & CARPENTER, E.M. Harvesting Forest Residues for Energy. In: The second Annual Symposium on Fuels from Biomass. 1978.

McMILLIN, C.W. Complete tree utilization of Southern Pine. Madison, Forest Products Research Society, 1978. 484p.

MUTHOO, M.K. Perspectivas e tendências do setor florestal brasileiro, 1975 a 2000. Série Técnica, IBDF. Brasília, (8), 1977.

SALMERON, A. Testes para avaliação do cortador-acumulador Bob-Cat 1074 em florestas plantadas de *Pinus*. Relatório à Equipamentos Clark Ltda. (Não divulgado).